รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาการผ่านหินบดละเอียดมากชนิดต่างๆ

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เดชสรวง เมฆสุด

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

662.623
ส8275ร
ส.2

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2528

รายงานผลการวิจัย

เรื่อง

การศึกษาการนำถ่านหินบดละเอียดมาใช้ในเตาเผา

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต

ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2528

ศูนย์วิทยทรัพยากร
มอบให้หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
12 / มี.ค. / 39

662.623
ค 827ร
ค. 2

ท 053805 20 ส.ค. 2533

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาการนำถ่านหินบดละเอียดมาใช้ในเตาเผา นี้ได้รับเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ 2528 ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นอกจากนี้ใคร่ขอขอบคุณ นายสังข์ ชมชื่น และ นายสนิท ปรีนคร ครูปฏิบัติการ ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ ที่ได้ดัดแปลงและประกอบเครื่องมือ ตลอดจน อุปกรณ์ที่จำเป็นในการทดลอง จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

คณะผู้วิจัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลอสรวง เมฆสุต
นายปราโมทย์ คมวงศ์วิวัฒน์
นายธาดา เห้นประเสริฐ

สารบัญ

	หน้า
บทนำ	1
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	2
วิธีการทดลอง	7
ผลการทดลอง	9
สรุปผลการทดลอง	31
เอกสารอ้างอิง	32

บทนำ

งานวิจัยเรื่อง การศึกษาการนำถ่านหินบดละเอียดมาใช้ในเตาเผา นี้เป็นงานวิจัยต่อเนื่องจากปีที่แล้ว (ดูรายงานผลงานิจัยเรื่องนี้ ปี 2527) โดยได้พยายามปรับปรุงภาวะการทดลองให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ได้แก่ การบดถ่านหินด้วยเครื่องบดแบบ Disk Mill แทนเครื่องบดแบบ Ball Mill ซึ่งต้องใช้ระยะเวลาในการบดนานมาก การดัดแปลงระบบป้อนถ่านหินให้สม่ำเสมอยิ่งขึ้น โดยใช้ระบบป้อนแบบ Screw ในแนวนอนแทนแนวตั้งซึ่งได้พบว่ามีการป้อนถ่านหินเป็นช่วง ๆ ไม่สม่ำเสมอตลอดเวลา ในการทดลองได้พยายามศึกษาสภาวะการทดลองที่จะทำให้ถ่านหินลุกติดไฟได้อย่างต่อเนื่องด้วยตัวเอง โดยไม่ต้องใช้ความร้อนจากการเผาไหม้ก๊าซ (Gas Burner) ได้พยายามศึกษาอุณหภูมิของการอุ่นเตาให้ร้อนก่อนที่จะเริ่มป้อนถ่านหินเข้าเตาเผา รวมทั้งการแปรค่าอัตราการป้อนถ่านหินเพื่อศึกษาการติดไฟของถ่านหินด้วย นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการเผาไหม้ถ่านหินจากแหล่งอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก 2 แหล่ง คือ แหล่งคลองวิดน และ แหล่งบางปูดำ จังหวัดกระบี่ เพื่อเปรียบเทียบกับแหล่งเดิม คือ แหล่งบ้านปู จังหวัดลำพูน ที่ได้เคยทำการทดลองแล้ว

สำหรับรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎีของการใช้ถ่านหินบดละเอียดเป็นเชื้อเพลิงในเตาเผานั้น ได้กล่าวไว้แล้วในรายงานผลการวิจัยเรื่องเดียวกันนี้ ประจำปี 2527 จึงจะไม่ขอกล่าวซ้ำในรายงานฉบับนี้อีก

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
(Apparatus)

1. Hammer Mill ใช้สำหรับบดถ่านหินที่มีขนาดใหญ่มากๆให้มีขนาดเล็กลง

2. Disc Mill ใช้สำหรับบดถ่านหินให้มีขนาดเล็กลง โดยทำการบดต่อจาก Hammer Mill เป็นเครื่องมือของภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาฯ

3. Roller-Race Mills ใช้สำหรับบดถ่านหินต่อจาก Hammer Mill เช่นเดียวกับ Disk Mill แต่มีขนาดใหญ่กว่า ขนาดบรรจุ ขนาด 10 กิโลกรัม

4. Sieve Analysis เป็นชุดเครื่องมือที่ใช้ในการแยกขนาดของถ่านหิน เพื่อให้ได้ขนาดของถ่านหินที่ต้องการ และเพื่อการทำการวิเคราะห์ขนาดของถ่านหิน

5. ตู้อบ ใช้สำหรับหาความชื้นของถ่านหิน

6. Tray Dryer ใช้สำหรับอบถ่านหินให้มีความชื้นลดลง

7. ชุดทดลองเผาถ่านหิน ประกอบด้วย

- Blower มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 45 cm.
  Horse Power 0.5 kw
  Volt 220/380
  RPM 2800
- Orifice tube & Manometer ใช้สำหรับวัดความเร็วลมที่ปล่อยท่อโดยอ่านออกมาเป็นความต้นลด
- Heater มีหน้าที่ช่วยให้ลมที่ป้อนถ่านหินร้อนและทำให้ถ่านหินที่จะป้อนเข้าสู่เตาเผาแห้งขึ้น
- Screw Feeder มีหน้าที่ป้อนถ่านหินเข้าสู่เตาเผา

8. Gas Burner เป็นแบบ High-Pressure ใช้สำหรับอุ่นเตาให้มีอุณหภูมิสูงกว่า 600 °C

9. Thermocouple ใช้วัดอุณหภูมิในเตาเผา โดยมีช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการวัด 0-1200 °C

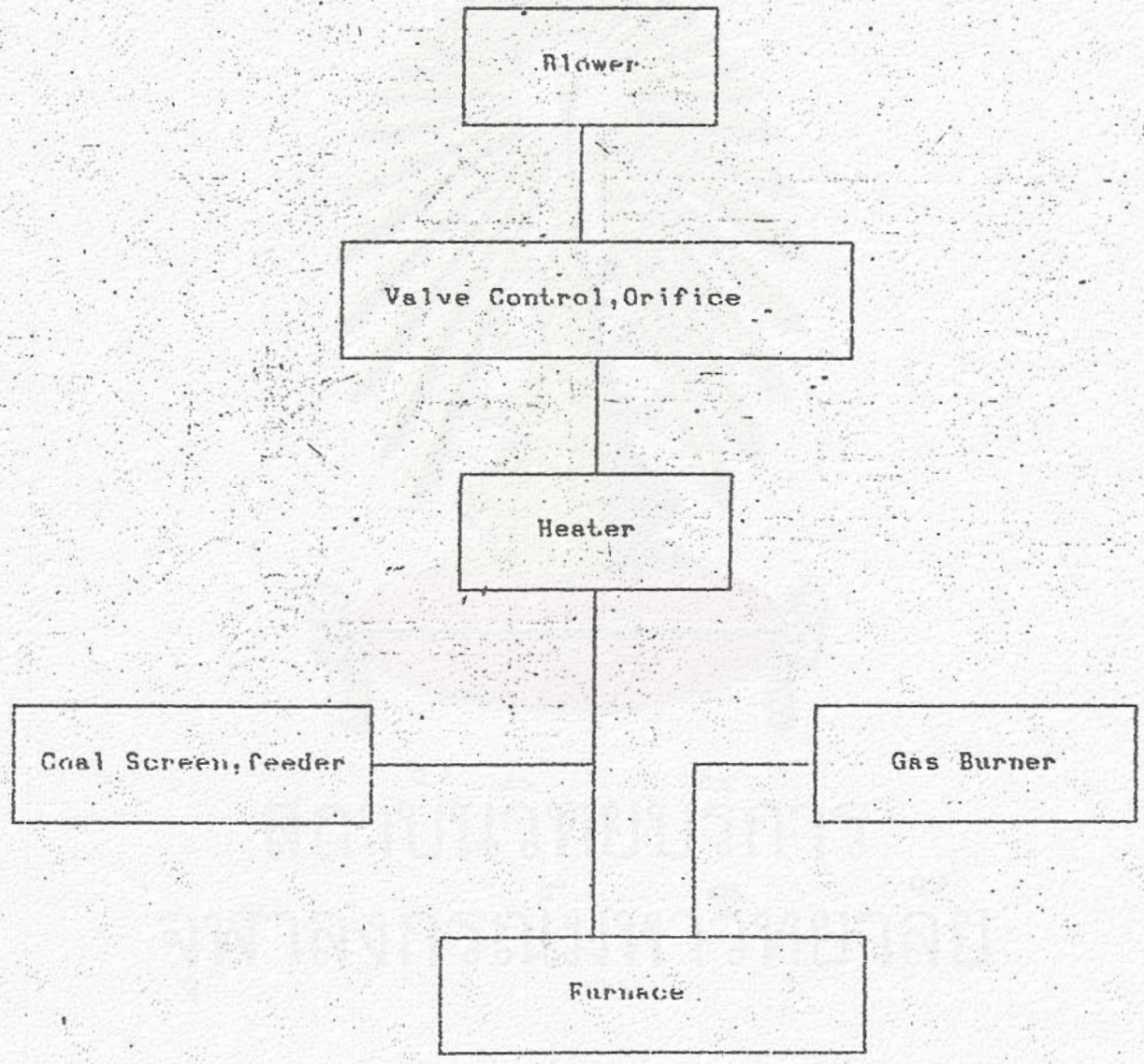
10. Furnace เป็นเตาเผาแบบแนวนอน มีปล่องต่อยาวออกไป ตัวเตาเป็นอิฐก่อขึ้นมาแล้วหุ้มด้วยเหล็กอีกชั้นหนึ่ง ดังแสดงในรูปที่ 1

11. ถ่านหินที่ใช้ในการทดลองนี้ ได้มาจาก 3 แหล่งคือ

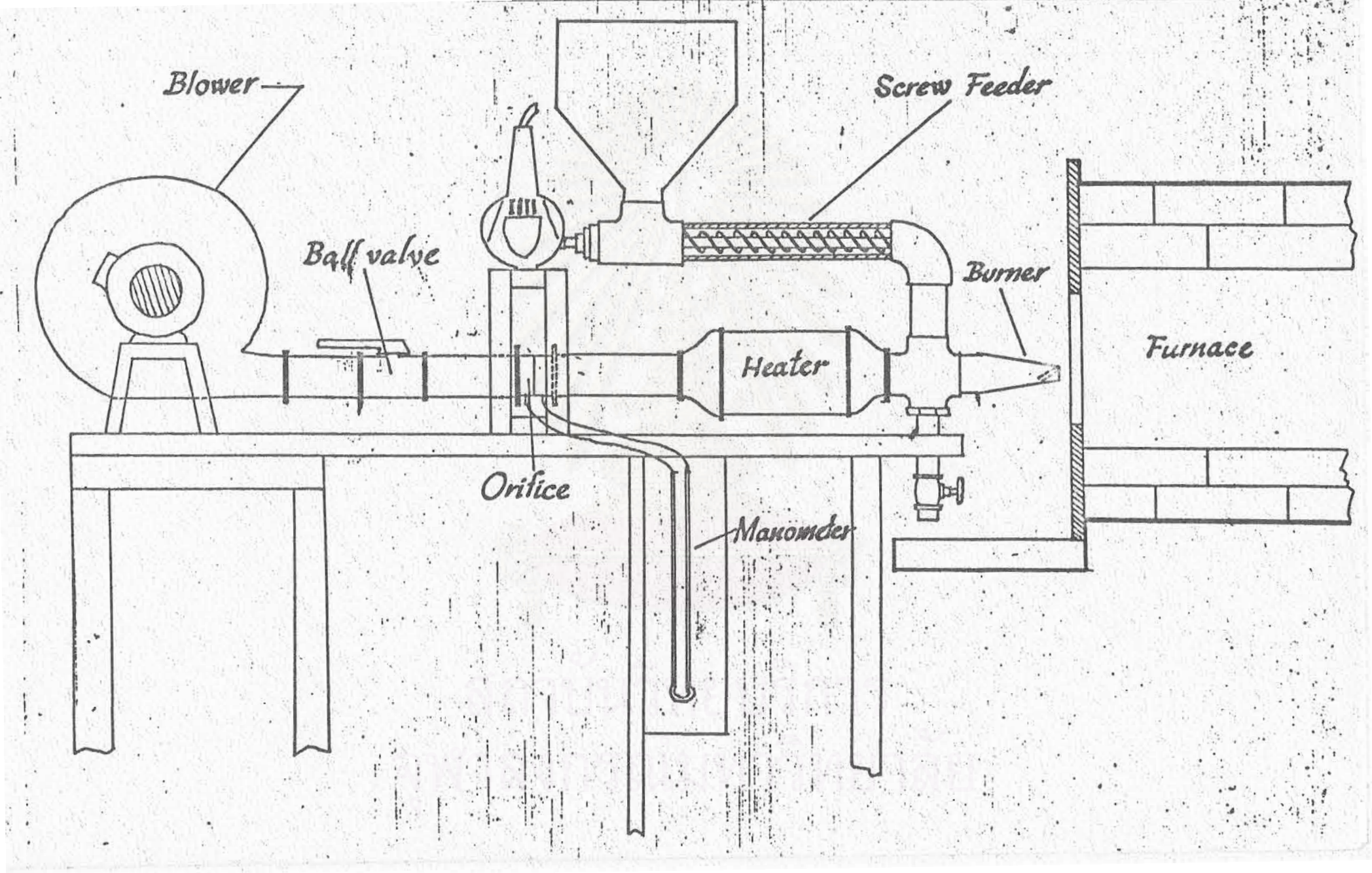
11.1 แหล่งบ้านปู จังหวัดลำพูน

11.2 แหล่งคลองโตน จังหวัดกระบี่

11.3 แหล่งบางปูดำ จังหวัดกระบี่



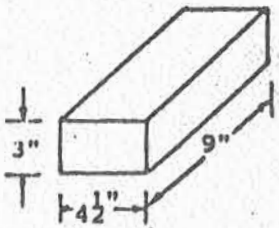
รูปที่ 1 แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเผา


Blower
Screw Feeder
Ball valve
Burner
Heater
Furnace
Orifice
Manometer

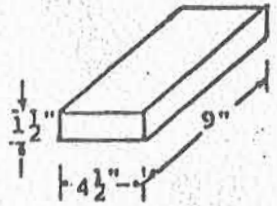
เตาเผาที่ทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

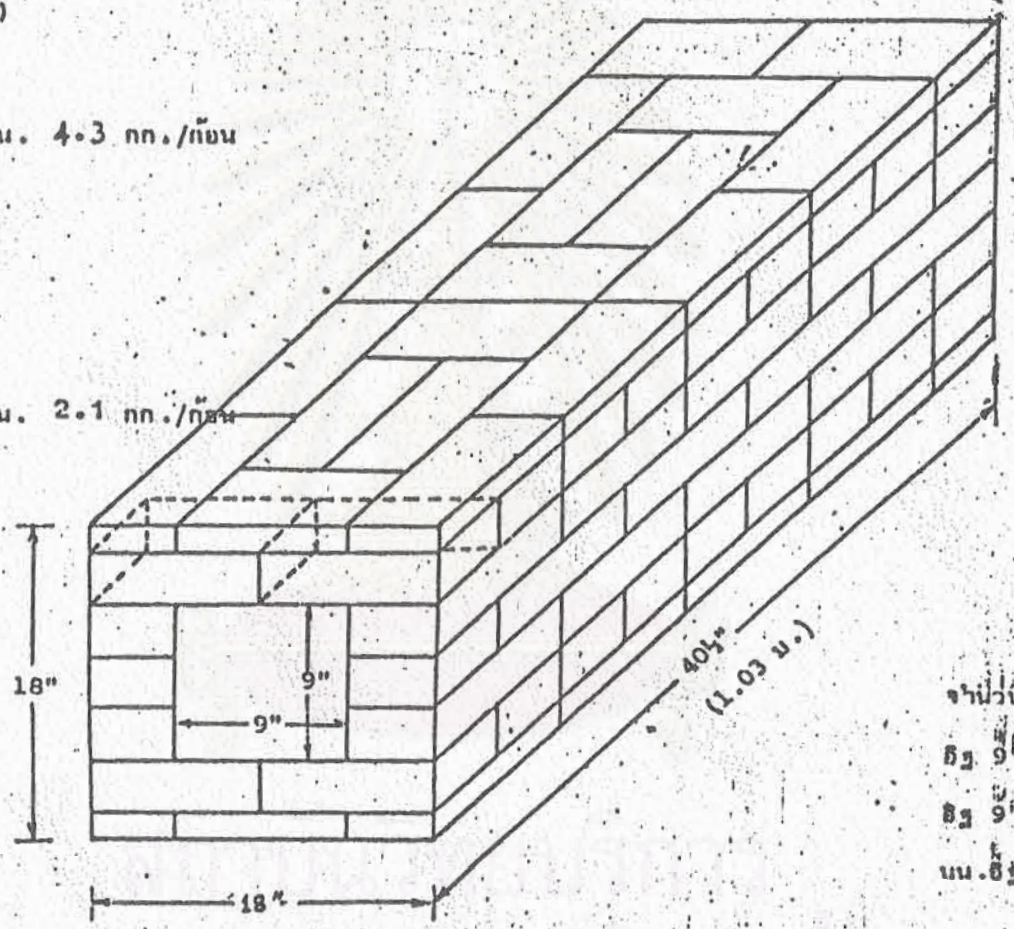
ขนาดอิฐทนไฟ (K-30)



น.น. 4.3 กก./ก้อน



น.น. 2.1 กก./ก้อน



จำนวนอิฐที่ต้องใช้

อิฐ 9"x4½" x 1½" =18+18 = 36 ก้อน

อิฐ 9"x4½" x 3" =18+18+27 = 63 ก้อน

น.น.อิฐทั้งหมด =36x2.1+63x4.3 กก.

=75.6+270.9 กก.

=346.5 กก.

ผนังก่าหนา 4½"

วิธีการทดลอง
Procedure

1. หาคุณสมบัติของถ่านหิน เพื่อให้ทราบลักษณะและองค์ประกอบของถ่านหินที่จะใช้ในการทดลอง

- Proximate Analysis
- Ultimate Analysis

2. บดถ่านหิน เพื่อให้ได้ถ่านหินที่มีขนาดตามต้องการ โดยนำเศษถ่านหินที่มีขนาดใหญ่มาบดด้วย Hammer Mill จากนั้นนำไปบดซ้ำด้วย Disk Mill แล้วนำถ่านหินที่ได้มาทำ Sieve Analysis เพื่อแยกถ่านหินออกเป็นขนาดต่างๆกัน คือ <355 um ,< 250 um ,<150 um

3. ทำการคาลิเบรทความสูงของมาโนมิเตอร์ที่ใช้กับ Orifice Meter แล้วนำผลที่ได้มาทำเป็น Calibration Curve

4. ทำการอบถ่านหิน โดยการนำถ่านหินที่ผ่านการ Sieve แล้วมาทำการอบเพื่อดูความชื้นของถ่านหินที่ใช้ในการทดลอง

5. หาอัตราการป้อนถ่านหิน โดยนำถ่านหินที่ทราบน้ำหนักแน่นอนแล้ว มาป้อนเข้าไปในเตาเผาพร้อมกับจับเวลา จนถ่านหินที่ป้อนเข้าไปหมด

6. การทดลองเผา เริ่มอุ่นเตาโดยใช้ Gas Burner แบบ High Pressure วัดอุณหภูมิภายในเตาโดยใช้ Thermocouple วัดห่างจากปากเตาประมาณ 80 cm. เมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 800 ° C ก็จะเริ่มเปิด Blower และ Heater จากนั้นจึงเริ่มป้อนถ่านหินเข้าสู่เตา เมื่อถ่านที่ป้อนเข้าไปเริ่มลุกติดไฟดีแล้วจึงดับ Gas Burner อ่านอุณหภูมิภายในเตาที่เพิ่มขึ้นกับเวลา บันทึกผล

7. ทำการทดลองซ้ำในข้อ 6 โดยแปรค่าอัตราการป้อนถ่านหิน และขนาดของถ่านหินที่ใช้ รวมทั้งชนิดของถ่านหินที่ใช้ด้วย

<u>ขั้นตอนการทดลอง</u>

ช่วงแรก (การทดลองที่ 1-4) จะเป็นการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการป้อนถ่านหิน โดย

ใช้ขนาดของถ่านหิน <150 um ความเร็วลมที่ใช้เป่าถ่านหินเข้าไปในเตา 5.85 m/s และความชื้นเริ่มต้นของถ่านหิน 9-10 % ถ่านหินที่ใช้ จากแหล่งบ้านปู จังหวัดลำพูน

ช่วงที่สอง (การทดลองที่ 5-8) ถ่านหินที่ใช้มาจากแหล่งคลองโตน และจากแหล่งทางปูดำ จังหวัดกระบี่ โดยศึกษาเกี่ยวกับจุดเริ่มต้นที่จะทำให้ถ่านหินสามารถลุกติดไฟได้เอง ขนาดของถ่านหิน และอัตราการป้อนถ่านหิน โดยขนาดของถ่านหินที่ใช้ <250 um และ <150 um ความเร็วลมที่ใช้เป่าถ่านหิน 5.85 m/s ความชื้นเริ่มต้น 9-10 %

ผลการทดลอง

Result

Proximate Analysis

Sources เหมืองบ้านปู จังหวัดลำพูน

ความชื้น	17.83 %
เถ้า	6.62 %
Volatile Matter	47.65 %
Fixed Carbon	27.91 %
Calorific Value	5693.5 cal./gm.

Sources เหมืองคลองโสน จังหวัดกระบี่

ความชื้น	10.42 %
เถ้า	31.58 %
Volatile Matter	41.62 %
Fixed Carbon	16.39 %
Calorific Value	2869.46 cal./gm.

Sources เหมืองบางปูต่ำ จังหวัดกระบี่

ความชื้น	12.58 %
เถ้า	19.41 %
Volatile Matter	36.96 %
Fixed Carbon	31.05 %
Calorific Value	3900.6 cal./gm.

Ultimate Analysis

Source : แหล่งบ้านปู จังหวัดลำพูน

Run No.	H	C	N	COR.ASH*	S	MOIS.*	O
1	4.64	65.13	1.13	6.53	2.22	8.59	11.76
2	4.81	67.47	1.17	6.80	2.22	5.30	12.23
3	4.83	67.80	1.18	6.84	2.22	4.84	12.30
4	4.70	65.96	1.14	6.63	2.22	7.42	11.93
5	4.78	67.05	1.16	6.75	2.22	5.89	12.15
6	4.65	65.16	1.13	6.54	2.22	8.54	11.76

* COR.ASH = CORRECT ASH

* MOIS = MOISTURE

Source : แหล่งคลองโตน จังหวัดกระบี่

H	C	N	S	O
2.89	32.13	0.78	0.98	63.22

Source : แหล่งบางปูดำ จังหวัดกระบี่

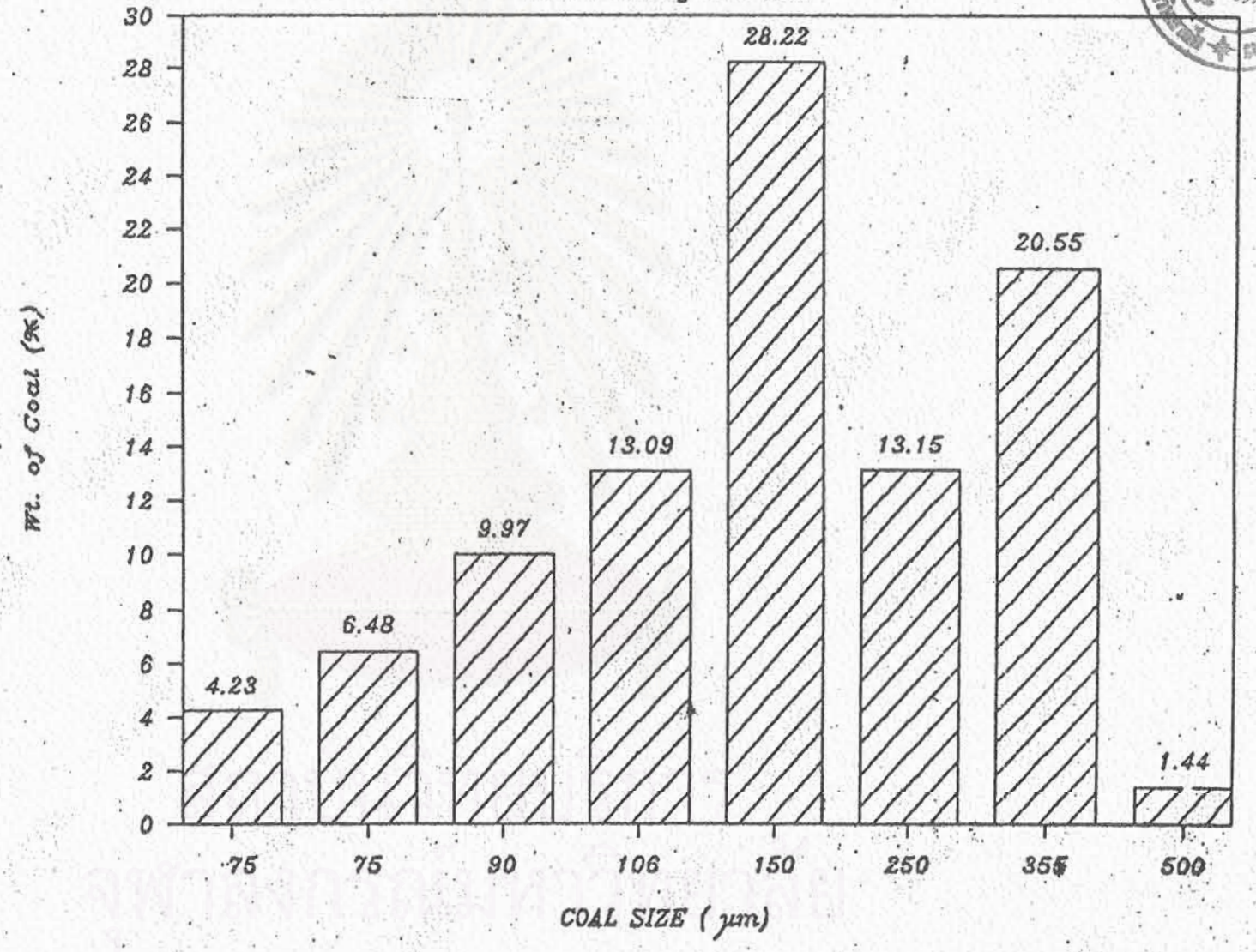
H	C	N	S	O
4.04	42.46	1.06	3.17	48.27

Table 1 DATA OF SIEVE ANALYSIS

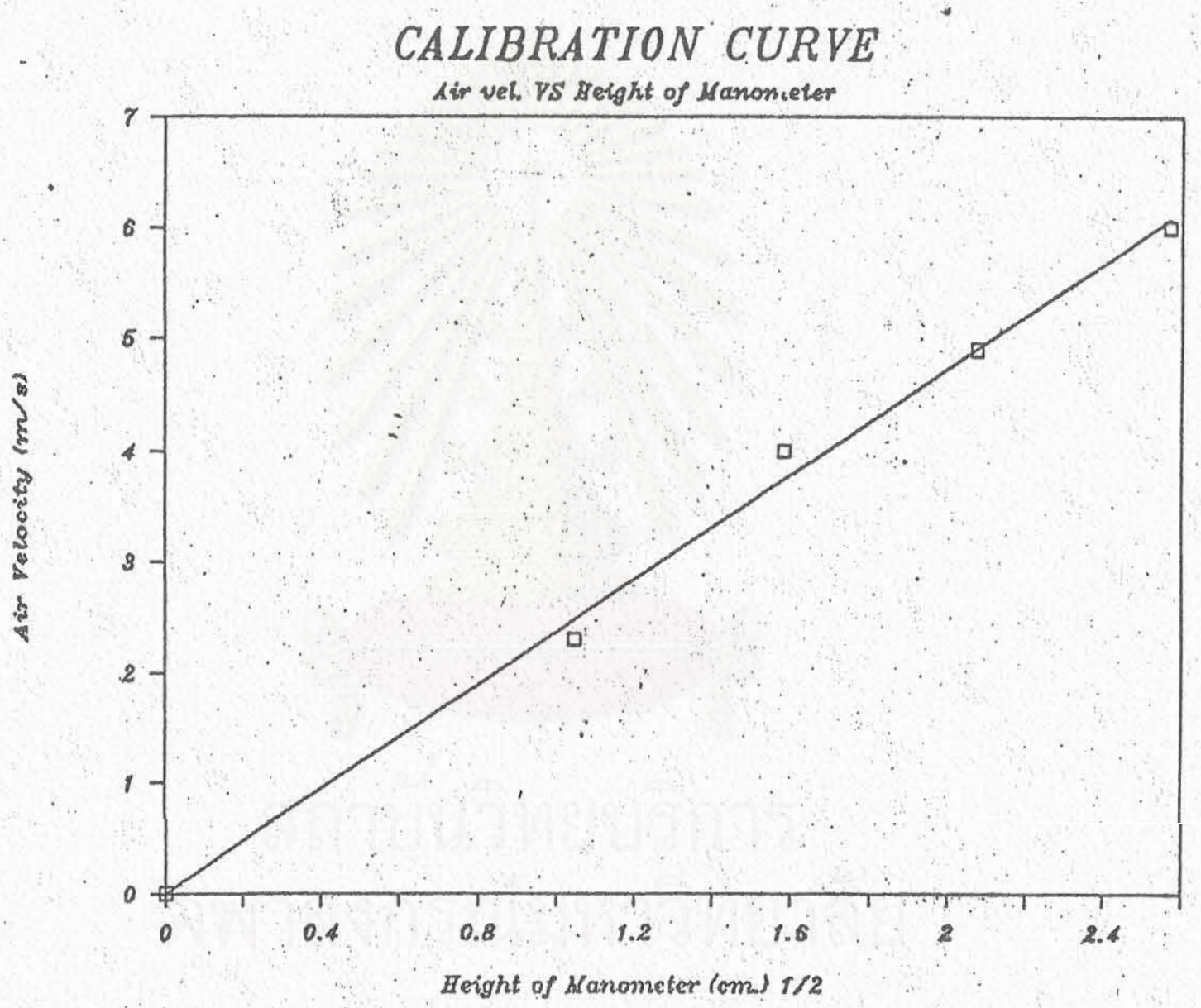
Coal Size (um)	Weight of Beaker (Gm.)	Wt. Beaker+Coal (Gm.)	Wt. of Coal (Gm.)
75	58.03	62.26	4.23
75	58.03	64.51	6.48
90	58.03	68	9.97
106	58.03	71.12	13.09
150	58.03	86.25	28.22
250	58.03	71.18	13.15
355	58.03	78.58	20.55
500	58.03	59.47	1.44

SIEVE ANALYSIS

coal crush by disk mill



Air Velocity (m/s)	Height of Manometer	
	(cm.)	1/2 (cm.)
0	0	0
2.3	1.1	1.048
4	2.5	1.581
4.9	4.3	2.073
6	6.6	2.57


CALIBRATION CURVE
Air vel. VS Height of Manometer
Air Velocity (m/s)
7
6
5
4
3
2
1
0
0
0.4
0.8
1.2
1.6
2
2.4
Height of Manometer (cm.) 1/2

DATA

RUN No. 1

Size of Coal < 150 um. 85%
Moisture of Coal 10.69 %
Feed Rate of Coal 8.65 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Remark
-25	30	Preheat Furnace
0	600	
2	600	
4	620	
6	635	
8	640	
10	645	
12	660	
14	675	
16	680	
18	700	
20	705	
22	710	
24	720	
26	725	
28	725	
30	740	

053805

DATA

RUN No. 2

Size of Coal < 150 um. 85%
Moisture of Coal 10.69 %
Feed Rate of Coal 5.40 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Remark
-25	30	Preheat Furnace
0	600	
2	680	
4	700	
6	710	
8	720	
10	730	
12	730	
14	730	
16	740	
18	750	
20	760	
22	770	
24	770	
26	780	

DATA

RUN No. 3

Size of Coal < 150 um. 85%
Moisture of Coal 11.51 %
Feed Rate of Coal 7.85 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Remark
-25	30	Preheat Furnace
0	600	
2	600	
4	610	
6	610	
8	620	
10	630	
12	645	
14	655	
16	670	
18	685	
20	700	
22	710	
24	720	
26	725	
28	730	
30	740	

DATA

RUN No. 4

Size of Coal	< 150 um.	85%
Moisture of Coal	9.86	%
Feed Rate of Coal	8.74	Kg./hr.
Air Velocity	5.85	m/s

Time (min)	Temperature (C)	Remark
-28	30	Preheat Furnace
0	610	
2	620	
4	625	
6	635	
8	650	
10	660	
12	675	
14	685	
16	700	
18	705	
20	720	
22	720	
24	725	
26	730	
28	730	
30	745	

DATA

RUN No. 5

Size of Coal < 250 um. 84%
Moisture of Coal 10.69 %
Feed Rate of Coal 6.75 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Temperature of Flue gas (C)	Remark
-25	650		Preheat Furnace
0	650	220	
2	650	230	
4	600	220	
6	580	205	
			ถ่านไม่ลุกเป็นเปลวไฟ
			อุณหภูมิลดลงมาก

ข้อมูลการทดลอง

การทดลองครั้งที่ 6

Size of Coal < 250 um. 84%

Moisture of Coal 9.65 %

Feed Rate of Coal 8.89 Kg./hr.

Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Temperature of Flue gas (C)	Remark
-25	30		Preheat Furnace
0	640	210	
2	620	210	
4	600	210	
6	580	205	
			ถ่านไม่ลุกเป็นเปลวไฟ
			มีควันออกมามาก
			เล็กน้อย

DATA

RUN No. 7

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Size of Coal < 250 um. 84%
Moisture of Coal 10.69 %
Feed Rate of Coal 6.75 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Temperature of Flue gas (C)	Remark
-30	720		Preheat Furnace
0	720	280	
2	770	280	
4	740	260	
6	720	260	
8	720	250	
10	720	240	
12	720	240	
14	710	230	
16	700	230	
18	660	220	
20	670	210	
22	720	210	
24	730	210	
26	740	210	
28	755	210	เก็บกาซ
30	745	210	
32	750	210	
34	720	205	
36	700	205	
38	690	205	
40	700	210	

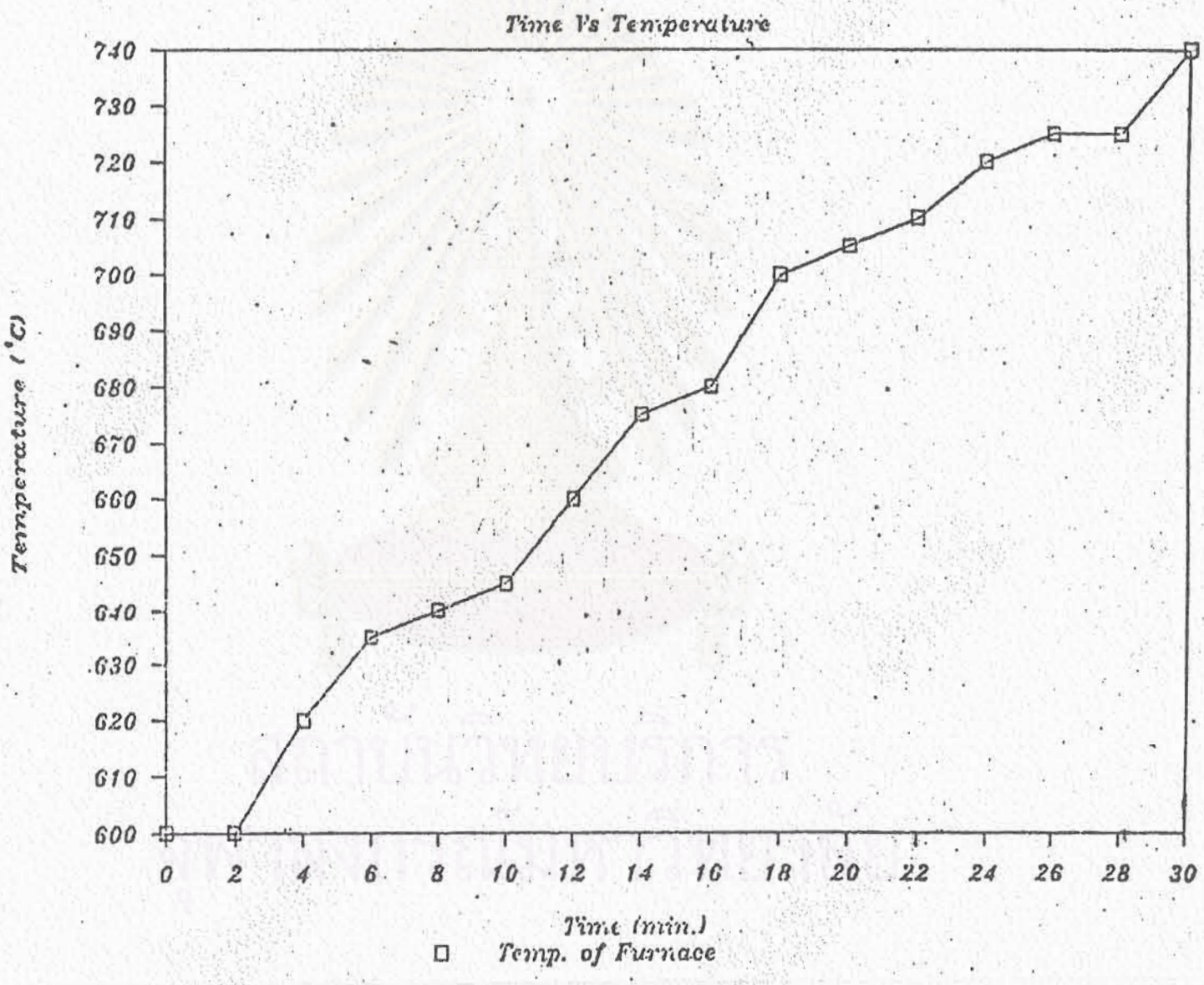
DATA

RUN No. 6

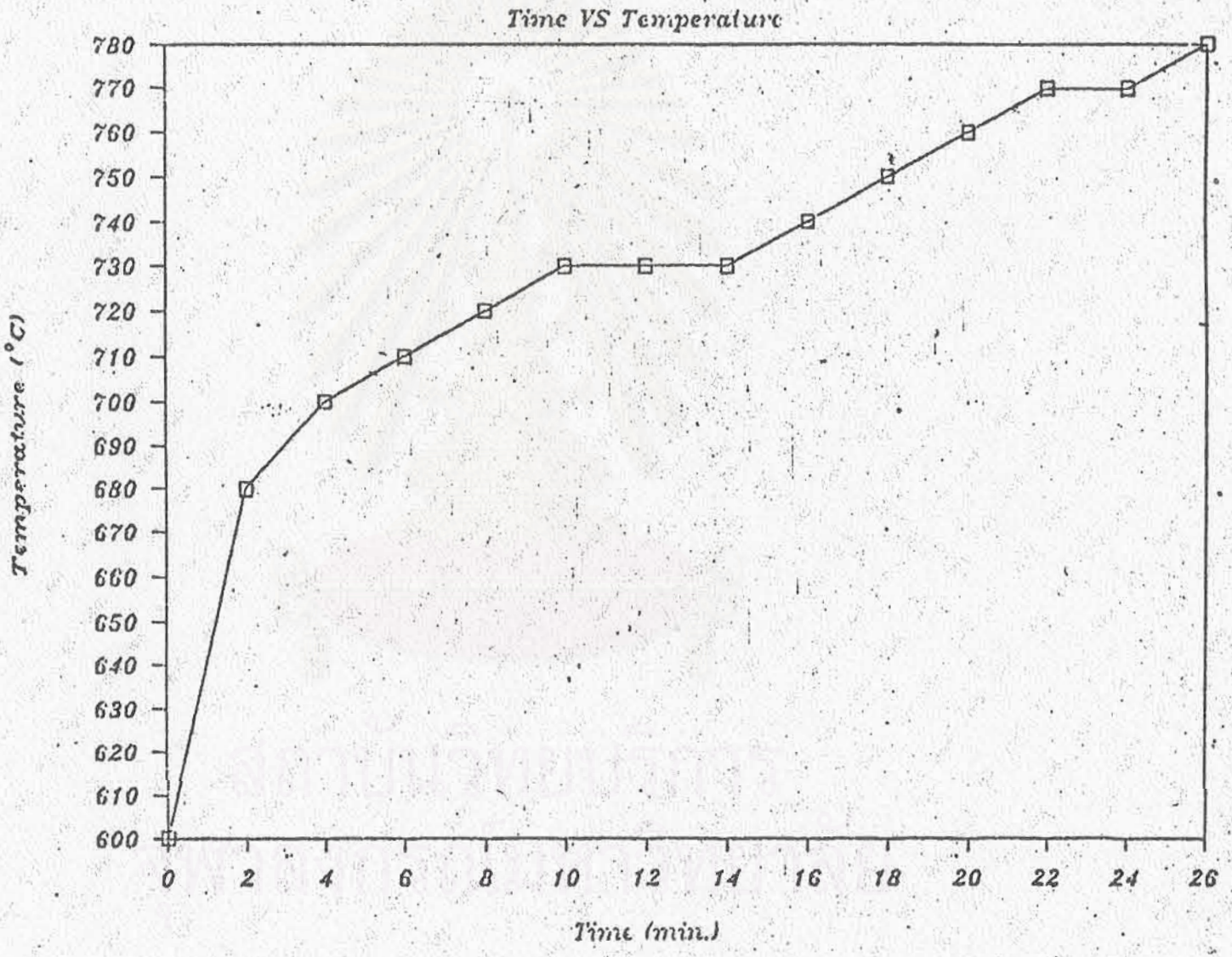
Size of Coal < 250 um. 84%
Moisture of Coal 9.86 %
Feed Rate of Coal 8.95 Kg./hr.
Air Velocity 5.85 m/s

Time (min)	Temperature (C)	Temperature of Flue Gas (C)	Remark
-30	710		Preheat Furnace
0	710	270	
2	720	260	
4	740	260	
6	710	260	
8	720	240	
10	720	230	
12	720	230	
14	700	240	
16	700	230	
18	700	220	
20	710	200	
22	720	200	
24	730	200	
26	740	220	
28	760	240	เก็บตาย
30	750	240	
32	750	230	
34	710	210	
36	700	220	
38	700	220	
40	700	210	

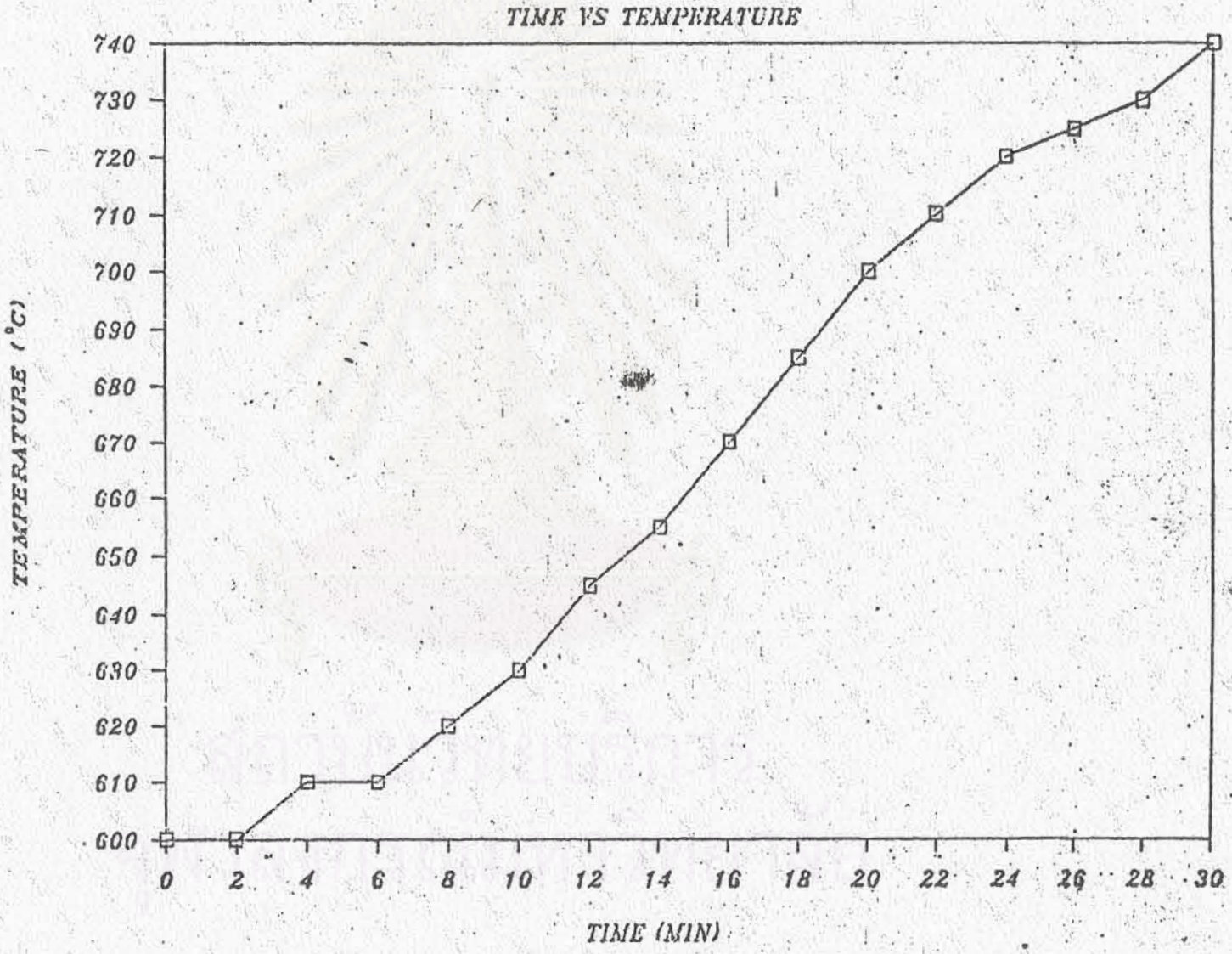
RUN NO. 1


Time Vs Temperature
Temperature ('C)
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
Time (min.)
Temp. of Furnace

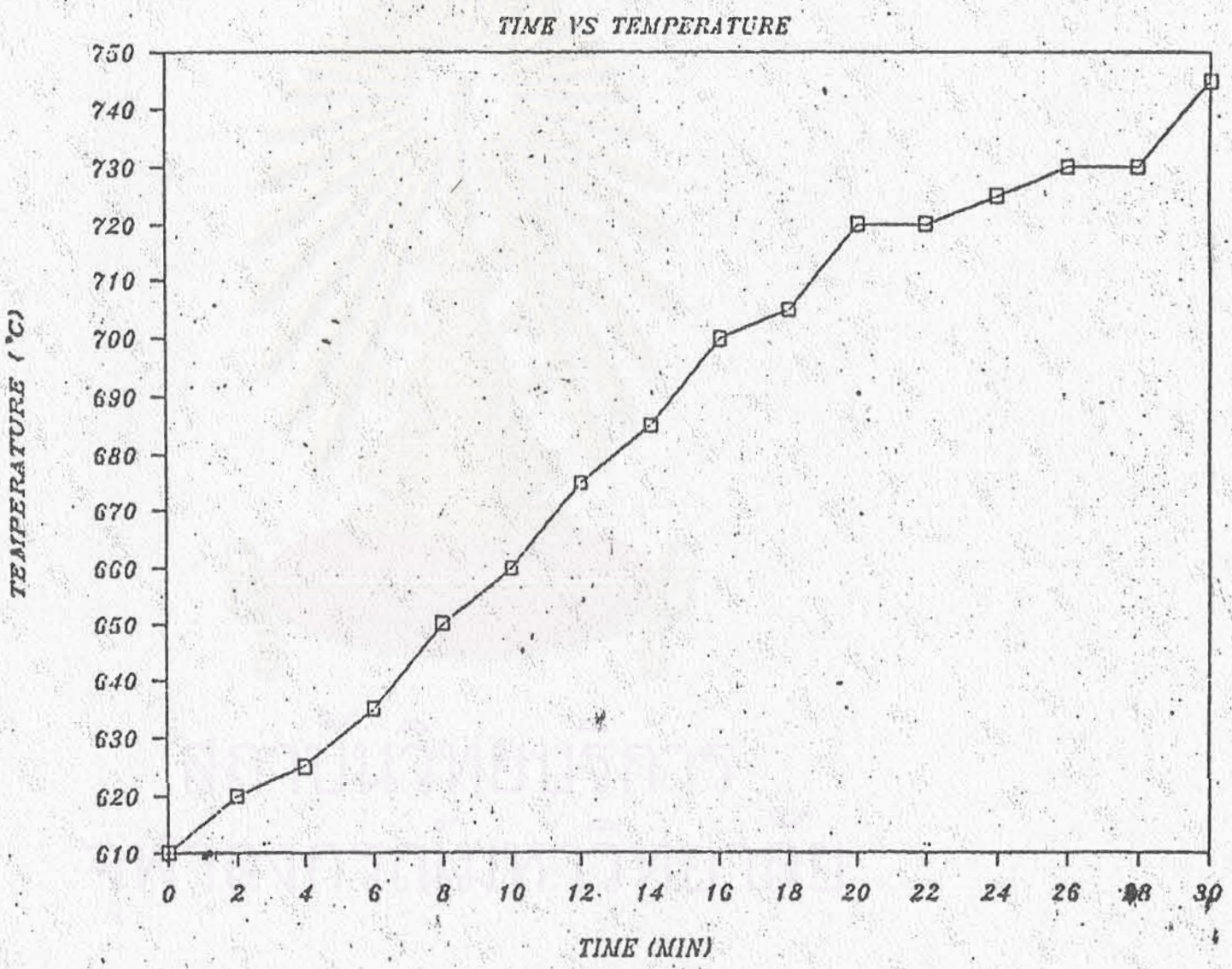
RUN NO. 2


Time VS Temperature
Temperature (°C)
780
770
760
750
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
Time (min.)

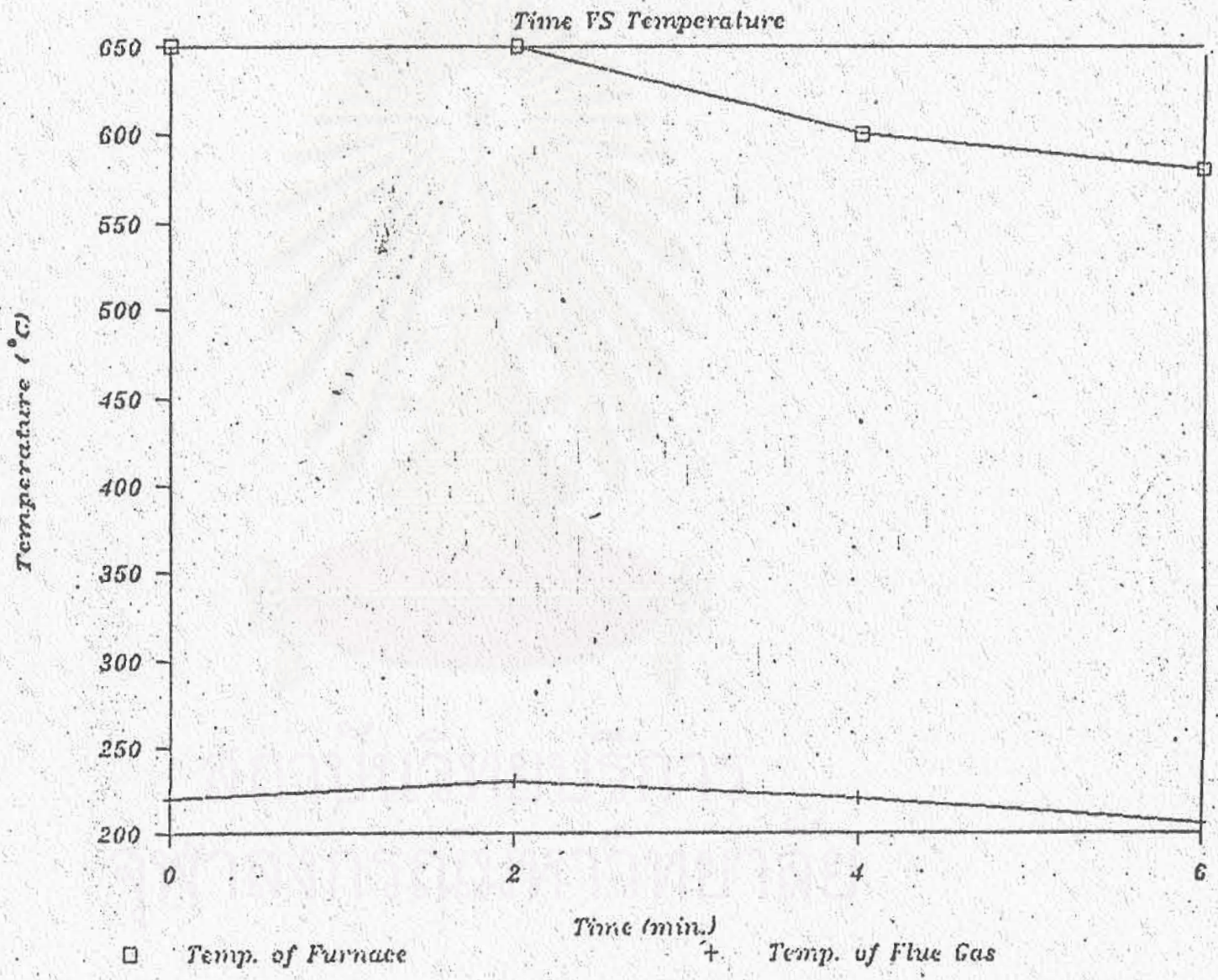
RUN NO. 3


TIME VS TEMPERATURE
TEMPERATURE (°C)
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
600
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
TIME (MIN)

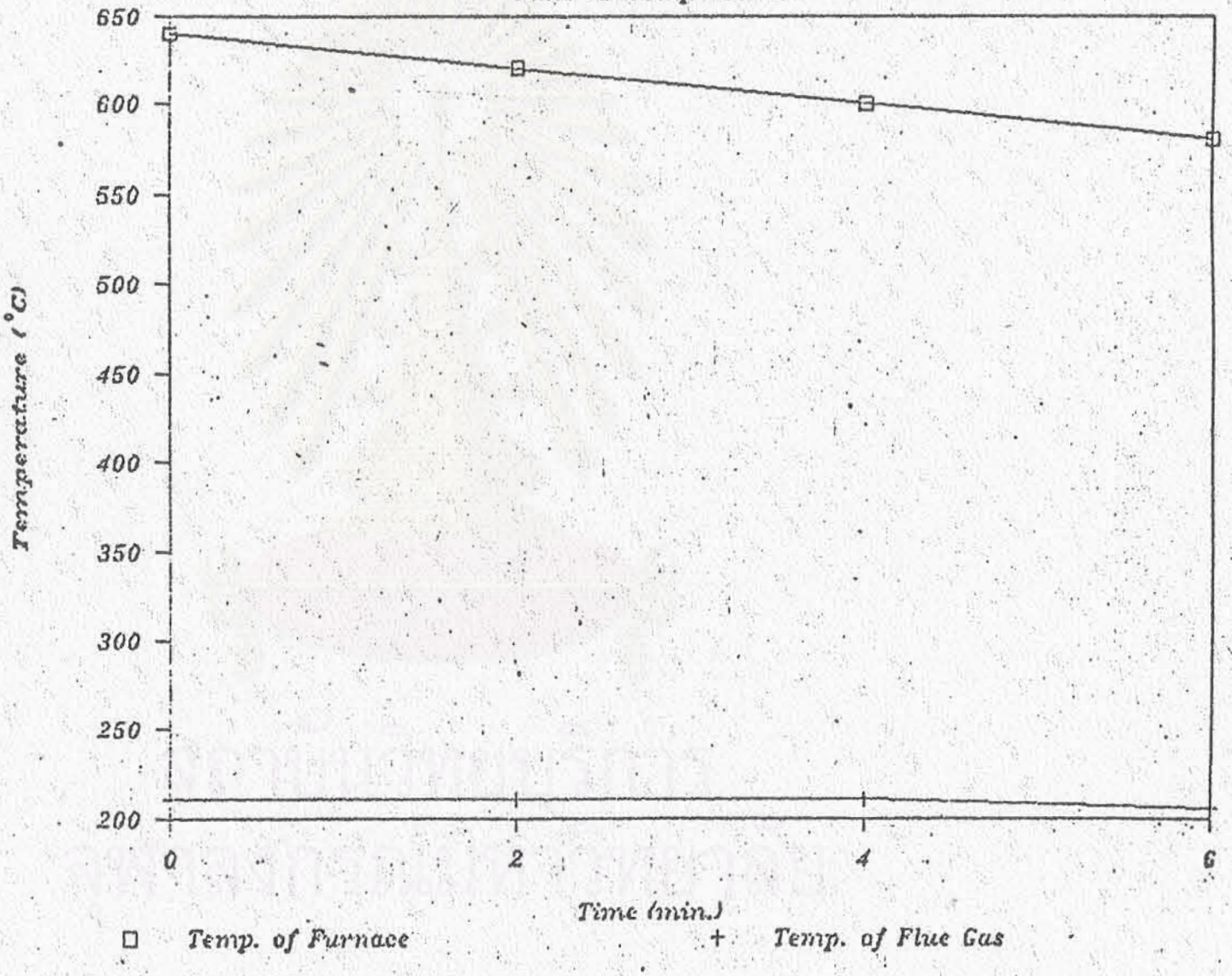
RUN NO. 4


TIME VS TEMPERATURE
TEMPERATURE (°C)
750
740
730
720
710
700
690
680
670
660
650
640
630
620
610
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
22
24
26
28
30
TIME (MIN)

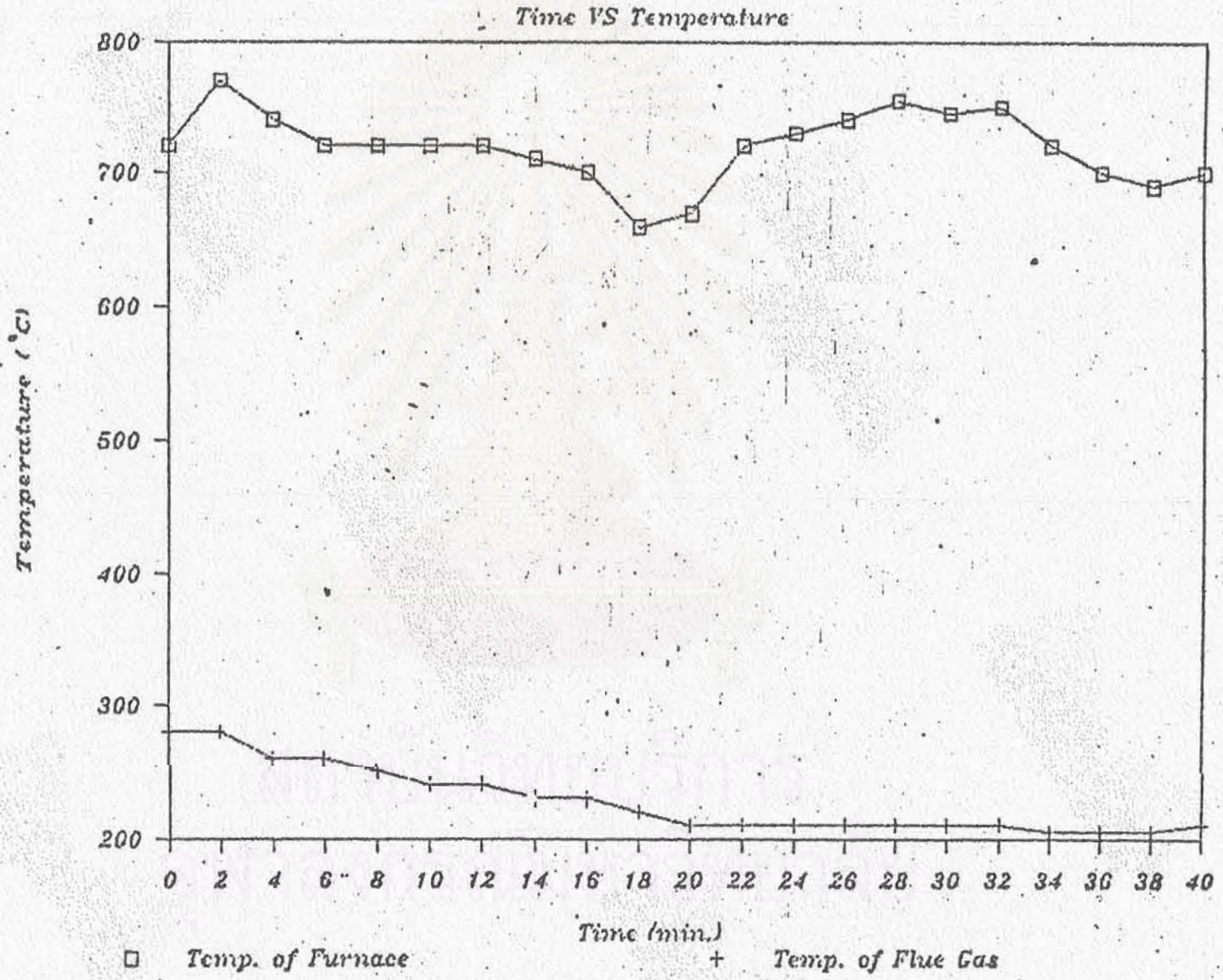
RUN NO. 5


Time VS Temperature
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
Temperature (°C)
0
2
4
6
Time (min.)
□ Temp. of Furnace
+ Temp. of Flue Gas

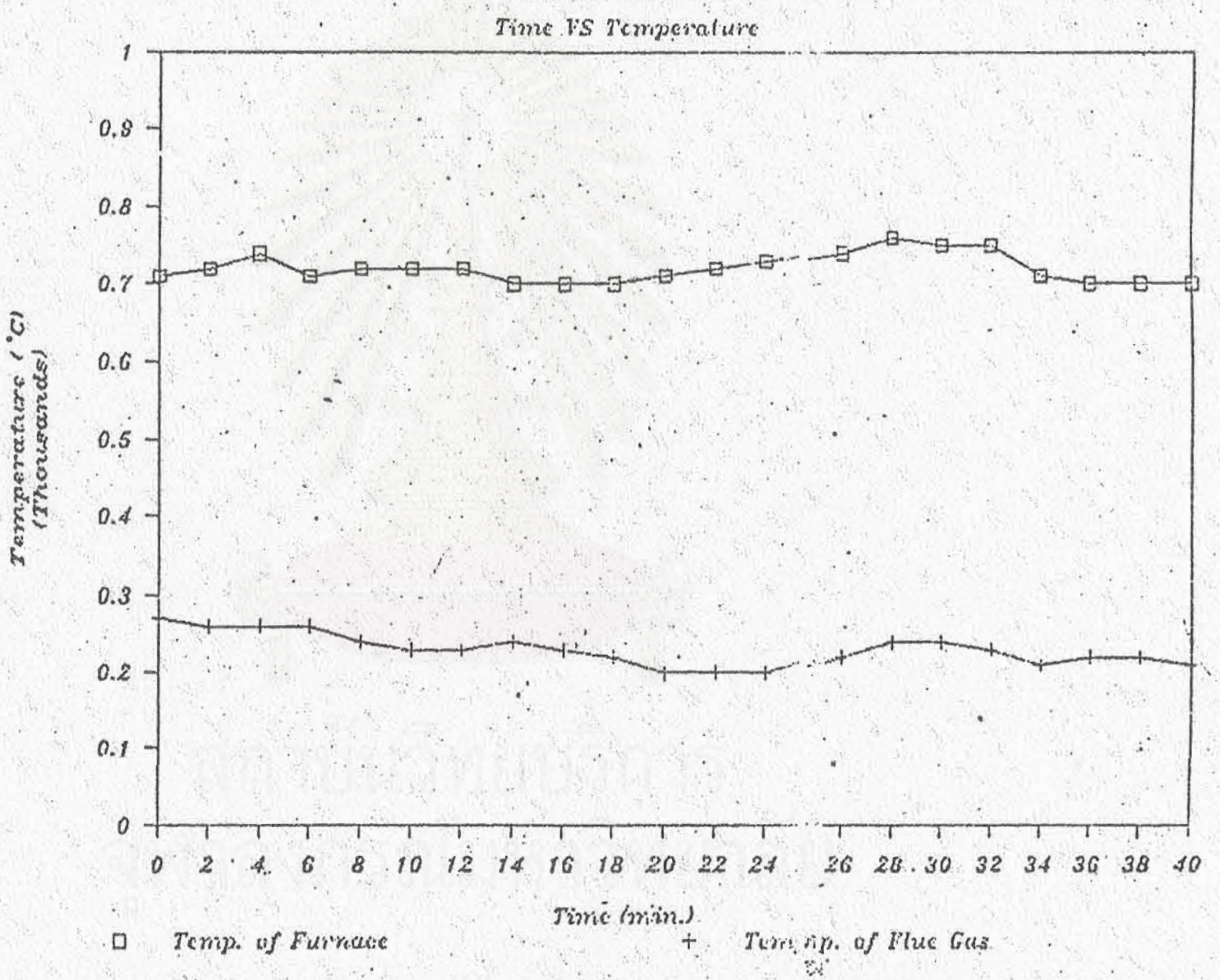
RUN NO. 6


Time VS Temperature
650
600
550
500
450
400
350
300
250
200
Temperature (°C)
0
2
4
6
Time (min.)
□ Temp. of Furnace
+ Temp. of Flue Gas

RUN NO. 7


Time VS Temperature
800
700
600
500
400
300
200
Temperature (°C)
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40
Time (min.)
□ Temp. of Furnace
+ Temp. of Flue Gas

RUN NO. 8


Time VS Temperature
Temperature (°C)
(Thousands)
1
0.9
0.8
0.7
0.6
0.5
0.4
0.3
0.2
0.1
0
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30 32 34 36 38 40
Time (min.)
□ Temp. of Furnace
+ Temp. of Flue Gas

สรุปผลการทดลอง

1. อัตราการป้อนถ่านหินที่เหมาะสมที่จะทำให้ได้เปลวไฟต่อเนื่องและเตาไม่ดับ มีค่าตั้งแต่ 7 กก.ต่อ ชม. ขึ้นไป

2. ขนาดถ่านหินที่เหมาะสมที่จะใช้ในเตาเผานี้นั้นควรมีขนาด <150 um (100 mesh) หรืออย่างน้อยก็ควรจะมีปริมาณของถ่านหินที่มีขนาด <150 um เป็นปริมาณมากกว่าร้อยละ 65 ขึ้นไป

3. อุณหภูมิเริ่มต้นที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพ่นถ่านหินนั้น พบว่าถ้าถ่านหินที่มีขนาด <150 um สามารถใช้อุณหภูมิเริ่มต้นเพียง 600 องศาเซลเซียส แต่ถ้าขนาดของถ่านหินใหญ่ขึ้นพบว่าต้องเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นให้สูงขึ้น

4. สภาวะที่กล่าวมาทั้งหมดนั้น ยังขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของถ่านหินที่ใช้ว่า ค่าที่ได้จากการทำ Proximate Analysis นั้นมีค่าเป็นเท่าไร เช่น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย ปริมาณคาร์บอนคงตัว และค่าความร้อนซึ่งเป็นส่วนสำคัญมาก เพราะว่าถ้าถ่านหินที่ใช้มีคุณภาพต่ำ การจะนำมาใช้ในเตาเผาแบบนี้จะไม่ประสพผลสำเร็จหรืออาจลิ้นเปลืองมาก

5. จากผลการทดลองของช่วงแรกนั้น เตาสามารถติดได้ภายหลังการดับ Gas Burner แล้ว ส่วนช่วงหลังจะไม่สามารถที่จะดับ Gas Burner ได้ เพราะจะทำให้เตาดับ ทั้งนี้เนื่องมาจากถ่านหินที่ใช้ในการทดลองช่วงหลัง (แหล่งคลองโตน,บางปูดำ)มีคุณภาพต่ำกว่าถ่านหินที่ใช้ในช่วงแรก (แหล่งบ้านปู จังหวัดลำพูน) กล่าวคือถ่านหินจากแหล่งบ้านปูมีปริมาณเถ้าร้อยละ 6.62 ค่าความร้อน 5693.5 แคลอรี่/กรัม ปริมาณสารระเหยร้อยละ 47.65 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 27.91 ส่วนถ่านหินจากแหล่งคลองโตนนั้นมีปริมาณเถ้าร้อยละ 31.58 ค่าความร้อน 2869.46 แคลอรี่/กรัม ปริมาณสารระเหยร้อยละ 41.62 ปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 16.39 จากคุณสมบัติที่กล่าวมานี้พอจะสรุปได้ว่าการทดลองในช่วงหลังนั้นเตาไม่สามารถที่จะติดได้ต่อเนื่อง หรือติดได้แต่ไม่นานนักและ อุณหภูมิไม่สูงเท่าที่ควร เนื่องจากคุณสมบัติของถ่านหินที่ใช้ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญมากตัวหนึ่ง

เอกสารอ้างอิง

1. E.W. School, dortmund-derne, "Burning and Explosion Behavior of Pulverized Coal", Translation ZKG No. 5/81., pp. 243-246.

2. K. Kuhlmann, Wetzlar, "Operating Experience with a Pulverized Fuel Feed System based on the Pipe Line Differential Pressure Method", Translation ZKG No. 5/81., pp.251-254

3. Peter T. Luckie and G. Austin, "Coal Grinding Technology", Kennedy Van saun coporation Danville, PA. 17821 USA. 1782, pp. 1-91.

4. กัญจนา บุณยเกียรติ "การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี เล่ม 1", สำนักพิมพ์โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2523 พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 7.21-7.59.

5. กัญจนา บุณยเกียรติ "การคำนวณขั้นต้นในวิชาวิศวกรรมเคมี เล่ม 2", สำนักพิมพ์โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พ.ศ. 2523 พิมพ์ครั้งที่ 2 หน้า 9.113-9.118.

6. เทียนชัย เพียรเศวตวิทยา, วิศิษฐ์ ลือวิริยะพันธ์" วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาตรี เรื่อง การนำถ่านหินบดละเอียดมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตาเผา" ภาควิชาเคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, พ.ศ. 2529.