

## รายการอ้างอิง

### ภาษาไทย

- คุณวุฒิ ดำรงค์พลาสีทธิ. 2535. การนำความร้อนที่กลับมาใช้. เอกสารการอบรมเรื่อง การ  
ประหยัดพลังงาน. กรุงเทพมหานคร: สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์. 2522. เทคโนโลยีไอน้ำ. กรุงเทพมหานคร: ศึกษาสัมพันธ์, หน้า 338.
- นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย. 2526. การถ่ายเทความร้อน. มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 503 หน้า.
- ปราโมทย์ เดชะอำไพ. 2541. ระเบียบวิธีเชิงตัวเลขในงานวิศวกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพพลังงาน(ประเทศไทย). 2543. รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการส่งเสริม  
การใช้เตาเผาเซรามิคประสิทธิภาพสูง เสนอต่อ กองทุนอนุรักษ์พลังงาน สำนักงานคณะ  
กรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสถาบันประสิทธิภาพ  
พลังงาน(ประเทศไทย).
- แมคพายเวอร์. 2542. เครื่องอุณหอากาศและอีโคโนไมเซอร์. Technology Journal, 25, 143,  
(กุมภาพันธ์-มีนาคม 2542): 135-138.
- วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล. 2536. อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนในอุตสาหกรรม. จุฬาลงกรณ์  
มหาวิทยาลัย, 175 หน้า.
- วันชัย วิจิรวนิจ. 2543. เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, หน้า 91.
- สุพาดา สิริกุตตา. 2543. อัตราผลตอบแทน. การเงินธุรกิจ. ธีระฟิล์มและไซเท็กซ์, หน้า 150.
- สมเกียรติ บุญณสะ. 2543. การประหยัดพลังงานที่หม้อไอน้ำ. เทคนิค เครื่องกลไฟฟ้า  
อุตสาหกรรม, 17, 188: 92-104.

สมศักดิ์ จรีเวรุไวโรจน์. 2537. การนำความร้อนทิ้งของเตาควิบอล่ากลับมาใช้ใหม่. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาโทบริหารธุรกิจ ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

### ภาษาอังกฤษ

Boyen John L. 1975. Practical Heat Recovery. New York: John Wiley.

D.a. Reay. 1971. Heat Exchangers for Waste Heat Recovery. Developments in Heat  
Exchanger Technology-1. London: Applied Science Publishers LTD.

Dangherty. R.L. Franzini. J.B. and Finnemore. E.J.. 1989. Fluid Mechanics with  
Engineering Applications. New York: McGraw-Hill, 596 pp.

Energy Conservation Application in Ceramic Industries. 1994. Technical Report,  
Bandung. Indonesian Institute of Sciences, 34 pp.

Ganapathy. V. 1991. Waste heat boiler deskbook. Atlanta. The Fairmont Press,  
349-393.

Goldstick Robert. 1986. Principle of waste heat recovery. Atlanta : TFP.

G. Walker. 1980. Industrail Heat Exchanger : A Basic Guide, 2<sup>nd</sup> ed : Taylor & Francis.

HolMan. J.P. 1981. Heat Transfer, fifth edition. New York. McGraw-Hill, 434 pp.

Incropera, F.P. and David, P.D. 1981. Fundamentals of Heat Transfer. New York : John  
Wiley & Sons, 814 pp.

Japan External Trade Organization. 1994. Fuel Saving of Furnace by Recuperator.  
25 pp.

Kay and London. 1984. Compact Heat Exchangers. New York. McGraw-Hill, 270 pp.

McDonald, C.F. 2000. Low Cost Compact Primary Surface Recuperator Concept for Microturbines . Applied Thermal Engineering, Vol. 20, no. 5, 471-497.

M.M.El-Wakil. 1984. Powerplant Technology. McGraw-hill.

Prida wibulswas and M.Ng – Charoen. 1992. Waste Energy Recovery from a Heat Treatment Furnace. KMUTT research report

Roshsenow, W.M., Hartnett, J.P. and Ganic, E.N. 1985. Handbook Of Heat Transfer Applications. New York. McGraw-Hill, 18-1 – 18-107.

Sahin, A.Z. 1997. Thermodynamic Design Optimization of a Heat Recuperator. International Communication in Heat and Mass transfer, Vol. 24, no. 7.

Streeter, V.L. and Wylie, E.B. 1958. Fluid mechanics, seventh edition. New York. McGraw-Hill, 1-42.

Won, B. and Kim, Y. 1999. Study on the design of recuperator burner. International Journal of Energy Research, vol.23, 637-647.

White, F.M. 1994. Fluid Mechanic. 3<sup>rd</sup> ed: McGraw-hill.

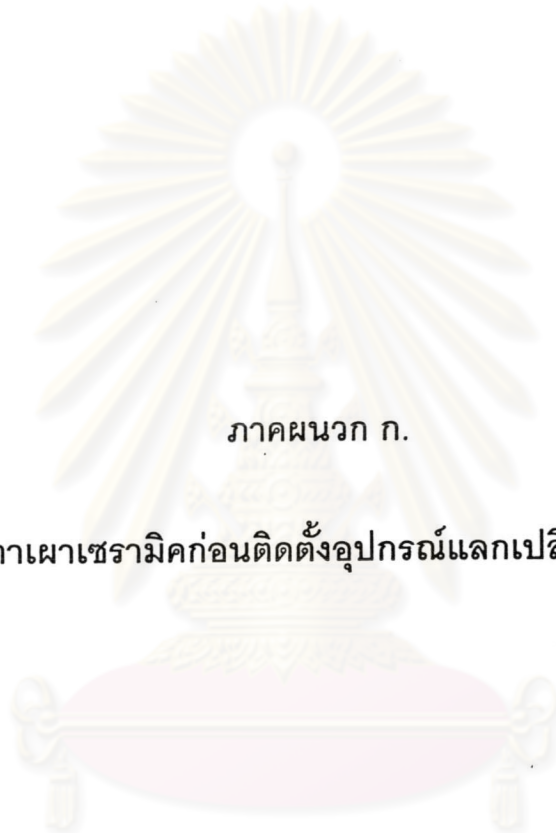
Y. Ochiai. 1969. Netsukokanki ( Heat Exchanger ), 4<sup>th</sup> ed: Nikkan Kogyo Shimbunsha. Tokyo.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย





ภาคผนวก ก.

ข้อมูลเตาเผาเซรามิกก่อนติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองเผา biscuit ครั้งที่ 1

วันที่ 26 /9/2544 เวลา 11.00 - 17.30

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bult 29.5 °c | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 510 °c            |
| Wet bult 28.5 °c                     | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 4.7 กิโลกรัม |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.8 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 15.70%  |
| หลังเผา 7.35 กิโลกรัม                | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 1.40%  |
| น้ำหนักสูญเสียในการเผา 0.45 กิโลกรัม | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 29 ppm                   |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 390 นาที              |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 864 °c     |  |

ตารางที่ ก.1 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาตบ biscuit ครั้งที่ 1

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	35	27	30.8	29.9	33	28.5	30	28.9
15	121	27.4	30.8	30.3	32.9	29.1	30.1	30.7
30	173	28	30.8	30.1	32.5	29.2	30.2	30.2
45	218	28.3	30.8	30.1	32.6	29.2	30.3	30.5
60	232	28.8	30.8	30.2	31.7	29.2	30.4	30.2
75	252	29.3	30.8	30.2	31.7	31	30.4	30.12
90	277	31.5	30.8	30.2	31.8	35	30.4	29.3
105	345	104	30.8	30.2	31.8	36.2	30.4	29.4
120	431	198	30.8	30.2	31.9	38.5	30.4	30.4
135	580	225	30.5	30.2	31.9	38.9	30.4	30.3
150	639	268	30.8	30.1	31.7	39.1	30.4	30.1
165	684	331	30.9	30.2	31.7	43.5	30.4	30.3
180	713	380	30.9	30.3	32.2	44.7	30.4	30.2
195	720	384	30.7	30.2	32.4	46.5	30.4	30.3
210	734	386	30.6	30.3	32.6	49.3	30.4	30.5
225	739	389	31	30.2	32.5	51.9	30.4	30.4

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาอบ biscuit ครั้งที่ 1

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
240	745	397	31.5	30.3	32.5	56.1	30.4	30.6
255	756	402	31.4	30.6	32.8	60.3	30.8	31.2
270	779	406	32	31	32.9	64.2	31.2	32.2
285	816	415	32.6	31.5	33.5	68.9	31.5	32.9
300	853	420	32.9	32	33.7	69.1	32.9	33.2
315	862	428	33.4	32.5	34.2	72.5	33.5	34.1
330	863	470	33.8	32.7	34.6	73.3	33.9	34.6
345	869	489	34.1	32.8	34.9	76.2	34.7	35
360	864	491	34.6	33.5	35.4	78.3	35	35.3
375	864	502	35.2	34.1	36.4	81.3	35.8	36.2
390	864	510	35.4	34.1	36.9	83.7	35.9	36.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองเผา biscuit ครั้งที่ 2

วันที่ 2/10/2544

เวลา 09.00 - 14.15

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 33 °c   | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 509 °c            |
| Wet bulb 30 °c                       | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 4.7 กิโลกรัม |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 8 กิโลกรัม   | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 10.68%  |
| หลังเผา 7.15 กิโลกรัม                | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 6.70%  |
| น้ำหนักสูญเสียในการเผา 0.85 กิโลกรัม | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 33.8 ppm                 |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 315 นาที              |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 813 °c     |  |

ตารางที่ ก.2 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาดิบ biscuit ครั้งที่ 2

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	31	29.5	31.7	31.5	31.2	32.8	32.1	32
15	134	30.9	33	32.2	35	32.4	32.6	32.5
30	179	31.8	33	32.4	35.4	33	32.6	32.6
45	236	33.5	33.1	32.4	35.5	33.7	32.6	32.8
60	289	38	33.7	32.6	35.8	40.7	32.8	33.4
75	304	46	33.7	32.9	34.8	40.7	32.8	33
90	341	114	34	32.9	34.4	44.2	32.6	33.3
105	375	173	33.9	33	34.2	47.3	32.9	33
120	448	192	33.7	33.3	34.2	50.3	33.5	33.5
135	503	209	33.8	33.5	34.6	53.9	34	33.7
150	560	256	34.2	34.1	34.9	57.3	34.7	34
165	595	278	34.9	34.6	35.1	60.4	35.3	34.4
180	618	313	35.3	35.1	35.4	63.9	36.2	34.9
195	651	327	35.4	35.3	35.5	67.4	36.9	35.4
210	678	354	35.5	35.5	35.5	70.5	36.9	35.1

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาอบ biscuit ครั้งที่ 2

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
225	714	410	35.8	35.8	36	74.5	37.4	35.6
240	727	430	35.8	35.8	36	74.5	37.5	35.6
255	742	442	36.6	36.5	37	80.3	38.6	36.2
270	760	497	36.6	36.5	37.1	80.5	38.7	36.2
285	791	500	36.6	36.4	37.3	80.9	39	36.4
300	811	503	36.6	36.2	37.3	81.4	39	36.4
315	813	509	36.6	37.1	37.9	84.4	39.7	37

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



### การทดลองเผา biscuit ครั้งที่ 3

วันที่ 3/10/2544

เวลา 10.00 - 16.00

1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 29.5 °c  
Wet bulb 28 °c
2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.9 กิโลกรัม  
หลังเผา 7.25 กิโลกรัม  
น้ำหนักสูญเสียในการเผา 0.65 กิโลกรัม
3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม
4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 808 °c
5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 455 °c
6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 4.5 กิโลกรัม
7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O<sub>2</sub> 8.65%
8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO<sub>2</sub> 8.30%
9. ปริมาณ ค่าเฉลี่ย CO 59 ppm
10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 360 นาที

ตารางที่ ก.3 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาดิบ biscuit ครั้งที่ 3

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	45	32.1	30.1	29.9	30.1	31.8	30.6	28.6
15	112	32.8	30.4	30	30.5	32.1	31	29.7
30	125	33.4	30.6	30.1	31.8	32.6	31.3	31.4
45	143	35.5	30.8	30.4	32.1	33.2	31.6	31.2
60	175	36	31	30.6	32.2	34.4	31.8	31.1
75	186	37	31.3	30.8	32.6	38.3	31.9	31
90	214	39.6	31.3	30.8	33.1	39.8	32	31.1
105	305	45	31.3	31	33.5	40.6	32.1	31.2
120	376	96	32	31.8	33.3	42.9	32.6	31.8
135	409	103	32.5	32.2	33.1	45.2	33.1	32.4
150	487	175	32.8	32.5	33	45.9	33.1	32.5
165	539	183	33	32.8	33	46.3	33.1	32.6
180	550	219	33.2	32.8	33.1	47.8	33.7	33
195	578	247	33.5	33.4	32.8	49	33.9	33
210	602	261	33.6	33.4	33.2	49.7	34.1	33.2
225	624	283	33.7	33.4	33.7	51	34.4	33.5
240	641	298	33.8	33.4	34.1	52.1	34.4	33.8
255	685	319	33.9	33.8	33.8	53	35.1	33.5

ตารางที่ ก.3 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาอบ biscuit ครั้งที่ 3

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ท้ายเตา</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	702	353	34	34	33.5	53.7	35.5	33.5
285	743	375	34.1	34.2	33.8	54.5	35.7	33.7
300	766	389	34.2	34.4	33.9	55.2	35.8	34
315	770	391	34.6	34.7	34.5	56.1	36.1	34.3
330	787	405.3	34.9	34.8	34.6	56.7	36.2	34.6
345	798	427	35.1	35	34.8	57.8	36.8	34.9
360	808	455	35.3	35	35	58.5	37.3	35

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองเผา biscuit ครั้งที่ 4

วันที่ 4/10/2544 เวลา 12.00 - 18.00

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 32.5 °c | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 451 °c            |
| Wet bulb 29 °c                       |  |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.3 กิโลกรัม | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 4.6 กิโลกรัม |
| หลังเผา 7 กิโลกรัม                   |  |
| น้ำหนักสูญเสียในการเผา 0.3 กิโลกรัม  | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 7.60%   |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ C 8.80%                |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 809 °c     | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 11.5 ppm                 |
|                                      | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 360 นาที              |

ตารางที่ ก.4 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาดิบ biscuit ครั้งที่ 4

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	39	28	34.7	34.2	36.2	34.9	35	34.4
15	112	40	35.4	34.2	36.9	40.6	35.3	35.8
30	142	41.4	35.6	34.2	37	44.2	35.4	35.7
45	154	42.5	35.7	34.2	37.1	47.5	35.3	35.8
60	174	42.9	35.5	34.6	37.8	51.2	35.8	35.8
75	195	43.5	35.8	34.8	38.4	53.9	36.2	36.2
90	221	43.7	35.9	35	38.6	56.6	36.6	36.2
105	254	43.8	36	35.1	38.1	57.9	36.2	35.7
120	294	48	35.7	35	38.6	59.2	36.2	35.4
135	347	51.7	35.9	35.3	38.1	61.9	36.4	35.4
150	389	56	36.4	36	36.9	63.1	36.5	35.8
165	488	132.5	36.8	36.5	36.3	64.5	36.8	36
180	539	195.8	37.1	36.6	36	65.8	36.7	36.2
195	584	227.1	37.1	36.5	35.8	67.4	36.6	36.2
210	621	233	37	36.4	35.4	69.6	36.9	35.9
225	649	251.7	36.8	36.8	35.4	72	37.3	36
240	678	278	36.7	37	35.7	74.9	37.5	36.4
255	702	305	37.3	37	35.9	77.6	38.1	36.7

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาอบ biscuit ครั้งที่ 4

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ที่กระเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	713	366	37.3	37.8	36	80.4	38.6	36.9
285	727	373	37.6	37.7	36.4	82.1	38.9	37
300	740	403	37.8	37.5	36.6	83.3	39.1	37.3
315	753	411	38	38.5	37.1	86.7	39.5	37.9
330	773	418	38.6	39.4	37.8	90.4	40.7	38.6
345	794	431	39.1	39.7	38.6	93.8	41.5	39.5
360	809	451	39.5	40.4	39.4	96.5	42.5	40.3

ศูนย์วิจัยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## การทดลองเผา biscuit ครั้งที่ 5

วันที่ 11/10/2544 เวลา 09.00 - 15.00

- |  |   |
|--|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry built 33.5 °c  | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 519 °c           |
| Wet built 30 °c                        |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.8 กิโลกรัม   | 4.9 กิโลกรัม                                  |
| หลังเผา 7.3 กิโลกรัม                   |   |
| น้ำหนักที่สูญเสียในการเผา 0.5 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 13.72% |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม   | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 4.70% |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 810 °c       | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 15.05 pp                |
|  | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 360 นาที             |

ตารางที่ ก.5 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาถีบ biscuit ครั้งที่ 5

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	46	30	31.4	30.3	35.1	30	30.8	31
15	137	31.1	31.9	31	34.5	36.2	31.2	32
30	164	34.2	32.6	31.4	39.2	38.6	32.2	33
45	198	36	33	31.9	39	40.5	32.6	33.5
60	212	37.1	33.4	32.2	39.1	42.3	32.9	33.7
75	275	38	33.9	33.2	40.3	45.4	33.8	34.2
90	300	45	34.4	33.5	39.7	49	33.9	34.6
105	326	54	34.6	33.7	39.8	50.8	34.2	35.3
120	386	110	35	34.1	41	53.7	34.6	35.4
135	439	210	35.8	34.6	42.3	56.4	35.5	35.9
150	467	248	36	35.1	40.3	58.5	35.5	36.2
165	510	263	36.2	35.7	40.4	60.6	35.8	36.7
180	530	299	36.3	35.9	39.7	62.8	36	36.7
195	563	322	36.6	36.2	40.9	65.2	37	37.3
210	575	349	37.3	36.6	41.2	66.9	37.7	37.8
225	616	359	37.7	36.9	41.2	68.6	37.9	38.2
240	642	375	38	36.9	41.2	71.8	38.6	38.5
255	669	394	38.5	37.4	41.4	74.9	39.1	39.3



ตารางที่ ก.5 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาอบ biscuit ครั้งที่ 5

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	681	411	38.6	37.8	40.4	77.9	39.4	39.4
285	716	442	38.8	37.9	40	80.5	39.7	39.8
300	732	450	39	38.2	40.6	83.3	40.8	40.2
315	765	463	39.3	38.6	40.8	87.8	41.4	40.3
330	786	485	40	39.2	41.2	89.7	42	41.3
345	810	501	40.2	39.5	41.7	92.7	43	41.6
360	810	509	40.6	40.4	42.2	95.7	44.3	41.9

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองเผาเคลือบ ครั้งที่ 1

วันที่ 7/10/2544 เวลา 09.00 - 18.00

- |                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 32 °c    | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 802 °c           |
| Wet bulb 30 °                         |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.05 กิโลกรัม | 12.8 กิโลกรัม                                 |
| หลังเผา 6.9 กิโลกรัม                  |   |
| น้ำหนักสูญเสียในการเผา 0.15 กิโลกรัม  | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 13.46% |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม  | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 5.12% |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1211 °c     | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 9.28ppm                 |
|                                       | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 540 นาที             |

ตารางที่ ก.6 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 1

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	50	49	30.8	29.9	33.7	34.2	30.4	31.2
15	164	51	31.2	30.5	33.9	38.6	30.8	31.7
30	192	53	31.5	30.9	33.7	40.9	31	31.7
45	238	64	31.6	30.8	34.1	41.4	30.9	31.8
60	273	66	31.9	30.9	34.2	43.3	31.1	32.1
75	309	123	32.2	31.2	33.8	46.2	31.4	32.1
90	389	140	32.6	31.7	33.5	49.4	31.9	32.3
105	455	178	33.1	32	34.1	52.4	32.3	32.6
120	497	185	33.4	32.3	34.1	55.4	32.8	32.6
135	524	286	33.7	32.8	33.8	58.8	33.3	33.2
150	533	310	33.7	33	34.4	61.5	33.9	33.4
165	534	316	33.8	33.4	34.2	64.7	34.4	33.5
180	560	321	34.1	33.5	34.2	67.6	35	33.9
195	598	355	34	33.8	34.6	71.1	35.4	33.8
210	627	364	33.8	34.1	34.6	74.7	36.6	33.7
225	669	398	34.2	34.4	34.6	78.2	36.6	33.8
240	690	438	34.2	34.4	35.1	81.5	36.9	34.4
255	739	461	34.4	34.6	36	84.9	37.3	35

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 1

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	780	496	34.7	35.1	36.4	88.5	38.6	35
285	823	540	35.5	36	37.1	91.8	39.4	35.9
300	868	583	36	36.7	37.5	95	40.6	36.2
315	909	612	36.8	37.6	38.6	98.8	41.5	37
330	949	635	37.5	38.1	40.3	101.9	42.8	38.3
345	982	637	38.5	39.4	41.4	105.8	44.1	39.7
360	1008	677	39.5	40.2	42.8	109.4	45.7	41.3
375	1022	700	41.3	41.8	43.6	114	47	42.9
390	1037	715	42.6	43.2	44.5	118.2	49.4	44.2
405	1079	721	43.1	44	45	120.5	50.2	45.1
420	1105	730	43.9	44.6	45.7	122.2	51.4	45.7
435	1121	736	44.2	45.2	46.1	124.1	52.1	46.3
450	1145	743	44.8	45.8	46.7	124.9	53	46.8
465	1159	750	45.5	46.4	47.3	125.8	53	47
480	1168	764	45.6	46.9	47.8	125.8	53.6	47.1
495	1174	768	45.7	47	48.3	123.8	54.1	47.7
510	1187	771	45.8	47.1	48.8	123.4	54.6	48.3
525	1201	790	46	47.5	48.9	122.4	55	49
540	1211	802	46.2	47.8	49	120.7	55.2	49.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## การทดลองเผาเคลือบ ครั้งที่ 2

วันที่ 8/10/2544

เวลา 09.00 - 19.00

- |  |   |
|--|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 34 °c     | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 805 °c           |
| Wet bulb 30 °c                         |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.3 กิโลกรัม   | 13.7 กิโลกรัม                                 |
| หลังเผา 7.1 กิโลกรัม                   |   |
| น้ำหนักที่สูญเสียในการเผา 0.2 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 12.41% |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม   | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 5.66% |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1201 °c      | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 6.62ppm                 |
|  | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 600 นาที             |

ตารางที่ ก.7 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 2

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	32	29	33.9	32.6	37.4	33.7	33.7	32.9
15	137	32	35.1	33.8	39.3	33.7	34.7	34.4
30	218	36	35.3	34.2	39.7	37.8	34.3	34.7
45	258	40.8	35.3	34.4	38.6	42.2	34.9	34.9
60	286	50	35.5	34.7	40.6	49.9	35.8	35.9
75	302	54	36.2	35	40.4	49.9	35.8	35.9
90	327	57	36.6	35.3	39	53.6	36.3	35.4
105	359	112	37.3	35.4	39.5	55.2	36.6	35.8
120	382	173	37.9	35.5	41.2	56.6	37.3	36.6
135	420	228	38.2	36	40.6	59.2	37.7	36.6
150	469	272	38.2	36.2	39.1	61	37.3	36.5
165	548	304	37.8	36.2	39.4	63.1	38	36.6
180	569	334	37.4	36.2	39	64.1	37.9	36.8
195	625	381	37.4	36.4	38.9	65.4	38.2	37.1
210	653	412	37.4	36.9	39.1	68.7	38.6	37.5
225	681	439	37.6	37	39	69.6	38.8	37.8
240	701	456	37.8	37.4	39.3	71.4	39.5	38.1
255	735	479	37.9	37.6	39.7	74.7	40.2	38.4



ตารางที่ ก.7 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 2

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ที่รเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	773	526	37.9	37.9	39.5	76.6	40.4	38.9
285	793	543	38.2	38	39.8	79.9	41.2	39.3
300	808	561	38.8	38.6	40.6	82.4	42.1	39.7
315	842	579	38.9	39.1	41.2	84.1	42.7	40.3
330	867	587	39.8	39.7	42.1	88.4	43.7	41.2
345	877	601	40.1	40.2	42.4	89.3	44.8	41.5
360	888	624	40.6	40.8	42.9	91.9	45.8	42.2
375	915	639	41.2	41.8	44.1	94.2	46.9	43.2
390	933	653	41.8	43	45.1	96.9	48.2	44.6
405	949	661	42.6	43.5	45.5	98.2	49.4	45
420	968	672	43.2	43.9	46	101.3	50.2	45.5
435	991	686	43.4	45.1	46.9	103.4	51.4	46.8
450	1005	702	44.5	46.2	48.6	103.5	53	48.2
465	1018	714	45.3	47.3	49.7	103.5	54	50.3
480	1038	722	46	48.8	50.7	100.1	56.1	51.8
495	1050	733	47.2	49.7	52.1	92.2	57	53.1
510	1067	741	48.4	51.2	53.3	93.8	59.2	55
525	1082	761	49.1	52	53.8	94.5	60.2	55.7
540	1112	777	49.8	52.4	54.2	95.7	60.7	56.2
555	1129	781	50.1	53.2	55	95.7	61.6	57
570	1152	790	50.6	54.3	55.4	95.7	62.1	57.8
585	1186	798	51	54.9	56.1	97.2	62.9	58.8
600	1201	805	51.5	55.2	56.6	98.4	63.4	59.4



### การทดลองเผาเคลือบ ครั้งที่ 3

วันที่ 10/10/2544

เวลา 10.00 - 20.00

- |  |   |
|--|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 31.5 °c   | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 817 °c             |
| Wet bulb 29 °c                         |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.3 กิโลกรัม   | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 13.5 กิโลกรัม |
| หลังเผา 6.9 กิโลกรัม                   |   |
| น้ำหนักที่สูญเสียในการเผา 0.4 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 11.16%   |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม   | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 6.38%   |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1189 °c      | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 5.43ppm                   |
|  | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 600 นาที               |

ตารางที่ ก.8 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 3

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	50	44	36.5	35.9	36.5	41.6	37.3	36.3
15	142	44.6	36.4	35.7	36.5	45	36.6	36.4
30	172	45.9	36.2	35.6	36.5	48.8	36.5	35.9
45	206	50	36.2	35.7	36.6	49.5	36.7	36
60	302	86	36.2	35.8	36.8	53	36.8	36
75	341	141	36.2	35.8	35.9	56.4	36.8	35.8
90	385	191	36.3	35.5	36.2	59.8	36.6	36
105	391	235	35.9	35.7	36.2	61.9	36.6	35.6
120	427	251	35.7	35.7	36.4	63.8	36.5	35.6
135	469	274	35.8	35.1	36.2	65.4	36.2	35.4
150	498	291	34.9	35.1	35.6	67.9	36.2	35
165	521	307	35.1	34.9	35.8	69.9	36.2	35.3
180	562	322	35.6	35.1	35.8	72.1	36.7	35.5
195	599	369	35.5	35.4	36.2	73.5	37.1	35.6
210	637	381	35.8	35.5	36.2	75	37.1	36.2
225	687	425	35.8	35.5	36.7	76.7	37.8	36.2
240	714	442	36	35.8	36.9	77.9	38.1	36.6
255	734	457	36.3	36.6	36.9	79.8	39	36.9

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเค็ลือบครั้งที่ 3

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>การเสี่ย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	772	483	36.2	37.1	37.3	80.5	39.5	36.7
285	799	520	36.8	37.3	38.6	82.9	40.3	37.9
300	833	546	37.3	37.8	38.6	84.6	40.6	38.3
315	854	563	37.3	38.1	39	86.6	41.3	38.5
330	889	577	37.6	38.6	39.4	88.5	42.1	39.1
345	911	604	38.5	39.5	39.7	90.2	42.8	40.1
360	945	625	39.1	40.2	40.4	91.9	43.9	40.7
375	963	655	39.7	41	41.3	94.3	45.4	41.8
390	965	671	40.3	41.9	42.3	95.2	46.5	42.6
405	987	684	41	42.7	43.7	97.6	47.8	43.7
420	998	714	41.9	43.2	43.3	106.1	49.1	43.8
435	1011	721	42.3	43.2	42.4	98.4	49	43.8
450	1032	727	42.4	44.6	44.6	105.6	50.7	45.4
465	1045	736	43.8	46.2	45.8	103.8	52.4	47.2
480	1052	741	45	47.7	47	106.1	54.2	49.2
495	1064	752	45.8	48.6	48.6	106.9	56.4	51
510	1076	756	45.6	49.8	50	109	58.3	52.6
525	1094	767	47.4	51.6	50.6	111	60.1	53.8
540	1104	778	48.8	53	52.2	113.2	62.6	55.9
555	1130	789	51	54.3	53.9	113.8	62.8	57.7
570	1141	807	51.9	55.7	56.1	114.1	64.9	60.2
585	1164	815	53	56.7	57.3	118.2	66.2	61.4
600	1189	817	55	58.3	58.3	121.5	68.7	63.1

## การทดลองเผาเค็ลือบ ครั้งที่ 4

วันที่ 15/10/2544

เวลา 08.30 - 19.00

- |  |   |
|--|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 32.5 °c   | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 832 °c             |
| Wet bulb 29 °c                         |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.6 กิโลกรัม   | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 13.9 กิโลกรัม |
| หลังเผา 7.1 กิโลกรัม                   |   |
| น้ำหนักที่สูญเสียในการเผา 0.5 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 11.41%   |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 12.5 กิโลกรัม   | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 6.10%   |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1215 °c      | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 12 ppm                    |
|  | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 630 นาที               |

ตารางที่ ก.9 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเค็ลือบครั้งที่ 4

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	49	45	32.5	32.8	36.4	33.6	34.7	33.8
15	121	45.8	32.9	33.1	37.1	34.5	34.8	33.8
30	162	46	33.6	33.5	38.9	39	35.1	33.8
45	195	49	34.8	34.1	39.5	42.6	35.6	34.5
60	230	59	35.9	34.7	40.6	46.9	35.4	34.9
75	284	79	36.1	34.7	41.2	48.7	35.9	34.6
90	323	85	36.9	34.9	41.1	51.3	36.1	35.2
105	361	152	37.5	35.2	41	54.1	36.1	36.1
120	405	184	38.2	35.7	41	54.7	37.7	36.6
135	441	220	38.2	35.9	40.8	55.8	37.5	36.9
150	487	248	38.5	36.4	40.8	59.3	37.9	36.8
165	508	287	37.4	36.5	40.6	60.4	38.1	36.6
180	549	311	37.9	36.4	40.6	62.3	38.2	36.6
195	582	352	37.2	36.4	40.9	63.1	38.5	37.4
210	603	374	38.4	37.1	40.8	65.4	38.9	37.2
225	662	406	38.2	37.5	40.8	68.6	39.1	37.8
240	695	435	38.2	37.5	40.9	71	39.1	37.6
255	714	482	38.2	37.4	41	73.6	39.6	37.5



ตารางที่ ก.9 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 4

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	742	512	38.5	37.8	41	78	40.5	38.4
285	781	545	38.8	38	40.9	80.4	41.6	38.9
300	804	572	38.8	38.2	41.1	83.5	41.9	39.6
315	839	586	39.1	38.5	41.5	85.6	42.1	40.5
330	862	603	39.8	38.6	42.1	86.9	43.5	41.6
345	895	621	40.1	40.2	43.2	89.1	44.6	42.3
360	924	641	40.7	40.2	43.7	90.8	44.1	42.5
375	957	652	40.7	40	43.9	92.6	45.3	43.5
390	965	661	40.8	41.5	44.5	96.1	46.9	43.8
405	974	667	41.8	42.8	45.2	99.1	48.1	44.7
420	1001	689	42.6	43.8	45.7	100.4	48.1	46
435	1014	697	42.8	44.1	46.1	100.9	49.3	45.8
450	1026	711	43	45.4	47.3	101	51.5	48.7
465	1037	728	44.7	46.8	49.5	102.7	53.9	49.5
480	1045	735	45.6	47.9	50	103.5	54.1	50.2
495	1059	746	46	47.6	51.2	103.6	54.5	51.2
510	1073	761	46.2	51	52.1	104.1	54.1	53.4
525	1098	779	48.6	51.6	53.3	104	54.3	54.6
540	1109	785	51.2	52	53.6	104	54.2	56.1
555	1117	789	52.3	52.4	54.1	106.7	55.6	56.9
570	1135	793	53.4	52.3	55.4	108.9	58.7	57.1
585	1151	801	54.8	55.1	56.9	113.4	61.5	58.9
600	1178	814	55.1	57.4	57.3	115	62.8	61.9
615	1196	825	56.5	57.9	58.4	117.6	66.9	62.8
630	1215	832	57	58.4	59.2	119	68.1	63.4

## การทดลองเผาเค็ลือบ ครั้งที่ 5

วันที่ 19/10/2544

เวลา 10.00 - 21.00

- |  |   |
|--|---|
| 1. อุณหภูมิบรรยากาศ Dry bulb 33 °c     | 5. อุณหภูมิสูงสุดของก๊าซเสีย 819 °c             |
| Wet bulb 30 °c                         |   |
| 2. น้ำหนักวัสดุ ก่อนเผา 7.4 กิโลกรัม   | 6. น้ำหนักก๊าซ LPG ที่ใช้ในการเผา 14.6 กิโลกรัม |
| หลังเผา 7.1 กิโลกรัม                   |   |
| น้ำหนักที่สูญเสียในการเผา 0.3 กิโลกรัม | 7. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ O <sub>2</sub> 12.60%   |
| 3. น้ำหนักเฟอร์นิเจอร์ 1 2.5 กิโลกรัม  | 8. ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ CO <sub>2</sub> 5.21%   |
| 4. อุณหภูมิสูงสุดในการเผา 1220 °c      | 9. ปริมาณค่าเฉลี่ย CO 9.7ppm                    |
|  | 10. เวลาที่ใช้ในการทดลอง 660 นาที               |

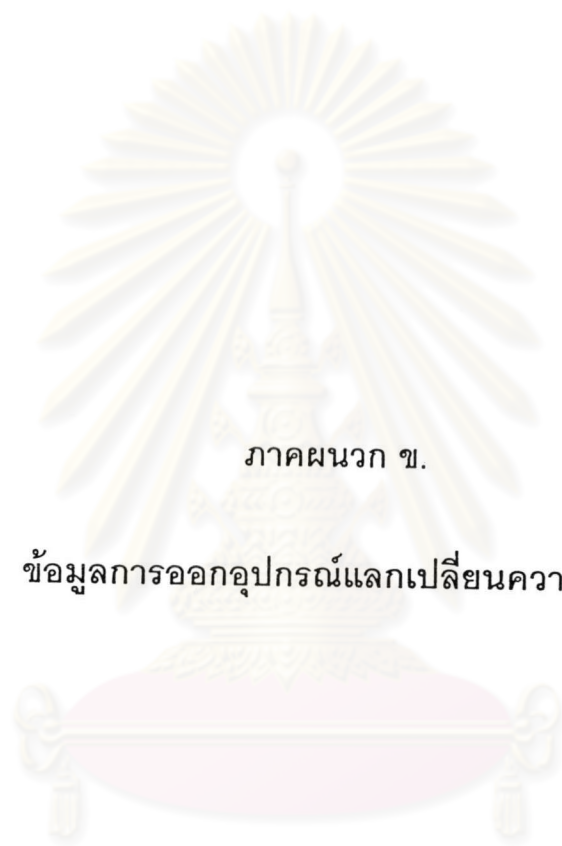
ตารางที่ ก.10 อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเค็ลือบครั้งที่ 5

เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ก๊าซเสีย</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
0	35	30	36.4	35.7	36.5	42.1	36.6	36.4
15	123	32	36.5	35.7	36.5	43.5	36.8	36.4
30	169	35	36.9	35.8	36.8	45.1	36.5	35.1
45	217	39.7	36.4	35.8	36.9	48.7	36.7	35.6
60	245	42	36.4	35.9	36.8	52.4	36.8	35.8
75	295	50	36.4	35.6	36.8	55.4	36.8	35.8
90	326	59	36.5	35.8	36.9	57.2	36.5	35.7
105	360	127	36.4	35.5	36.4	58.9	36.8	35.6
120	375	169	36.3	35.5	36.8	61.9	36.9	35.6
135	394	194	36.3	35.8	36.8	65.4	36.9	35.8
150	421	229	36.3	35.9	36.9	69.8	36.9	35.7
165	477	278	36.3	36.5	36.8	71	37	35.9
180	531	311	36.3	36.6	36.9	72.1	37.1	35.7
195	554	337	36.5	36.8	37.2	73.1	37.8	35.9
210	582	378	36.4	37.3	37.5	74.5	37.5	36.1
225	625	421	36.5	37.1	37.5	75.9	38.1	36.1
240	659	438	36.5	37.3	37.8	77	38.5	36.2
255	690	459	36.8	37.5	37.9	78.4	38.6	36.2



ตารางที่ ก.10 (ต่อ) อุณหภูมิที่จุดต่างๆในการเผาเคลือบครั้งที่ 5

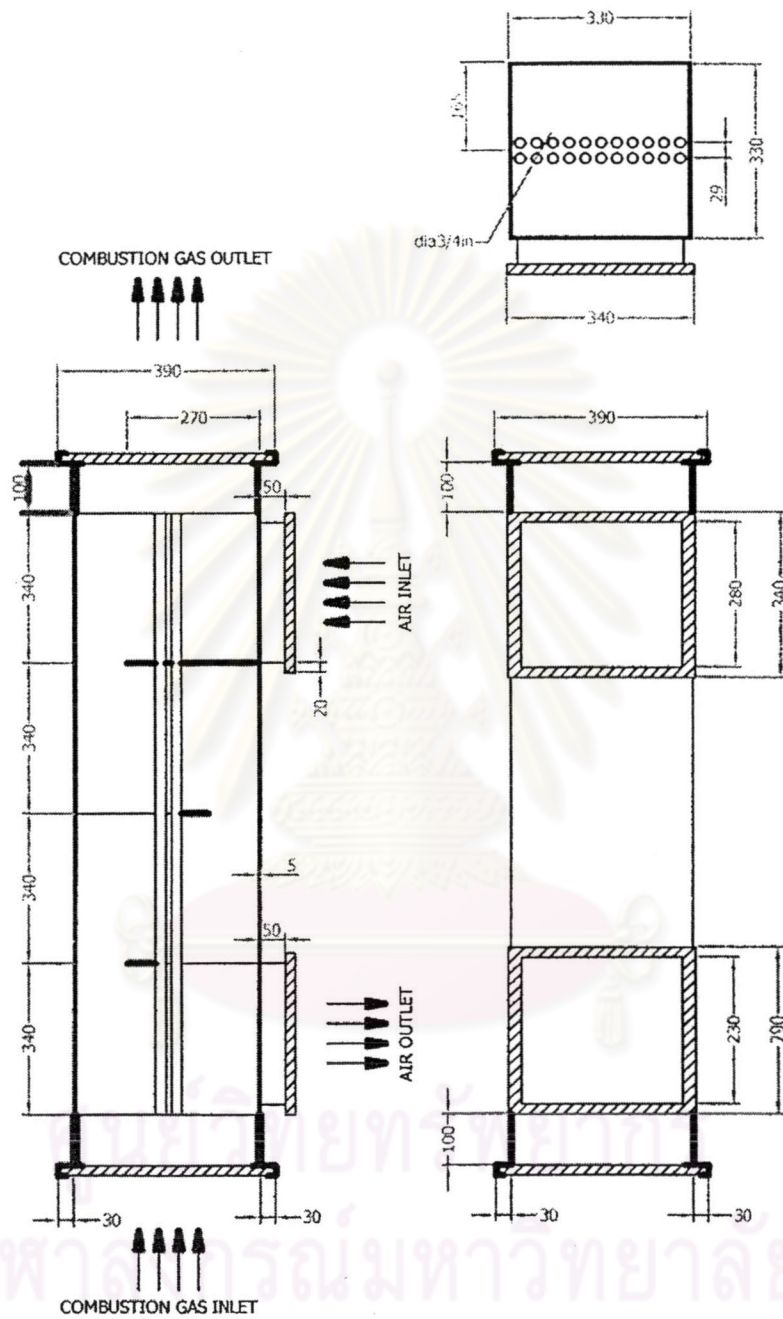
เวลาที่เผา (นาที)	T <sub>ภายในเตา</sub> (°C)	T <sub>ที่รสี</sub> (°C)	T <sub>1</sub> (°C)	T <sub>2</sub> (°C)	T <sub>3</sub> (°C)	T <sub>4</sub> (°C)	T <sub>5</sub> (°C)	T <sub>6</sub> (°C)
270	708	465	36.9	37.6	38.1	75.4	38.9	37.4
285	720	477	37.5	37.8	38.3	78.9	40.6	37.9
300	749	489	37.6	37.8	38.4	84.2	41.1	38.7
315	764	501	37.8	38.1	38.7	86.8	41.5	38.5
330	785	534	38.1	38.8	39.1	89.3	41.9	39.1
345	815	546	38.6	39.2	39.5	91.1	42.9	39.8
360	834	572	38.7	39.5	39.7	92.1	43.5	40.1
375	904	634	39.2	39.8	40	95.4	44.7	40.9
390	935	641	39.8	40.5	41.5	97.8	47.1	41.6
405	957	655	40.6	41.6	42.8	100.5	48.9	42.5
420	983	668	41.4	42.9	43.5	102.4	49.5	43.1
435	1007	676	41.5	43.4	44	103.2	51.4	44.2
450	1023	694	42.6	44.5	46.5	104.1	52.8	45.8
465	1038	702	43.7	45.8	46.8	105.8	54.4	47.8
480	1047	715	44.7	46.8	47.2	106.8	55	49.3
495	1059	731	44.9	47.2	47.8	108.7	55.7	50.6
510	1071	744	46.8	49.5	49.7	109.9	57.8	51.8
525	1084	756	48.3	51.4	50.6	112.5	58.2	53.7
540	1092	772	49.2	53.5	51.1	115.3	59.7	55.4
555	1112	781	49.9	56.1	52.4	118.7	61.4	56.9
570	1129	789	51.2	57.3	54.7	119.8	63.8	58.9
585	1138	793	53.1	57.8	55.8	121.3	66.7	61.4
600	1143	799	54.2	58.1	56.5	122	67.9	62.4
615	1159	804	55.4	59.1	57.4	125.4	68.9	63.6
630	1175	809	56.9	61.3	58.3	128.7	70.8	65.9
645	1198	815	58.7	61.4	59.1	130.6	71.4	67.7
660	1220	819	59.6	61.5	60.3	132.4	72.6	69.8



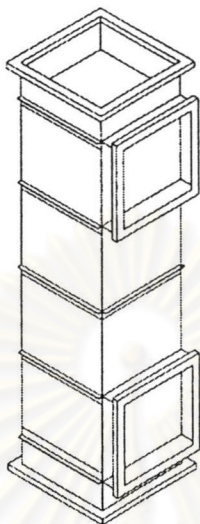
ภาคผนวก ข.

ข้อมูลการออกอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

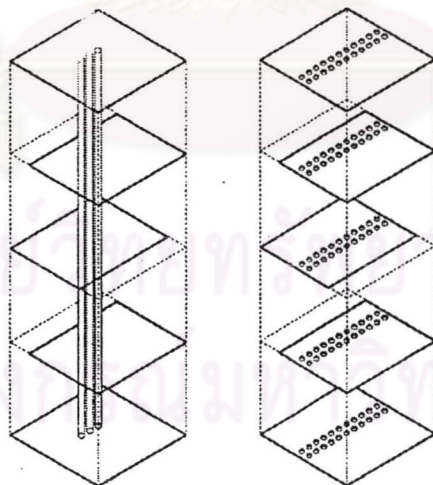
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



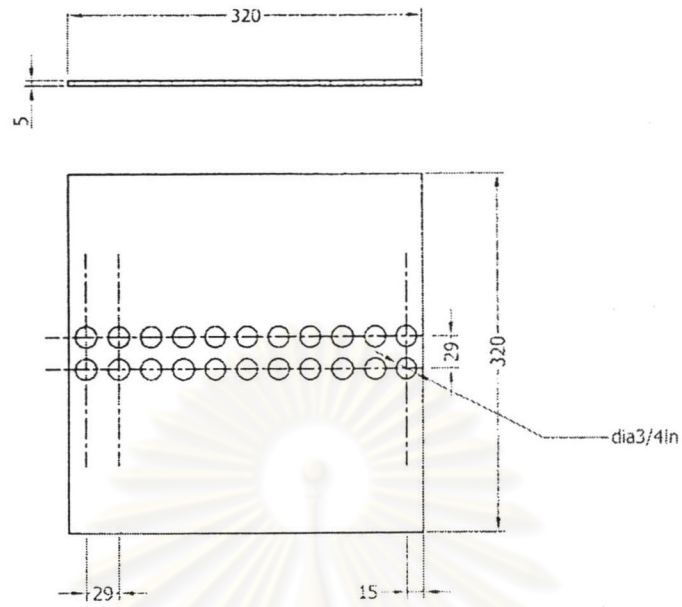
รูปที่ ข.1 ขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ทำการออกแบบ



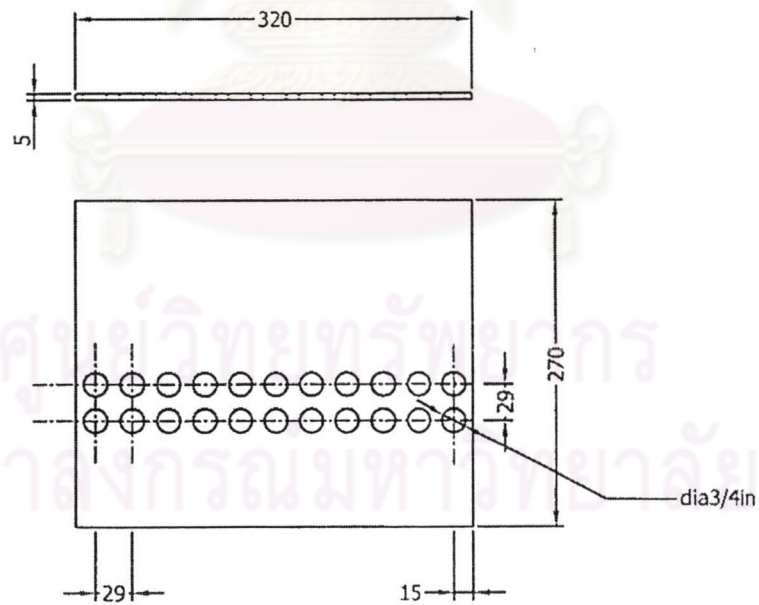
รูปที่ ข.2 โครงสร้างภายนอกของ Recuperator



รูปที่ ข.3 โครงสร้างภายในของ Recuperator

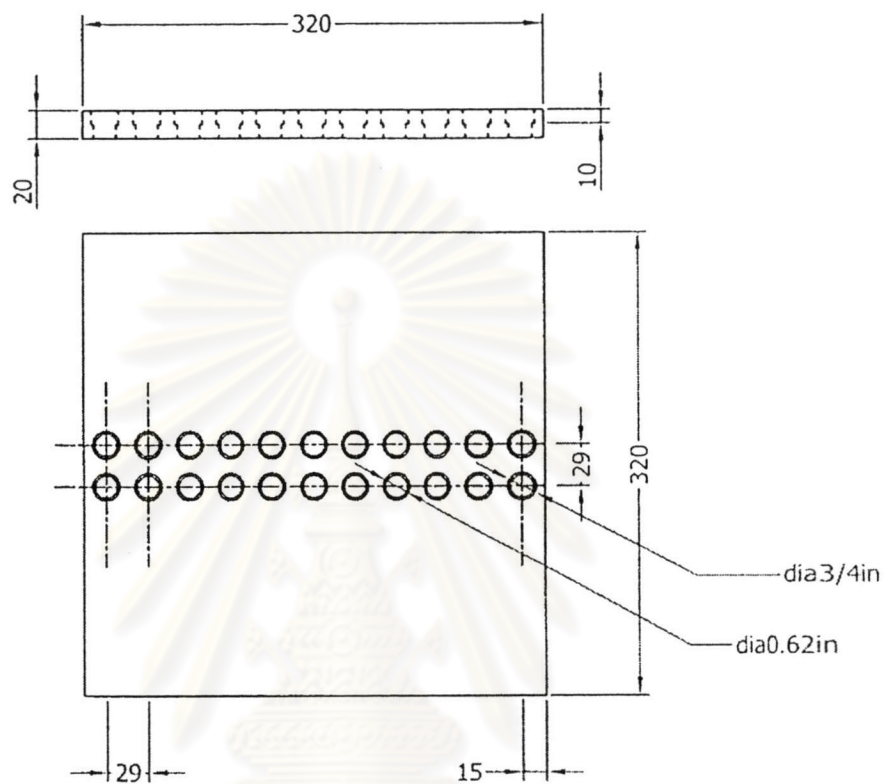


รูปที่ ข.4 ขนาดแผ่นยึดท่อด้านบน Recuperator



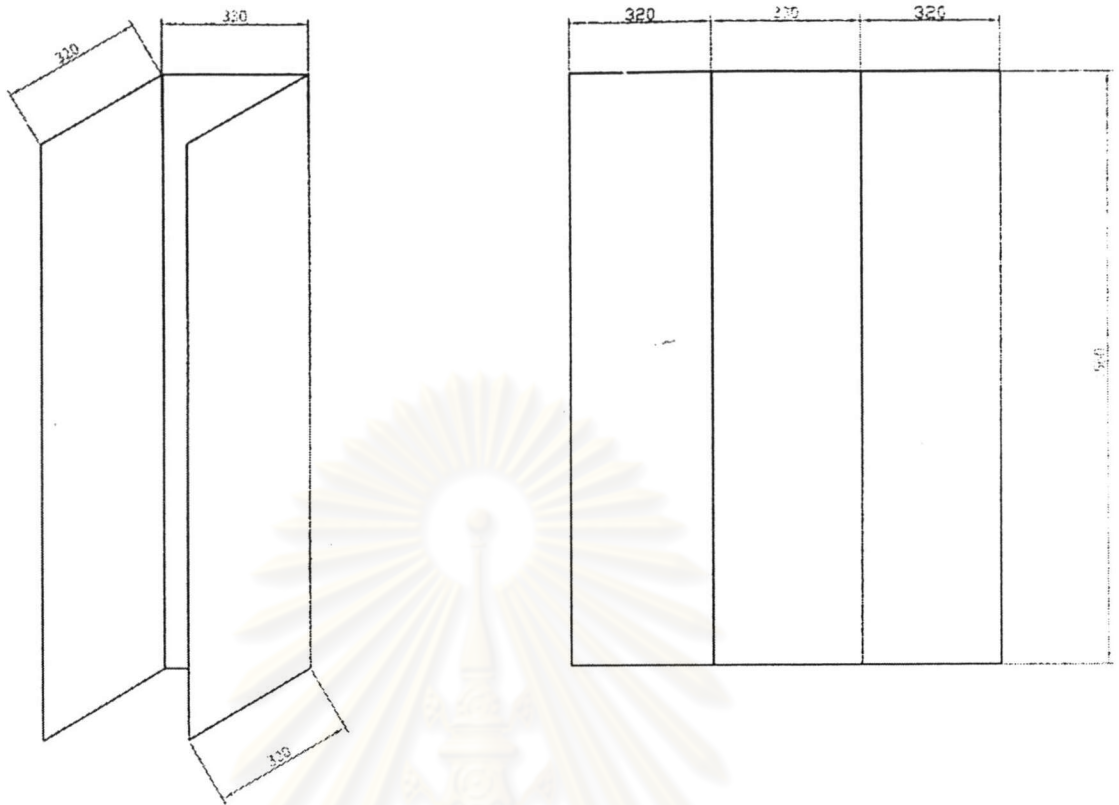
รูปที่ ข.5 ขนาดแผ่นยึดท่อด้านใน Recuperator



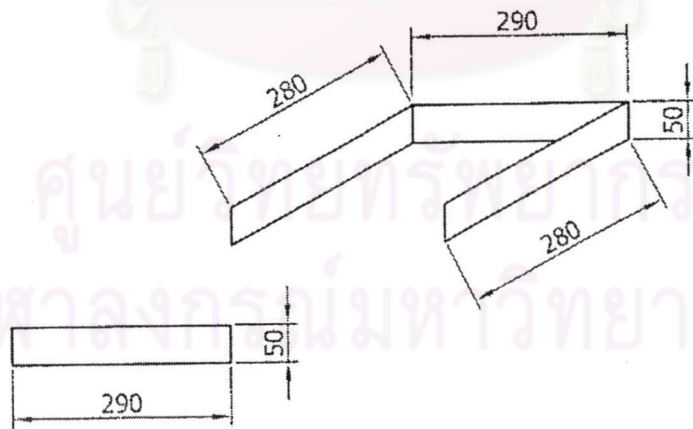


รูปที่ ข.6 ขนาดแผ่นยึดท่อด้านล่าง Recuperator

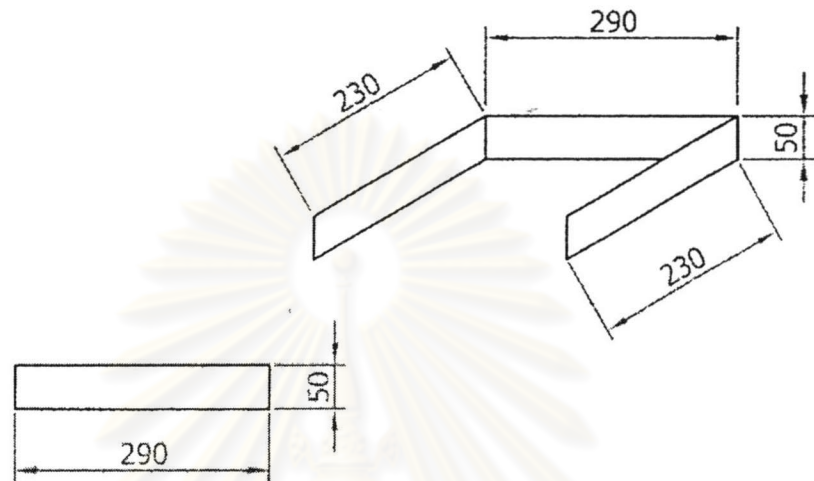
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๑.7 การพับขึ้นรูปตัวโครง Recuperator

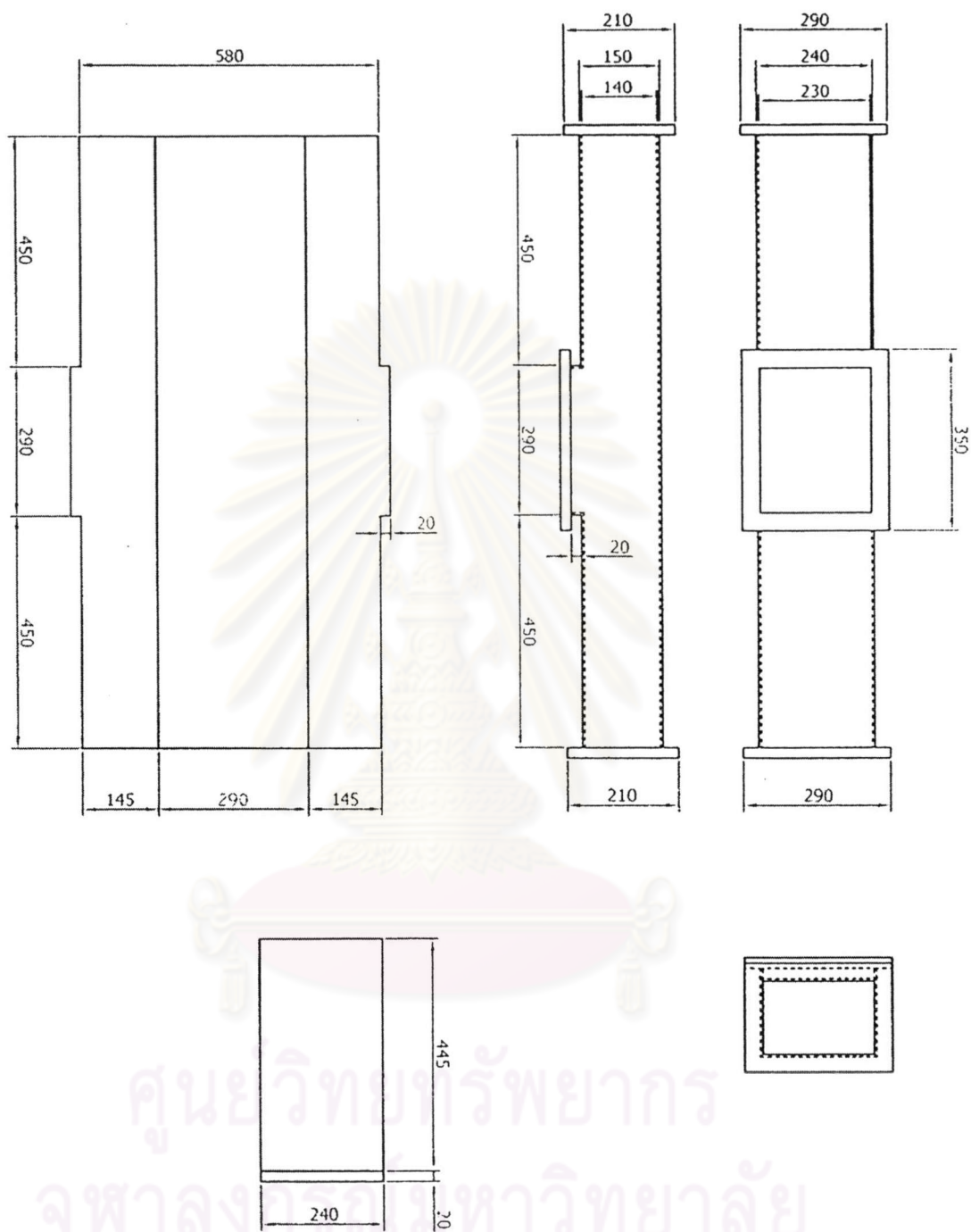


รูปที่ ๑.8 การพับขึ้นรูปท่ออากาศเข้า Recuperator

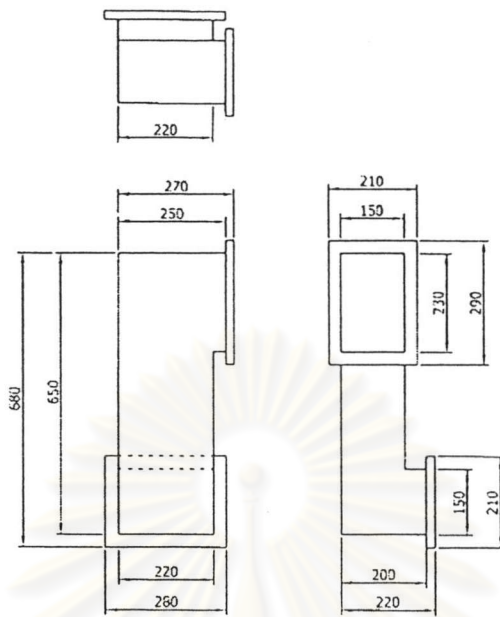


รูปที่ ข.9 การพับขึ้นรูปท่ออากาศออก Recuperator

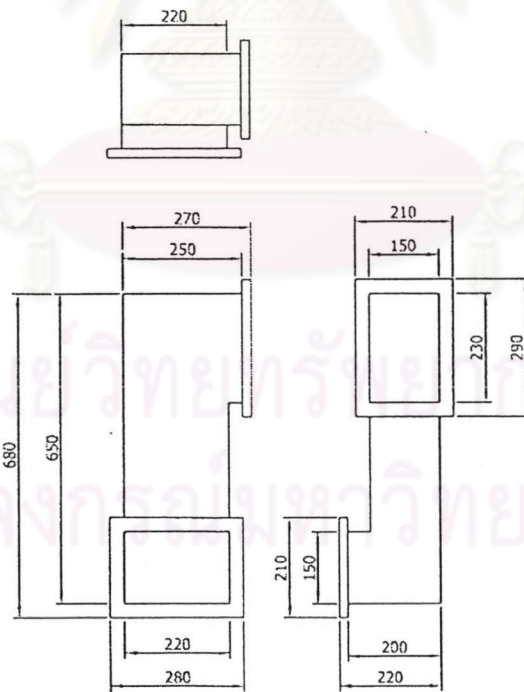
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ข.10 ขนาดท่อส่งอากาศของจาก Recuperator เข้าหัวฉีดซ้ายขวา

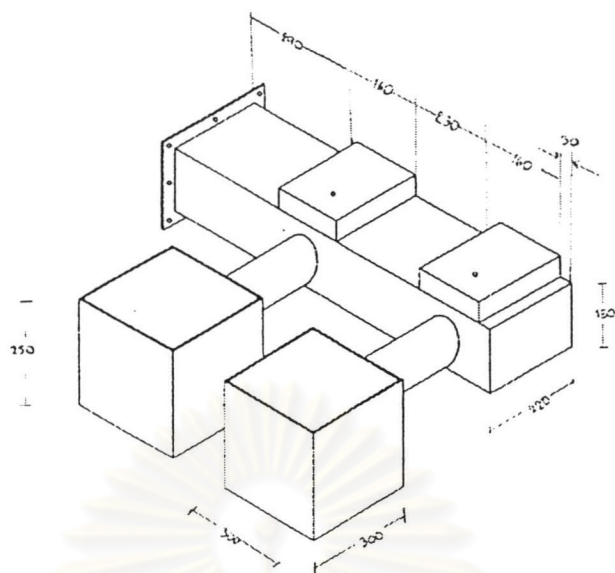


รูปที่ ข.11 ซ็องอของท้ออากาศด้ำนซ้าย

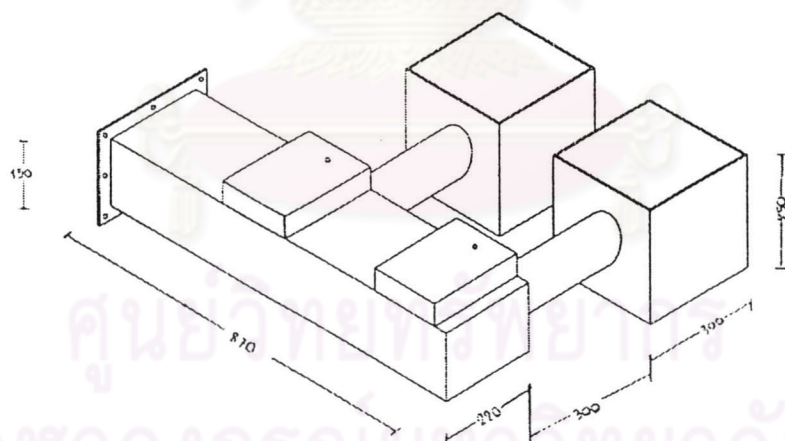


รูปที่ ข.12 ซ็องอของท้ออากาศด้ำนขวา

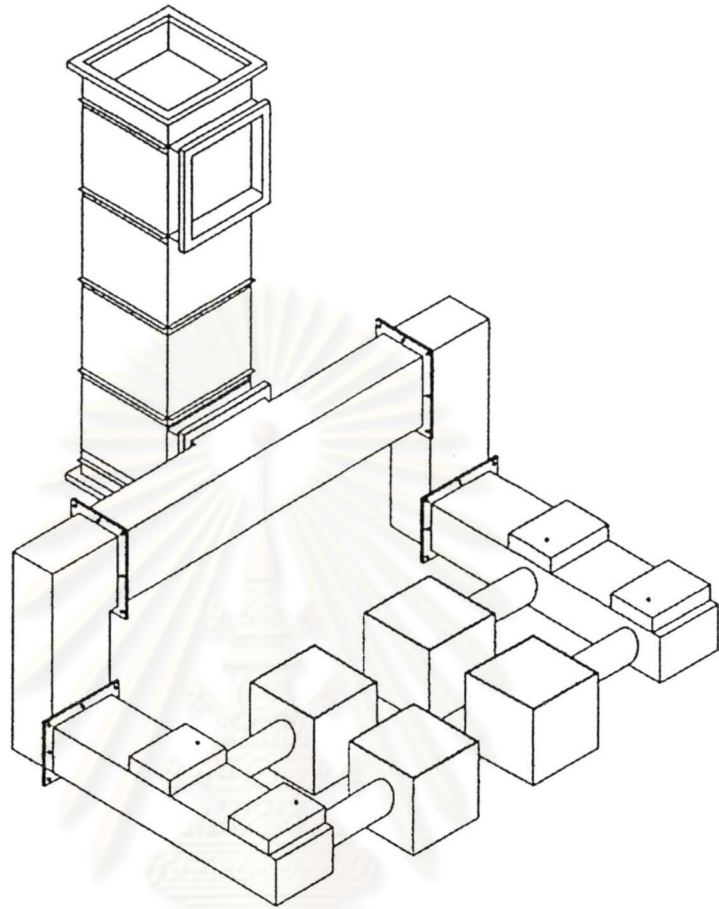




รูปที่ ข.13 ขนาดท่ออากาศเข้าหัวฉีดด้านซ้าย




รูปที่ ข.14 ขนาดท่ออากาศเข้าหัวฉีดด้านขวา



รูปที่ ข.15 Recuperator และท่ออากาศเมื่อประกอบเรียบร้อยแล้ว

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลเตาเผาเซรามิคหลังติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.1 ตารางแสดงน้ำหนักก๊าซ LPG และน้ำหนักวัสดุที่ใช้ในการเผาแต่ละรอบ

ลำดับ การทดลอง	เวลาในการ ทดลอง(นาที)	เชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ (kg)	น้ำหนักวัสดุ (kg)		น้ำหนักวัสดุที่สูญเสียจากการเผา (kg)	น้ำหนัก เฟอร์มิเจอร์ (kg)	ความเร็วลมที่ทาง เข้า Recup (m/s)	กำลังไฟที่ใช้ กับ Blower(w)
			ก่อนเผา	หลังเผา				
1	375	4.3	8.2	7.5	0.7	12.5	0.12	151
2	360	4.1	8.1	7.5	0.6	12.5	0.083	149
3	360	4	7.8	7.2	0.6	12.5	0.09	152
4	345	4.1	7.9	7.1	0.8	12.5	0.095	153
5	600	11.1	8	7.4	0.6	12.5	0.11	151
6	600	11.2	8.1	7.4	0.7	12.5	0.09	150
7	600	11.1	8.3	7.5	0.8	12.5	0.81	150
8	600	11.3	8.2	7.9	0.3	12.5	0.078	152
9	360	4	7.9	7.2	0.7	12.5	0.073	151
10	360	4	7.8	7.2	0.6	12.5	0.075	152
11	360	4.1	8.1	7.5	0.6	12.5	0.077	153
12	360	3.9	8.2	7.6	0.6	12.5	0.075	150
13	600	10.6	7.9	7.4	0.5	12.5	0.072	150
14	600	10.7	8.3	7.6	0.7	12.5	0.069	151
15	600	10.5	8.2	7.5	0.7	12.5	0.069	152
16	600	10.4	8.1	7.5	0.6	12.5	0.072	153



ตารางที่ ค.2 ผลการทดลองเผาถ่านไม้ครั้งที่ 1 กับเตาเผาธรรมชาติที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม้แห้งจำนวน 21 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความร้อน (Pa)			
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	35	31	41	39	36.2	35	39	37	35.4	36							
15	35	31	151	40	36.2	35.4	39	37	35.4	36							
30	35	31	182	41.5	36.5	35.4	39	37	35.5	36.6							
45	34.5	30.5	210	42	36.4	36.2	39	37.4	35.5	36.8							
60	34.5	31	272	43	37	36.2	39.5	37.5	35.8	37.7	5.6	10.1	195				
75	35	30.5	301	45	38	36.2	39.6	37.5	36	38.6				18	-1	-2	88
90	35.5	31	341	47	38	38.5	40	38	36.5	38.6	6.6	9.5	117				
105	36	30	389	50	38.2	38.5	40.1	38	36.8	38.9				20	-1	-1	90
120	36	30	462	91	39.7	38.9	45	39	37	39.7	5.9	10	128				
135	36	30	503	134	40	39.1	50	43.2	37.1	42.2				19	-1	-2	87
150	36	30	538	211	40.4	40.5	67.6	43.5	39.5	47.2	6	9.8	141				
165	35.5	30	557	264	41	41.6	71.4	45	43	48.1				20	-2	-1	91
180	35.5	30.5	584	289	41	43.2	79.5	45.1	47	48.6	5.8	10.5	153				
195	35	30.5	603	312	41	44.1	83.6	46.4	52.1	49.2				17	-1	-1	88
210	36	31	622	323	42.6	44.6	93.1	47.2	56.9	50	5.6	10.2	148				
225	35.5	31	671	331	43.2	45.9	96.4	48.9	61.4	50.3				18	-1	-2	87







ตารางที่ ค.3 (ต่อ) ผลการทดลองเผาติดครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 22 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าผลต่างของความดัน (Pa)			
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>
240	33.5	30.5	704.3	350	45	49.4	103.4	53.4	71.8	52.7	9.1	7.2	31				
255	33	30	717	364.1	46.2	50.8	106.7	56.8	74.8	53.2				20	-1		89
270	33	30	731.3	378.4	47.8	52.6	109	58.9	78.9	54.1	8.7	8.1	41				
285	33	30	742.1	389.5	48.1	55.1	111	60.7	81.3	54.9				18	-1		88
300	32.5	30	764.8	396	48.8	58.9	112.3	62.1	85.4	55.8	6.4	9.6	55				
315	32.5	30.5	781.5	412.4	49.3	63.4	114.7	65.4	98.6	56.7				18	-1		88
330	32.5	30	809.6	415.8	50.5	70.1	117.6	68.9	108.7	57.4	6.5	9.5	44				
345	32	29	824.5	426.1	51.6	75.4	123	73.1	124.7	58				17	-2		88
360	32.5	29	841	438	52.8	79.5	128	77	139	58.8	6.6	9.7	66				
เฉลี่ย	33.7	30.2									7.16	9.11	87.27	18.9	-1.3	-1.2	88.8



ตารางที่ ค.4 ผลการทดลองเผาติดบครั้งที่ 3 กับเตาเผาซรามิคที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หุ้มฉนวน 24 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความเป็นพิษ (Pa)					
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
0	35.5	30.5	43	40	36	37	38	37	36	36								
15	35.5	30.5	141	41	36.8	37.5	38.6	38.1	36.8	36.7								
30	35	31	195	42.5	37.4	38	39.1	38.7	37	37								
45	35.5	31	221	43	37.9	38.7	39.5	39.4	37.2	38.7								
60	36	31	264	46.2	38.4	39.4	41.8	40.2	38.4	39.2	5.8	10.6	125					
75	36	31	310	48	38.7	39.6	43.6	42.3	39.6	40.8				20	-1			
90	36	31.5	356	52.1	39	40.1	48.6	43.7	40.7	41.5	6	9.7	100	18	-1			
105	36.5	31.5	397	84.6	39.5	41.3	50.1	44	41.1	42								
120	37	30.5	455	85.4	40.8	42	52.7	44.8	42.5	42.8	6.2	9.4	85					
135	37	31	480	124.1	41.7	42.3	55.4	45.1	44.9	43.2				18	-1			
150	37	31	504	199.5	42.1	43.8	64.9	45.8	48.3	44.3	5.6	10.2	72					
165	37	30.5	526	232.1	42.8	44.7	72.3	46	50.7	47.6				17	-2			
180	36.5	31	553	278.7	43.5	45.5	77.5	46.3	56	49.7	5.6	10.3	73					
195	36.5	31	594	298.6	44.1	46.1	86.9	46.7	65.3	50.1				20	-1			
210	36	31	616	311.4	44.8	47	93.2	47	70.7	51.4	5.7	10	56					
225	36	30.5	643	327	45.1	48.3	95.6	47.1	74.3	52				20	-1			

ตารางที่ ค.4 (ต่อ) ผลการทดลองเผาติดครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่มีจำนวน 24 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
240	35.5	30.5	674.3	345.6	46.3	49.5	98.8	49.1	76.7	53.6	6.1	10.2	31	19	-1	-1	85	
255	36	31	694.5	349.4	46.8	52.1	104.3	53.2	79.4	54.1								
270	35.5	31	704	353	47	54.8	109.6	58.7	82.6	54.2	5.7	11.1	41	17	-1	-1	91	
285	35	30	711.4	356.7	47.1	56.8	112	60.8	85.7	54.2								
300	35	30	745.3	387.2	48.3	64.5	119.7	64.9	93.4	56.7	5.4	10.6	55	18	-2	-1	88	
315	35	30	776.9	406.1	48.7	68.4	126.5	75.6	114.7	57.4								
330	35	29.5	799	413.5	49	70.2	131	79.7	135.6	58	5.1	11.3	44	18	-1	-1	89	
345	34.5	29	804.8	430.2	52.6	76	134.8	85.6	148.3	59.6								
360	34.5	29	815	441	54.3	82.4	138.2	93.7	156.3	60.6	5.1	11.4	66	18	-1	-1	89	
เฉลี่ย	35.8	30.58									5.66	10.44	68	18.5	-1.2	-1.1	88.6	









ตารางที่ ค.6 ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 1 กับเตาเผาธรรมชาติที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 23 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของควมดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ห่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	35.5	31.5	48	39	37.6	36	37	36	35.4	34.7							
15	35.5	31.5	146	40	38.2	36.4	38	36	35.4	36.6							
30	35	31	171	41	38	36.8	40	36.8	35.5	37.7							
45	34.5	30.5	185.3	46	38.6	37.2	40.5	36.7	35.5	38.7							
60	34.5	31	261.1	49	39.1	37.5	41	37.8	35.8	38.6	4.2	11	260	18	-2	-2	88
75	35	30.5	301	52.1	39.7	38	42	38.7	36	38.7				19	-1	-1	85
90	35.5	31	374.1	55	40.8	38.5	45	39.5	36.5	39.9	4.8	10.6	219				
105	36	30	451	114	41.3	38.7	48	40.7	36.8	42.2							
120	36	30	517.2	153.4	42.2	38.9	54.2	41.4	37	47.2	5.1	10.5	139	17	-1	-1	91
135	36	30	577	184.6	42.9	39.1	58.1	42	37.1	48.2							
150	36	30	605	225	43.2	40.5	60	44.8	39.5	48.5	6.5	9.5	144				
165	35.5	30	659	254.1	43.7	41.6	65	45.6	43	48.6				18	-2	-1	88
180	35.5	30.5	698	279.5	44.2	43.2	74.2	47	47	48.7	6.1	9.8	70				
195	35	30.5	724.6	305	44.4	44.1	80	49.7	52.1	50				18	-1	-1	89
210	36	31	760	331.4	44.8	45	83	52.1	56.9	51.9	6.5	9.9	69				
225	35.5	31	782	347	45.8	46.1	91.2	53.3	61.4	53.4				20	-1	-2	90

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 1 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 23 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)			
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	35.5	31	805	375	46.1	48.9	95	54	72.5	55.2	6.8	9	171	18	-1	-2	90
255	35.5	31	818	389	47.4	49.3	103	58	77.4	56.2	6.5	8.6	210	20	-1	-2	91
270	35	30.5	834	415	48.3	51.8	111.4	60	80.7	56.6	6.2	9.9	144	21	-1	-1	89
285	35	30.5	849	424	49.3	56.1	119.5	72	86.3	57.5	6.5	9.9	144	19	-1	-1	89
300	35	30.5	861	432	50.7	60.5	121.5	76.4	92.6	58.7	6.5	9.4	117	19	-1	-1	89
315	35	30	876	440	51.8	64.2	130	78	106.6	58.9	6.5	9.3	100	19	-2	-1	89
330	35	30	885	452	54	68.4	134.6	80	115	59.1	6.5	9.3	100	18	-2	-1	88
345	34.5	30	907	465	54.5	69.8	137	84.1	128.7	60.6	6.5	9.3	100	18	-2	-1	88
360	34.5	30	914	471	55	73.9	139	87	132	61.4	6.5	9.3	100	18	-2	-1	88
375	35	30.5	920	492	55.9	80.1	145	90	147	62.2	7	9.2	114	18	-2	-1	88
390	34.5	30.5	925	497	57.6	82.4	146	94.5	159	62.7	6.3	9.6	88	18	-2	-1	89
405	34.5	30	942	503	59.4	83	149	99.3	184	63.6	5.2	10.4	44	18	-1	-1	89
420	34	29	953	532	60.2	84.5	152	101.4	207	63.8	5.2	10.4	44	19	-1	-2	88
435	34	29	994	547	63	85.7	156	109	237.9	64	5.2	10.4	44	19	-1	-1	89
450	34	29	1007	559	62.6	88.4	162	109	245	64.1	3.4	11.6	50	19	-1	-2	88
465	33.5	29	1026	577	65.4	92.4	166	118.4	269.3	64.6	3.4	11.6	50	19	-1	-2	88
480	33	29	1060	602	66.7	95	175	125	278	65	3.4	11.6	50	19	-1	-2	88

ตารางที่ ค.6 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 1 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 23 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิ ผนังเตา	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C	อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่าของควมดัน ( Pa )					
	Dry built	Wet built					ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ค่า CO	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>
495	33	29	1083	618	67.7	97.8	187	131	295	67.9				19	-1	-1	89
510	33	29	1097	635	69.2	103	192	151.3	315	69	2.5	12.4					
525	32.5	29	1107	661	71	106.5	215	167	338.4	72.2				19	-2	-1	90
540	32.5	28.5	1130	680	72.8	109	226	175	356.1	73.4	1.7	12.7					
555	32.5	28.5	1137	688	73.6	111.7	237	184.5	366.4	74				18	-1	-1	88
570	32	29	1152	691	81.1	116.3	248	197.6	372.9	75.4	1	13.1					
585	32	29	1160	712	82.6	118.9	259	204.3	377	75.6	0.7	13.4		18	-1	-1	91
600	32	28	1187	726	84.7	121.1	278	210	381	77.8							
เฉลี่ย	34.48	29.98									4.93	10.52		18.7	-1.27	-1.27	89



ตารางที่ ค.7 ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 25 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความเป็นพิษ (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ชอก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	37	31	49	39	38	39	38	37	38	37.1							
15	37	31	132	39.4	38.4	39.4	38.7	37.4	38.5	37.3							
30	37	31	165	39.7	38.7	39.8	40	37.8	38.9	37.4							
45	37	31	194	39.5	38.6	40.2	40.5	37.7	39	38.2							
60	36.5	31.5	232	39.7	39.5	40.5	41	37.8	39.4	38.6	6.3	9.5	154				
75	36.5	31.5	284	51.8	39.7	40.8	45	38.7	41	39.7				19	-1		89
90	37	32	354.1	75.4	41	41.6	54.2	39.5	42.5	43.9	6.1	9.5	167				
105	36.5	32	378.9	93.7	41.3	41.9	58.1	41	43.1	47				19	-2		89
120	36.5	31.5	456	98.1	42.2	42	61.4	41.4	47.8	46.8	6.5	9.9	169				
135	36	31.5	484	161.4	43	42.5	63.8	43.1	51.4	47				18	-2		88
150	36	32	525	207.6	43.5	42.8	65	44.8	54.7	48.5	5.2	11	115				
165	36	32	567	241.2	43.7	43	70	45.6	59.6	48.9	4.8	10.4	89				89
180	36	31	578	272.6	44	44	79.2	47.5	62.1	50.7							
195	36	31	614	296.2	44.8	44.8	84.6	51	64.7	51.6				19	-1		88
210	35.5	31	628	316	45	45.1	91.5	52.6	68.9	54.7	5.1	10.6	76				
225	36	30	659	349	46.3	45.8	96	54.4	71	55.8				20	-1		90

ตารางที่ ค.7 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 25 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ห่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	36	30.5	681	372.3	46.5	49	98.4	55	74	56	4.8	10.9	156	18	-1	-2	90
255	36	31	706	396.6	47.6	50	108	57	77.8	56.4							
270	35.5	31	737	405.3	49	51.6	111.5	60.9	82	56.9	4.5	11.5	124	20	-1	-1	91
285	35.5	31	755	418	50	54.3	120	68	87.3	58							
300	35	30.5	778	431.1	50.7	59.4	121.5	72	93	58.5	4.2	11.9	87	19	-1	-1	88
315	35	30	801	443.5	52.4	64.7	128.4	76.4	106	58.9							
330	35	30	814	455.9	54	68.4	134.6	78	117	59.1	4.2	11.8	74	19	-2	-1	89
345	34.5	30	835	465.2	54.5	69.8	137	81	128.5	60.6							
360	34.5	30	847	482.2	55	75	139.6	84	132	61.4	4.5	11.5	53	18	-2	-1	88
375	35	30.5	860	492.5	55.9	80.1	145	87	147	62							
390	34.5	30.5	874	501.2	57.6	82.4	147.5	90	160.3	62.7	4.1	12	41	18	-1	-1	89
405	34.5	30	884	510.4	59.4	83	149	95	187.8	63.1							
420	34	29	895	515	60.2	84.5	152.9	99.8	217	63.8	3.8	11.1	32				
435	34	29	924	545	63.4	85.6	157.4	102	239	64.1							
450	34	29	967	576	64.6	89	162.7	110.9	247.6	64.7	3.3	12.1	35	19	-1	-2	88
465	33.5	29	995	595	65.5	93	169	117	270	65				20	-1	-1	90
480	33	29	1025	611.4	67	94.1	173	122	276.7	65.7	3.5	11.2	30				



ตารางที่ ค.7 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 25 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
495	33	29	1060	619	68	98	185	139	300	68			20	-2	-1	88	
510	33	29	1083	645	69.7	102.5	197.2	152	321	72.2	1.9	12.6					
525	32.5	29	1097	671	72	107.5	204.5	166.5	337	73.4			20	-1	-1	90	
540	32.5	28.5	1108	682	72.8	109	224.1	175	360	74	1.2	12.1					
555	32.5	28.5	1130	688	76.8	112	245.3	186	367	75.4			19	-1	-2	90	
570	32.5	28.5	1142	703	81.8	119.5	261.2	197	373.5	75.6	1	13.1					
585	32.5	28.5	1172	722	83	122	274.1	203	377.8	77.1			20	-1	-1	90	
600	32.5	29	1199	730	85.7	125.6	281	209	384.5	78	0.5	13.5					
เฉลี่ย	34.95	30.27									3.97	11.38	19.05	-1.27	-1.22	89.11	

ตารางที่ ค.8 ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 27 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	ผิวด้านใน	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
0	34.5	31	50	40	38	36	40	38	39	35								
15	34.5	31	152	40	38.2	36.4	40.1	38	39.4	35.5								
30	34	31	177.3	41	38.5	36.9	41	38.7	40	38								
45	34	31	191	47	38.6	37	42.1	38.7	40.5	38.5								
60	34	30.5	276	50	39.1	37.5	45.7	39.8	40.8	38.7	6.5	9.9	171					
75	34	30.5	301	52.1	39.7	38	46.8	40	42.1	39				19	-1			90
90	34	30.5	385	55	40.8	38.5	18.9	40.5	43	39.9	6.1	9.8	154					
105	33.5	30.5	451	124	41.3	38.7	52.1	41	44.8	42.2				19	-2			89
120	33.5	30	517.2	158	42.2	38.9	54.2	41.4	45	47.2	6.5	10	81					
135	33.5	30	577	184.6	42.9	40.5	58.1	43.4	45.6	48.2				18	-2			90
150	33.5	30	615	225	43.2	41	64.1	45	46.7	48.5	4.3	11.1	69					
165	33.5	30	649	254.1	43.7	42	69.4	47	47	48.6				18	-1			89
180	33	30	678	281	43.8	44.1	75.4	49.1	50.1	50	4.7	10.8	84					
195	33	30	708	311	44	45	84.7	51.4	53.4	51.1				19	-1			88
210	33	29.5	745	334	45	46.8	89	52.8	57	52.3	5.1	10.4	52					
225	33	29.5	772	342.5	46.2	48.5	93	54	62.1	53				20	-1			90

ตารางที่ ค.8 (ต่อ) ผลการทดสอบของแผนเคสตัวอย่างครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหม้อนวน 27 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	33	29	799	379	47.8	49.7	96.5	54	70.1	55.8	5.8	10	171	20	-1		
255	33	29	810	391	48.6	51.8	98.2	58	78	56.4		9.6	210	21	-1	-1	90
270	32.5	29	837	417	50	56.1	99	60	82.5	57	5.5	9.6		21	-1	-1	90
285	32.5	28.5	846	425	50.7	60.5	105.7	67.8	87	57.4	5.2	8.9	144	20	-1	-2	91
300	32.5	28.5	859	433	51.7	64.2	110.9	72	92.5	58				20	-1	-2	91
315	32	29	876	446	54	68.4	123	76.4	106	58.9	5.7	10.4	117	19	-1	-2	89
330	32	29	885	452	54.5	69	131.4	78	115	59.1				19	-1	-2	89
345	32	28	917	465	54.8	69.8	137	80	128.7	60.6				19	-1	-2	89
360	32	28	924	471	55	73.9	139	84.1	159	61.4	6.5	9.3	100	19	-2	-1	89
375	32	28	925	492	55.9	80.1	145.5	87	184	62.2	5.2	10.4	44	18	-2	-1	88
390	32	28	937	497	57.6	82.4	146.7	90	207	62.7				18	-2	-1	88
405	31.5	28	953	503	59.4	83	149	94.5	224.3	63.6				18	-2	-1	88
420	31.5	28	994	539	60.2	84.5	152.7	99.3	241	63.8	3.4	11.6	50	18	-1	-1	88
435	31.5	27.5	1009	551	63	85.7	158	101.4	250	64.1	1.8	12.6	45	19	-1	-1	89
450	31.5	27.5	1031	564	65.7	90.4	165.8	114.7	263	64.7				19	-1	-1	89
465	31	27.5	1067	588	66.7	93.4	173.6	124.5	275	65	1.6	12.8	47	19	-1	-1	89
480	31	28	1089	621	68.3	97	180	128.6	281	65.5				19	-1	-1	89



ตารางที่ ค.8 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเค็ลอบครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 27 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
495	31	27.5	1097	645	69	97.8	189.5	132.8	295	67.9			18	-2	-1	90		
510	31	27.5	1107	663.2	69.5	103	216	153	315	69	2.5	12	41					
525	30.5	27	1134	687.1	72	106.5	226	168.7	356.1	72.2			18	-1	-1	89		
540	30.5	27	1145	692.3	72.8	109	237	175	366.9	73.4	1.3	12.4	47					
555	30.5	27	1164	702.1	775	111.7	257	189	373	74			19	-1	-2	88		
570	30	27.5	1182	725.1	81.5	116.3	266	198.6	378.4	75.4	1.1	13.1	40					
585	30	27.5	1197	739.8	83.4	118.9	275.6	203.1	380	75.6			20	-1	-1	90		
600	30	27.5	1210	750	85	121.1	289.7	215	389	77.8	0.8	13.1	32					
เฉลี่ย	32.33	28.88									4.19	10.96	89.42	19	-1.27	-1.22	89.27	

ตารางที่ ค.9 ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหม้อต้มร้อน 28 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	36.5	30.5	51	42	38	38.5	39	37	38	37							
15	36.5	30.5	133	39.4	38.4	39.8	39.7	37.8	38.9	37.4							
30	36.5	31	167	39.7	38.7	40.2	40	37.7	39	38.2							
45	36	31	200	39.5	38.6	40.5	40.5	37.8	39.4	38.6							
60	36.5	31.5	232.6	39.7	39.5	40.8	41	38.7	41	39.7	5.3	10.5	104				
75	36.5	31.5	284	51.8	39.7	41	45	39.5	42.5	43.9				20	-1	-1	90
90	37	32	355	75.4	41	41.6	54.2	41	43.1	45.3	5.1	10.7	117				
105	36.5	32	379	93.7	41.3	41.9	58.1	41.2	45	47				21	-1	-1	90
120	36.5	31.5	456	98.1	42.2	42	61.4	41.4	47.8	46.8	4.9	10.4	89				
135	36	31.5	484	161.4	43	42.5	63.8	43.1	51.4	47				20	-1	-2	91
150	36	32	525	207.6	43.5	42.8	65	44.8	54.7	48.5	5.1	10.6	76				
165	36	32	567.8	241.2	43.7	43	70	45.6	59.6	48.9	6.5	9.9	159				
180	36	31	600	272.6	44	44	79.2	47.5	62.1	50.7				19	-1	-2	89
195	36	31	618.7	296.2	44.4	44.7	86.6	51.7	65	53.2				19	-2	-1	89
210	35.5	31	631.4	316	45	45.1	91.5	52.6	68.9	54.7	5.2	11	112				
225	34	30	650	337	47.2	46	95	53.2	72.5	55				18	-2	-1	88



ตารางที่ ค.9 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและไม่หมุนวน 28 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			พื้นเตา	ผนังเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
			อุณหภูมิที่ผิวเตา °C														
240	34.5	30	674	357	47	49	98	55	75	56	5.8	10	141	18	-2	-2	88
255	34.5	30	691	395	47.4	49.5	105	58	78.2	56.3	5.5	9.6	158	20	-1	-1	90
270	35	30.5	712	416	48.3	53	112	62.3	80.7	56.6	5.2	10.9	135	21	-1	-1	90
285	34.5	30.5	745	424	49.3	57.1	118	67.8	86.3	57.5	4.7	11.4	118	20	-1	-2	91
300	34.5	30	787	432	50.7	60.5	121.5	72	92.6	58.7	4.5	11.3	123	19	-1	-2	89
315	34	29	813.4	440	51.8	64.2	130	76.4	106.6	58.9	4.3	11.6	80	19	-2	-1	89
330	34	29	825	452	54	68.4	134.6	78	115	59.1	4.4	11.6	40	20	-1	-1	87
345	34	29	867.4	465	54.5	69.8	137	80	128.7	60.6	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87
360	33.5	29	887.6	471	55	73.9	139	84.1	132	61.4	4.5	11.3	123	19	-1	-2	89
375	33	29	905	492	55.9	80.1	145	87	147	62.2	4	11	114	19	-2	-1	89
390	33	29	927	497	57.6	82.4	146	90	159	62.7	4.3	11.6	80	18	-1	-2	87
405	33	28.5	942	503	59.4	83	149	94.5	184	63.6	4.2	11.4	40	20	-1	-1	87
420	33	28.5	953	532	60.2	84.5	152	99.3	207	63.8	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87
435	32.5	28	994	547	63	85.7	156	101.4	237.9	64	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87
450	32	28	1018	560	63.5	89.2	162	110	250	64.1	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87
465	32	28	1033	586	64	92.7	169.8	119	269	64.3	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87
480	32	28	1071	611	67	93.2	178	127.5	280	64.8	4.4	11.6	43	20	-1	-1	87



ตารางที่ ค.10 ผลการทดลองเผาติดปฏิกิริยาที่ 1 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 29 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)						
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>			
0	36	30.5	42	37	36.2	37	39	36	37	36.5										
15	36	30.5	165	37.6	36.2	37.2	39	37.5	38.1	36.6										
30	36	30.5	196	38.3	36.5	37.5	39.6	38.4	38.5	36.4										
45	36.5	30	217	38.8	36.4	37.9	40	39	38.5	35.1										
60	36.5	30	278	39	36.9	38.7	41.5	40.5	39	36	5.2	10.4	200	20	-1					
75	36	30	305	40	38	39.1	45	43.2	40.7	36.4				20	-1					90
90	35.5	30	337	91	38.2	42.5	46.7	44.7	41.1	35.5	6.8	9.3	132	20	-1					91
105	35.5	30	416	136	39.7	43.4	47.8	46.7	43.6	36										
120	36	30.5	458	178	40.4	44.1	50.2	47.8	45.4	36.5	8.5	8.2	97							
135	36	30.5	495	221	41	44.7	67.1	49.1	48.2	36.9				19	-1					89
150	35.5	30.5	562	279	41	46.5	71.5	49.9	50.7	36.9	8.1	8.8	79							
165	35	30	584	291	42.6	47.1	75.3	50.4	52.3	36.8				19	-2					89
180	35	30	600	312.6	43.2	48.9	79.6	53.2	55.9	37.3	9.9	7.3	69							
195	35	29.5	628	339	43.8	49.4	83	56.7	59.8	37.6				18	-1					87
210	35.5	29	678	351.4	44.2	50.6	89.7	59.8	64.1	37.6	6.4	9.6	44							
225	35	29	720	356.2	45	51	98.5	62.5	69.4	38.3				20	-1					87



ตารางที่ ค.10 (ต่อ) ผลการทดลองเผาติดครั้งที่ 1 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 29 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่าของความเป็นพิษ (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	35	239	751	389	45.2	52.4	103.5	63.4	72.1	39.2	8.7	8.1	30	20	-1	-2	88
255	35	29	782.3	402	45.7	55.6	109	74	85	39.4	8.1	8.5	41	19	-2	-1	89
270	34.5	29.5	790	411.5	46.6	58.4	115.4	84.7	98.5	39.7	8.6	8.1	30	18	-1	-2	87
285	34.5	28.5	794	421.3	47	64.2	123.5	87.6	101	40.1	7.4	8.9	34	20	-1	-1	88
300	35	29	796	427	47.2	67.8	128	90.5	103.7	40.2	8	8.9	37	19.3	-1.2	-1.5	88.5
315	35	29	802	438.9	48.4	70.5	131	100	115	40.2	8	8.9	37	19.3	-1.2	-1.5	88.5
330	34.5	28.5	808	449	48.7	73.1	140	103.4	125.6	40.8	8	8.9	37	19.3	-1.2	-1.5	88.5
345	34	29	812	453.2	51.2	79	147	110.2	134.1	41	8	8.9	37	19.3	-1.2	-1.5	88.5
360	34	29	828	459	52.6	81.2	152.6	116	141	41.6	8	8.9	37	19.3	-1.2	-1.5	88.5
เฉลี่ย	35.3	29.64									7.79	8.74	72.1	19.3	-1.2	-1.5	88.5

ตารางที่ ค.11 ผลการทดลองเผาติดบครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิคที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 30 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)					
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>		
																		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C	
0	35.5	31.5	45	40	36	38	41	38	37.5	37									
15	35.5	31.5	155	40.5	36.4	38.4	42.8	38.7	38	37.8									
30	35.5	31.5	187	41	36.8	38.7	43.6	39	38.5	38									
45	35.5	31.5	221	41.6	36.9	39.1	44.1	39.5	39	38.1									
60	36	32	289	45	37	39	45.7	40	39.6	38.2	6.1	9.8	122						
75	36	32	310	51	38.1	40.3	46	40.7	40.5	38.2	7.2	9	135	18	-1	-1			90
90	36	32	341	109	39	42.6	48.9	42.7	43	38.3				18	-1	-1			88
105	36	32	399	121.5	40.2	44.1	50	44	44.5	38.5	6.4	9.2	87	18	-1	-1			88
120	36	32.5	427	167	41.4	45	53.6	45.8	46.7	38.5				18	-1	-1			88
135	36.5	32	466.7	212	41.8	46.7	60.1	48.3	48.7	38.4				18	-1	-1			88
150	36.5	32.5	492.3	263	42.6	47.8	69.8	50.6	52.4	38.6	7.5	8.6	76	17	-2	-1			88
165	36.5	32	532	297.4	43	48.5	72.6	53	56.7	38.7				20	-1	-1			90
180	36	31.5	575.1	306.9	43.1	49.2	80.1	55.4	58.2	38.8	6.3	10	75	20	-1	-2			90
195	36	31.5	603.9	324	44.6	49.9	88.7	58.7	67.4	38.9	5.6	10.7	53	20	-1	-1			90
210	35.5	31	641	347	45.7	50	96.3	61.1	69.3	39				20	-1	-1			90
225	35.5	31	698	352	46.2	50.7	100	63	71.4	39.1				20	-1	-1			90



ตารางที่ ค.11 (ต่อ) ผลการทดลองเผาติดครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 30 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิ ผนังเตา	อุณหภูมิที่ผิวเตา	อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built					ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	35	30.5	707	366	47.8	51.2	101.5	63.4	73	39.8	5.6	11.1	50	19	-2	-1	89
255	35.5	30.5	716	370	48.2	53.4	109	67.1	85.4	39.9	5.4	11.9	34	18	-1	-1	88
270	35	30.5	732	378.5	48.7	57	114.5	72.3	91.3	39.9	5.7	11	40	17	-2	-1	88
285	35	29	745	384.5	49.6	61.2	120.3	84.5	100.4	40	5.1	11.5	41	20	-1	-2	91
300	34.5	29	776.4	398.5	50.4	63.4	126	93.1	107.6	40.3	5.99	10.37	68.18	18.5	-1.3	-1.2	89
315	34.5	29	792	410	50.7	65.9	130.4	95.7	113	40.5	5	10.9	37	18.5	-1.3	-1.2	89
330	34	29	800	429.8	51.6	69.1	135.1	100	125.6	41.1	5	10.9	37	18.5	-1.3	-1.2	89
345	34	29	810	442.3	52.5	74.3	141.5	108.4	137.8	41.7	5	10.9	37	18.5	-1.3	-1.2	89
360	34	28.5	823	451	53.4	79.6	149.8	113	145	42.1	5	10.9	37	18.5	-1.3	-1.2	89
เฉลี่ย	35.44	29.7									5.99	10.37	68.18	18.5	-1.3	-1.2	89

ตารางที่ ค.12 ผลการทดลองเผาติดบครั้ง 3 กับเตาเผาเซรามิคที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 31 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	พอลกาต	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	35	30	50	338	35.2	37	40	37	38	36							
15	35	30	168	38.5	36.2	37.5	40	37.5	38.1	36.2							
30	35	30.5	193.2	39.3	36.5	37.8	40.6	38.4	38.5	36.4							
45	35	30.5	223	39.8	36.4	38.1	41	39	38.5	36.5							
60	35.5	30.5	267.5	41	36.9	38.7	41.5	41.5	40	36	6.2	9.4	100	20	-2		
75	35.5	30	305	46.2	37	39.1	45.8	43.2	40.7	36.4				19	-2	-2	91
90	35	30	358.2	97	38.4	42.8	46.7	44.7	42.1	36.5	6.8	9.3	115				
105	35.5	30	416	135	39.7	43.4	47.8	46.7	43.6	36				18	-2	-1	89
120	36	30.5	468	178	40.4	44.7	50.2	48	46.7	36.5	6.5	10.1	98				
135	36	30.5	511.4	224.4	41.8	45.3	61.2	49.1	48.2	36.9				18	-2	-1	88
150	35.5	30.5	562	279	42	46.5	69.8	50	51.7	36.8	6.1	9.8	70				
165	35	30	586	293	42.6	48	76.4	50.4	52.3	36.8				18	-1	-1	89
180	35	30	603	311.2	43.4	48.9	79	52.4	57.6	37	5.9	11.6	52				
195	35.5	29	628	337	43.8	50.4	83	56	59.8	37.3				19	-1	-2	88
210	35	29	678	355.4	44.7	51	91.1	58.9	63	37.6	5.4	11	44				
225	34.5	29	699.4	361	45.2	51.6	98.5	63	70	38				20	-2	-2	90

ตารางที่ ค.12 (ต่อ) ผลการทดลองเผาถ่านที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 31 มี.ค. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน			%		ค่า CO		ค่าของความเป็นพิษ (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
240	34	30	721	384	46	53	104	69.1	73	38.2	5.7	11.1	40	20	-2	-2	91	
255	34.5	29.5	745.6	407.1	46.7	55.6	110.2	74	86.1	38.4								
270	34.5	29.5	779	411	47.6	58	117.3	85	98.5	39.7	5.1	11.5	41	19	-2	-1	89	
285	34.5	28.5	789.3	423.4	48	63.5	124	87.6	101	40								
300	34	28	796	427	48.1	67.8	128.6	90.5	109	40.2	4.6	12.1	40	20	-1	-1	90	
315	33.5	28	807	442	49.3	71	134.7	102	118.6	40.8								
330	33	28	813	448.7	49.8	73.6	140	109.4	126	41.5	4.4	12.4	35	20	-1	-1	90	
345	33	28	820	455.6	51.2	80.4	148.3	114	141.1	41.7								
360	32.5	28.5	833	461	53	82.1	153.1	119	155	42	4	12.7	27	20	-1	-1	90	
เฉลี่ย	34.7	29.52									5.51	11	60.18	19.3	-1.6	-1.4	89.5	



ตารางที่ ค.13 ผลการทดลองเผาถ่านบดครั้งที่ 4 กับเตาเผาซราไมคที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 2 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	35.5	30	46	42	35.7	36	40	39	38	37							
15	34	30.5	150	43	35.9	36.5	40.5	39	38.6	37.2							
30	34.5	31	178	43.5	36	37	41.8	2	39.1	37.4							
45	34	31	201	46.3	36.8	37.2	42	39.6	41.5	37.5							
60	34	30.5	235	47.5	37	37.5	43.2	40	42.7	37.7	5.1	11.5	111	18	-2		90
75	34	30.5	256	50	37.8	37.9	45.1	43.4	44.7	37.8	5.3	10.3	121	20	-1		90
90	33.5	31	311	54.7	38.2	38	48	46	47	37.8							
105	35	30	367	55	38.7	38.6	51.4	48.9	49	38.1							
120	34.5	30	404.5	117	39	39.5	56.7	50.1	51.3	38.9	5.6	10.1	125	19	-1		87
135	34.5	30	441	153.4	39.6	41.5	58.3	54.3	54.4	38.7							
150	34	30	488.9	198	40.8	42.8	66	57	57.1	38.7	5.5	11.4	81	20	-2		91
165	34.5	30.5	526	257.3	41	43.5	74.5	59.3	59.8	38.8	4.9	12.3	74	18	-1		88
180	34	30.5	567	277.5	41.9	44	87.2	60	61.3	38.9	4.1	12.5	41	18	-1		87
195	34.5	30.5	610.4	301	43.2	45.3	92	61.5	64.5	38.9							
210	35	30.5	649.8	323.7	44	46.7	95.2	62	68.4	39							
225	33.5	30.5	678	342	44.8	49	98.7	63.4	72	39							



ตารางที่ ค.13 (ต่อ) ผลการทดลองเผาติดครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 2 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของควมดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
240	33.5	30.5	705	354	45	49.5	104.7	65.4	74.8	39.4	5.1	12.2	31	18	-2	-2	90	
255	33	30	719	364.8	46.7	50.8	109	68.9	78.9	39.6	5.7	11.1	31	19	-1	-2	87	
270	33	30	731.7	377.4	47.8	52.6	111	73.1	81.3	39.7	5.4	11.6	35	20	-2	-1	91	
285	33	30	742.9	389	48.1	55.1	117.6	78.8	98.6	40.3	5.5	11.5	24	18	-1	-1	90	
300	32.5	30	765	406.2	49.3	58.9	123	84.3	108.7	40.7	5.6	10.7	26	18.8	-1.4	-1.5	89.1	
315	32.5	30.5	789.1	412.4	50.8	63.4	129.5	89	124.7	41.1	5.6	11.38	63.64	18.8	-1.4	-1.5	89.1	
330	32.5	30	817	425.8	51.5	70.1	136.7	96.4	134.5	41.5	5.6	10.7	26	18	-1	-1	90	
345	32	29	828.5	446.1	52.6	75.4	146.8	102.4	148.4	42	5.6	10.7	26	18	-1	-1	90	
360	32.5	29	837	458	53.7	81.5	151	110	153.2	42.5	5.6	10.7	26	18	-1	-1	90	
เฉลี่ย	31.94	30.24									5.25	11.38	63.64	18.8	-1.4	-1.5	89.1	

ตารางที่ ค.14 ผลการทดลองเผาเคสตัวอย่างครั้งที่ 1 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 1 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C		อุณหภูมิก๊าซเสีย °C		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่าของควมดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb	ในเตา °C	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
0	34	30	48	48	60	38	38	37	36	38	37							
15	34	30	146	146	52	38.5	38.5	38.1	37.8	38.5	37.4							
30	34	30	163	163	63	39	38.7	39	38	39	38.2							
45	34	30	185	185	65	39.5	39	40.7	39.4	41	38.3							
60	34.5	30.5	261	261	65.5	39.7	39.7	42	41	43.1	39	8.6	8.2	19	-2	-1		89
75	34.5	30.5	306	306	66	40.1	40.4	46	42.1	47.8	39.4	8.5	8.4	18	-1	-1		88
90	34.5	30.5	447	447	101	40.8	40.8	57.8	45.8	48.4	41.5							
105	34.5	30.5	482	482	137	40.6	41	68.8	48	49.6	41.4							
120	35	30.5	517	517	186	44.1	41.2	76.4	51.7	50.7	42.3	8.6	8.1	17	-2	-1		88
135	35	30.5	591	591	201	45	41.9	82	54	55.3	42.2							
150	35	31	607	607	210	45.7	42	87	57.7	61.4	43.8	8	9.1	20	-1	-2		91
165	35	31	636	636	243	45.8	43.5	95	59.3	63	44							
180	34.5	31	666	666	277	46.4	44.7	109	81	67.4	44.3	7.8	9.2	19	-1	-2		87
195	34.5	30	688	688	301	46.8	45.8	114.5	94	69.1	44.6							
210	34.5	30	704	704	339	47.4	46.6	121	97.4	71	44.6	8	8.6	19	-1	-2		87
225	34.5	30	735	735	352	47.8	47	135	102	73.5	45			19	-2	-2		90

ตารางที่ ค.14 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 1 กับเตาเผาธรรมชาติที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 1 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C		อุณหภูมิก๊าซเสีย °C		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C			อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)			
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ที่ผิวเตา °C	ที่ผิวเตา °C	ที่ผิวเตา °C	ผนังเตา	พื้นเตา	จอ Recup	ที่อากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	34	30	756	389	49	49	140	107.8	81.4	46.3	5.3	10.3	40	20	-1	-1	90		
255	34	30	777	412	49.7	54.5	146	115	87	47.4	7.2	9.1	43	21	-1	-1	90		
270	34	30	801	418	51.2	57.8	154	121.3	96.5	47.5	7.2	9.1	43	21	-1	-1	90		
285	33.5	30	822	439	53	58.9	165	127.4	105	48.2	6.9	9.3	44	20	-1	-1	90		
300	33.5	29.5	850	457	54.2	61	170	136.8	134.5	48.5	6.9	9.3	44	20	-1	-1	90		
315	33.5	29.5	886	477	55.4	63.4	178	147.5	145	48.7	5.7	10	55	19	-1	-2	89		
330	33	29.5	908	491	57.4	67.6	195	153	158.7	49.6	5.7	10	55	19	-1	-2	89		
345	33	29.5	926	506	59.4	72.4	203.1	158.9	178.3	50.4	4.4	10.9	43	19	-1	-2	89		
360	33	29	942	529	61.2	75.2	209	165	191	51.8	4.4	10.9	43	19	-2	-1	89		
375	33	29	981	538.6	62.7	78.5	216	176	211.4	52.4	4.1	11.7	36	19	-2	-1	89		
390	32.5	29	995	555	63.8	79.6	222	187.6	231	53.3	4.1	11.7	36	19	-2	-1	89		
405	32.5	29	1001	570	69.4	83.4	231.4	197.4	256.4	54	3.2	11.7	47	18	-2	-1	88		
420	32.5	29.5	1019	587.4	71.4	87.2	244.5	202	267.8	55.1	3.2	11.7	47	18	-1	-1	88		
435	32	29	1044	604.7	74.3	92.5	252	207.5	285	55.5	3.8	11.3	49	18	-1	-1	88		
450	32	29	1052	615	74.9	95	260	215.8	299	54.8	3.8	11.3	49	19	-1	-1	89		
465	32	29.5	1073	627	75.9	97.3	271	219	303.2	57.3	2.7	12	52	19	-1	-1	89		
480	32	29	1107	645	78.6	98.4	283.4	224	311	58.4	2.7	12	52	19	-1	-1	89		



ตารางที่ ค.14 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 1 กับเตาเผาธรรมชาติที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 1 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ ในเตา °C	อุณหภูมิ ก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิ ผนังเตา	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของควมดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb				พื้นเตา	ผนังเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
495	31.5	29	1127	669	81.2	101	291	231.7	324	58.7				18	-2	-1	90	
510	31.5	29	1149	699	83.7	104.7	314	246.7	345	58.5	1	13.1	40	18	-1	-1	89	
525	31.5	28.5	1154	714	85.8	108	328	250	367.8	60.1	2.1	12.4	62	18	-1	-1	88	
540	31	28.5	1165	721	87.4	110	335	264.1	374.1	60.2				19	-1	-2	88	
555	31	28.5	1174	739	89.5	113.2	346	273.2	392	61.4				20	-1	-1	90	
570	31	28	1187	758	92.4	117.4	357	285	401	62	0.6	13.4	51	20	-1	-1	90	
585	31	28	1192	770	97.5	121.5	374	297	423.1	62.2								
600	31	28	1212	785	102.5	125	389	304.5	432	63.7	0.9	13.2	54					
เฉลี่ย	33.21	29.6									5.126	10.53	51.74	18.94	-1.3	-1.3	89.11	



ตารางที่ ค.15 ผลการทดลองแผนเคลื่อนที่ครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 3 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)			
	Dry bulb	Wet bulb			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
0	35	30.5	47	58	38	40	40.5	37	38	36.4							
15	35	31	139	59.1	38.4	40.5	40.8	38	39.5	36.6							
30	35	31	176	59.8	38.8	40.7	41	39.1	41	37							
45	34.5	31	224	61	39	41	41.6	40.2	42.3	37.6							
60	34.5	30	251	63.4	39.7	41.3	42	41	43.1	37.8	8	9.1	63				
75	34.5	30	294	65	40.1	41.7	46	42.1	47.8	37.9	6.8	10.1	62	20	-2	-1	90
90	34.5	30.5	345	121	40.8	42	57.8	45.8	48.4	37.8				20	-1	-2	91
105	34.5	30.5	406.7	137	40.6	42.2	68.8	48	49.6	38.4				20	-1	-2	91
120	35	30.5	475.9	186	44.1	42.5	76.4	51.7	50.7	38.9	6	10.6	34	19	-1	-2	89
135	34.5	31	508	202	45	42.7	82	54	55.3	39				19	-1	-2	89
150	34	31	582	210.5	45.6	43	87	57.7	61.4	39.2	5.6	11.2	86	19	-2	-1	95
165	34	31	617.7	255	45.8	44.1	95	59	63.5	39.5				19	-2	-1	95
180	34	30.5	658	283.4	46.4	44.7	110	83.4	68	39.7	5.5	11.4	78	18	-2	-1	88
195	34	30.5	682	307.8	46.8	46	116	93.2	70	40.5				18	-2	-1	88
210	34	30.5	714.2	328	47.4	47.4	123.4	96.4	72.5	40.8	5.6	11.1	53	18	-1	-2	88
225	34.5	30	729	343	47.8	48	128.8	100.7	73.1	41.2				18	-1	-2	88

ตารางที่ ค.15 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 3 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	พ้ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>		CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	34	30	768	389	49.7	49	142.5	107.8	81.4	42	6.1	9.8	58	18	-2		
255	34.5	30	796	413	51.2	54.5	148.7	115	87	43.7							
270	34	30	819	420	53	57.8	157.6	121.3	96.5	44	5.8	11.1	64	19	-2		
285	33.5	30	848	437.8	54.2	58.9	164.3	127.4	105	44.8							
300	33.5	29.5	885	465.7	55.4	61	171	136.8	134.5	45.6	5.7	10	71	20	-2		
315	33.5	29.5	907	477	57.4	63.4	181.4	147.5	145	46.7							
330	33	29.5	927	492.3	59.4	67.6	195	153	158.7	47.3	4.1	11.5	63	20	-1		
345	33	29.5	941	507.9	60.4	72.4	203	158.9	178.3	48.5							
360	33	29.5	981	528	61.3	75.2	209	165	191	19.6	5.3	10.3	45	19	-1		
375	32	29	995	540	62.8	78.5	216	176	211.4	50.4							
390	32	29	1002	557	63.8	79.6	222	187.6	231	51	5.2	10.1	47	19	-2		
405	32	29	1018	573.2	69.4	83.4	232	197.4	256.4	52.4							
420	32	29	1042	587.8	71.4	87.2	244.5	202	267.8	53	4.9	11.3	43	18	-2		
435	32	28.5	1050	605	74.3	92.5	255.7	207.5	285	53.7							
450	31.5	28.5	1070	616	75	95	263.4	216	295.4	54.7	4.7	11	37	18	-2		
465	31.5	28.5	1085	631	77.8	96.4	276	218.4	303.2	56							
480	31.5	28	1108	643.2	79	99	284	221.4	309.8	57.6	4.7	11.2	39	18	-1		

ตารางที่ ค.15 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคือบครั้งที่ 2 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 3 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่าของความดัน (Pa)					
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ค่า CO ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
495	31.5	29	1122	657	80.1	104.5	299.4	231	318.7	59				18	-1	-2	89
510	31	28.5	1148	684.3	82.6	106.7	318	248	334.7	60	4	11.1	32				
525	31	28.5	1158	799	86.1	108	339.7	260	356	60.2				19	-2	-1	87
540	31	28	1166	725	88	113.4	349.1	271	372	60.5	2.1	12.1	43				
555	31	28	1181	739.1	91.4	117	360	281.4	389.4	60.8				20	-2	-1	90
570	30	28	1183	741.8	95.6	121.4	374.1	292	399.2	61	1.6	13.2	34				
585	30	28	1197	781.5	99	124	383.6	301.5	411.7	61.2				20	-1	-1	91
600	30	28	1215	791	103.4	126.1	391	309	427.8	61.4	1	13.7	46				
เฉลี่ย	33.01	29.57									4.87	11.05	52.53	19	-2.8	-2.6	90



ตารางที่ ค.16 ผลการทดลองแผนเคสคือครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 4 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C		อุณหภูมิก๊าซเสีย °C		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่าของควมดัน (Pa)			
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
0	37	31	49	39	39	38.1	39	38.5	37	38	37							
15	37	31	132	39.4	39.4	38.4	39.4	38.7	37.4	38.5	37.3							
30	37	31	165	39.7	39.7	38.7	39.8	40	37.8	38.9	37.4							
45	37	31	194	39.5	39.5	38.6	40.2	40.5	37.7	39	38.2							
60	36.5	31.5	232	39.7	39.7	39.5	40.5	41	37.8	39.4	38.6	6.3	9.5	154				
75	36.5	31.5	284	51.8	51.8	39.7	40.8	45	38.7	41	39.7				19	-1	-2	89
90	37	32	354.1	75.4	75.4	41	41.6	54.2	39.5	42.5	43.9	6.1	9.5	167				
105	36.5	32	378.9	93.7	93.7	41.3	41.9	58.1	45	43.1	47				19	-2	-1	89
120	36.5	31.5	456	98.1	98.1	42.2	42	70	51	47.8	46.8	6.5	9.9	169				
135	36	31.5	484	161.4	161.4	43	42.5	79.2	53	51.4	47				18	-1	-2	87
150	36	32	525	207.6	207.6	43.5	42.8	84.6	57	54.7	48.5	5.2	11	115				
165	36	32	567	241.2	241.2	43.7	43	91.5	60	59.6	48.9				20	-1	-1	87
180	36	31	578	273	273	44	44	96	68	62.1	50.7	4.8	10.4	89				
195	36	31	602.4	296.2	296.2	44.8	44.8	106.5	75	64.7	51.6				19	-1	-2	88
210	35.5	31	631	318	318	45	45.1	114.8	86	68.9	54.7	5.1	10.6	76				
225	36	30	660	345	345	46.3	45.8	120	93	71	55.8				20	-2	-2	90



ตารางที่ ค.16 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 4 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิ		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่าของความดัน (Pa)					
	Dry built	Wet built	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ห้องอากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
240	36	30.5	681	372.3	46.5	49	108	67.8	82	56	4.8	10.9	156	20	-1	-1	90
255	36	31	706	396.6	47.6	50	111.5	82.4	85	56.4							
270	35.5	31	737	405.3	49	51.6	120	95	93	56.9	4.5	11.5	124	21	-1	-1	90
285	35.5	31	755	418	50	54.3	121.5	96.2	106	56.4	4.2	11.9	87	20	-1	-2	91
300	35	30.5	778	431.1	50.7	59.4	128.4	97	117	56.5	4.2	11.8	74	19	-1	-2	89
315	35	30	801	455.9	52.4	64.7	139.6	101	128.5	56.7	4.2	11.8	74	19	-1	-2	89
330	35	30	814	465.2	54	68.4	145	108.4	132	56.6	4.2	11.8	74	19	-1	-2	89
345	34.5	30	835	482.2	54.5	69.8	149	113	147	56.8	4.2	11.8	74	19	-1	-2	89
360	34.5	30	847	492.5	58	75	162.7	124.5	160.3	56.9	4.5	11.5	53	19	-2	-1	89
375	35	30.5	860	501.2	60.2	80.1	169	136	187.8	57	4.1	12	41	19	-2	-1	89
390	34.5	30.5	874	515	63.4	82.4	173	148.7	217	57	4.1	12	41	19	-2	-1	89
405	34.5	30	924	545	64.6	83	198.6	174.5	239	57.5	3.8	11.1	32	18	-1	-2	87
420	34	29	967	576	65.5	84.5	220	186.7	247.6	57.6	3.8	11.1	32	18	-1	-2	87
435	34	29	995	595	69.8	85.6	245.4	201.5	270	57.9	3.3	12.1	35	20	-1	-1	87
450	34	29	1025	605	71.4	89	268	209	299	57.9	3.3	12.1	35	19	-1	-2	88
465	33.5	29	1053	627	75.6	93	273.2	216.3	317.8	58	3.5	11.2	30	19	-1	-2	88
480	33	29	1089	634	79	94.1	278	220	324	58.5	3.5	11.2	30	19	-1	-2	88

ตารางที่ ค.16 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคสือบครั้งที่ 3 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 4 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C			อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C			%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ทออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
495	33	29	1107	668	81.8	98	294	237	337	59.2			19	-2	-1	91		
510	33	29	1145	682	83	102.5	312.2	248	360	60	1.9	12.6	39					
525	32.5	29	1178	694.3	85.7	107.5	324.5	261.4	367	61.4			18	-1	-2	87		
540	32.5	28.5	1189	705.4	91.6	109	345	272.5	373.5	62.3	1.2	12.1	38					
555	32.5	28.5	1209	724	98.3	112	361.2	284.6	377.8	62.7			19	-2	-1	90		
570	32.5	28.5	1227	756	100	119.5	378.5	293.5	384.5	63.1	1	13.1	41					
585	32.5	28.5	1239	783.1	102.5	122	393	311.1	412	63.8			19	-1	-1	91		
600	32.5	29	1250	802	105.4	125.6	402	321	423	64.1	0.5	13.5	23					
เฉลี่ย	34.95	30.27									3.97	11.38	81.21	19.22	-2	-2.7	88.88	

ตารางที่ ค.17 ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 5 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ชอก Recu	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
0	34.5	30.5	51	59	37	38	39	37	38	36								
15	34.5	30.5	147	62	38.5	38.5	39.1	37.8	38.5	37.4								
30	34.5	30.5	162	63	39	38.7	39	38	39	38.2								
45	34.5	30.5	185	65	39.5	39	40.7	39.4	41	38.3								
60	35	30	261	65.5	39.7	39.7	42	41	43.1	39	8	9.1	61					
75	35	30	306	66	40.1	40.4	46	42.1	47.8	39.4				20	-1	-1		90
90	35	30	447	101	40.8	40.8	57.8	45.8	48.4	41.5	7.8	9.2	52					
105	35	30	482	137	40.6	41	68.8	48	49.6	41.4				20	-1	-2		91
120	35	30.5	517	186	44.1	41.2	76.4	51.7	50.7	42.3	8	8.6	33					
135	35	30.5	591	201	45	41.9	82	54	55.3	42.2				19	-1	-2		89
150	35	31	607	210	45.7	42	87	57.7	61.4	43.8	8.6	8.2	96					
165	35	31	636	243	45.8	43.5	95	59.3	63	44				19	-2	-1		89
180	34.5	31	688	301	46.8	45.8	114.5	94	69.1	44.6	8.5	8.4	68					
195	34.5	30	704	339	47.4	46.6	121	97.4	71	44.6				18	-1	-2		87
210	34.5	30	735	352	47.8	47	135	102	73.5	45	8.6	8.1	57					
225	34.5	30	752.3	378	49	48.5	140	105.4	77.1	45.8				20	-1	-1		87



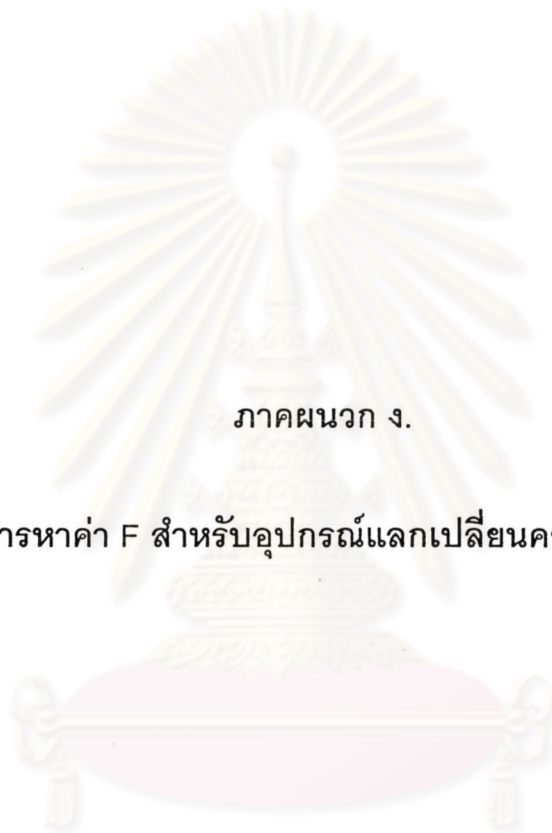
ตารางที่ ค.17 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเชื้อเพลิงครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 5 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C		อุณหภูมิก๊าซเสีย °C		อุณหภูมิที่ผิวเตา °C			อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO		ค่าของความดัน (Pa)				
	Dry bulb	Wet bulb	ในเตา °C	ในเตา °C	ก๊าซเสีย °C	ผนังเตา	ผิวด้านใน	ผิวด้านนอก	ปล่อง	ท่ออากาศ	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	ppm	ppm	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
240	34	30	767.2	388	50	49	143	108	82.5	108	82.5	45.7	6.1	9.8	58	18	-1	-1	-1	-1	-1	
255	34.5	30	786	413	51.2	54.5	148.7	115	87	115	87	45.8										
270	34	30	819	420	53	57.8	157.6	121.3	96.5	121.3	96.5	46	5.8	11.1	64	18	-1	-1	-1	-1	-1	
285	33.5	30	848	437.8	54.2	58.9	164.3	127.4	105	127.4	105	46.1										
300	33.5	29.5	885	465.7	55.4	61	171	136.8	134.5	136.8	134.5	45.6	5.7	10	71	18	-1	-1	-1	-1	-1	
315	33.5	29.5	907	477	57.4	63.4	181.4	147.5	145	147.5	145	46.7										
330	33	29.5	927	492.3	59.4	67.6	195	153	158.7	153	158.7	47.3	4.1	11.5	63	20	-1	-1	-2	-2	-2	
345	33	29.5	941	507.9	60.4	72.4	203	158.9	178.3	158.9	178.3	48.5										
360	33	29.5	981	528	61.3	75.2	209	165	191	165	191	19.6	5.3	10.3	45	19	-1	-1	-2	-2	-2	
375	32	29	995	540	62.8	78.5	216	176	211.4	176	211.4	50.4										
390	32	29	1002	557	63.8	79.6	222	187.6	231	187.6	231	51	5.2	10.1	47	19	-1	-1	-2	-2	-2	
405	31.5	28.5	1018	573.2	69.4	83.4	232	197.4	256.4	197.4	256.4	52.4										
420	31.5	28.5	1042	587.8	71.4	87.2	244.5	202	267.8	202	267.8	53	4.9	11.3	43	18	-1	-1	-2	-2	-2	
435	31	28.5	1055	606	74.5	93	258	208	286	208	286	53.7										
450	31	28	1071.3	616.5	75	95	263.4	216	293	216	293	54.7	4.7	11	37	20	-1	-1	-2	-2	-2	
465	31	28	1083	632	77.8	96.4	276	219	305.7	219	305.7	56										
480	31.5	28	1104	644	78	99.5	283	222	310	222	310	56.6	4.7	11.2	39	20	-1	-1	-1	-1	-1	



ตารางที่ ค.17 (ต่อ) ผลการทดลองเผาเคลือบครั้งที่ 4 กับเตาเผาเซรามิกที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหุ้มฉนวน 5 เม.ย. 45

เวลา	อุณหภูมิบรรยากาศ °C		อุณหภูมิในเตา °C	อุณหภูมิก๊าซเสีย °C	อุณหภูมิที่ผิวเตา °C		อุณหภูมิอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน °C				%		ค่า CO ppm	ค่าของกดดัน (Pa)				
	Dry built	Wet built			ผนังเตา	พื้นเตา	ออก Recup	ท่ออากาศ	ปล่อง	ที่ผิว	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>		P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	
495	31.5	29	1124	658	81	103	300	231	321	57.4			18	-1	-1	88		
510	30	28	1149	686	82.6	106.5	318	248	339.5	58.1	4	11.1	32					
525	30	28	1157	699	88	109	339.7	260	364	59			18	-1	-2	91		
540	30	27	1168	739.1	91.4	113.5	349.1	281.5	389.7	60	1.6	13.2	34					
555	30	27	1183	741.8	95.6	117	360	292	400	60.2				19	-1	-2	89	
570	30	27	1190	781.5	99	121.5	374.1	302	411.5	60.5	1	13.7	46					
585	30	27	1199	792	102.5	123	383.6	304.7	428	60.8				19	-2	-1	88	
600	30	27	1220	800	104	126.5	394	310.5	431	61	1.1	13.5	35					
เฉลี่ย	32.95	29.68									5.46	10.49	51.63	16.72	-2.1	-2.7	88.72	



ภาคผนวก ง.

การหาค่า F สำหรับอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การหาค่า  $F$  ของการไหลแบบ 4 pass นั้นต้องใช้วิธีการประมาณค่านอกช่วง (ปราคโมทย์ 2541) จากข้อมูลของการไหลในเซลล์แบบ 1 pass , 2 pass และ 3 pass โดยใช้สมการในการหาค่าจากข้อมูลที่ทำการวัดได้ในหัวข้อที่ 6.5 ดังรายละเอียดต่อไปนี้

$$Q_g = m_g c_{p,g} (T_1 - T_2)$$

$$= 13.73 (815 - T_2)$$

$$Q_a = m_a c_{p,a} (t_2 - t_1)$$

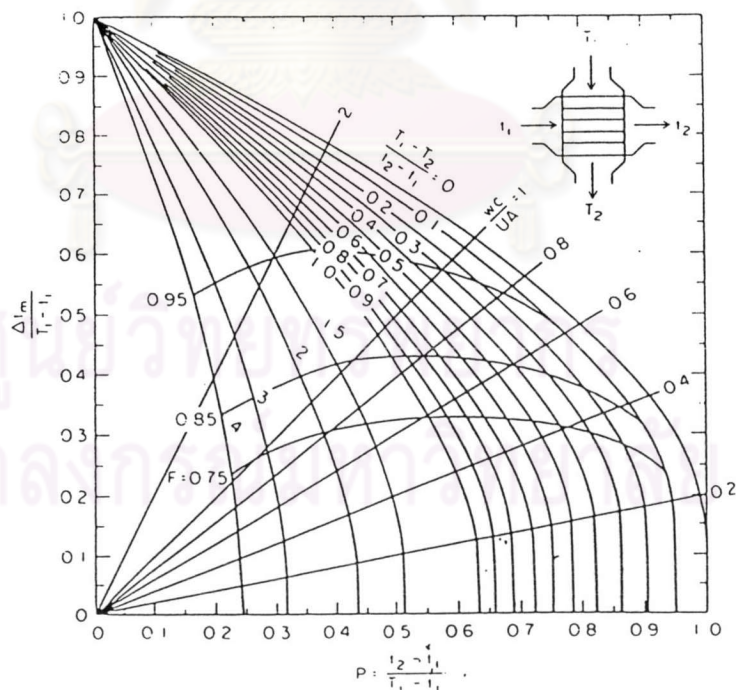
$$= 13 (t_2 - 33)$$

$$Q = UA\Delta T_m$$

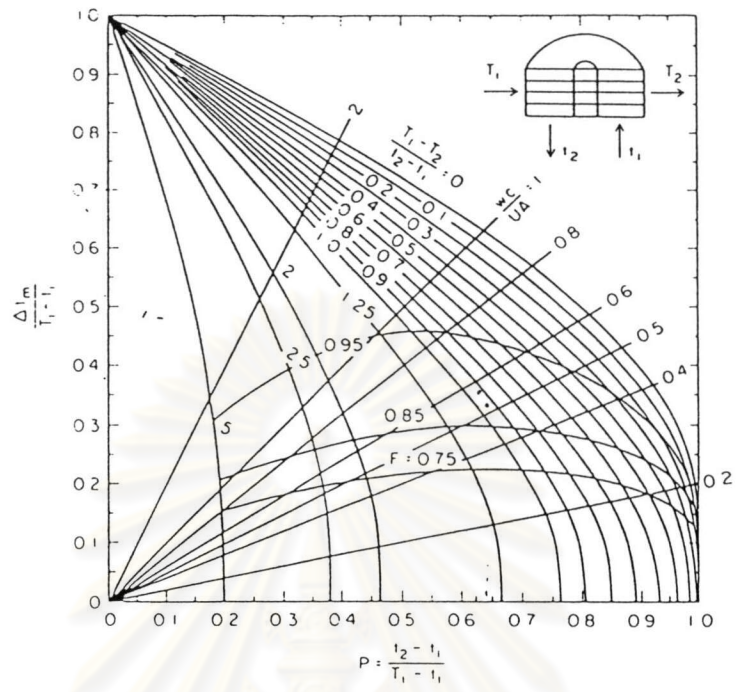
โดยมีเงื่อนไขว่าค่า  $Q$  ของสมการทั้งสามมีค่าเท่ากัน

$\Delta T_m$  หาค่าจากรูป ง.1 - ง.3 และ  $\Delta T_m = F (LMTD)$  นั้นเอง

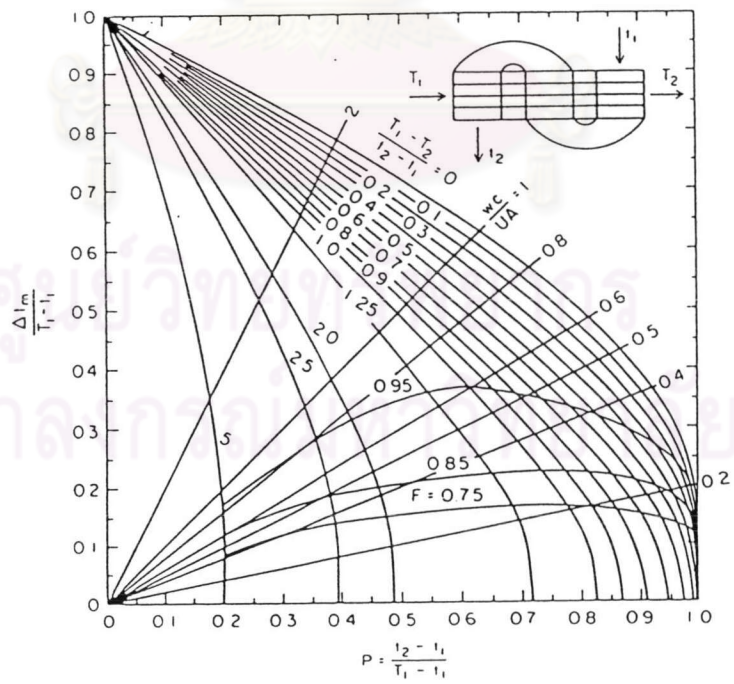
กำหนดค่า  $A$  ให้เท่ากับ 1, 2 และ 3 เท่า ในกรณีการไหลในเซลล์แบบ 1 pass , 2 pass และ 3 pass ตามลำดับ โดยพิจารณาค่า  $F$  จากการไหลในเซลล์แบบกรณี 1 pass , 2 pass และ 3 pass ที่ค่าความร้อนคงที่ ซึ่งค่าต่างๆสามารถหาได้ดังนี้



รูปที่ ง.1 การไหลแบบ 1 เที้ยวในเซลล์



รูปที่ ง.2 การไหลแบบ 2 เที้ยวโนเซลล์



รูปที่ ง.3 การไหลแบบ 3 เที้ยวโนเซลล์



ตารางที่ ง.1 แสดงค่าต่างๆของการไหลในเซลล์แบบ 3 เที้ยว

3 pass					
Q	$T_2$	$t_2$	$\Delta T_m$	U	F
(w)	(°C)	(°C)		(W/m <sup>2</sup> )	
6200	363	510	293	3.89	0.947
6300	356	518	289	3.95	0.932
6380	350	514	280	4.12	0.93
6400	349	525	273	4.25	0.901
6500	342	533	268	4.32	0.894

ตารางที่ ง.2 แสดงค่าต่างๆของการไหลในเซลล์แบบ 2 เที้ยว

2 pass					
Q	$T_2$	$t_2$	$\Delta T_m$	U	F
(w)	(°C)	(°C)		(W/m <sup>2</sup> )	
6200	363	510	279	6.12	0.837
6300	356	518	273	6.27	0.839
6380	350	514	270	6.35	0.84
6400	349	525	267	6.52	0.842
6500	342	533	262	6.64	0.843

ตารางที่ ง.3 แสดงค่าต่างๆของการไหลในเซลล์แบบ 1 เที้ยว

1 pass					
Q	$T_2$	$t_2$	$\Delta T_m$	U	F
(w)	(°C)	(°C)		(W/m <sup>2</sup> )	
6200	363	510	196	17.55	0.624
6300	356	518	187	18.31	0.603
6380	350	514	179	19.42	0.589
6400	349	525	172	20.22	0.567
6500	342	533	165	21.16	0.531

หาค่าความสัมพันธ์การไหลในแบบต่างๆ กับ F เมื่อค่าความร้อนคงที่ และนำความสัมพันธ์ดังกล่าวแปลงเป็นสมการกำลังสองเพื่อทำนายค่า F ของลักษณะการไหลแบบ 4 pass โดยวิธีการประมาณค่านอกช่วงกำลังสอง ( Quadratic extra polation ) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

$$f(x) = C_0 + C_1 (x-x_0) + C_2 (x-x_0) (x-x_1)$$

โดย  $C_0$ ,  $C_1$  และ  $C_2$  เป็นค่าคงตัวที่ไม่รู้ค่าซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากเงื่อนไขของข้อมูลที่ตำแหน่ง  $x_0$ ,  $x_1$  และ  $x_2$  ดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \text{ที่ } x = x_0 : \quad f(x_0) &= C_0 + 0 + 0 = C_0 \\ \text{ที่ } x = x_1 : \quad f(x_1) &= C_0 + C_1 (x_1 - x_0) \\ &= f(x_0) + C_1 (x_1 - x_0) \\ C_1 &= \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0} \\ \text{ที่ } x = x_2 : \quad f(x_2) &= C_0 + C_1 (x_2 - x_0) + C_2 (x_2 - x_0) (x_2 - x_1) \\ C_2 &= \frac{\frac{f(x_2) - f(x_1)}{x_2 - x_1} - \frac{f(x_1) - f(x_0)}{x_1 - x_0}}{x_2 - x_0} \end{aligned}$$

เมื่อได้  $C_0$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  แล้วจึงแทนค่าเหล่านี้กลับลงในสมการ ก็จะได้ฟังก์ชันกำลังสองดังที่ต้องการ จากตารางจะได้ค่า

$$f(1) = 0.6032$$

$$f(2) = 0.8806$$

$$f(3) = 0.932$$

นำค่าเหล่านี้แทนในสมการด้านบนจะได้

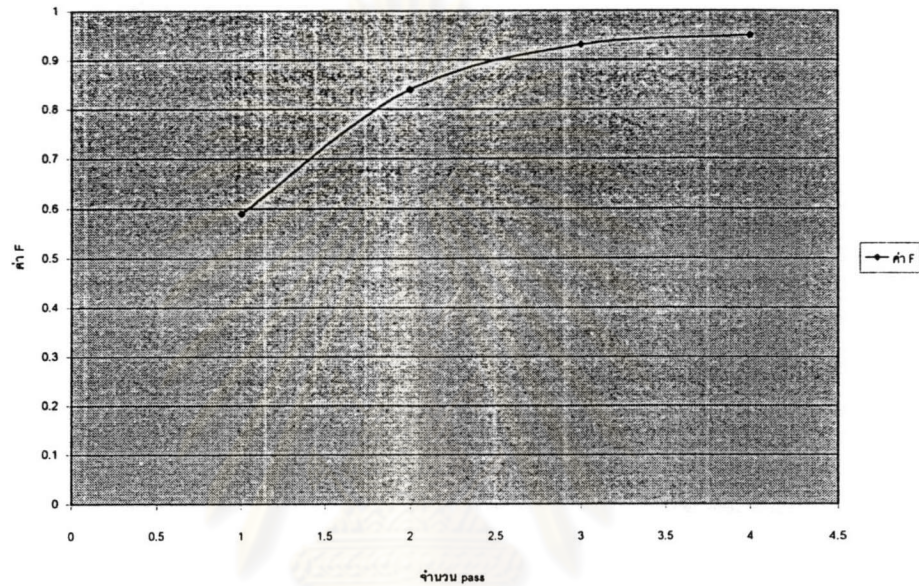
$$f(x) = -0.1x^2 + 0.6164x + 0.0998$$

แทนค่า  $x = 4$  เนื่องจากเป็นการไหลแบบ 4 pass จะได้

$$f(4) = (-0.1 \times 4^2) + (0.6164 \times 4) + 0.0998$$

$$f(4) = 0.969$$

ดังนั้นค่า F ของการไหลแบบ 4 pass เท่ากับ 0.969



รูปที่ 4 ค่า F ที่เปลี่ยนแปลงตามจำนวนเที่ยวของการไหลในเซลล์

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

เรือโท ปิยะภัทร คุ่มปรีดี เกิดเมื่อวันที่ 21 เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2517 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมที่โรงเรียน ราชวินิต มัธยม จากนั้นได้เข้าศึกษาต่อที่ โรงเรียนเตรียมทหาร เมื่อปี พ.ศ. 2533 และในปี พ.ศ. 2540 ได้สำเร็จการศึกษาระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศบ.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล จากโรงเรียนนายเรือ และได้รับ พระราชทานยศเป็น ว่าที่ เรือตรี ต่อจากนั้นได้เข้ารับการศึกษต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2542

สำหรับประวัติการทำงานได้เริ่มเข้ารับราชการครั้งแรกในตำแหน่ง นายช่างกล เรือหลวง ช้าง กองเรือยกพลขึ้นบก กองเรือยุทธการ จากนั้นได้รับการเลื่อนตำแหน่งเป็น รองต้นกล เรือหลวง อ่างทอง กองเรือยกพลขึ้นบก กองเรือยุทธการ และได้ทำการลาศึกษา ต่อจนถึงปัจจุบัน

ศูนย์วิทยพัทธยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย