เอกสารอ้างอิง

1 สำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพมหานคร. กรุงเทพเมืองสะอาด 2534. กรุงเทพมหานคร : สำนักรักษาความสะอาดกรุงเทพมหานคร, 2535.

2 Howard, S.Peavy, Donald, R.Rowe, and George, Tchobanoglous. Environmental Engineering. New York: McGraw-Hill Book Co., 1985, pp. 573-593.

3 Vesilind, P.Aarne, and Alen, E.Rimer. Unit Operation in Resource Recovery Engineering. USA.: Prentice-Hall, 1981, pp. 280-356.

4 John, B.Edwards. Combustion, The Formation and Emission of Trace Species. 2nd ed. New York: Ann Arbor Science Publishers, 1974, pp. 1-33, 124-129, 149-153.

5 MC Ketta, J.J., and Cunning, W.A. Encyclopedia of Chemical Processing and Design. Combustion. 10 (1979): 89-156.

6 Hirama, T., Hosoda, H., Nishizaki, H., Chiba, T., and Kobayashi, H. Effect of the Size Distribution of Coal on Fluidized-Bed Combustion. Chem. Engs. 24 (March 1984): 502-510.

7 สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ. ฟลูอิไดเซชัน. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2528. หน้า 1-190.

8 Copeland, B.J. Fluidized Bed Combustion of Solid Wastes and Wastewater Treatment Sludge for Disposal and Energy recovery. Energy from Biomass and Waste Symposium in Chicago, (1990): 661-688.

9 Albrecht, E. Semi-Industrial Test Run of the Fluidized Bed Combustion for a Thermal Evaluation of Domestic Waste. Final Report of Thyssen Engineering G.m.b.H, Essen, Germany, (January 1990): 203 pp.

10 Wei-Cheng Ku, Paul. Incineration of Biological Sludge in Fluidized Bed. Doctoral dissertation Lamar University, Beaumont, USA. , 1988, 164 pp.

11 Wilson, K.B., and Preuit, L.C. Atmospheric Fluidized Bed Combustion of Municipal Solid Waste: Test Program Results. The Proceedings of the Sixth International Conference on Fluidized Bed Combustion. 3(1980): 872-883.

12 กัญจนา บุณยเกียรติ. การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2531. หน้า 128-490.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดเซชัน

องค์ประกอบสำคัญของระบบฟลูอิไดเซชัน คือความเร็วของของไหลที่ไหลผ่านคอลัมน์เพื่อให้เบดมีการเคลื่อนที่ จึงจำเป็นต้องทราบความเร็วต่ำสุดที่ทำให้เกิดฟลูอิไดเซชัน การหาความเร็วต่ำสุดในการเกิดฟลูอิไดซ์ ทำได้โดยการวัดค่าความดันลดในคอลัมน์กับความเร็วที่ป้อนเข้าคอลัมน์จนกระทั่งค่าความดันลดมีค่าคงที่ โดยมีอนุภาคที่เป็นเบดอยู่ในคอลัมน์ จากนั้นนำค่าที่ได้ไปเขียนกราฟ Log-Log Scale โดยให้แกน Y เป็นค่าความดันลด และแกน X เป็นค่าความเร็วที่ป้อนเข้าคอลัมน์ ดังรูปที่ 5-1 และ 5-2 ข้อมูลการทดลองที่ได้แสดงดังตารางที่ ก.1 และ ก.2 ดังนี้

ตารางที่ ก.1 ค่าความดันลดในคอลัมน์และความเร็วที่ป้อนเข้าคอลัมน์ โดยเปลี่ยนแปลงความสูงของเบดในคอลัมน์ ในการทดลองทดลองตอนที่ 1 และตอนที่ 2

ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	ความดันลดของน้ำ (ซม./นาที)		
	ความสูงของเบด 5 ซม.	ความสูงของเบด 7 ซม.	ความสูงของเบด 10 ซม.
8.11	2.75	3.45	3.80
9.76	3.45	4.40	5.40
11.73	4.70	5.85	6.55
13.42	5.90	7.40	8.45
15.63	6.75	8.75	9.80
17.81	7.35	9.45	10.65
19.20	7.80	9.70	11.40
21.75	8.10	10.20	11.40
23.86	8.80	10.90	12.10
25.42	9.00	11.20	12.25
27.11	9.00	11.20	12.25
29.62	9.00	11.20	12.25
31.41	9.00	11.20	12.25
33.64	9.00	11.20	12.25
35.02	9.00	11.20	12.25

ตารางที่ ก.2 ค่าความดันลดในคอลัมน์และความเร็วที่ป้อนเข้าคอลัมน์ โดยเปลี่ยนแปลงความสูงของเบดในคอลัมน์ ในการทดลองทดลองตอนที่ 3

ความเร็วของอากาศ (ซม./วินาที)	ความดันลดของน้ำ (ซม./นาที)	
	ความสูงของเบด 7 ซม.	ความสูงของเบด 10 ซม.
8.48	2.68	3.45
12.75	4.50	6.20
15.00	5.70	7.10
16.91	6.60	8.25
18.83	7.80	9.48
20.02	8.72	10.30
21.93	9.65	11.30
23.11	10.50	12.40
24.87	11.10	13.30
26.97	11.80	14.20
29.31	12.10	15.50
30.86	12.30	15.80
33.07	12.30	15.80
35.10	12.30	15.80
36.85	12.30	15.80
40.02	12.30	15.80

ภาคผนวก ข

การสุ่มตัวอย่างขยะและคุณสมบัติของก๊าซแอลพีจี

1 การสุ่มตัวอย่าง

เนื่องจากขยะประกอบด้วยสิ่งของต่าง ๆ หลายชนิด ซึ่งมิได้มีการปะปนผสมกันอยู่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้นการสุ่มตัวอย่างขยะจำเป็นต้องทำอย่างมีระบบ เพื่อให้มีลักษณะองค์ประกอบเหมือนกับขยะที่เกิดขึ้นจริง และสามารถใช้เป็นตัวแทนของขยะที่ต้องการวิเคราะห์ การสุ่มตัวอย่างขยะจากรถยนต์เก็บขนขยะให้ทำโดยนำตัวอย่างขยะมาจากจุดต่าง ๆ ของรถหลาย ๆ จุดให้มารวมกันได้ประมาณ 1 ถึง 2 ลูกบาศก์เมตร คลุกเคล้าให้เข้ากันแล้วแบ่งกองขยะออกเป็น 4 ส่วน นำตัวอย่าง 2 ส่วนที่กองอยู่ตรงข้ามกันมารวมกันแล้วคลุกให้เข้ากันอีกหนเพื่อให้องค์ประกอบต่าง ๆ กระจายกันอยู่อย่างทั่วถึง (Quartering) ขยะอีก 2 ส่วนที่เหลือให้แยกออกนำไปทิ้ง ทำวิธีนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้ตัวอย่างขยะประมาณ 500 ลิตร จึงนำไปทดสอบหาความหนาแน่น นำตัวอย่างที่ทดสอบหาความหนาแน่นเสร็จแล้วมาคลุกเคล้ารวมกันแล้วทำ Quartering อีกจนเหลือตัวอย่างขยะประมาณ 50 ลิตร (ขึ้นกับความเหมาะสมของตู้อบและอุปกรณ์ที่มีอยู่) จึงนำขยะนี้ไปทำการแยกองค์ประกอบ (Composition) และวิเคราะห์ลักษณะอื่น ๆ อีกต่อไป

2 คุณสมบัติของก๊าซแอลพีจี

การนำก๊าซแอลพีจีมาใช้เป็นเชื้อเพลิงหรือให้ความร้อนนั้น สิ่งสำคัญประการแรกคือ ต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับคุณสมบัติต่าง ๆ ของก๊าซแอลพีจีเสียก่อน เพื่อจะได้ใช้ก๊าซอย่างปลอดภัยและเป็นการป้องกันอุบัติภัยซึ่งอาจเกิดขึ้นได้

ก๊าซแอลพีจี หมายถึงก๊าซไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน (C) ในระดับ C_3 และ C_4 ซึ่งในระดับนี้ ไฮโดรคาร์บอนสามารถเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวได้ภายใต้ความดันไม่สูงนัก ที่อุณหภูมิห้องและความดันบรรยากาศปกติ ไฮโดรคาร์บอนกลุ่มนี้ประกอบด้วย โปรเปน

(C_3H_8), โปรปีลีน(C_3H_6), บิวเทน(C_4H_{10}) และบิวไทลีน(C_4H_8) และเนื่องจากก๊าซแอลพีจีได้มาจากการแยกส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดิบ ซึ่งอาจจะประกอบด้วยไฮโดรคาร์บอนที่หนักหรือเบากว่านี้ รวมทั้งสิ่งเจือปนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ไฮโดรคาร์บอน ดังนั้นก๊าซแอลพีจีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในอุตสาหกรรมจึงมีสิ่งเจือปนนอกจาก C_3 และ C_4 อยู่บ้างเช่น อีเทน (C_2H_6) เป็นต้น ดังนั้นประเทศต่าง ๆ จึงต้องตั้งมาตรฐานก๊าซแอลพีจีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แน่ชัด เพื่อขจัดข้อโต้แย้งและใช้เป็นข้อมูลในการออกแบบระบบการใช้ต่าง ๆ ให้ถูกต้อง และปลอดภัย สำหรับส่วนประกอบและคุณสมบัติก๊าซแอลพีจีของการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย แสดงดังตาราง ช.1 ดังนี้ (จากกองควบคุมคุณภาพ การปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย)

ตาราง ช.1 ส่วนประกอบและคุณสมบัติของก๊าซแอลพีจี

ส่วนประกอบของก๊าซแอลพีจี	อัตราส่วนร้อยละโดยโมล
Ethane	0.195
Propane	64.195
i-Butane	8.560
n-Butane	26.875
Butylene	0.140
i-Pentane	0.035
น้ำหนักโมเลกุลโดยเฉลี่ย	48.81
คุณค่าทางความร้อน	
(Kcal/kg)	11949
(BTU/lb)	21509

ภาคผนวก ค

การปรับเทียบค่าอุปกรณ์ในการทดลอง

ตารางที่ ค.1 การปรับเทียบค่าที่อ่านได้จากโรตามิเตอร์กับอัตราการไหลของอากาศและความเร็วของอากาศที่ป้อนเข้าคอลัมน์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ค่าที่อ่านได้จากโรตามิเตอร์	อัตราการไหลของอากาศ ($ม^3$/ชั่วโมง)	ความเร็วของอากาศ (เมตร/นาที)
40.00	66.85	0.25
50.00	80.22	0.30
60.00	120.33	0.45
70.00	147.06	0.55
80.00	187.17	0.70
90.00	197.87	0.74
100.00	213.82	0.80
110.00	264.71	0.99
120.00	294.12	1.10
130.00	307.49	1.15
140.00	339.58	1.27
150.00	360.97	1.35

ตารางที่ ค.2 การปรับเทียบค่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์เข้าคอลัมน์กับจำนวนรอบหมุนของเครื่องป้อนชยะ

จำนวนรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
600	2.71
700	3.04
800	3.56
900	4.09
1000	4.56
1200	5.61
1400	6.73
1600	8.49

ตารางที่ ค.3 การปรับเทียบค่าอัตราการป้อนชยะเข้าคอลัมน์กับจำนวนรอบหมุนของเครื่องป้อนชยะ

จำนวนรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการป้อนชยะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
600	3.62
700	4.17
800	4.78
900	5.29
1000	5.94
1100	6.50
1200	6.94

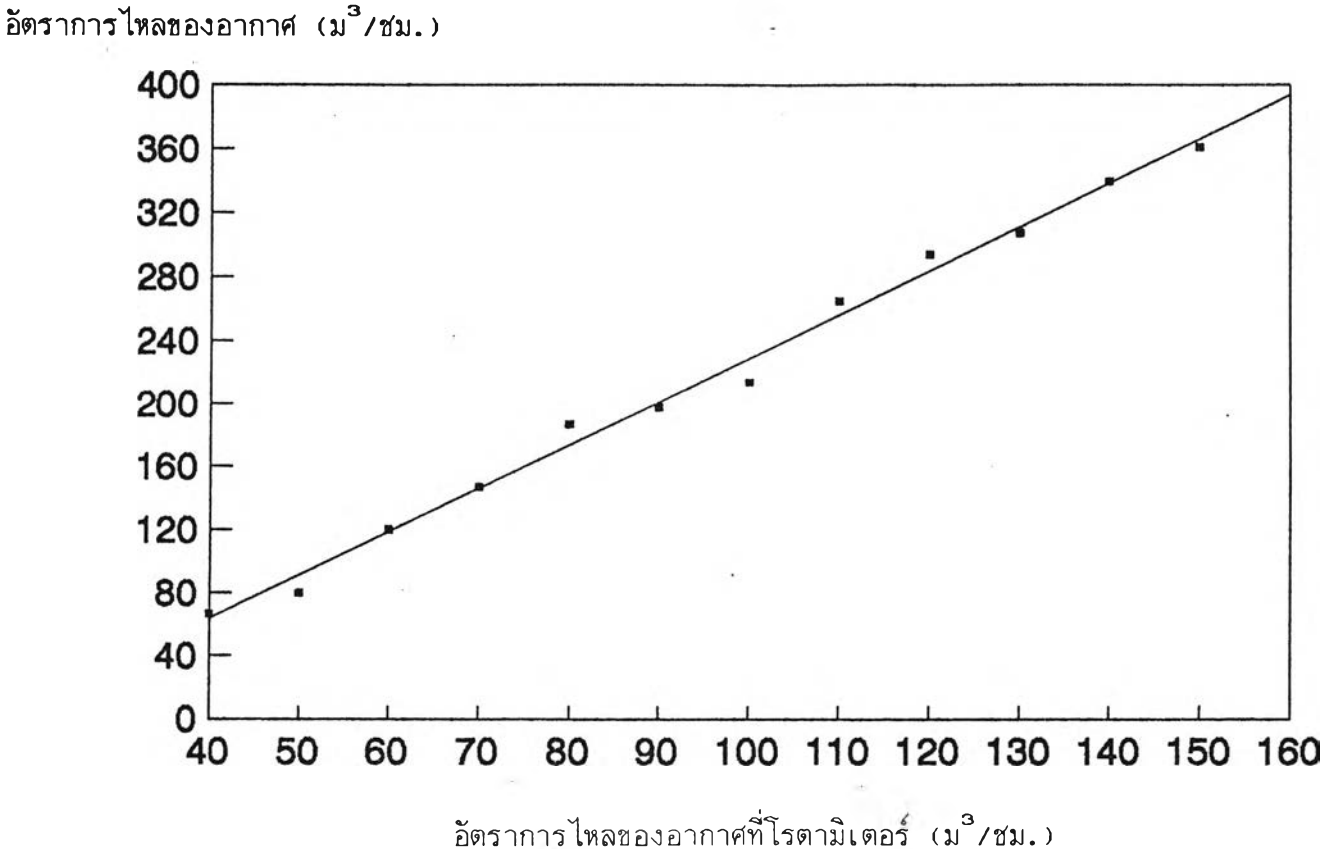
จำนวนรอบ (รอบ/นาที)	อัตราการป้อนชยะ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1300	7.80
1400	9.69
1500	10.99
1600	13.06
1700	14.90

ตารางที่ ค.4 การปรับเทียบค่าความสูงภายในคอลัมน์กับน้ำหนักทราย

น้ำหนักทราย (กิโลกรัม)	ความสูง (ซม.)
1.00	2.52
2.00	5.03
3.00	7.55
4.00	10.06
5.00	12.58
6.00	15.09
7.00	17.61

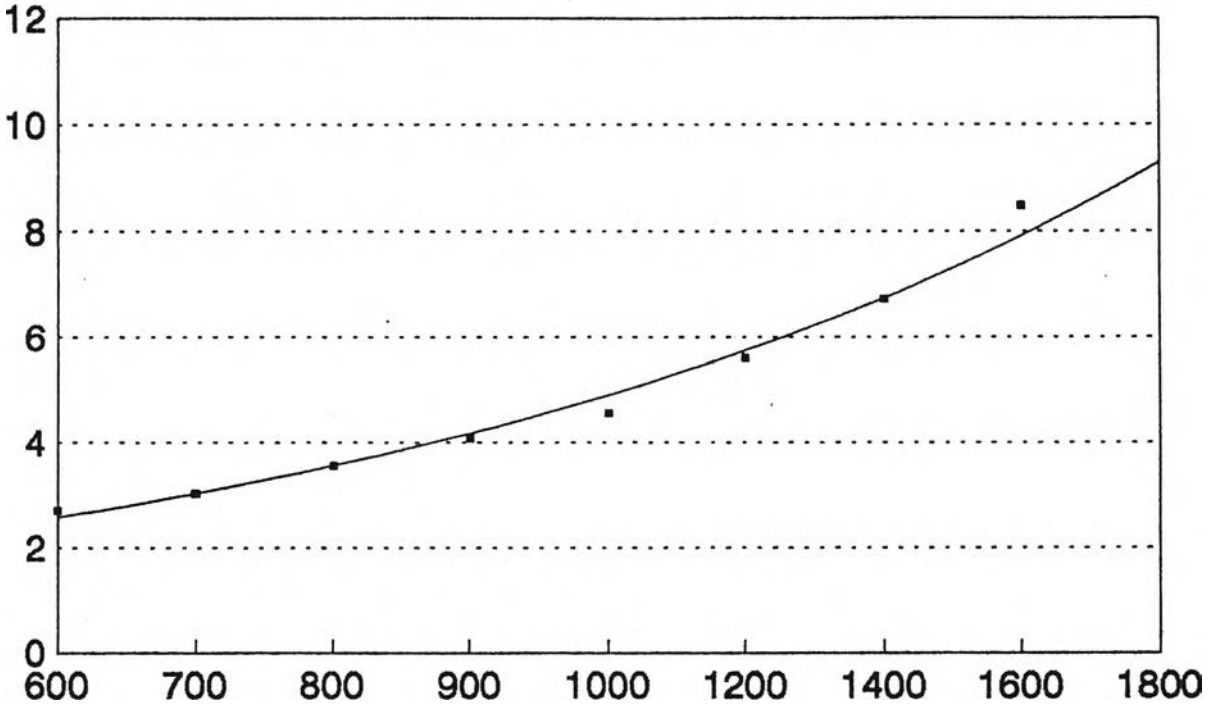
ตารางที่ ค.5 การปรับเทียบค่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีกับความดันที่อ่านได้จากเครื่องวัดความดันก๊าซแอลพีจี

ความดันก๊าซแอลพีจี (ปอนด์/นิ้ว)	อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัม/ชั่วโมง)
1.0	0.76
1.5	1.07
2.0	1.40
2.5	1.69
3.0	2.05
3.5	2.38
4.0	2.69
4.5	3.00
5.0	3.35

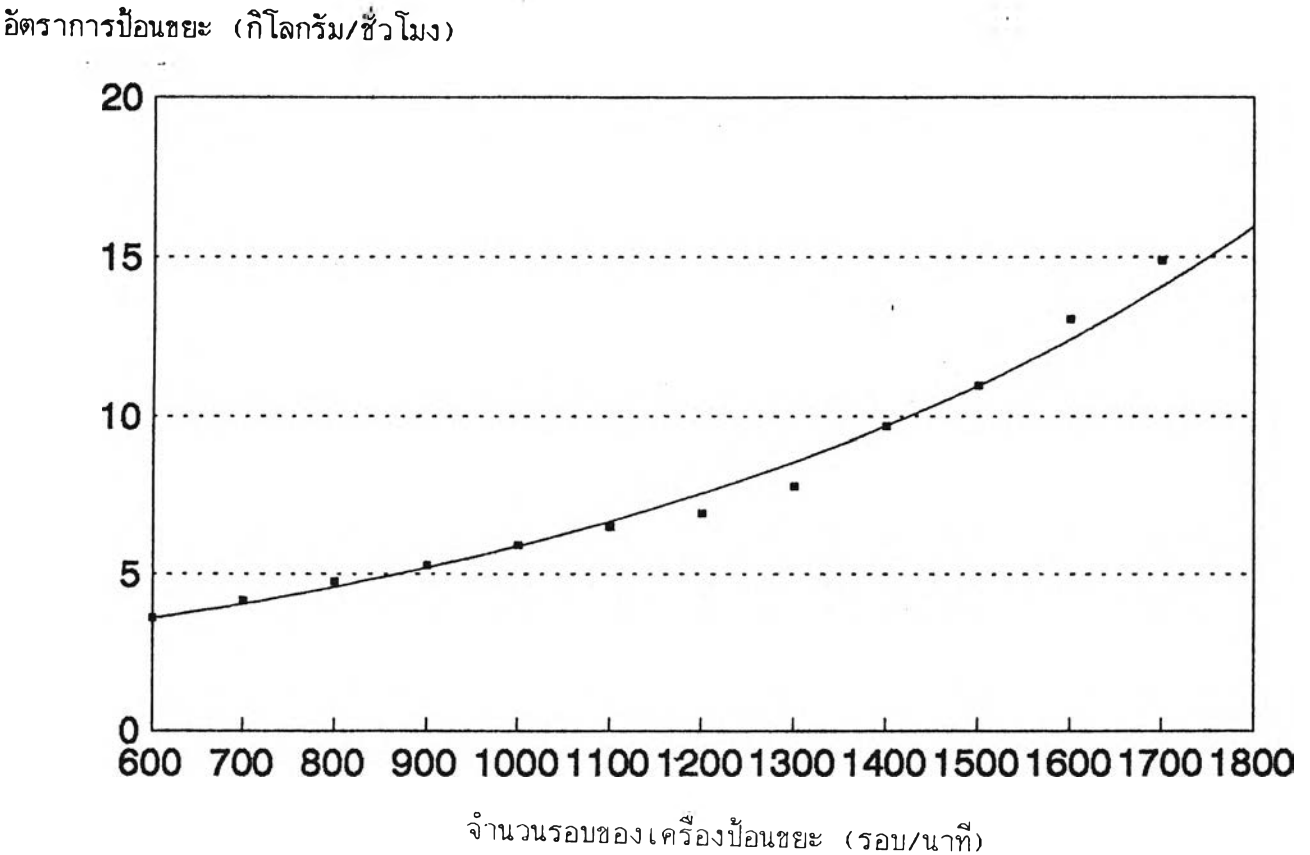


รูปที่ ค.1 การปรับเทียบค่าที่อ่านได้จากโรตามิเตอร์กับอัตราการไหลของอากาศที่ป้อนเข้าคอลัมน์

อัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์ (กิโลกรัม/ชั่วโมง)

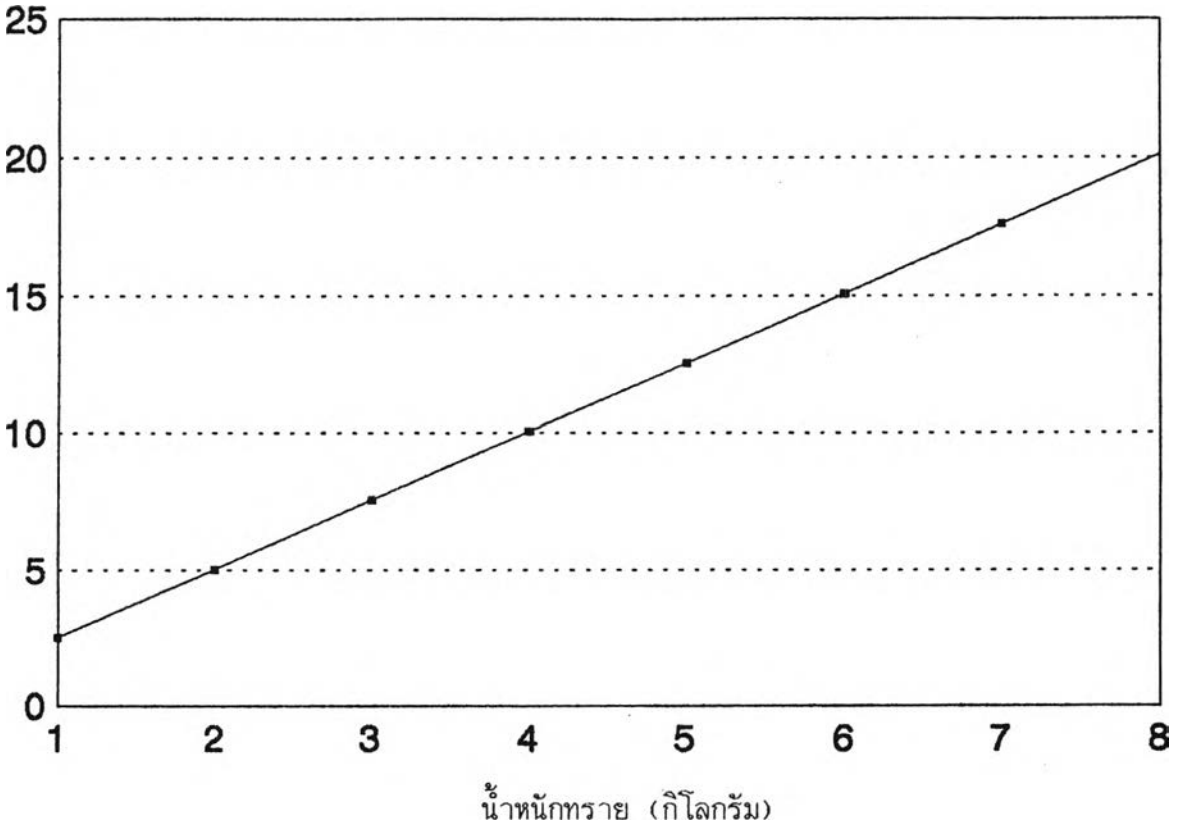


รูปที่ ค.2 การปรับเทียบค่าอัตราการป้อนตะกอนสลัดจ์เข้าคอลัมน์กับจำนวนรอบหมุนของเครื่องป้อนขยะ



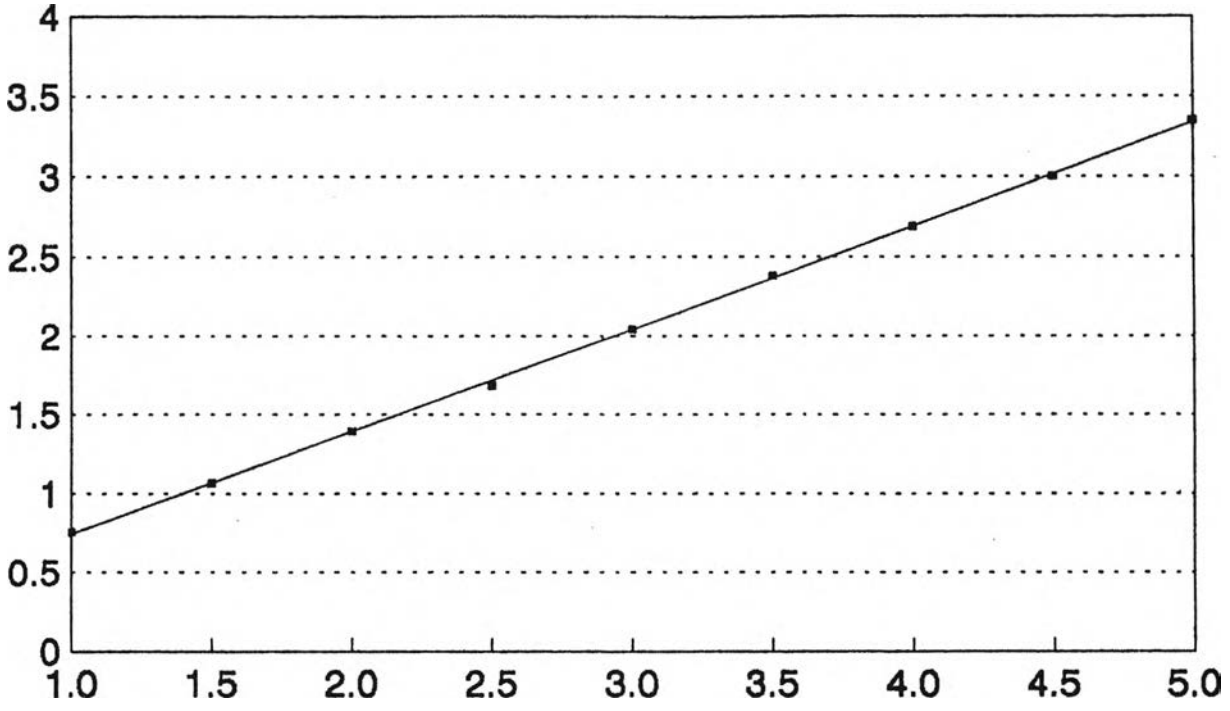
รูปที่ ค.3 การปรับเทียบค่าอัตราการป้อนขยะเข้าคอลัมน์กับจำนวนรอบหมุนของเครื่องป้อนขยะ

ความสูงของทรายในคอลัมน์ ซม.



รูปที่ ค.4 การปรับเทียบค่าความสูงในคอลัมน์กับน้ำหนักทราย

อัตราการไหลของก๊าซแอลพีจี (กิโลกรัม/ชั่วโมง)



รูปที่ ค.5 การปรับเทียบค่าอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีกับความดันที่อ่านได้จากเครื่องวัดความดันก๊าซแอลพีจี

ภาคผนวก ง

วิธีวิเคราะห์คุณสมบัติของขยะ

การวิเคราะห์ถ่านหินแบบประมาณ (Proximate analysis) : ASTM D 3173

ก ปริมาณความชื้นในตัวอย่างถ่านหิน (moisture in the analysis sample of coal): ASTM D 3173

หลักการ นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนแล้ว มาให้ความร้อนคงที่ในตู้อบ (drying oven) ที่อุณหภูมิประมาณ 105-110 °C เพื่อให้ไอน้ำระเหยออกไปจากถ่านหิน ค่าความชื้นคำนวณได้จากน้ำหนักของถ่านหินที่ลดลง

เครื่องมือ ตู้อบ (drying oven) ,ถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาปิด , desiccator

วิธีการทดลอง

- อบถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาในตู้อบ (drying oven) ที่อุณหภูมิ 110 ° C ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำเข้า desiccator ทิ้งให้เย็นประมาณ 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
- ชั่งตัวอย่างถ่านหินประมาณ 1 กรัม ใส่ในถาดอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนักแล้ว อย่างรวดเร็ว ปิดฝาทันที บันทึกน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินไว้
- นำเข้าตู้อบ ที่อุณหภูมิประมาณ 105-110 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง (จนกระทั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินคงที่)
- หลังจากนั้นนำไปใส่ใน desiccator ทิ้งให้เย็นประมาณ 15 นาที แล้วชั่งน้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝาที่มีตัวอย่างถ่านหินที่อบแล้วอยู่ภายใน บันทึกผล

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$M = (W_1 - W_2) / W \times 100$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝารวมน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินเริ่มต้นก่อนการอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักของถาดอลูมิเนียมพร้อมฝารวมน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินที่อบแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

ข ปริมาณเถ้าในตัวอย่างถ่านหิน (Ash in the analysis sample of coal): ASTM D 3174

หลักการ นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนแล้ว ไปเผาให้มีความร้อนในเตาเผา (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 500 ° C จนกระทั่งได้น้ำหนักคงที่ของ crucible รวมกับน้ำหนักของเถ้าที่เหลือ จำนวนร้อยละของปริมาณเถ้า คำนวณได้จากน้ำหนักที่เหลืออยู่ภายหลังการเผา

เครื่องมือ เตาเผา (Muffle Furnace) , crucible แบบ porcelain พร้อมฝา และ desiccator

วิธีการทดลอง

- เผา crucible แบบ porcelain พร้อมฝาใน เตาเผา (Muffle Furnace) ที่อุณหภูมิ 800 °C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง นำออกมาทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนัก crucible พร้อมฝา
- ชั่งตัวอย่างถ่านหินใส่ crucible ประมาณ 1 กรัม
- นำไปเผาบนตะเกียงบุนเซน จนควันระเหยหมด
- นำไปเผาต่อในเตาเผาที่อุณหภูมิ 500 °C นานประมาณ 1 ชั่วโมง แล้วเพิ่มอุณหภูมิเป็น 750 °C เผาจนน้ำหนักคงที่ นำ crucible ออกจากเตาเผา ทำให้เย็นใน desiccator ชั่งน้ำหนักพร้อมทั้งบันทึกผล

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$A = (W_3 - W_4) / W \times 100$$

เมื่อ A = ร้อยละของเถ้า

W_3 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝา และเถ้า (กรัม)

W_4 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝา (กรัม)

W = น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

ค ปริมาณสารระเหยในตัวอย่างถ่านหิน (Volatile matter in the analysis sample of coal): ASTM D 3175

หลักการ นำตัวอย่างถ่านหินที่ร่อนผ่านตะแกรงขนาด 250 ไมครอนแล้ว ไปเผาให้มีความร้อนในเตาเผาแบบท่อ (tubular furnace) ปริมาณสารระเหยคำนวณได้จากน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินที่หายไป

เครื่องมือ เตาเผา (tubular furnace) ,nickle crucible พร้อมฝา ,desiccator

วิธีการทดลอง

- เผา nickle crucible พร้อมฝา ในเตาเผาอุณหภูมิ 950 °C ประมาณ 30 นาที นำออกจากเตาเผาทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักของ crucible พร้อมทั้งบันทึกผล
- ชั่งตัวอย่างถ่านหินใส่ใน nickle crucible ประมาณ 1 กรัม
- นำ nickle crucible พร้อมตัวอย่างถ่านหินที่ปิดฝาเรียบร้อยแล้วไปเผาใน tubular furnace โดยให้ความร้อนเป็น 2 ช่วง ๆ ละ 6 นาที ช่วงแรกเป็นการเริ่มต้นให้ความร้อนแก่ถ่านหินที่อุณหภูมิ 300 °C นาน 3 นาที และที่อุณหภูมิ 950 °C เป็นเวลา 6 นาที
- นำ crucible ออกจากเตาเผา ทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักของ crucible พร้อมฝาและถ่านหินที่เหลือ บันทึกผล

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$V = (W_5 - W_6) / W \times 100$$

เมื่อ V = ร้อยละของสารระเหย

M = ร้อยละของความชื้น

W_5 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝา รวมกับน้ำหนักของถ่านหินก่อนเผา (กรัม)

W_6 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝา รวมกับน้ำหนักของถ่านหินหลังเผา

(กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

ง ปริมาณคาร์บอนคงตัวในตัวอย่างถ่านหิน (Fixed carbon)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละของความชื้น - ร้อยละของเถ้า -ร้อยละของสารระเหย

การหาค่าความร้อนของถ่านหิน (Gross Heating Value) : ASTM D 3286

หลักการ การทำงานภายในเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ คือ ปรับอุณหภูมิของน้ำในถังให้เท่ากับเครื่องแช่บอมบ์ เพื่อกันการสูญเสียความร้อนและวัดอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความร้อนจากตัวอย่างที่ถูกเผาไหม้ แล้วนำมาคำนวณหาค่าความร้อนของการเผาไหม้ตัวอย่างถ่านหิน และค่าน้ำหนักสมมูลของเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์คำนวณได้จากค่าความร้อนของการเผาไหม้กรดเบนโซอิค

1.การหาค่าน้ำหนักสมมูล (water equivalent) ของเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์

เครื่องมือ oxygen bomb calorimeter

สารเคมี

- กรดเบนโซอิค (benzoic acid)
- 0.072 N ของ Na_2CO_3
- methyl orange
- ก๊าซออกซิเจน
- น้ำกลั่น

วิธีการทดลอง

- ชั่งกรดเบนโซอิค (benzoic acid) หนัก 0.9 ถึง 1.0 กรัม อัดเป็นเม็ดโดยใช้เครื่องอัด แล้วนำกรดเบนโซอิคอัดก้อนนี้มาชั่งน้ำหนักอีกครั้ง บันทึกผลไว้
- ตัดลวด (fuse wire) ยาว 10 เซนติเมตร มาผูกระหว่างปลายทั้งสองของ

หัวบอมบ์

- นำกรดเบนโซอิคอัดก้อนมาวางใน crucible นำ crucible ไปวางในตำแหน่งบนหัวบอมบ์ จัดให้ลวดที่ผูกไว้แตะที่ผิวหน้าของกรดเบนโซอิค
- เติมน้ำกลั่นลงในออกซิเจนบอมบ์ 1 มิลลิลิตร โดยใช้ปิเปต
- ประกอบหัวบอมบ์กับออกซิเจนบอมบ์เข้าด้วยกัน ขันเกลียวให้แน่น แล้วนำไปอัดก๊าซออกซิเจน จนมีความดัน 20-25 บรรยากาศ
- เติมน้ำลงในถังบอมบ์ 1 ลิตร โดยให้น้ำมีอุณหภูมิประมาณ 24-25° C นำออกซิเจนบอมบ์ที่อัดกาซเรียบร้อยแล้ววางในถังบอมบ์ เติมน้ำลงไปในถังอีก 1 ลิตร เสียบสายจุดระเบิด 2 เส้นต่อกับบอมบ์ ปิดฝาของเครื่อง
- เปิดสวิทช์ให้เครื่องกวนทำงานทุก ๆ นาที บันทึกค่าอุณหภูมิของน้ำ เมื่อเครื่องเดินประมาณ 5 นาที กดปุ่มจุดระเบิด บันทึกค่าอุณหภูมิที่จุดระเบิดนี้ และอ่านอุณหภูมิของน้ำที่เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งมาที จนกระทั่งถึงอุณหภูมิสูงสุด แล้วลดลงหรือคงที่ในที่สุด
- ปิดสวิทช์ของเครื่อง นำออกซิเจนบอมบ์ออกมาจากเครื่อง ปล่อยกาซจากบอมบ์อย่างช้า ๆ ให้หมด
- ล้างหัวบอมบ์และออกซิเจนบอมบ์ รวมทั้ง crucible ด้วยน้ำกลั่นที่เติม methyl orange จนหมดกรด (น้ำที่ล้างไม่เป็นสีชมพู)
- นำน้ำล้างที่ได้ไปไตเตรตกับ 0.072 N ของ Na_2CO_3 บันทึกจำนวนมิลลิลิตรของ Na_2CO_3 ที่ใช้ไป
- วัดความยาวของลวดที่เหลือจากการเผาไหม้

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$W = (Hg + e_1 + e_3) / t$$

เมื่อ W = ค่าน้ำหนักสมมูลของเครื่องบอมบ์คาลอริมิเตอร์ , แคลอรี ต่อ °ฟ

H = ค่าความร้อนของการเผาไหม้กรดเบนโซอิค = 6318 แคลอรีต่อกรัม

g = น้ำหนักของกรดเบนโซอิค (กรัม)

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก ,แคลอรี

= จำนวนมิลลิลิตรของ 0.072 N ของ Na_2CO_3 ที่ใช้ไตเตรต

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของลวด ,แคลอรี

= (2.3) x (ความยาวลวดที่ใช้ไป , เซนติเมตร)

t = อุณหภูมิที่เพิ่มสูงขึ้น , °ฟ

2. การหาค่าความร้อนของถ่านหิน

วิธีการทดลอง

- วางใยแก้วลงใน crucible แล้วชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านหินใส่ลงไปประมาณ 1 กรัม
- ทำการทดลองเช่นเดียวกับกรดเบนโซอิค

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$H = (tw - e_1 - e_2 - e_3) / g$$

เมื่อ H = ค่าความร้อนของการเผาไหม้ถ่านหิน (แคลอรีต่อกรัม)

t = อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งได้แก้ค่าเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์แล้ว (°ฟ)

$= t_c - t_a$

t_c = อุณหภูมิสูงสุดของการเผาไหม้ที่แก้ค่าเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์แล้ว (°ฟ)

t_a = อุณหภูมิเริ่มจุดระเบิดที่แก้ค่าเนื่องจากเทอร์โมมิเตอร์แล้ว (°ฟ)

W = ค่าน้ำหนักสมมูล (แคลอรี ต่อ °ฟ)

e_1 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดไนตริก

= จำนวนมิลลิลิตรของ 0.072 N ของ Na_2CO_3 ที่ใช้ในการไตเตรด

e_2 = การแก้ค่าความร้อนของการเกิดกรดซัลฟูริค

= 14 x (% กำมะถัน)

e_3 = การแก้ค่าความร้อนของการเผาไหม้ลวด

= (2.3) x (ความยาวลวดที่ใช้ไป , เซนติเมตร)

g = น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

3. การหาปริมาณกำมะถันในถ่านหิน

เครื่องมือ

เตาเผา (muffle furnace) , porcelain crucible , บีกเกอร์ , ตะเกียงบุนเซน ,กรวยกรอง ,กระดาษกรอง

สารเคมี

- น้ำโบรมีนอิ่มตัว

- สารละลาย HCl (1:9)
- สารละลายแบเรียมคลอไรด์ 100 กรัม / ลิตร

วิธีการทดลอง

- นำน้ำล้างบอมบ์ภายหลังการไตเตรตกับ Na_2CO_3 แล้ว มาต้มจนเดือด กรองขณะที่ร้อนด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง
- นำสารละลายที่ได้มาเติมน้ำโบรมีนอิ่มตัว 1 มิลลิลิตร
- ทำให้เป็นกรดด้วยสารละลาย HCl (1:9) แล้วนำไปต้มจนเดือด
- ค่อย ๆ เติม สารละลายแบเรียมคลอไรด ตั้งทิ้งไว้ค้างคืนที่อุณหภูมิห้อง
- กรองตะกอน แบเรียมซัลเฟต ($BaSO_4$) ด้วยกระดาษกรอง ashless เบอร์ 42 ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จนน้ำล้างตะกอนปราศจากคลอไรด์อิออน ซึ่งสามารถทดสอบโดยการเติมสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$)
- นำตะกอนที่กรองได้พร้อมกระดาษกรองใส่ใน crucible ที่ทราบน้ำหนักแล้ว นำเข้าเตาเผาที่อุณหภูมิ 925° C เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักของ crucible พร้อมตะกอน $BaSO_4$ คงที่
- นำออกจากเตาเผาทำให้เย็นใน desiccator แล้วชั่งน้ำหนักของตะกอน $BaSO_4$

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ร้อยละของกำมะถัน = 13.738 (A - B)/W

เมื่อ A = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ จากตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

B = น้ำหนักตะกอน $BaSO_4$ จากการทำ blank correction (กรัม)

W = น้ำหนักของตัวอย่างถ่านหิน (กรัม)

การคำนวณ

ร้อยละของปริมาณเถ้า = ร้อยละของปริมาณเถ้า x 100 / (100-m)
(แบบไม่รวมความชื้น)

ร้อยละของปริมาณสารระเหย = ร้อยละของปริมาณสารระเหย x 100/(100-m)
(แบบไม่รวมความชื้น)

ร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว = ร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัว x 100/(100-m)
(แบบไม่รวมความชื้น)

หมายเหตุ m คือ ร้อยละความชื้น

ภาคผนวก จ

ข้อมูลการทดลอง

ตารางที่ จ.1 ข้อมูลการทดลองตอนที่ 1.1

การทดลองที่	อากาศเข้า				อัตราการป้อนชะ (กก./ชม.)	อัตราการไหลก๊าซแอลพีจี (กก./ชม.)	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง				เถ้า			
	อัตราการไหล ($ม^3$/ชม.)		Td (°ซ)	Tw (°ซ)			%CO	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%N_2$ และก๊าซอื่นๆ	น้ำหนัก (กก./ชม.)	% คาร์บอนคงตัว	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	% เถ้าต่อชะ
	1* (10^2)	2*												
1	1.21	–	29.0	25.5	2.71	1.07	0.5	2.6	8.8	88.1	0.07	0.96	431	2.47
2	1.47	–	29.0	25.5	2.71	1.07	0.3	2.9	9.2	87.6	0.12	0.68	414	4.29
3	1.87	–	29.0	25.5	2.71	1.07	0.0	3.4	9.8	86.8	0.13	0.29	410	4.75
4	1.98	–	29.0	25.5	2.71	1.07	0.1	2.8	10.2	86.9	0.15	0.31	402	5.61
5	1.87	–	27.0	24.0	2.71	1.07	0.0	3.2	9.7	87.1	0.16	0.34	406	5.75
6	1.87	–	27.0	24.0	3.04	1.07	0.0	3.5	9.4	87.1	0.19	0.39	414	6.13
7	1.87	–	27.0	24.0	3.56	1.07	0.0	3.7	9.1	87.2	0.26	0.46	418	7.43
8	1.87	–	27.0	24.0	4.09	1.07	0.0	4.2	8.8	87.0	0.32	0.49	427	7.81
9	1.87	–	27.0	24.0	4.56	1.07	0.3	3.9	8.1	87.7	0.37	0.52	431	8.03
10	0.80	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.8	2.4	7.6	89.2	0.06	0.73	427	1.68
11	1.21	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.4	2.7	8.4	88.5	0.08	0.66	423	2.34
12	1.47	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.1	2.9	9.0	88.0	0.12	0.59	418	3.35
13	1.87	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.0	3.5	9.6	86.9	0.17	0.52	414	4.73
14	1.98	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.2	3.4	10.0	86.4	0.21	0.43	406	5.84
15	2.14	–	27.5	24.5	3.56	1.40	0.4	2.9	10.3	86.4	0.25	0.42	397	6.94
16	1.87	–	28.5	25.0	5.61	1.40	0.0	3.9	9.3	86.8	0.31	0.51	410	5.58
17	1.87	–	28.5	25.0	6.73	1.40	0.0	4.4	8.9	86.7	0.39	0.74	414	5.76
18	1.87	–	28.5	25.0	8.49	1.40	0.4	4.1	8.4	87.1	0.49	0.95	418	5.74
19	1.87	–	28.5	25.0	6.73	1.69	0.0	4.7	8.8	86.5	0.36	0.43	402	5.37
20	1.87	–	28.5	25.0	8.49	1.69	0.5	4.4	8.2	86.9	0.51	0.65	410	6.00
21	1.87	–	28.5	25.0	6.73	1.40	0.0	4.5	8.8	86.7	0.35	0.72	414	5.20

1* Primary air

2* Secondary air

ตารางที่ จ.2 ข้อมูลการทดลองตอนที่ 1.2

การทดลองที่	อากาศเข้า				อัตราการป้อนขยะ (กก./ชม.)	อัตราการไหลก๊าซแอลพีจี (กก./ชม.)	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง				เถ้า			
	อัตราการไหล (m^3/ชม.)		Td (°ซ)	Tw (°ซ)			%CO	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%N_2$ และก๊าซอื่น ๆ	น้ำหนัก (กก./ชม.)	% คาร์บอนคงตัว	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	% เถ้าต่อขยะ
	1* (10^2)	2*												
1	0.80	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.7	2.5	7.5	89.3	0.23	1.32	536	5.48
2	1.21	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.5	2.8	8.3	88.4	0.24	1.22	502	5.84
3	1.47	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.1	3.1	8.8	88.0	0.29	1.14	498	6.91
4	1.87	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.0	3.6	9.4	87.0	0.31	1.08	485	7.44
5	1.98	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.3	3.4	9.9	86.4	0.36	1.04	456	8.62
6	2.14	–	29.5	24.0	4.17	1.07	0.4	3.1	10.1	86.4	0.39	1.02	423	9.24
7	1.87	–	28.0	24.0	4.78	1.07	0.0	4.1	9.1	86.8	0.33	1.09	494	6.97
8	1.87	–	28.0	24.0	5.29	1.07	0.0	4.4	8.6	87.0	0.41	1.12	498	7.75
9	1.87	–	28.0	24.0	5.94	1.07	0.5	4.3	8.2	87.0	0.43	1.21	506	7.19
10	1.21	–	28.0	25.0	6.94	1.40	0.3	3.4	8.2	88.1	0.23	1.20	502	3.31
11	1.47	–	28.0	25.0	6.94	1.40	0.1	3.7	8.8	87.4	0.30	1.15	494	4.31
12	1.87	–	28.0	25.0	6.94	1.40	0.0	3.9	9.4	86.7	0.32	1.07	481	4.63
13	1.98	–	28.0	25.0	6.94	1.40	0.3	3.4	9.8	86.5	0.42	1.02	452	5.98
14	1.87	–	29.0	24.5	7.80	1.40	0.0	4.4	9.0	86.6	0.30	1.09	485	3.81
15	1.87	–	29.0	24.5	9.69	1.40	0.0	4.8	8.4	86.8	0.35	1.15	519	3.61
16	1.87	–	29.0	24.5	10.99	1.40	0.5	4.3	8.0	87.2	0.38	1.22	531	3.45
17	1.47	–	28.5	24.0	7.80	1.69	0.1	3.8	8.6	87.5	0.27	1.14	494	3.41
18	1.87	–	28.5	24.0	7.80	1.69	0.0	4.0	9.1	86.9	0.32	1.07	473	4.06
19	1.98	–	28.5	24.0	7.80	1.69	0.4	3.6	9.6	86.4	0.41	1.01	448	5.24
20	1.87	–	28.5	24.0	9.69	1.69	0.0	4.6	8.3	87.1	0.36	1.12	510	3.72
21	1.87	–	28.5	24.0	10.99	1.69	0.6	4.4	7.8	87.2	0.41	1.18	523	3.70
22	1.87	–	28.5	24.0	9.69	1.40	0.0	4.4	8.9	86.7	0.34	1.12	507	3.51

1* Primary air

2* Secondary air

ตารางที่ จ.3 ข้อมูลการทดลองตอนที่ 2

การทดลองที่	อากาศเข้า				อัตราการป้อนชะ (กก./ชม.)	อัตราการไหลก๊าซแอลพีจี (กก./ชม.)	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง				เถ้า			
	อัตราการไหล (m^3/ชม.)		Td (°ซ)	Tw (°ซ)			%CO	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%N_2$ และก๊าซอื่นๆ	น้ำหนัก (กก./ชม.)	% คาร์บอนคงตัว	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	% เถ้าต่อชะ
	1* (10^2)	2*												
1	1.87	13.8	30.0	25.0	5.29	1.07	0.0	4.0	10.1	85.9	0.30	1.11	469	5.59
2	1.98	13.8	30.0	25.0	5.29	1.07	0.0	4.3	10.8	84.9	0.33	1.04	456	6.21
3	2.14	13.8	30.0	25.0	5.29	1.07	0.2	4.1	11.3	84.4	0.41	1.00	444	7.72
4	1.98	13.8	31.0	24.5	5.94	1.07	0.0	4.4	10.6	85.0	0.35	1.05	460	5.93
5	1.98	13.8	31.0	24.5	6.50	1.07	0.0	4.9	9.4	85.7	0.36	1.07	464	5.55
6	1.98	13.8	31.0	24.5	6.94	1.07	0.1	4.5	8.5	86.9	0.38	1.11	473	5.47
7	1.87	13.8	29.0	24.0	7.80	1.40	0.0	4.2	10.0	85.8	0.37	1.12	464	4.70
8	1.98	13.8	29.0	24.0	7.80	1.40	0.0	4.8	10.6	84.6	0.42	1.06	452	5.34
9	2.14	13.8	29.0	24.0	7.80	1.40	0.3	4.1	11.1	84.5	0.44	1.02	439	5.69
10	1.98	13.8	29.0	24.0	9.69	1.40	0.0	5.1	10.4	84.5	0.46	1.08	460	4.74
11	1.98	13.8	29.0	24.0	10.99	1.40	0.0	5.5	9.0	85.5	0.47	1.10	469	4.30
12	1.98	13.8	29.0	24.0	13.06	1.40	0.4	5.3	8.4	85.9	0.51	1.12	494	3.88
13	1.87	13.8	29.5	24.0	7.80	1.69	0.0	4.4	9.8	85.8	0.36	1.10	460	4.65
14	1.98	13.8	29.5	24.0	7.80	1.69	0.0	4.9	10.4	84.7	0.41	1.04	448	5.25
15	2.14	13.8	29.5	24.0	7.80	1.69	0.4	4.2	10.8	84.6	0.43	1.00	431	5.47
16	1.98	13.8	29.5	24.0	9.69	1.69	0.0	5.2	10.2	84.6	0.46	1.07	456	4.76
17	1.98	13.8	29.5	24.0	10.99	1.69	0.0	5.8	8.9	85.3	0.48	1.09	460	4.36
18	1.98	13.8	29.5	24.0	13.06	1.69	0.3	5.6	8.4	85.7	0.51	1.11	485	3.93
19	1.98	13.8	29.5	24.0	10.99	1.40	0.0	4.9	10.3	84.8	0.40	1.03	445	3.63

ตารางที่ จ.4 ข้อมูลการทดลองตอนที่ 3

การทดลองที่	อากาศเข้า				อัตราการป้อนชะ (กก./ชม.)	อัตราการไหลก๊าซแอลพีจี (กก./ชม.)	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง				เถ้า			
	อัตราการไหล (m^3/ชม.)		Td (°ซ)	Tw (°ซ)			%CO	$\%CO_2$	$\%O_2$	$\%N_2$ และก๊าซอื่นๆ	น้ำหนัก (กก./ชม.)	% คาร์บอนคงตัว	ค่าความร้อน (กิโลจูล/กิโลกรัม)	% เถ้าต่อชะ
	1* (10^2)	2*												
1	2.22	18.00	31.5	26.5	28.00	2.05	0.0	5.7	11.3	83.0	0.62	1.12	452	2.21
2	2.22	18.00	31.5	26.5	28.00	2.38	0.0	6.1	10.8	83.1	0.62	1.07	444	2.22
3	2.22	18.00	31.5	26.5	28.00	2.69	0.4	5.6	10.1	83.9	0.62	1.12	456	2.22
4	2.22	18.00	31.5	26.5	28.00	2.38	0.0	6.0	10.9	83.1	0.62	1.08	448	2.22
5	2.22	18.00	31.5	26.5	28.00	2.38	0.0	6.0	10.8	83.2	0.61	1.06	441	2.17

1* Primary air

2* Secondary air

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1

การทดลองที่ 1:

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	740	750	650	230
2	740	730	635	235
4	760	720	650	230
6	765	730	650	235
8	750	730	645	235
10	745	730	640	235
12	755	720	645	240
14	760	725	635	240
16	775	725	635	245
18	790	730	640	245
20	800	735	635	245
22	800	735	640	250
24	805	730	640	250
26	810	745	645	250
28	810	750	650	250
30	820	750	650	250
32	820	745	630	250
34	825	745	630	255
36	830	750	630	255
38	830	755	635	260
40	830	760	635	260
42	830	765	635	270
44	835	765	635	270
46	835	770	630	270
48	860	780	630	265

การทดลองที่ 2:

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	850	750	620	265
2	865	765	620	270
4	865	760	620	270
6	880	765	625	270
8	885	760	625	275
10	880	770	630	275
12	890	780	630	275
14	885	775	630	275
16	890	780	630	280
18	890	780	630	280
20	885	785	635	285
22	880	785	645	285
24	870	780	640	285
26	870	780	640	285
28	870	780	635	285
30	870	780	620	285
32	865	775	640	285
34	870	775	640	285
36	870	770	635	290
38	870	780	635	290
40	875	775	635	290
42	880	775	625	295
44	885	770	640	290
46	885	795	650	295
48	880	795	645	300
50	885	795	645	300
52	895	790	650	305

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ 3:

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	890	780	625	305
2	880	775	630	305
4	890	800	630	310
6	885	785	630	310
8	865	775	630	310
10	845	755	630	310
12	840	760	630	310
14	840	760	625	310
16	840	750	625	315
18	830	750	620	315
20	845	765	610	315
22	835	770	610	320
24	825	765	605	325
26	825	765	605	325
28	825	760	605	320
30	815	750	605	320
32	810	745	605	320
34	810	750	605	330
36	805	735	595	325
38	805	735	600	320
40	805	740	600	325
42	805	740	595	330
44	805	740	590	330
46	800	730	590	330
48	805	730	590	330
50	805	735	590	330

การทดลองที่ 4:

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	805	730	575	330
2	800	720	575	330
4	790	720	585	330
6	775	720	570	330
8	750	730	565	330
10	700	700	565	330
12	690	690	565	330
14	665	665	545	335
16	640	650	545	330
18	625	650	555	330
20	610	650	550	330
22	620	660	510	325
24	605	630	530	330
26	600	620	510	330
28	590	620	530	330
30	585	625	520	325
32	580	630	515	330
34	585	630	515	330
36	575	630	515	320
38	570	630	515	320
40	570	635	515	320
42	570	660	510	320
44	565	660	510	320
46	575	660	510	320
48	590	650	515	325
50	595	660	510	325

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 5

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	725	635	475	250
2	715	635	475	265
4	725	640	480	265
6	720	645	485	265
8	725	645	495	265
10	725	645	495	270
12	720	645	495	275
14	710	640	495	275
16	710	640	495	275
18	710	645	500	280
20	710	640	500	275
22	705	640	505	275
24	700	640	505	280
26	695	635	505	280
28	695	635	500	280
30	690	630	500	280
32	685	630	500	280
34	695	635	500	280
36	695	635	495	275
38	695	635	495	285
40	700	635	500	285
42	700	640	500	285

การทดลองที่ : 6

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	745	610	460	180
2	735	600	455	180
4	740	610	460	200
6	740	600	455	200
8	730	610	465	195
10	725	615	465	200
12	720	610	480	200
14	730	620	480	200
16	735	620	480	200
18	735	625	480	195
20	735	625	490	200
22	750	635	495	220
24	750	635	500	215
26	750	645	500	220
28	750	645	500	220
30	745	635	505	220
32	750	645	505	220
34	760	645	505	220
36	760	645	505	220
38	745	650	510	230
40	750	655	510	230
42	745	655	510	230
44	745	655	510	230
46	745	655	510	230
48	745	660	515	235
50	740	660	520	235
52	740	660	520	235
54	735	655	520	235
56	735	660	525	240
58	735	655	525	235
60	735	655	520	235
62	740	660	520	240
64	740	665	525	245
66	750	665	525	245
68	745	670	530	250
70	750	670	530	250
72	755	680	535	250
74	755	675	535	250
76	760	680	535	250
78	765	685	535	250

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 7

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	725	590	430	210
2	715	590	420	210
4	710	585	435	210
6	695	580	430	205
8	695	575	430	215
10	670	570	445	220
12	670	565	440	220
14	675	565	440	205
16	650	555	440	215
18	650	565	435	215
20	655	560	435	220
22	660	560	435	220
24	660	560	435	220
26	660	560	435	225
28	660	565	435	240
30	650	560	440	240
32	660	560	440	240
34	650	560	440	235
36	660	560	440	235
38	660	560	440	240
40	660	570	440	240
42	665	570	440	245
44	665	570	440	245
46	660	570	440	245
48	665	565	440	245
50	665	575	440	245

การทดลองที่ : 8

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	610	450	245
2	725	615	460	250
4	725	625	460	245
6	705	620	465	245
8	695	610	465	255
10	685	600	470	260
12	685	605	470	265
14	675	600	465	260
16	670	595	460	260
18	670	585	460	255
20	660	590	455	265
22	665	590	455	265
24	660	590	455	270
26	665	590	455	270
28	660	585	455	270
30	655	585	450	275
32	650	580	450	270
34	650	580	455	270
36	645	580	450	270
38	645	585	450	275
40	640	575	450	275
42	640	575	450	270
44	640	580	450	265
46	640	575	450	275
48	645	575	450	275
50	635	575	455	275
52	645	585	455	270
54	640	580	455	280
56	640	585	455	275
58	640	590	450	280
60	650	590	455	280

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 9

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	775	665	495	240
2	740	655	495	245
4	735	655	490	250
6	725	650	485	240
8	725	645	490	250
10	705	635	495	245
12	695	625	485	255
14	675	615	480	255
16	670	610	475	250
18	660	600	475	255
20	655	590	465	260
22	645	590	465	260
24	640	580	460	260
26	640	575	455	260
28	645	580	455	260
30	635	575	460	260
32	625	575	450	265
34	630	570	450	260
36	630	570	450	260
38	620	560	450	260
40	620	560	450	260
42	620	560	450	260
44	620	560	450	260
46	620	560	450	260
48	620	565	450	260
50	625	565	450	260
52	625	565	455	260

การทดลองที่ : 10

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	800	885	600	200
2	800	870	600	200
4	860	865	605	195
6	890	840	605	200
8	910	840	605	200
10	900	820	610	200
12	840	760	570	220
14	860	760	590	220
18	890	800	655	200
20	890	820	650	210
22	910	800	650	220
24	920	795	655	220
26	910	805	660	220
28	920	800	665	230
30	925	805	660	230
32	930	800	665	235
34	920	815	665	225
36	925	815	670	230
38	925	810	665	235
40	935	805	670	230
42	935	810	675	240
44	940	815	675	250
46	950	825	680	245
48	950	825	680	255
50	965	830	680	260

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 11

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	810	710	570	200
2	800	690	580	200
4	795	670	585	200
6	790	685	580	200
8	790	685	580	210
10	800	685	580	210
12	795	675	580	220
14	800	690	580	210
16	800	685	580	220
18	820	690	580	225
20	835	685	585	230
22	840	700	600	230
24	850	715	605	230
26	850	720	610	235
28	855	715	605	235
30	860	710	610	230
32	860	690	610	230
34	860	730	615	235
36	865	730	620	240
38	860	735	620	240
40	875	730	625	235
42	880	740	625	240
44	880	760	630	250
46	870	765	635	245
48	890	765	630	250
50	880	760	635	255
52	885	765	635	260
54	885	760	640	255
56	885	780	635	260
58	895	780	640	260
60	890	780	635	260
62	890	785	650	260
64	890	780	650	255
66	890	790	645	260
68	895	785	650	255
70	890	780	650	260

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
72	900	800	650	260
74	900	800	650	260
76	910	800	660	270
78	910	800	660	270
80	915	815	665	280
82	915	815	670	275
84	915	820	675	275
86	915	820	675	280
88	915	825	675	280
90	920	820	675	280

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 12

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	915	830	660	300
2	915	820	665	300
4	915	820	670	300
6	915	830	665	300
8	915	830	665	300
10	910	830	675	305
12	900	830	670	310
14	900	830	670	315
16	900	830	670	320
18	900	830	670	315
20	905	800	670	320
22	890	820	670	320
24	900	820	670	325
26	910	830	670	320
28	905	820	670	315
30	905	815	670	305
32	905	815	670	315
34	905	810	670	320
36	900	820	670	325
38	900	830	670	315
40	900	830	670	315
42	900	830	670	315
44	905	820	670	320
46	905	830	670	320
48	900	830	670	320
50	900	830	670	325
52	910	820	675	325
54	920	840	675	340
56	920	820	675	345
58	920	825	675	340
60	920	820	675	340
62	920	830	675	340
64	920	830	675	350
66	920	830	675	345

การทดลองที่ : 13

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	800	705	560	255
2	795	705	565	260
4	800	700	560	260
6	805	700	565	265
8	805	695	565	265
10	810	710	560	270
12	820	720	560	270
14	820	720	565	270
16	820	730	565	275
18	825	720	570	280
20	825	720	570	280
22	825	725	575	280
24	825	720	580	280
26	825	720	585	275
28	830	730	580	285
30	830	725	585	285
32	825	725	590	285
34	825	725	590	290
36	830	725	590	290
38	830	730	590	290
40	830	740	590	295
42	835	735	595	290
44	835	730	595	290
46	840	735	600	295
48	840	745	595	300
50	840	740	600	295

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 14

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	835	740	590	300
2	815	735	590	300
4	820	720	585	310
6	810	730	590	315
8	805	725	590	310
10	800	720	595	310
12	805	720	590	315
14	805	725	595	315
16	805	720	595	315
18	800	725	590	320
20	800	720	590	315
22	800	715	595	320
24	800	720	595	325
26	795	720	590	330
28	800	720	590	330
30	795	725	595	330
32	800	725	595	330
34	800	725	590	330
36	800	725	590	330
38	800	730	590	325
40	800	730	590	330
42	800	720	590	330
44	800	720	600	335
46	800	730	600	335
48	800	730	600	335
50	805	730	600	335
52	810	740	600	335

การทดลองที่ : 15

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	770	700	580	260
2	755	690	575	260
4	750	690	575	280
6	740	685	575	280
8	745	690	570	290
10	735	685	570	265
12	735	680	570	260
14	730	680	570	260
16	725	680	565	270
18	725	675	565	290
20	720	680	550	280
22	720	680	560	280
24	725	675	555	300
26	720	675	555	290
28	720	675	560	295
30	725	680	555	295
32	725	675	560	300
34	725	675	560	300
36	720	680	555	305
38	720	675	555	295
40	720	675	555	290
42	725	675	555	305
44	735	680	555	300
46	735	680	560	305
48	735	680	560	305
50	740	685	555	305
52	750	690	555	300

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 16

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	795	690	555	290
2	795	675	560	290
4	800	695	565	285
6	785	700	570	280
8	775	695	575	295
10	765	695	575	295
12	770	695	575	300
14	765	675	575	305
16	770	695	575	300
18	760	690	575	305
20	750	685	575	305
22	750	685	575	305
24	755	695	575	310
26	755	690	580	310
28	755	680	585	305
30	760	690	580	310
32	760	690	580	310
34	755	695	585	310
36	755	690	575	315
38	760	685	575	320
40	755	690	590	315
42	760	700	585	320
44	770	700	580	315
46	755	700	580	315
48	755	690	580	315
50	755	705	575	320
52	760	705	575	310
54	780	705	570	315

การทดลองที่ : 17

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	820	720	565	320
2	820	725	570	320
4	820	730	570	320
6	800	725	585	325
8	780	740	580	330
10	770	720	580	335
12	765	715	575	340
14	770	720	570	340
16	760	720	570	335
18	760	720	575	335
20	755	720	560	340
22	755	710	575	345
24	755	720	575	345
26	750	715	575	345
28	745	725	575	345
30	740	705	570	340
32	745	695	575	345
34	755	715	570	350
36	735	710	575	345
38	740	695	570	355
40	735	705	570	355
42	740	710	575	355

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 18

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	835	755	585	360
2	810	755	590	360
4	805	740	595	365
6	775	730	590	365
8	750	705	605	370
10	720	690	585	370
12	710	660	580	365
14	700	655	580	370
16	685	665	570	370
18	690	650	570	375
20	680	650	560	375
22	670	635	550	375
24	660	635	555	380
26	645	630	540	375
28	645	630	540	380
30	650	620	540	380
32	650	620	540	375
34	650	620	545	380
36	650	625	550	385
38	650	615	555	380

การทดลองที่ : 19

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	785	620	470	210
2	775	610	490	220
4	765	615	485	220
6	735	610	485	230
8	715	605	480	230
10	705	590	485	235
12	690	590	485	230
14	690	595	470	235
16	690	595	460	245
18	680	590	475	245
20	690	595	475	240
22	700	580	470	235
24	685	595	470	240
26	695	595	465	245
28	690	595	470	250
30	690	600	475	250
32	685	590	475	255
34	700	600	480	255
36	705	605	485	255
38	695	610	485	255
40	695	590	485	255

ตารางที่ จ.5 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.1 (ต่อ)

การทดลองที่ : 20

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	805	680	515	275
2	795	695	520	275
4	780	675	530	280
6	750	660	530	290
8	715	650	520	280
10	700	630	515	275
12	695	620	510	290
14	670	605	500	295
16	665	600	500	290
18	670	610	500	295
20	650	605	490	290
22	650	595	485	300
24	660	590	490	300
26	650	595	475	295
28	640	590	470	300
30	650	590	470	300
32	630	580	470	305
34	620	570	470	305

การทดลองที่ : 21

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	750	628	532	243
10	745	620	528	244
20	758	630	530	236
30	762	635	534	238
40	764	638	536	239
50	763	640	535	237
60	761	640	534	239
70	764	642	535	241
80	763	641	536	242
90	765	643	535	243
100	762	645	534	248
120	764	645	536	249
140	761	645	534	250
160	763	644	535	251
180	762	644	536	252
200	764	645	537	253
220	764	645	536	251
240	766	645	535	253
260	764	645	536	253
280	763	645	537	254
300	765	644	536	253
320	765	645	535	251
340	766	645	534	253
360	763	643	536	253
380	764	643	535	252
400	765	644	536	253
420	763	645	537	254
494	806.7	1283	1115	708
516	805.7	1283	1121	709
538	806.9	1284	1126	704
560	807	1295	1126	708
520	765	645	535	254
540	764	644	534	255
560	763	643	534	255
580	765	644	536	253
600	765	645	537	254

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2

การทดลองที่ : 1

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	600	500	200
2	700	595	500	200
4	715	605	505	205
6	730	615	505	200
8	740	620	510	210
10	745	620	520	210
12	745	620	530	215
14	750	625	550	215
16	750	625	555	220
18	760	630	560	220
20	755	630	550	215
22	755	630	550	220
24	760	630	555	225
26	770	640	560	230
28	760	640	560	230
30	765	640	560	240
32	770	645	565	240
34	780	645	570	235
36	780	645	570	250
38	785	650	565	255
40	770	650	560	260
42	775	650	555	260
44	775	655	550	265
46	780	655	555	260
48	790	660	555	260
50	795	660	560	265
52	790	660	570	260
54	790	665	575	270
56	795	665	580	275
58	795	670	575	270
60	800	670	580	270

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
62	810	675	580	265
64	805	675	585	260
66	805	675	585	260
68	800	675	580	255
70	790	670	570	250
72	795	670	575	255
74	800	670	580	255
76	795	670	585	260
78	795	670	580	250
80	790	670	580	255
82	780	665	580	255

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 2

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	700	620	510	195
2	700	620	510	200
4	710	630	505	200
6	700	630	505	200
8	695	630	500	200
10	695	625	510	210
12	690	625	520	210
14	700	625	530	215
16	700	630	535	215
18	695	630	530	215
20	700	635	530	210
22	710	640	535	220
24	720	650	540	220
26	730	655	535	225
28	735	655	540	225
30	740	660	540	230
32	750	655	545	230
34	750	660	550	230
36	750	660	550	230
38	755	665	545	235
40	755	670	550	235
42	760	680	550	235
44	760	680	545	230
46	765	680	550	230
48	760	685	555	240
50	770	690	555	245
52	775	690	560	245
54	775	685	560	250
56	780	680	555	245
58	780	690	560	240
60	785	700	565	245
62	785	700	570	250
64	785	700	570	255
66	790	715	575	260
68	800	715	575	260
70	810	720	575	260
72	815	720	570	255
74	815	725	575	260
76	815	720	580	270
78	810	715	575	280

การทดลองที่ : 3

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	630	490	200
2	710	630	490	200
4	705	625	485	200
6	710	635	490	205
8	715	640	500	210
10	720	650	510	220
12	725	650	520	230
14	725	655	530	230
16	730	655	535	240
18	740	655	535	245
20	745	660	540	245
22	750	665	540	245
24	750	670	545	250
26	760	680	540	255
28	760	680	545	260
30	760	685	540	265
32	765	685	545	270
34	760	685	550	270
36	765	685	550	270
38	770	690	555	270
40	770	690	555	275
42	775	690	560	280
44	775	695	565	290
46	780	695	565	300
48	780	700	570	310
50	785	700	570	315
52	785	700	570	315
54	790	705	570	310
56	785	705	575	300
58	780	705	575	315
60	785	700	575	320
62	790	705	580	325
64	800	705	580	320
66	810	710	580	315
68	815	710	575	320
70	815	720	575	320
72	820	725	580	320
74	820	725	575	325
76	825	730	570	325
78	820	730	570	320

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 4

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	605	510	260
2	715	605	510	265
4	715	610	510	265
6	710	610	515	265
8	715	610	515	265
10	720	615	520	270
12	720	615	525	270
14	725	620	530	270
16	725	625	540	270
18	720	630	540	270
20	725	640	540	275
22	725	635	545	275
24	725	635	545	280
26	730	640	550	280
28	730	645	550	280
30	730	650	560	280
32	730	650	560	285
34	735	650	550	285
36	735	645	550	285
38	735	645	555	285
40	735	645	560	285
42	740	650	570	290
44	740	650	570	290
46	750	655	565	295
48	755	660	570	295
50	750	660	570	290
52	755	665	575	295
54	750	670	570	290
56	750	670	570	290
58	755	670	570	295
60	750	665	575	300
62	750	665	575	300
64	755	670	580	295
66	760	670	580	295
68	760	675	580	300
70	760	675	580	305
72	760	680	580	300
74	760	670	575	300

การทดลองที่ : 5

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	760	640	490	285
2	760	635	490	285
4	755	635	490	290
6	750	630	485	290
8	750	630	485	300
10	755	625	485	300
12	750	625	485	310
14	750	625	490	305
16	745	625	490	305
18	740	620	485	310
20	745	625	490	315
22	740	620	490	310
24	740	620	495	310
26	735	625	495	310
28	730	620	490	315
30	720	625	495	315
32	710	620	495	315
34	715	615	490	315
36	715	620	490	320
38	710	620	485	320
40	715	620	485	320
42	715	625	490	315
44	715	625	490	320
46	705	625	495	320
48	710	620	495	325
50	705	620	500	325
52	705	620	500	330
54	705	615	500	330
56	705	615	500	330
58	710	615	500	325
60	710	610	505	330
62	705	610	505	330
64	700	610	500	330
66	700	615	505	325
68	700	610	500	330
70	705	605	500	335
72	705	605	505	335
74	700	605	510	335
76	700	605	510	335

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 6

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	750	630	475	260
2	750	630	475	260
4	750	630	475	260
6	740	625	480	270
8	745	625	480	270
10	745	625	480	270
12	750	620	485	280
14	750	630	485	285
16	755	630	485	285
18	760	635	490	285
20	750	630	490	285
22	750	620	490	290
24	745	620	495	290
26	745	620	495	285
28	740	615	495	280
30	740	615	490	285
32	735	610	485	280
34	735	610	485	280
36	730	605	480	285
38	730	605	480	285
40	735	605	480	290
42	730	605	475	280
44	725	605	475	290
46	725	600	470	290
48	725	600	470	300
50	715	600	465	300
52	710	595	465	305
54	700	595	465	295
56	695	590	460	300
58	695	590	460	305
60	695	590	460	300

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
62	690	585	455	305
64	690	585	455	300
66	690	585	455	305
68	685	585	450	305
70	680	580	450	310
72	680	580	445	310
74	680	580	445	305
76	685	580	450	310
78	685	570	450	310
80	685	570	450	310

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 7

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	600	510	280
2	710	600	510	280
4	705	605	505	285
6	705	600	510	285
8	705	605	505	280
10	700	605	500	285
12	705	610	500	285
14	710	610	500	290
16	715	610	505	290
18	720	615	505	285
20	725	615	510	290
22	725	615	515	295
24	725	620	520	290
26	730	625	525	295
28	730	630	525	300
30	725	630	530	310
32	730	625	535	305
34	725	625	540	305
36	725	625	545	300
38	730	625	540	305
40	730	630	545	310
42	730	630	550	315
44	735	635	550	315
46	735	635	555	320
48	730	630	550	315
50	735	630	555	320
52	740	635	560	325
54	740	640	560	320
56	745	645	565	325
58	740	645	560	325
60	740	645	565	325
62	740	640	565	330
64	740	640	565	330
66	745	640	570	330
68	745	640	570	330
70	745	640	570	330

การทดลองที่ : 8

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	605	535	280
2	720	605	540	280
4	715	600	545	285
6	715	605	550	285
8	710	600	550	290
10	715	600	555	295
12	710	595	550	295
14	715	600	545	295
16	710	595	545	300
18	705	580	540	300
20	700	580	540	305
22	700	585	540	300
24	700	590	545	300
26	695	585	540	295
28	695	580	535	295
30	700	580	535	290
32	700	585	540	290
34	695	580	545	285
36	690	570	540	285
38	695	575	530	280
40	690	575	530	280
42	685	575	525	275
44	680	570	525	270
46	680	570	525	270
48	685	575	520	275
50	685	580	515	270
52	690	585	515	265
54	685	585	515	265
56	680	580	510	260
58	680	575	510	260
60	680	575	505	265
62	680	575	505	265

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 9

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	600	540	290
2	710	605	540	295
4	715	610	545	300
6	715	615	545	305
8	710	615	540	300
10	705	610	535	305
12	705	610	530	300
14	700	605	530	295
16	700	610	525	290
18	690	605	525	295
20	690	600	525	290
22	680	600	520	285
24	670	595	515	280
26	660	590	510	270
28	650	580	505	260
30	650	575	505	260
32	640	570	500	255
34	630	560	495	250
36	620	550	490	240
38	610	540	490	230
40	610	530	495	235
42	600	520	490	235
44	600	520	480	230
46	595	510	470	225
48	595	515	470	225
50	595	515	475	230
52	590	510	470	225
54	590	505	460	220

การทดลองที่ : 10

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	620	520	220
2	720	620	520	220
4	715	620	525	225
6	715	625	530	225
8	715	630	540	230
10	720	630	545	240
12	730	635	545	245
14	740	640	550	250
16	750	635	550	250
18	760	640	555	255
20	765	645	555	260
22	770	650	560	260
24	780	650	565	265
26	780	660	565	265
28	780	660	570	270
30	785	660	575	270
32	785	660	580	275
34	785	665	585	275
36	790	665	585	275
38	790	665	590	280
40	790	670	590	285
42	795	670	595	290
44	795	670	595	290
46	790	670	595	285
48	790	665	595	285
50	795	665	595	280

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 11

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	610	530	250
2	720	610	540	260
4	725	610	550	265
6	720	610	550	270
8	715	615	545	270
10	710	615	540	270
12	715	620	540	275
14	715	620	545	280
16	720	620	550	275
18	725	625	550	275
20	730	625	555	275
22	730	630	555	280
24	735	630	555	280
26	740	635	560	290
28	750	635	560	295
30	755	640	570	295
32	760	645	575	300
34	770	650	575	305
36	775	650	585	300
38	775	655	580	305
40	780	655	585	310
42	780	660	590	310
44	780	660	590	315
46	785	660	590	310
48	790	665	585	310

การทดลองที่ : 12

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	620	520	280
2	725	620	530	280
4	730	625	530	285
6	725	625	535	285
8	720	620	530	285
10	715	610	525	290
12	720	615	520	290
14	730	615	520	295
16	740	620	525	290
18	745	625	530	290
20	750	630	535	295
22	750	630	540	300
24	750	630	545	300
26	750	635	550	305
28	750	635	550	300
30	755	635	555	305
32	755	640	555	310
34	755	640	555	310
36	755	640	560	305
38	760	640	565	310
40	760	645	560	315
42	755	645	565	315
44	760	645	570	320
46	760	640	570	315

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 13

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	610	520	290
2	720	610	525	295
4	725	615	530	300
6	725	620	530	305
8	730	625	535	310
10	725	620	530	305
12	720	615	530	300
14	720	610	520	305
16	715	610	510	300
18	710	605	510	295
20	700	595	515	295
22	695	595	510	290
24	695	590	505	280
26	690	585	500	280
28	690	585	500	275
30	685	585	495	270
32	680	580	490	260
34	675	575	490	260
36	675	570	495	265
38	670	560	490	260
40	670	555	485	255
42	665	550	480	255
44	665	550	480	250
46	660	545	475	250
48	660	545	475	250

การทดลองที่ : 14

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	595	495	230
2	710	595	495	225
4	700	600	495	220
6	715	600	500	230
8	725	605	505	235
10	730	610	500	240
12	735	615	505	235
14	740	620	510	240
16	745	620	515	250
18	745	625	520	255
20	750	620	520	260
22	750	625	525	255
24	755	630	525	270
26	750	630	520	280
28	755	635	525	285
30	760	635	525	285
32	765	635	525	290
34	760	640	530	290
36	760	640	530	295
38	760	640	525	300
40	760	640	530	290

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 15

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	600	520	290
2	705	600	520	290
4	705	595	515	285
6	710	610	520	290
8	720	615	520	295
10	730	620	525	295
12	735	625	525	300
14	735	625	530	305
16	740	630	530	300
18	740	630	535	300
20	745	635	530	305
22	745	630	535	300
24	740	635	540	310
26	745	640	540	310
28	750	650	545	315
30	750	655	550	320
32	755	660	555	325
34	755	665	555	320
36	755	660	560	320

การทดลองที่ : 16

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	620	520	305
2	710	615	510	305
4	705	610	510	300
6	705	610	505	295
8	700	610	505	295
10	710	605	500	300
12	720	610	495	300
14	710	605	490	310
16	700	590	480	305
18	690	580	470	300
20	680	565	465	300
22	670	560	460	295
24	660	550	450	290
26	650	540	440	285
28	640	520	430	290
30	630	510	420	295
32	620	500	415	290

การทดลองที่ : 17

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	590	505	235
2	710	600	510	235
4	700	600	510	230
6	720	610	520	235
8	725	615	530	240
10	730	620	535	245
12	735	630	535	240
14	735	630	540	240
16	740	635	545	240
18	740	630	545	235
20	745	640	550	230
22	750	645	545	240
24	755	645	550	245
26	760	650	555	250
28	770	650	555	245
30	780	660	555	255
32	790	665	560	260
34	795	670	560	265
36	790	665	560	265
38	785	665	560	265

การทดลองที่ : 18

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	620	520	220
2	720	620	520	225
4	715	620	520	230
6	725	625	525	230
8	730	625	530	235
10	730	630	530	245
12	740	635	535	240
14	745	640	540	250
16	750	640	540	255
18	755	645	545	250
20	755	645	550	260
22	755	645	550	265
24	760	650	550	260
26	755	650	555	265
28	760	655	555	270
30	760	655	555	270
32	760	660	560	275
34	765	660	560	275
36	760	660	560	275

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 19

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	730	655	530	260
2	720	660	530	260
4	730	660	530	255
6	725	650	530	255
8	720	650	525	250
10	710	655	525	255
12	715	660	525	250
14	710	655	520	240
16	710	655	510	245
18	710	650	510	240
20	705	640	505	240
22	700	635	505	230
24	705	640	505	230
26	700	635	495	230
28	695	635	500	230
30	695	630	495	220
32	695	635	490	225
34	690	630	490	220
36	680	630	480	220
38	680	625	480	215
40	675	625	480	215

การทดลองที่ : 20

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	620	495	210
2	720	620	495	220
4	715	620	500	220
6	720	625	505	230
8	725	625	510	230
10	730	630	515	235
12	735	630	510	230
14	740	630	515	235
16	750	635	515	245
18	750	635	520	245
20	755	635	520	240
22	755	640	520	235
24	750	635	525	240
26	755	640	525	245
28	760	640	525	250
30	755	640	520	250
32	760	640	520	255
34	760	645	525	255
36	760	645	525	255
38	760	645	530	255

ตารางที่ จ.6 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 1.2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 21

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	730	680	515	205
2	730	695	520	205
4	725	675	530	210
6	710	660	530	220
8	705	650	520	210
10	700	630	515	205
12	695	620	510	220
14	670	605	500	225
16	665	600	500	220
18	670	610	500	225
20	650	605	490	220
22	650	595	485	230
24	660	590	490	230
26	650	595	475	225
28	640	590	470	230
30	650	590	470	230
32	630	580	470	235
34	620	570	470	235

การทดลองที่ : 22

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	755	632	571.8	509
5	751	624	568	521
10	758	630	575.2	533
15	763	637	577.5	530
20	764	642	577	540
30	763	644	576.5	536
40	763	645	578.1	548
50	764	643	577.5	550
60	764	644	577.8	546
70	765	645	576.5	552
80	764	644	579	553
90	763	643	576.6	558
100	763	645	577.8	559
120	764	643	539	253
140	765	645	537	255
160	763	644	538	254
180	764	643	539	253
200	765	643	538	254
220	764	645	537	253
240	763	644	539	254
260	764	645	538	254
280	765	645	537	253
300	766	643	537	254
320	764	646	536	253
340	765	647	538	255
360	763	645	539	255
380	764	644	538	255
400	765	645	539	254
420	764	644	539	254
440	765	646	538	255
460	763	645	537	256
480	763	644	539	253
500	765	645	538	255

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2

การทดลองที่ : 1

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	730	805	696	412
2	730	805	696	412
4	726	801	693	412
6	732	810	699	416
8	740	815	701	419
10	750	818	703	422
12	760	826	706	425
14	765	830	706	427
16	770	838	709	427
18	775	839	710	430
20	776	840	714	434
22	780	840	719	436
24	780	841	720	437
26	783	844	723	439
28	785	844	725	441
30	786	844	730	444
32	790	845	732	448
34	792	847	733	448
36	794	849	733	448
38	795	849	735	450
40	796	850	742	451
42	796	851	744	452
44	797	851	746	452
46	799	853	749	453
48	800	855	751	455
50	806	859	753	456
52	807	860	753	456
54	807	861	756	456
56	805	861	758	457
58	806	863	758	458
60	807	863	761	458
62	808	864	763	458
64	808	865	765	458
66	808	868	766	459

การทดลองที่ : 2

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	732	847	752	470
2	732	847	752	470
4	725	845	750	469
6	720	843	748	469
8	730	851	755	478
10	738	852	757	480
12	739	856	757	481
14	740	856	756	481
16	742	858	758	482
18	745	860	759	483
20	746	861	763	483
22	747	863	763	485
24	749	863	765	485
26	751	865	765	486
28	751	865	766	486
30	752	863	768	486
32	753	866	769	487
34	754	867	770	489
36	755	867	770	490
38	755	869	771	491
40	755	869	773	491
42	755	870	774	493
44	756	872	775	493
46	756	872	775	495
48	757	871	776	497
50	757	873	775	496
52	758	874	777	497
54	758	875	778	499
56	759	876	778	499
58	760	876	779	500
60	760	877	780	500
62	760	877	779	501

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 3

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	728	813	676	483
2	725	812	676	483
4	723	810	673	480
6	728	820	679	485
8	732	825	679	486
10	735	827	681	486
12	737	829	683	488
14	742	830	685	489
16	748	835	687	490
18	752	836	690	490
20	750	837	692	491
22	752	838	695	492
24	750	838	696	492
26	746	838	697	493
28	746	837	696	494
30	740	837	697	494
32	735	835	697	495
34	732	836	696	494
36	735	832	690	495
38	730	830	690	496
40	722	830	689	495
42	720	830	688	496
44	716	829	687	495
46	711	825	686	495
48	700	820	683	494
50	696	813	678	494
52	697	815	675	492
54	695	810	673	491
56	692	807	673	491
58	690	801	670	490
60	685	795	669	489
62	685	793	668	489

การทดลองที่ : 4

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	803	708	401
2	718	803	708	401
4	715	800	706	400
6	720	797	700	397
8	726	808	710	407
10	728	810	717	409
12	725	811	719	411
14	728	813	720	413
16	730	815	722	414
18	735	818	726	419
20	739	820	727	420
22	741	822	729	422
24	745	825	731	425
26	750	826	732	427
28	750	826	732	429
30	756	827	736	433
32	755	829	737	436
34	758	830	739	436
36	759	832	740	438
38	760	836	741	439
40	762	836	742	440
42	763	836	742	442
44	766	838	743	444
46	768	839	743	446
48	770	840	744	446
50	772	842	745	445
52	773	842	746	447
54	772	843	748	449
56	772	843	748	450
58	772	843	749	450

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 5

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	710	828	723	462
2	710	828	723	462
4	708	825	720	460
6	705	830	727	464
8	712	831	727	464
10	718	830	729	465
12	720	830	731	467
14	722	832	732	468
16	728	835	732	469
18	729	838	736	470
20	733	840	739	470
22	735	841	740	471
24	740	842	742	473
26	745	843	744	472
28	746	845	746	473
30	748	846	746	474
32	749	846	748	475
34	751	847	750	475
36	750	848	752	476
38	752	849	754	479
40	756	850	756	479
42	759	852	756	478
44	759	853	758	479
46	760	853	759	480
48	762	856	762	481
50	763	859	763	482
52	764	861	764	482
54	765	861	764	481

การทดลองที่ : 6

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	738	815	722	481
2	738	815	722	481
4	739	816	725	482
6	738	817	727	483
8	735	816	728	484
10	740	819	729	486
12	742	820	730	487
14	743	822	732	488
16	746	828	733	490
18	748	829	736	491
20	750	830	737	491
22	753	832	739	492
24	756	835	740	493
26	756	836	740	495
28	750	837	740	495
30	745	837	739	497
32	742	834	738	499
34	736	830	735	500
36	732	826	736	500
38	730	825	732	499
40	722	820	730	498
42	720	815	727	497
44	715	810	725	495
46	706	805	720	490
48	705	801	720	490

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 7

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	720	810	732	453
2	720	810	732	453
4	716	807	726	450
6	710	811	739	448
8	715	813	740	458
10	722	815	742	460
12	724	816	748	462
14	725	818	750	463
16	728	820	755	465
18	730	821	754	467
20	732	823	756	468
22	739	825	757	469
24	746	828	760	471
26	750	829	762	473
28	756	830	764	475
30	759	835	769	478
32	763	835	770	480
34	766	839	775	481
36	768	841	772	483
38	770	842	778	486
40	773	843	776	489
42	776	848	778	490
44	776	850	780	490
46	777	852	782	493
48	777	853	782	495
50	777	853	781	496

การทดลองที่ : 8

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	728	822	719	478
2	728	823	719	479
4	729	825	720	480
6	730	829	722	481
8	729	827	721	481
10	725	826	720	480
12	726	827	718	478
14	729	828	725	483
16	730	830	728	487
18	735	833	732	491
20	736	834	736	492
22	740	835	739	493
24	745	836	740	495
26	746	837	742	497
28	749	837	744	499
30	750	836	746	500
32	751	837	749	503
34	753	838	751	505
36	756	839	753	506
38	758	840	755	509
40	758	841	759	510
42	757	842	760	511
44	759	843	761	512
46	760	843	763	513
48	761	844	763	513

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 9

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	741	830	675	460
2	741	830	675	460
4	740	829	673	458
6	738	827	670	455
8	742	831	675	460
10	748	837	682	465
12	753	841	685	468
14	755	843	686	470
16	750	845	687	473
18	750	846	688	475
20	748	846	689	479
22	745	843	690	480
24	740	841	690	480
26	733	840	683	480
28	730	835	682	479
30	723	832	680	475
32	720	830	675	470
34	716	827	676	463
36	710	825	670	460
38	704	822	670	458
40	700	819	663	455
42	693	815	665	450
44	690	812	663	449
46	690	810	660	449

การทดลองที่ : 10

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	732	819	723	475
2	735	820	723	475
4	730	823	725	476
6	728	825	727	478
8	730	825	724	478
10	735	823	721	475
12	738	827	726	478
14	740	830	728	480
16	743	832	732	483
18	745	833	735	485
20	746	836	738	487
22	750	839	740	487
24	752	840	742	489
26	756	840	746	490
28	758	841	749	491
30	758	843	750	491
32	759	845	752	492
34	760	846	753	492
36	760	847	753	493
38	760	847	754	494
40	762	847	754	494

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 11

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	718	813	710	430
2	720	815	711	431
4	723	812	710	430
6	725	810	707	428
8	724	814	711	433
10	720	818	715	438
12	725	820	717	440
14	730	825	719	443
16	736	829	721	445
18	740	825	719	443
20	743	829	721	445
22	746	836	723	446
24	750	838	725	447
26	755	837	728	449
28	755	838	729	451
30	756	839	732	453
32	757	840	734	456
34	756	840	736	459
36	758	840	737	460

การทดลองที่ : 12

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	733	819	713	434
2	736	820	716	435
4	739	822	719	436
6	740	825	720	439
8	739	824	720	438
10	738	821	718	437
12	740	826	720	440
14	735	825	716	438
16	734	825	714	436
18	730	824	710	435
20	725	821	710	433
22	721	820	707	431
24	720	817	705	430
26	716	813	703	426
28	711	810	701	420
30	707	807	698	420
32	702	807	698	418

การทดลองที่ : 13

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	722	798	710	427
2	722	798	710	427
4	720	795	707	425
6	715	793	705	423
8	722	810	716	427
10	730	818	722	430
12	736	825	728	433
14	740	833	737	436
16	745	836	740	438
18	753	839	742	440
20	755	841	746	443
22	756	843	747	445
24	757	843	748	446
26	759	846	750	448
28	758	846	750	445
30	760	849	751	449
32	764	850	755	451
34	765	851	757	453
36	769	851	760	455
38	769	851	761	455

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 14

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	719	802	718	431
2	721	802	719	431
4	723	803	723	432
6	720	801	720	430
8	715	797	718	426
10	722	811	724	429
12	729	813	729	434
14	735	815	732	437
16	742	819	734	439
18	747	823	736	440
20	751	827	739	442
22	753	830	742	443
24	755	831	743	444
26	755	831	746	445
28	756	833	747	445
30	756	834	747	446
32	756	835	748	447
34	757	837	749	447
36	757	837	750	448
38	757	838	750	448

การทดลองที่ : 15

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	725	824	727	424
2	726	825	728	425
4	724	825	728	424
6	720	821	724	421
8	726	826	729	426
10	733	831	734	432
12	736	838	742	439
14	740	846	747	442
16	735	845	746	440
18	730	841	740	438
20	721	833	732	430
22	714	824	723	421
24	700	819	717	415
26	693	810	708	404
28	687	806	700	400
30	680	803	696	394
32	675	800	693	391
34	672	794	689	387
36	668	790	685	384

การทดลองที่ : 16

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	721	819	698	411
2	725	819	699	413
4	728	823	703	415
6	730	826	709	419
8	730	829	713	422
10	735	830	716	425
12	739	833	719	429
14	744	836	722	431
16	750	837	723	436
18	751	839	729	437
20	752	842	731	439
22	755	845	734	442
24	756	846	736	443
26	756	848	736	445
28	756	849	739	447
30	757	851	740	448
32	756	851	741	448
34	758	853	742	449
36	758	854	743	450
38	758	855	743	450

การทดลองที่ : 17

เวลา	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
(นาที)	TC2	TC3	TC4	TC5
0	736	827	711	438
2	737	829	713	438
4	739	825	709	434
6	741	821	705	429
8	743	828	711	434
10	745	833	718	438
12	750	839	723	443
14	751	842	725	445
16	752	845	729	445
18	752	845	733	447
20	753	845	735	446
22	753	846	737	447
24	755	847	739	448
26	756	849	742	448
28	756	851	745	449
30	756	851	746	449
32	757	853	747	450
34	757	853	747	450

ตารางที่ จ.7 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 2 (ต่อ)

การทดลองที่ : 18

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	739	829	715	431
2	741	830	718	433
4	745	835	722	436
6	748	837	725	439
8	747	841	728	440
10	742	840	727	438
12	738	834	723	431
14	730	828	719	425
16	724	820	711	420
18	719	813	707	414
20	711	802	700	410
22	703	796	697	400
24	696	790	693	393

การทดลองที่ : 19

เวลา (นาที)	อุณหภูมิ (เซลเซียส)			
	TC2	TC3	TC4	TC5
0	748	820	725	427
5	743	815	719	427
10	755	823	723	425
15	763	825	725	423
20	764	824	726	425
30	763	826	728	426
40	765	826	728	427
50	764	825	727	429
60	765	825	729	430
70	764	825	730	432
80	763	824	731	433
90	765	826	732	432
100	765	825	734	433
120	765	825	733	435
140	764	824	732	435
160	763	825	734	436
180	765	824	734	435
200	766	825	732	436
220	764	826	733	437
240	763	825	734	435
260	764	824	735	436
280	764	825	734	436
300	765	824	732	437
320	764	823	734	437
340	765	824	735	437
360	765	824	733	438
380	765	823	734	438
400	764	823	735	437
420	765	825	735	438

ตารางที่ จ.8 อุณหภูมิการเผาไหม้ ในการทดลองตอนที่ 3

การทดลองที่ 1 :

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเบด (องศาเซลเซียส)
0	731
2	726
4	730
6	725
8	720
10	711
12	700
14	691
16	686
18	680
20	674

การทดลองที่ 2 :

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเบด (องศาเซลเซียส)
0	732
2	725
4	730
6	738
8	742
10	750
12	756
14	757
16	759
18	760
20	760

การทดลองที่ 3 :

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเบด (องศาเซลเซียส)
0	723
2	720
4	715
6	722
8	735
10	748
12	756
14	758
16	759
18	765
20	765

การทดลองที่ 4 :

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเบด (องศาเซลเซียส)
0	735
2	730
4	738
6	746
8	750
10	755
12	756
14	757
16	758
18	758
20	758

การทดลองที่ 5 :

เวลา (นาที)	อุณหภูมิเบด (องศาเซลเซียส)
0	745
5	739
10	748
15	756
20	760
30	763
40	762
50	763
60	765
70	765
80	764
90	762
100	764
120	763
140	765
160	766
180	766
200	764
220	765
240	763
260	764
280	766
300	767
320	766
340	765
360	765
380	766

ภาคผนวก ฉ

การคำนวณ

วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของการเผาไหม้ และปริมาณอากาศที่มากเกินพอ โดยอาศัยหลักการของสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน ส่วนการคำนวณค่าใช้จ่ายจะคิดค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจีและไฟฟ้าที่ใช้

ตัวอย่างการคำนวณสมดุลมวลสารและสมดุลพลังงาน จากข้อมูลการทดลองตอนที่ 1.2 การทดลองที่ 11 ในตารางที่ จ.2 ภาคผนวก จ กับตารางที่ 5-5 และ ตารางที่ 5-9

สมดุลมวลสาร

ข้อกำหนด 1 ก๊าซผลิตภัณฑ์มีองค์ประกอบเพียง 4 ชนิดคือ CO_2, CO, O_2 และ N_2

2 N_2 ไม่ทำปฏิกิริยา

3 H_2 ในขยะและก๊าซแอลพีจีจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนหมด

4 อากาศประพฤติตัวเป็นก๊าซอุดมคติ

หลักอ้างอิง การปฏิบัติงาน 1 ชั่วโมง

1 น้ำหนักของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง

สมดุลคาร์บอน

มวลสารขาเข้า

1.1 คาร์บอนในก๊าซแอลพีจี

จาก $C_3H_8 + 5O_2 \longrightarrow 3CO_2 + 4H_2O$

$C_4H_{10} + 6.5O_2 \longrightarrow 4CO_2 + 5H_2O$

องค์ประกอบร้อยละของก๊าซแอลพีจีประกอบด้วย C_3H_8 65 โมลและ C_4H_{10} 35 โมล
น้ำหนักโมเลกุลของ C_3H_8 และ C_4H_{10} มีค่า 44.09 และ 58.12 ตามลำดับ

กิโลกรัมโมลของก๊าซแอลพีจีเข้า = $\frac{1.40}{49.00} = 2.85 \times 10^{-2}$ กิโลกรัมโมล

ก๊าซแอลพีจี 1 โมลประกอบด้วยคาร์บอน = $3 \times 0.65 + 4 \times 0.35$

$= 3.35$ โมล

ดังนั้นปริมาณคาร์บอนในก๊าซแอลพีจี = $3.35 \times 2.85 \times 10^{-2}$

$= 9.57 \times 10^{-2}$ กิโลกรัมโมล

1.2 คาร์บอนในขยะ

$$= \frac{\text{สัดส่วนคาร์บอนในขยะ} \times \text{น้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าเตาเผา}}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของคาร์บอน}}$$

จากตารางที่ 5-5 องค์ประกอบร้อยละโดยน้ำหนักของคาร์บอนในขยะ = 23.71
น้ำหนักของขยะที่ป้อนเข้าเตาเผา = 6.94 กิโลกรัม

คาร์บอนในขยะ = $\frac{23.71 \times 6.94}{100 \times 12} = 1.37 \times 10^{-1}$ กิโลกรัมโมล

มวลสารขาออก

1.3 คาร์บอนในเถ้าที่ออกจากคอลัมน์

$$= \frac{\text{ปริมาณคาร์บอนคงตัวในเถ้า} \times \text{น้ำหนักเถ้า}}{\text{น้ำหนักโมเลกุลของคาร์บอน}}$$

จากตารางที่ จ.2 อัตราส่วนร้อยละของปริมาณคาร์บอนคงตัวในเถ้า = 1.15
น้ำหนักของเถ้าที่ออกจากคอลัมน์ = 0.30 กิโลกรัม

คาร์บอนในเถ้า = $\frac{1.15 \times 0.30}{100 \times 12}$ = 2.88×10^{-4} กิโลกรัมโมล

1.4 คาร์บอนในก๊าซผลิตภัณฑ์

= คาร์บอนในก๊าซแอลพีจี + คาร์บอนในขยะ - คาร์บอนในเถ้า

= $9.57 \times 10^{-2} + 1.37 \times 10^{-1} - 2.88 \times 10^{-4}$

= 0.23 กิโลกรัมโมล

จากปริมาณคาร์บอนในก๊าซผลิตภัณฑ์ สามารถหาน้ำหนักของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้งได้ดังนี้

จำนวนโมลของ CO หรือ CO_2 1 โมล มีค่าเทียบเท่า C 1 โมล

จากตารางที่ 5-5 อัตราส่วนร้อยละของ CO และ CO_2 = 0.1 และ 3.7 ตามลำดับ

จำนวนโมลของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง

= คาร์บอนในก๊าซผลิตภัณฑ์ x $\frac{1 \text{กิโลกรัมโมล}(CO+CO_2)}{1 \text{กิโลกรัมโมล C}}$ x $\frac{100 \text{กิโลกรัมโมลของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง}}{\text{กิโลกรัมโมลของ } (CO + CO_2)}$

= 0.23 x $\frac{1}{1}$ x $\frac{100}{(0.1 + 3.7)}$ = 6.05 กิโลกรัมโมล

น้ำหนักของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง

CO_2	= 6.05 x 0.037	= 2.24×10^{-1}	กิโลกรัมโมล
	หรือคูณด้วย 44	= 9.86	กิโลกรัม
CO	= 6.05 x 0.001	= 6.05×10^{-3}	กิโลกรัมโมล
	หรือคูณด้วย 28	= 1.69×10^{-1}	กิโลกรัม
O_2	= 6.05 x 0.088	= 5.32×10^{-1}	กิโลกรัมโมล
	หรือคูณด้วย 32	= 17.04	กิโลกรัม
N_2	= 6.05 x 0.874	= 5.29	กิโลกรัมโมล
	หรือคูณด้วย 28.2	= 149.18	กิโลกรัม

น้ำหนักของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง = 176.25 กิโลกรัม

2 น้ำหนักของอากาศแห้ง

สมดุลไนโตรเจน

- ไนโตรเจนในอากาศแห้งที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

= ไนโตรเจนในก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง - ไนโตรเจนในขยะ

$$= 5.29 - \frac{0.60 \times 6.94}{100 \times 28.2}$$

= 5.289 กิโลกรัมโมล หรือคูณด้วย 28.2 = 149.15 กิโลกรัม

- ออกซิเจนในอากาศแห้งที่ป้อนเข้าสู่ระบบ

จากอัตราส่วนร้อยละของอากาศโดยน้ำหนักมี N_2 และ O_2 = 76.7 และ 23.3 ตามลำดับ

$$= \frac{149.15 \times 23.3}{76.7 \times 32}$$

= 1.416 กิโลกรัมโมล หรือคูณด้วย 32 = 45.31 กิโลกรัม

น้ำหนักของอากาศแห้ง = 5.289 + 1.416 = 6.705 กิโลกรัมโมล

หรือคูณด้วย 29 = 194.45 กิโลกรัม

3 น้ำหนักของอากาศชื้นในอากาศ

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง 28.0 °ซ = 82.4 °ฟ

อุณหภูมิกระเปาะเปียก 25.0 °ซ = 77.0 °ฟ

จากรูปที่ 5.3 หน้า 128 (12)

ความชื้นโมแลล (Molal Humidity) ของอากาศ = 0.0304 $\frac{\text{โมลของน้ำ}}{\text{โมลของอากาศแห้ง}}$

$$= \frac{0.0304 \text{ โมลของน้ำ}}{\text{โมลของอากาศแห้ง}} \Big| \frac{6.705 \text{ โมลอากาศแห้ง}}{}$$

= 0.204 กิโลกรัมโมล

= 3.67 กิโลกรัม

4 น้ำหนักขยะ = 6.94 กิโลกรัม

5 น้ำหนักก๊าซแอลพีจี = 1.40 กิโลกรัม

6 น้ำหนักความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์

ความชื้นในอากาศ = 0.204 กิโลกรัมโมล

ความชื้นอิสระในขยะ $\frac{6.94 \times 40.06}{100 \times 18}$ = 0.15 กิโลกรัมโมล

ความชื้นจากไฮโดรเจนในขยะ $\frac{6.94 \times 2.06}{100 \times 2.016}$ = 7.09×10^{-2} กิโลกรัมโมล

ความชื้นที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี

จากสมดุลคาร์บอน

C_3H_8 ในก๊าซแอลพีจี = $\frac{1.40}{49.00} \times 0.65 = 1.85 \times 10^{-2}$ กิโลกรัมโมล

C_4H_{10} ในก๊าซแอลพีจี = $\frac{1.40}{49.00} \times 0.35 = 9.98 \times 10^{-3}$ กิโลกรัมโมล

น้ำที่เกิดจาก C_3H_8 = $1.85 \times 10^{-2} \times 4 = 7.40 \times 10^{-2}$ กิโลกรัมโมล

น้ำที่เกิดจาก C_4H_{10} = $9.98 \times 10^{-3} \times 5 = 4.99 \times 10^{-2}$ กิโลกรัมโมล

ความชื้นที่เกิดจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของก๊าซแอลพีจี = 1.24×10^{-1} กิโลกรัมโมล

รวม = 5.49×10^{-1} กิโลกรัมโมล

= 9.88 กิโลกรัม

7 น้ำหนักของเถ้า = 0.30 กิโลกรัม

8 มวลสารสูญหาย = 20.20 กิโลกรัม

สมดุลมวลสารทั้งหมด

มวลสารเข้า (กิโลกรัม)		มวลสารออก (กิโลกรัม)	
ขยะที่ป้อน	6.94	เถ้า	0.30
อากาศแห้ง	194.45	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	176.25
ความชื้นในอากาศ	3.67	ความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์	9.88
ก๊าซแอลพีจี	1.40	มวลสารสูญหาย	20.03
รวม	206.46	รวม	206.46

สมดุลพลังงาน

ข้อกำหนด 1 อุณหภูมิอ้างอิงเป็นอุณหภูมิอากาศที่ไม่มีไอน้ำ

2 ความดันในขณะปฏิบัติการคงที่

อุณหภูมิอ้างอิง 25.0 °ซ

หลักอ้างอิง การปฏิบัติงาน 1 ชั่วโมง

พลังงานเข้า

1 ค่าความร้อนของขยะ

$$= \frac{6.94 \text{ กิโลกรัม}}{\text{กิโลกรัม}} \left| \frac{14581 \text{ กิโลจูล}}{\text{กิโลกรัม}} \right. = 1.01 \times 10^{5} \text{ กิโลจูล}$$

2 ค่าความร้อนของก๊าซแอลพีจี

$$= \frac{1.40 \text{ กิโลกรัม}}{} \left| \frac{49994 \text{ กิโลจูล}}{\text{กิโลกรัม}} \right| \frac{273 \text{ เคลวิน}}{273 + 25 \text{ เคลวิน}}$$

$$= 6.41 \times 10^{4} \text{ กิโลจูล}$$

3 เอนทาลปีของก๊าซแอลพีจี = 0

4 เอนทาลปีของอากาศแห้ง

คำนวณโดยใช้ $C_{p\ mean}$ จากรูปที่ 8.14 หน้า 290 (12)

$C_{p\ mean}$ ของอากาศแห้ง = 7 กิโลแคลอรี/(กิโลกรัมโมล เคลวิน)

$$\text{เอนทาลปี} = \frac{7 \text{ กิโลแคลอรี}}{\text{กิโลกรัมโมล. เคลวิน}} \left| \frac{6.705 \text{ กิโลกรัมโมล}}{} \right| (301 - 298) \text{ เคลวิน}$$

$$= \frac{140.81 \text{ กิโลแคลอรี}}{} \left| \frac{4.184 \text{ กิโลจูล}}{1 \text{ กิโลแคลอรี}} \right.$$

$$= 589.15 \text{ กิโลจูล}$$

5 เอนทาลปีของน้ำที่ป้อนเข้ามาพร้อมกับอากาศ

ใช้ตารางไอน้ำ หน้า 510 (12)

ที่อุณหภูมิ 28.0 °ซ (82.4 °ฟ) เอนทาลปีของไอน้ำอิ่มตัว = 1096.78 บีทียู/ปอนด์

ที่อุณหภูมิ 25.0 °ซ (77.0 °ฟ) เอนทาลปีของน้ำอิ่มตัว = 45.03 บีทียู/ปอนด์

ความร้อนของการกลายเป็นไอ = 1096.78 - 45.03 = 1051.75 บีทียู/ปอนด์

= 10517.50 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล

จากสมดุลมวลสารน้ำหนักของอากาศชื้นในอากาศ = 0.204 กิโลกรัมโมล

เอนทาลปี = 0.204 x 10517.50 x 4.184 = 8977.06 กิโลจูล

พลังงานออก

1 ค่าความร้อนของก๊าซผลิตภัณฑ์

= ค่าความร้อนของการเผาไหม้ของ CO (12) x กิโลกรัมโมลของ CO

$$= \frac{67636.1 \text{ กิโลแคลอรี}}{\text{กิโลกรัมโมล}} \left| \frac{4.184 \text{ กิโลจูล}}{1 \text{ กิโลแคลอรี}} \right| \frac{6.05 \times 10^{-3} \text{ กิโลกรัมโมล}}{}$$

= 1712.09 กิโลจูล

2 เอนทาลปีของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง

อุณหภูมิของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง = 310 องศาเซลเซียส

ค่าความจุความร้อนเฉลี่ยของก๊าซหาได้จาก รูปที่ 8.4 หน้า 290 (12)

= ค่าความจุความร้อนที่อุณหภูมิของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง x กิโลกรัมโมลของก๊าซ x (อุณหภูมิของก๊าซ - อุณหภูมิอ้างอิง)

องค์ประกอบของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	กิโลกรัมโมล	$C_{p\ mean}$	$nC_{p\ mean}$
CO_2	2.24×10^{-1}	10.180	2.280
CO	6.05×10^{-3}	7.079	0.043
O_2	5.32×10^{-1}	7.299	3.883
N_2	5.29	7.079	37.448
		รวม	43.654

เอนทาลปีของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง = 43.654 x (583 - 298) x 4.184

$= 5.21 \times 10^{4}$ กิโลจูล

3 เอนทาลปีของน้ำในก๊าซผลิตภัณฑ์

ความร้อนของการกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 25 °ซ

= 10495 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล

ความจุความร้อนเฉลี่ยของน้ำที่อุณหภูมิ 310 °ซ

= 8.267 กิโลแคลอรี/กิโลกรัมโมล.เคลวิน

เอนทาลปี = กิโลกรัมโมลของน้ำ x (ความร้อนของการกลายเป็นไอ + ความจุความร้อนเฉลี่ยของน้ำ x (อุณหภูมิของก๊าซ - อุณหภูมิอ้างอิง))

$= 5.49 \times 10^{-1}$ x (10495 + 8.267(583 - 298)) x 4.184

= 29519.17 กิโลจูล

4 ค่าความร้อนของเถ้า

= ค่าความร้อนของเถ้า x น้ำหนักของเถ้า

= 494 x 0.30

= 148.20 กิโลจูล

5 ความร้อนที่ใช้ประโยนช์และสูญเสีย = 9.13×10^4 กิโลจูล

สมดุลพลังงานทั้งหมด

พลังงานเข้า (กิโลจูล) 10^4		%	พลังงานออก (กิโลจูล) 10^4		%
ค่าความร้อนของขยะ	10.10	57.82	ค่าความร้อนของก๊าซผลิตภัณฑ์	0.17	0.98
ค่าความร้อนของก๊าซแอลพีจี	6.41	36.69	เอนทาลปีของก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	5.21	29.83
เอนทาลปีของก๊าซแอลพีจี	0.00	0.00	เอนทาลปีของน้ำในก๊าซผลิตภัณฑ์	2.95	16.87
เอนทาลปีของอากาศแห้ง	0.06	0.34	ค่าความร้อนของเถ้า	0.01	0.06
เอนทาลปีของน้ำที่ป้อนเข้ามาพร้อมกับอากาศ	0.90	5.15	ความร้อนที่ใช้ประโยนช์และสูญหาย	9.13	52.26
รวม	17.47	100	รวม	17.47	100

การคำนวณหาประสิทธิภาพการเผาไหม้

ประสิทธิภาพของการเผาไหม้ (คิดจากสมดุลคาร์บอน)

$$= \frac{\text{จำนวนโมลคาร์บอนที่ถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์}(CO_2) \times 100}{\text{จำนวนโมลคาร์บอนทั้งหมดที่เข้าระบบ}}$$

= จำนวนโมลคาร์บอนทั้งหมดที่เข้าระบบ = คาร์บอนในก๊าซแอลพีจี + คาร์บอนในขยะ

$= (0.957 + 1.37) \times 10^{-1}$

$= 2.327 \times 10^{-1}$

= จำนวนโมลคาร์บอนที่ถูกเผาไหม้อย่างสมบูรณ์$(CO_2) = 2.24 \times 10^{-1}$

ประสิทธิภาพการเผาไหม้ $= 100 \times \left(\frac{(2.24 \times 10^{-1})}{(0.957 + 1.37) \times 10^{-1}} \right)$

$= 96.26\ \%$

การคำนวณหาปริมาณร้อยละของอากาศมากเกินพอ

ออกซิเจนที่ใช้เพื่อทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

= ออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ CO + ออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้คาร์บอนจากเถ้า

$= \frac{6.05 \times 10^{-3}}{2} + \frac{1.15 \times 0.30}{100 \times 12}$

$= 3.31 \times 10^{-3}$ กิโลกรัมโมล

ปริมาณออกซิเจนที่มากเกินพอ

= ออกซิเจนที่ออกจากคอลัมน์ - ออกซิเจนที่ใช้เพื่อการเผาไหม้สมบูรณ์

$= 5.32 \times 10^{-1} - 3.31 \times 10^{-3}$

= 0.529 กิโลกรัมโมล

ออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะให้สมบูรณ์

= ออกซิเจนจากอากาศ - ออกซิเจนที่มากเกินพอ

= 1.416 - 0.529

= 0.887 กิโลกรัมโมล

ร้อยละของอากาศมากเกินพอ = $\frac{\text{ปริมาณออกซิเจนที่มากเกินพอ} \times 100}{\text{ออกซิเจนที่ใช้ในการเผาไหม้ขยะให้สมบูรณ์}}$

$= \frac{0.529 \times 100}{0.887}$

$= 58.64$

การคำนวณค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายของไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าของเครื่องเป่าอากาศ 10.0 แอมแปร์

กระแสไฟฟ้าของเครื่องป้อนขยะและปั๊มน้ำ 3.2 แอมแปร์

แต่เครื่องเป่าอากาศใช้มอเตอร์ 3 เฟส 380 โวลท์ มี power factor = 0.87

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ = vit.power factor

v = ความต่างศักย์, โวลท์ (จูล/วินาที แอมแปร์)

i = ปริมาณกระแสไฟฟ้า, แอมแปร์

t = เวลา, ชั่วโมง

ปริมาณไฟฟ้าที่เครื่องเป่าอากาศใช้

$= \frac{380 \text{ จูล}}{\text{วินาที แอมแปร์}} \left| \frac{10.0 \text{ แอมแปร์}}{} \right| \frac{1 \text{ ชั่วโมง}}{} \left| \frac{0.87 \text{ กิโลวัตต์วินาที}}{1,000 \text{ จูล}} \right.$

$= 3.31$ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ปริมาณไฟฟ้าของเครื่องป้อนขยะและปั๊มน้ำ

$= \frac{220 \text{ จูล}}{\text{วินาที แอมแปร์}} \left| \frac{3.2 \text{ แอมแปร์}}{} \right| \frac{1 \text{ ชั่วโมง}}{} \left| \frac{1 \text{ กิโลวัตต์วินาที}}{1,000 \text{ จูล}} \right.$

$= 0.71$ กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด = 3.31 + 0.71

= 4.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่ากระแสไฟฟ้าสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก = 1.50 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อชั่วโมง = $\frac{1.50 \text{ บาท}}{\text{กิโลวัตต์-ชั่วโมง}} \left| \frac{4.02 \text{ กิโลวัตต์-ชั่วโมง}}{1 \text{ ชั่วโมง}} \right.$

= 6.03 บาท/ชั่วโมง

ค่าใช้จ่ายของก๊าซแอลพีจี

ก๊าซแอลพีจี 48.00 กิโลกรัม ราคา 515 บาท

ก๊าซแอลพีจี 1.00 กิโลกรัม ราคา $\frac{515 \times 1}{48}$ = 10.73 บาท

ดังนั้นก๊าซแอลพีจีมีค่า 10.73 บาท/กิโลกรัม

จากการทดลองมีอัตราการไหลของก๊าซแอลพีจีดังนี้

ปริมาณก๊าซแอลพีจี 1.07 กิโลกรัม/ชั่วโมง

มีค่าใช้จ่าย 1.07 x 10.73 = 11.48 บาท/ชั่วโมง

ปริมาณก๊าซแอลพีจี 1.40 กิโลกรัม/ชั่วโมง

มีค่าใช้จ่าย 1.40 x 10.73 = 15.02 บาท/ชั่วโมง

ปริมาณก๊าซแอลพีจี 1.69 กิโลกรัม/ชั่วโมง

มีค่าใช้จ่าย 1.69 x 10.73 = 18.13 บาท/ชั่วโมง

ปริมาณก๊าซแอลพีจี 2.38 กิโลกรัม/ชั่วโมง

มีค่าใช้จ่าย 2.38 x 10.73 = 25.54 บาท/ชั่วโมง

ตารางที่ ฉ.1 สมดุลมวลสารของการทดลองตอนที่ 1.1

การทดลองที่	มวลสารเข้า (กิโลกรัม/ชั่วโมง)					มวลสารออก (กิโลกรัม/ชั่วโมง)				
	ขยะ	อากาศแห้ง	ความชื้นในอากาศ	ก๊าซพุงต้ม	รวม	เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์	สูญหาย	รวม
1	2.71	98.70	1.92	1.07	104.40	0.07	88.40	5.78	10.15	104.40
2	2.71	95.00	1.85	1.07	100.63	0.12	85.60	5.70	9.21	100.63
3	2.71	88.70	1.72	1.07	94.20	0.13	80.60	5.58	7.89	94.20
4	2.71	104.00	2.02	1.07	109.80	0.15	94.50	5.88	9.27	109.80
5	2.71	94.50	1.64	1.07	99.92	0.16	85.60	5.50	8.66	99.92
6	3.04	88.80	1.54	1.07	94.45	0.19	80.40	5.66	8.20	94.45
7	3.56	87.60	1.52	1.07	93.75	0.27	79.30	6.05	8.14	93.75
8	4.09	80.10	1.39	1.07	86.65	0.32	72.70	6.34	7.29	86.65
9	4.56	83.60	1.45	1.07	90.68	0.37	75.20	6.77	8.34	90.68
10	3.56	127.00	2.35	1.40	134.31	0.06	112.00	7.40	14.85	134.31
11	3.56	130.00	2.40	1.40	137.36	0.08	116.00	7.46	13.82	137.36
12	3.56	133.00	2.47	1.40	140.43	0.12	120.00	7.53	12.78	140.43
13	3.56	113.00	2.09	1.40	120.05	0.17	102.00	7.15	10.73	120.05
14	3.56	109.00	2.02	1.40	115.98	0.21	99.70	7.08	8.99	115.98
15	3.56	119.00	2.20	1.40	126.16	0.25	109.00	7.26	9.65	126.16
16	5.61	114.00	2.12	1.40	123.13	0.31	104.00	8.80	10.02	123.13
17	6.73	108.00	2.00	1.40	118.13	0.39	97.90	9.56	10.28	118.13
18	8.94	115.00	2.14	1.40	127.48	0.49	105.00	11.10	10.89	127.48
19	6.73	114.00	2.11	1.69	124.53	0.36	104.00	10.10	10.07	124.53
20	8.49	119.00	2.20	1.69	131.38	0.51	108.00	11.60	11.27	131.38
21	6.73	105.00	1.95	1.40	115.08	0.35	95.70	9.52	9.51	115.08

ตารางที่ ฉ.2 สมดุลมวลสารของการทดลองตอนที่ 1.2

การทดลองที่	มวลสารเข้า (กิโลกรัม/ชั่วโมง)					มวลสารออก (กิโลกรัม/ชั่วโมง)				
	ขยะ	อากาศแห้ง	ความชื้นในอากาศ	ก๊าซหุงต้ม	รวม	เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์	สูญหาย	รวม
1	4.17	166.00	2.72	1.07	173.96	0.23	146.00	6.96	20.77	173.96
2	4.17	154.00	2.53	1.07	161.77	0.24	137.00	6.70	17.83	161.77
3	4.17	168.00	2.76	1.07	176.00	0.29	150.00	6.78	18.93	176.00
4	4.17	140.00	2.30	1.07	147.54	0.31	127.00	6.47	13.76	147.54
5	4.17	137.00	2.25	1.07	144.49	0.36	125.00	6.43	12.70	144.49
6	4.17	148.00	2.44	1.07	155.68	0.39	135.00	6.32	13.98	155.68
7	4.78	127.00	2.13	1.07	134.98	0.33	115.00	7.01	12.64	134.98
8	5.29	134.00	2.25	1.07	142.61	0.41	122.00	7.96	12.24	142.61
9	5.94	129.00	2.16	1.07	138.17	0.43	117.00	7.75	12.99	138.17
10	6.94	200.00	3.76	1.40	212.10	0.23	179.00	10.50	22.37	212.10
11	6.94	197.00	3.71	1.40	209.05	0.30	177.00	10.00	21.75	209.05
12	6.94	193.00	3.63	1.40	204.97	0.32	176.00	10.10	18.55	204.97
13	6.94	217.00	4.09	1.40	229.43	0.42	198.00	9.96	21.06	229.43
14	7.80	187.00	3.23	1.40	199.43	0.30	171.00	10.10	18.03	199.43
15	9.69	195.00	3.36	1.40	209.45	0.35	177.00	12.10	20.00	209.45
16	11.00	211.00	3.63	1.40	227.03	0.38	191.00	11.50	24.15	227.03
17	7.80	223.00	3.86	1.69	236.35	0.27	202.00	11.60	22.48	236.35
18	7.80	215.00	3.72	1.69	228.21	0.32	196.00	11.80	20.09	228.21
19	7.80	218.00	3.76	1.69	231.25	0.41	199.00	11.90	19.94	231.25
20	9.69	215.00	3.70	1.69	230.08	0.36	194.00	12.30	23.42	230.08
21	11.00	219.00	3.78	1.69	235.47	0.41	198.00	13.00	24.06	235.47
22	9.69	208.00	3.59	1.40	222.68	0.34	190.00	12.50	19.84	222.68

ตารางที่ ฉ.3 สมดุลมวลสารของการทดลองตอนที่ 2

การทดลองที่	มวลสารเข้า (กิโลกรัม/ชั่วโมง)					มวลสารออก (กิโลกรัม/ชั่วโมง)				
	ขยะ	อากาศแห้ง	ความชื้นในอากาศ	ก๊าซหุงต้ม	รวม	เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์	สูญหาย	รวม
1	5.29	145.00	2.73	1.07	154.09	0.30	133.00	7.52	13.27	154.09
2	5.29	131.00	2.46	1.07	139.82	0.33	122.00	6.82	10.67	139.82
3	5.29	132.00	2.49	1.07	140.85	0.41	124.00	6.87	9.57	140.85
4	5.94	133.00	2.25	1.07	142.26	0.35	124.00	7.58	10.33	142.26
5	6.50	136.00	2.30	1.07	145.87	0.36	126.00	8.21	11.30	145.87
6	6.94	150.00	2.52	1.07	160.53	0.38	136.00	8.58	15.57	160.53
7	7.80	190.00	3.13	1.40	202.33	0.37	174.00	9.95	18.01	202.33
8	7.80	146.00	2.42	1.40	157.62	0.42	137.00	10.00	10.20	157.62
9	7.80	176.00	2.91	1.40	188.11	0.44	164.00	10.10	13.57	188.11
10	9.69	178.00	2.94	1.40	192.03	0.46	166.00	11.00	14.57	192.03
11	11.00	188.00	3.11	1.40	203.51	0.47	174.00	12.00	17.04	203.51
12	13.10	200.00	3.31	1.40	217.81	0.51	184.00	13.40	19.90	217.81
13	7.80	196.00	3.22	1.69	208.71	0.36	180.00	10.70	17.65	208.71
14	7.80	164.00	2.70	1.69	176.19	0.41	153.00	10.70	12.08	176.19
15	7.80	193.00	3.17	1.69	205.66	0.43	180.00	10.60	14.63	205.66
16	9.69	188.00	3.09	1.69	202.47	0.46	175.00	11.40	15.61	202.47
17	11.00	181.00	2.98	1.69	196.67	0.48	167.00	12.30	16.89	196.67
18	13.10	199.00	3.28	1.69	217.07	0.51	183.00	13.50	20.06	217.07
19	11.00	202.00	3.33	1.40	217.73	0.40	188.00	12.20	17.13	217.73

ตารางที่ ฉ.4 สมดุลมวลสารของการทดลองตอนที่ 3

การทดลองที่	มวลสารเข้า (กิโลกรัม/ชั่วโมง)					มวลสารออก (กิโลกรัม/ชั่วโมง)				
	ขยะ	อากาศแห้ง	ความชื้นในอากาศ	ก๊าซหุงต้ม	รวม	เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้นในก๊าซผลิตภัณฑ์	สูญหาย	รวม
1	28.00	361.00	7.30	2.05	398.35	0.62	339.00	26.20	32.53	398.35
2	28.00	371.00	7.51	2.38	408.89	0.62	353.00	26.00	29.27	408.89
3	28.00	357.00	7.22	2.69	394.91	0.62	339.00	27.10	28.19	394.91
4	28.00	374.00	7.56	2.38	411.94	0.62	355.00	26.80	29.52	411.94
5	28.00	378.00	7.65	2.38	416.03	0.61	358.00	26.10	31.32	416.03

ตารางที่ ฉ.5 สมดุลพลังงานของการทดลองตอนที่ 1.1

การทดลองที่	พลังงานเข้า (กิโลจูล/ชั่วโมง)					พลังงานออก (กิโลจูล/ชั่วโมง)					
	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		รวม	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ & สูญหาย	รวม
	ขยะ	ก๊าซแอลพีจี	อากาศแห้ง	ความชื้น		เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้น		
	(10^{-4})	(10^{-4})	(10^{-2})	(10^{-3})	(10^{-4})	(10^{-1})	(10^{-3})	(10^{-4})	(10^{-4})	(10^{-4})	(10^{-4})
1	2.31	4.89	3.49	4.69	7.70	3.02	4.31	2.23	1.71	3.33	7.70
2	2.31	4.89	3.36	4.51	7.68	4.97	2.51	2.44	1.72	3.27	7.68
3	2.31	4.89	3.13	4.21	7.65	5.33	0.00	2.55	1.72	3.38	7.65
4	2.31	4.89	3.68	4.94	7.73	6.03	0.92	2.89	1.80	2.95	7.73
5	2.31	4.92	2.86	4.02	7.65	6.50	0.00	2.31	1.64	3.69	7.65
6	2.59	4.92	2.69	3.78	7.91	7.87	0.00	1.88	1.65	4.37	7.91
7	3.03	4.92	2.65	3.72	8.35	10.90	0.00	1.81	1.76	4.76	8.35
8	3.48	4.92	2.43	3.41	8.76	13.70	0.00	1.93	1.89	4.93	8.76
9	3.88	4.92	2.53	3.56	9.18	15.90	2.20	1.84	1.99	5.11	9.18
10	3.03	6.42	3.84	5.74	10.10	2.56	8.75	2.72	2.17	4.29	10.10
11	3.03	6.42	3.93	5.87	10.10	3.38	4.52	3.05	2.22	4.35	10.10
12	3.03	6.42	4.04	6.03	10.10	5.02	1.17	3.93	2.33	3.72	10.10
13	3.03	6.42	3.42	5.11	10.00	7.04	0.00	2.88	2.15	4.96	10.00
14	3.03	6.42	3.31	4.94	9.98	8.53	1.94	3.22	2.18	4.37	9.98
15	3.03	6.42	3.61	5.39	10.00	9.95	4.24	3.11	2.19	4.30	10.00
16	4.77	6.41	4.02	5.19	11.70	12.70	0.00	3.14	2.68	5.91	11.70
17	5.73	6.41	3.80	4.88	12.70	16.10	0.00	3.39	2.99	6.27	12.70
18	7.22	6.41	4.08	5.24	14.20	20.50	4.08	3.92	3.53	6.32	20.50
19	5.73	7.74	4.03	5.17	14.00	14.50	0.00	2.48	2.97	8.56	14.00
20	7.22	7.74	4.20	5.39	15.50	20.90	5.26	3.15	3.52	8.33	15.50
21	5.73	6.41	3.72	4.77	12.70	14.50	0.00	2.27	2.78	7.59	12.70

ตารางที่ ฉ.6 สมดุลพลังงานของการทดลองตอนที่ 1.2

การทดลองที่	พลังงานเข้า (กิโลจูล/ชั่วโมง)					พลังงานออก (กิโลจูล/ชั่วโมง)					
	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		รวม	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ & สูญหาย	รวม
	ขยะ	ก๊าซแอลพีจี	อากาศแห้ง	ความชื้น		เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้น		
	(10^4)	(10^4)	(10^2)	(10^3)	(10^5)	(10^2)	(10^3)	(10^4)	(10^4)	(10^4)	(10^5)
1	6.18	4.92	9.20	6.68	1.19	1.23	9.99	3.48	2.04	5.33	1.19
2	6.67	4.92	8.55	6.20	1.23	1.20	6.70	3.34	1.97	6.30	1.23
3	5.98	4.92	9.31	6.76	1.17	1.44	1.47	4.62	2.07	4.81	1.17
4	6.31	4.92	7.77	5.64	1.19	1.50	0.00	3.65	1.95	6.25	1.19
5	6.18	4.92	7.61	5.53	1.17	1.64	3.66	4.05	1.98	5.30	1.17
6	5.94	4.92	8.23	5.97	1.15	1.65	5.28	4.02	1.92	5.06	1.15
7	6.76	4.92	5.13	5.23	1.22	1.63	0.00	3.69	2.16	6.39	1.22
8	7.59	4.92	5.41	5.52	1.31	2.04	0.00	3.04	2.35	7.70	1.31
9	8.70	4.92	5.19	5.30	1.42	2.18	5.69	2.43	2.22	8.96	1.42
10	10.20	6.41	6.05	9.19	1.75	1.15	5.24	4.73	3.14	9.16	1.75
11	10.00	6.41	5.96	9.07	1.74	1.48	1.73	5.26	3.04	8.90	1.74
12	10.20	6.41	5.85	8.88	1.76	1.54	0.00	5.31	3.07	9.19	1.76
13	10.20	6.41	6.58	9.99	1.76	1.90	5.80	4.61	2.90	9.52	1.76
14	11.40	6.42	8.51	7.91	1.87	1.46	0.00	4.72	3.03	10.90	1.87
15	14.60	6.42	8.85	8.23	2.19	1.82	0.00	5.47	3.70	12.80	2.19
16	16.00	6.42	9.57	8.90	2.34	2.02	9.29	5.26	3.46	13.80	2.02
17	11.30	7.77	10.20	9.45	2.01	1.33	1.97	5.03	3.43	11.40	2.01
18	11.30	7.77	9.79	9.11	2.01	1.51	0.00	5.00	3.48	11.60	2.01
19	11.20	7.77	9.91	9.22	2.00	1.84	7.78	4.03	3.39	11.80	2.00
20	14.40	7.77	9.75	9.07	2.31	1.84	0.00	4.66	3.61	14.80	2.31
21	16.00	7.77	9.96	9.27	2.47	1.56	11.60	4.23	3.75	15.60	2.47
22	14.00	6.43	9.46	8.80	2.14	1.72	0.00	4.50	3.65	13.30	2.14

ตารางที่ ฉ.7 สมดุลพลังงานของการทดลองตอนที่ 2

การทดลองที่	พลังงานเข้า (กิโลจูล/ชั่วโมง)					พลังงานออก (กิโลจูล/ชั่วโมง)					
	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		รวม	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ & สูญหาย	รวม
	ขยะ	ก๊าซแอลพีจี	อากาศแห้ง	ความชื้น		เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้น		
	(10^4)	(10^4)	(10^2)	(10^3)	(10^5)	(10^2)	(10^3)	(10^4)	(10^4)	(10^5)	(10^5)
1	7.77	4.90	7.32	6.67	1.34	1.41	0.00	6.12	2.51	4.77	1.34
2	7.53	4.90	6.61	6.02	1.31	1.50	0.00	6.18	2.34	4.57	1.31
3	7.69	4.90	6.68	6.09	1.33	1.82	2.41	6.11	2.34	4.56	1.33
4	8.70	4.91	8.75	5.52	1.42	1.61	0.00	5.60	2.52	6.11	1.42
5	9.46	4.91	8.95	5.65	1.50	1.67	0.00	6.09	2.78	6.14	1.50
6	10.20	4.91	9.82	6.19	1.58	1.80	1.33	6.74	2.93	5.97	1.58
7	11.10	6.43	9.58	7.67	1.84	1.72	0.00	8.65	3.39	6.36	1.84
8	11.60	6.43	7.39	5.92	1.87	1.90	0.00	7.17	3.47	8.02	1.87
9	11.20	6.43	8.89	7.13	1.84	1.93	4.82	7.42	3.37	7.11	1.84
10	13.60	6.43	8.99	7.20	2.09	2.12	0.00	8.36	3.77	8.72	2.09
11	15.90	6.43	9.51	7.62	2.31	2.20	0.00	8.76	4.11	10.20	2.31
12	18.90	6.43	10.10	8.11	2.63	2.52	7.19	7.76	4.37	13.40	2.63
13	11.40	7.77	10.90	7.89	2.01	1.66	0.00	8.25	3.55	8.23	2.01
14	11.30	7.77	9.13	6.62	1.98	1.84	0.00	6.91	3.56	9.37	1.98
15	11.20	7.77	10.70	7.76	1.98	1.85	7.01	6.90	3.39	8.84	1.98
16	14.20	7.77	10.40	7.56	2.28	2.10	0.00	7.95	3.80	11.10	2.28
17	16.00	7.77	10.10	7.29	2.46	2.21	0.00	7.62	4.09	12.90	2.46
18	18.90	7.77	11.10	8.03	2.76	2.47	5.37	7.21	4.32	15.50	2.76
19	16.00	6.43	11.20	8.15	2.34	1.78	0.00	8.16	4.02	11.20	2.34

ตารางที่ ฉ.8 สมดุลพลังงานของการทดลองตอนที่ 3

การทดลองที่	พลังงานเข้า (กิโลจูล/ชั่วโมง)					พลังงานออก (กิโลจูล/ชั่วโมง)					
	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		รวม	ค่าความร้อน		เอนทาลปี		ความร้อนที่ใช้ประโยชน์ & สูญหาย	รวม
	ขยะ	ก๊าซแอลพีจี	อากาศแห้ง	ความชื้น		เถ้า	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ก๊าซผลิตภัณฑ์แห้ง	ความชื้น		
	(10^5)	(10^5)	(10^3)	(10^4)	(10^5)	(10^2)	(10^4)	(10^5)	(10^4)	(10^5)	(10^5)
1	4.09	0.93	1.82	1.78	5.22	2.80	1.32	1.43	8.54	2.81	5.22
2	4.11	1.08	1.87	1.84	5.40	2.75	0.00	1.79	8.88	2.72	5.40
3	4.07	1.23	1.80	1.76	5.49	2.72	0.00	1.74	9.29	2.82	5.49
4	4.08	1.08	1.89	1.85	5.37	2.78	0.00	1.80	9.16	2.65	5.37
5	4.11	1.08	1.91	1.87	5.40	2.69	0.00	1.82	8.93	2.69	5.40

ประวัติผู้เขียน

นายวีระยุทธ ตั้งหะรัฐ เกิดวันที่ 9 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2513 ที่อำเภอมโนรมย์ จังหวัดชัยนาท สำเร็จการศึกษาปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมีวิศวกรรม ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535