ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

1. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เกรดการค้า

ตารางที่ 22 แสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เกรดการค้าชนิดผง

Name	Materials	Surface area (m^2/g)	Ash %w/w	Bulk Density (g/cm^3)	Iodine Ads. (mg/g)	Methylene blue Ads. (mg/g)
UDP Chemical (Thailand)						
MDP 1-7325	กะลามะพร้าว	1200-1300	3	0.40-0.55	1050	230
PN3	ขี้เลื่อย	-	8	0.46	800	-
Taiko PKW	ขี้เลื่อย	-	2	-	-	-
Shirasagi	-	-	3	-	-	-
900	-	-	3-5	0.37-0.40	900	-
Nucha SN	-	-	3-5	0.37-0.40	900	-
Pittsburge Activated Carbon						
RB	บิทูมินัส	1250-1400	23	-	1200	-
RC	บิทูมินัส	1100-1300	21	-	1100	-
BL	บิทูมินัส	1000-1100	8.5	-	1000	300
C	บิทูมินัส	1000-1100	14	-	900	-
GW	บิทูมินัส	1000-1100	12	-	700	180

ที่มา: เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการร่างมาตรฐาน “ถ่านกัมมันต์” สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 23 แสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เกรดการค้าชนิดเม็ด

Name	Materials	Surface area (m^2/g)	Ash %w/w	Bulk Density (g/cm^3)	Iodine Ads. (mg/g)	Metelene blue Ads. (mg/g)
UDP Chemical (Thailand)						
MDG 7746	กะลามะพร้าว	1100-1200	3	0.40-0.45	1050	200
Norit Activated Carbon						
PK 1-3	พีท	800	6	-	800	-
Nucha 681	บิทูมินัส	1100	-	0.43-0.46	-	-
AG-5	-	900-1000	6	0.38-0.45	-	-
PJAC (Japan)						
CG-4X10	กะลามะพร้าว	1200-1300	5	0.42-0.47	1050	170
CG-6X8	กะลามะพร้าว	1200-1300	5	0.42-0.47	1100	170
CW-8X30	กะลามะพร้าว	1050-1150	5	0.45-0.5	1050	170
SYBRON	บิทูมินัส	900	-	0.5-0.55	900	220
Calgon Filtrasorb 100-200						
CALGON SGL	บิทูมินัส	950-1050	10	0.48	900	-
Pittsburgh Activated Carbon (vapor phase)						
PCB	บิทูมินัส	-	4	0.44	1200	-
BPL	บิทูมินัส	-	8	0.48	1050	-
(liquid phase)						
CAL	บิทูมินัส	-	8.5	0.44	1100	-
OL	บิทูมินัส	-	8	0.44	1000	-
SGL	บิทูมินัส	-	8	0.48	900	-
Nuchar WV-G	-	1100	-	0.43-0.46	1050	1100

ที่มา: เอกสารประกอบการประชุมคณะกรรมการร่างมาตรฐาน “ถ่านกัมมันต์” สำนักมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

2.ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 24 แสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ชนิดผง

ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
ค่าการดูดซับไอโอดีน (mg/g) ไม่น้อยกว่า	600
ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm^3)	0.20-0.75

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ถ่านกัมมันต์” มอก.900-2532

ตารางที่ 25 แสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด

ลักษณะ	เกณฑ์กำหนด
ค่าการดูดซับไอโอดีน (mg/g) ไม่น้อยกว่า	600
ความหนาแน่นปรากฏ (g/cm^3)	0.36
ร้อยละความชื้น ไม่เกิน	8
ร้อยละความแข็งไม่น้อยกว่า	70

ที่มา: มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม “ถ่านกัมมันต์” มอก.900-2532

ภาคผนวก ข

การวิเคราะห์องค์ประกอบโดยประมาณ (proximate analysis)

1.การหาปริมาณความชื้น (moisture)

1.1 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างปริมาณ 1 กรัม
1.2 นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
1.3 นำตัวอย่างที่อบไปวางในเดสิเคเตอร์จนเย็น
1.4 ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \left[\frac{A-B}{A}\right]\times 100 \qquad (21)$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างก่อนอบ
B = น้ำหนักตัวอย่างหลังอบ

2. การหาปริมาณเถ้า (ash content)

2.1 นำตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วปริมาณ 1 กรัม ใส่ครูซิเบิล
2.2 นำไปใส่เตาเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
2.3 เมื่อครบเวลานำครูซิเบิลไปวางในเดสิเคเตอร์จนตัวอย่างเย็น
2.4 ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละของเถ้า} = \left[\frac{A-B}{C}\right]\times 100 \qquad (22)$$

เมื่อ A = น้ำหนักรวมภาชนะบรรจุและเถ้าที่เหลือ
B = น้ำหนักภาชนะเปล่า
C = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้

3. การหาปริมาณของสารระเหย (volatile matter)

3.1 นำตัวอย่างที่อบไล่ความชื้นแล้วปริมาณ 1 กรัม ใส่ครูซิเบิล
3.2 นำไปใส่เตาเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 นาที
3.3 เมื่อครบเวลานำครูซิเบิลไปวางในเดสิเคเตอร์จนตัวอย่างเย็น
3.4 ชั่งน้ำหนักและบันทึกค่าน้ำหนัก

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละน้ำหนักส่วนเสีย} = \left[\frac{A-B}{A}\right]\times 100 \qquad (23)$$

เมื่อ A = น้ำหนักตัวอย่างที่ใช้
B = น้ำหนักตัวอย่างหลังจากให้ความร้อน

$$\text{ร้อยละของสารระเหย} = \left[C-D\right] \qquad (24)$$

เมื่อ C = ร้อยละของน้ำหนักส่วนเสีย
D = ร้อยละความชื้น

4. การหาปริมาณคาร์บอนคงตัว

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละคาร์บอนคงตัว} = 100\text{-A-B-C} \qquad (25)$$

เมื่อ A = ร้อยละของความชื้น

B = ร้อยละของเถ้า

C = ร้อยละของสารระเหย

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์

1. การวิเคราะห์หาความหนาแน่นปรากฏ

1.1 อบตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

1.2 นำตัวอย่างที่อบไปวางในเดสิเคเตอร์จนเย็น

1.3 ชั่งน้ำหนักกระบอกตวงปริมาตร 10 มิลลิลิตร บันทึกค่าน้ำหนัก

1.4 ใส่ตัวอย่างถ่านกัมมันต์ในกระบอกตวงจนถึงขีดปริมาตร 10 มิลลิลิตร โดยกระแทกให้ถ่านอัดกันแน่น

1.5 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านกัมมันต์พร้อมกระบอกตวงบันทึกค่าน้ำหนัก

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ความหนาแน่นปรากฏ } (g/cm^2) = \frac{X_1 - X_0}{10} \qquad (26)$$

เมื่อ X_0 = น้ำหนักกระบอกตวง

X_1 = น้ำหนักตัวอย่างถ่านกัมมันต์พร้อมกระบอกตวง

2. การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน

2.1 อบตัวอย่างถ่านกัมมันต์ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

2.2 ชั่งน้ำหนักตัวอย่างถ่านกัมมันต์ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ความละเอียดทศนิยม 4 ตำแหน่ง (โดยหนึ่งตัวอย่างจะชั่งน้ำหนัก 3 ค่า น้ำหนักโดยประมาณของตัวอย่างดูจากตารางที่ 25)

2.3 ปิเปตสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 5% โดยน้ำหนักปริมาณ 10 มิลลิลิตร เติมในตัวอย่างถ่านกัมมันต์ ต้มให้เดือด

2.4 เติมสารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ปริมาณ 100 มิลลิลิตร คนด้วยเครื่องคนเป็นเวลา 30 นาที

2.5 กรองด้วยกระดาษกรองวอทแมนเบอร์ 42 นำสารละลายที่กรอง 20 มิลลิลิตรแรกทิ้งไป

2.6 ปิเปตสารละลายที่กรองได้มา 50 มิลลิลิตร นำไปไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.1 นอร์มัล ใช้น้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ ไตเตรทจนสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี บันทึกค่าปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$X/M\left(mg/g\right)=\frac{(126.93)(100)(0.1)-((110/50)(126.93)(0.1))S}{M} \qquad (27)$$

เมื่อ C = $0.1S/50$

M = น้ำหนักตัวอย่างถ่านกัมมันต์

S = ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

2.7 นำค่า X/M ที่ได้ทั้งสามค่ามาสร้างกราฟโดยให้แกนราบเป็น log C และแกนตั้งเป็น logX/M จะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง

2.8 จากกราฟที่ตำแหน่ง C = 0.02 หรือ log C = -1.699 จะทราบค่าบนแกนตั้งสมมุติให้มีค่าเท่ากับ Y จะสามารถคำนวณค่าการดูดซับไอโอดีนได้ดังนี้

ค่าการดูดซับไอโอดีน (mg/g) = 10^{Y} (28)

ตารางที่ 26 แสดงค่าประมาณของน้ำหนักตัวอย่างที่ใช้ในการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีน

น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)				น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)			
Iodine no.	C = 0.01	C = 0.02	C = 0.03	Iodine no.	C = 0.01	C = 0.02	C = 0.03
300	3.766	3.300	2.835	1550	0.729	0.693	0.549
350	3.288	2.829	2.430	1600	0.706	0.619	0.531
400	2.824	2.475	2.216	1650	0.684	0.600	0.515
450	2.510	2.200	1.890	1700	0.664	0.582	0.500
500	2.259	1.980	1.701	1750	0.645	0.566	0.486
550	2.054	1.800	1.546	1800	0.628	0.550	0.472
600	1.883	1.650	1.417	1850	0.610	0.535	0.460
650	1.738	1.523	1.308	1900	0.594	0.521	0.447
700	1.614	1.414	1.215	1950	0.579	0.508	0.436
750	1.506	1.320	1.134	2000	0.565	0.495	0.425
800	1.412	1.237	1.063	2050	0.554	0.483	0.415
850	1.329	1.164	1.000	2100	0.538	0.471	0.405
900	1.255	1.100	0.945	2150	0.525	0.460	0.396
950	1.189	1.042	0.895	2200	0.513	0.450	0.386
1000	1.139	0.990	0.850	2250	0.502	0.440	0.378
1050	1.076	0.943	0.810	2300	0.491	0.430	0.370
1100	1.027	0.900	0.773	2350	0.481	0.421	0.362
1150	0.982	0.861	0.739	2400	0.471	0.412	0.354
1200	0.941	0.825	0.709	2450	0.461	0.404	0.347
1250	0.904	0.792	0.680	2500	0.452	0.396	0.340
1300	0.869	0.761	0.654	2550	0.443	0.388	0.333
1350	0.837	0.733	0.630	2600	0.434	0.381	0.327
1400	0.807	0.707	0.607	2650	0.426	0.374	0.321
1450	0.799	0.683	0.586	2700	0.418	0.367	0.315
1500	0.753	0.660	0.567	2750	0.411	0.360	0.309

3. การวิเคราะห์หาค่าร้อยละผลได้

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์

$$\text{ร้อยละผลได้} = \left[\frac{W}{W_0}\right] \times 100 \qquad (29)$$

เมื่อ W_0 = น้ำหนักขี้เลื่อยที่เข้าสู่เตาปฏิกรณ์

W = น้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ได้

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรม Regression

1.ข้อมูลทางสถิติของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก

1.1ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลอง

ตารางที่ 27 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อพื้นที่ผิว

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	-10630.5	0.000505	2108.2	-15327.9	-5933.2	-5.042	
b1	6542.7	0.00371	1738.9	2668.2	10417.3	3.763	130.79
b2	24.69	0.00149	5.703	11.98	37.39	4.329	150.36
b3	-3582.1	4.65E-05	525.52	-4753.0	-2411.1	-6.816	111.25
b4	63.15	0.000586	12.78	34.68	91.63	4.941	68.79
b5	-0.02237	0.00144	0.00514	-0.03383	-0.01091	-4.350	149.49
b6	-0.674	0.000625	0.138	-0.980	-0.367	-4.898	35.58

ตารางที่ 28 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าการดูดซับไอโอดีน

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	-1239.4	0.387	1343.8	-4417.0	1938.2	-0.922	
b1	4169.6	0.00130	807.56	2260.1	6079.2	5.163	224.89
b2	-5.066	0.169	3.303	-12.88	2.745	-1.534	396.23
b3	-2.213	0.894	16.04	-40.15	35.72	-0.138	204.48
b4	-1359.0	0.000437	218.53	-1875.7	-842.22	-6.219	155.44

ตารางที่ 28 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าการดูดซับไอโอดีน (ต่อ)

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b5	2.685	0.05960	1.196	-0.143	5.513	2.245	314.67
b6	-21.57	0.03370	8.187	-40.93	-2.209	-2.634	190.33
b7	-0.00865	0.00305	0.00195	-0.01327	-0.00403	-4.427	168.47
b8	0.158	0.000415	0.02518	0.09840	0.217	6.272	281.44
b9	-0.383	0.00311	0.08688	-0.589	-0.178	-4.412	111.45

ตารางที่ 29 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าร้อยละผลได้

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	46.13	0.625	90.31	-167.42	259.68	0.511	
b1	50.48	0.373	52.99	-74.84	175.79	0.952	229.81
b2	0.06671	0.721	0.179	-0.358	0.491	0.372	275.28
b3	-0.969	0.479	1.296	-4.034	2.096	-0.748	239.49
b4	45.03	0.01252	13.51	13.09	76.96	3.334	139.48
b5	-0.06839	0.246	0.05404	-0.196	0.05940	-1.266	140.21
b6	-2.464	0.000288	0.370	-3.339	-1.589	-6.659	85.56
b7	-0.000160	0.256	0.000129	-0.000465	0.000145	-1.238	173.39
b8	0.00337	0.02101	0.00114	0.000681	0.00606	2.963	108.09
b9	0.01930	0.03668	0.00749	0.00158	0.03702	2.576	159.16

1.2 ตาราง ANOVA

ตารางที่ 30 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อพื้นที่ผิว โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	1572888	88	262148	12.12	0.000438	6
Residual	216239	12	21623.9			10
LOF Error	181723	10 (84)	25960.4	2.2564	0.270	7
Pure Error	34516.1	2 (16)	11505.4			3
Total	1789126	100				16

ตารางที่ 31 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	231876	92	25764.0	9.358	0.00376	9
Residual	19271.9	8	2753.1			7
LOF Error	7665.6	3 (40)	1916.4	0.4954	0.746	4
Pure Error	11606.3	5 (60)	3868.8			3
Total	251148	100				16

ตารางที่ 32 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกต่อค่าร้อยละผลได้ โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	1303.3	94	144.81	11.42	0.00204	9
Residual	88.77	6	12.68			7
LOF Error	67.73	5 (76)	16.93	2.4143	0.247	4
Pure Error	21.04	2 (24)	7.013			3
Total	1392.1	100				16

2.ข้อมูลทางสถิติของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไอน้ำ

2.1ข้อมูลทางสถิติของแบบจำลอง

ตารางที่ 33 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อพื้นที่ผิว

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	-31031.4	0.000118	4462.4	-41321.9	-20741.0	-6.954	
b1	156.25	0.07461	76.25	-19.59	332.08	2.049	256.02
b2	72.27	7.84E-05	9.805	49.66	94.88	7.370	350.46
b3	128.00	0.01318	40.37	34.90	221.09	3.171	164.93
b4	-1.476	0.03007	0.561	-2.770	-0.183	-2.632	114.81
b5	-0.01890	0.797	0.07103	-0.183	0.145	-0.266	132.39
b6	-0.145	0.774	0.489	-1.272	0.982	-0.297	99.23
b7	-0.05356	5.43E-05	0.00690	-0.06947	-0.03765	-7.762	308.75
b8	-0.894	0.00702	0.249	-1.467	-0.321	-3.596	115.70

ตารางที่ 34 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าการดูดซับไอโอดีน

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	-20547.8	0.000343	3175.0	-28055.5	-13040.0	-6.472	
b1	74.23	0.135	43.94	-29.66	178.12	1.689	219.47
b2	54.64	0.000334	8.408	34.76	74.53	6.499	500.55
b3	44.38	0.170	29.01	-24.22	112.99	1.530	219.96
b4	-0.745	0.08076	0.365	-1.610	0.119	-2.040	125.76
b5	-0.01418	0.758	0.04421	-0.119	0.09037	-0.321	123.65
b6	-0.04074	0.000278	0.00608	-0.05512	-0.02636	-6.698	444.55
b7	-0.00813	0.787	0.02891	-0.07649	0.06023	-0.281	120.71
b8	-0.291	0.117	0.163	-0.675	0.09362	-1.789	127.79

ตารางที่ 35 แสดงข้อมูลทางสถิติของแบบจำลองผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าร้อยละผลได้

		P value	Std Error	-95%	95%	t Stat	VIF
b0	553.52	0.000889	100.30	316.34	790.70	5.518	
b1	-0.840	0.605	1.552	-4.510	2.829	-0.542	231.01
b2	-1.352	0.000547	0.226	-1.885	-0.818	-5.990	399.13
b3	-0.769	0.357	0.780	-2.614	1.076	-0.986	133.47
b4	0.01137	0.345	0.01124	-0.01520	0.03794	1.012	100.63
b5	0.00202	0.273	0.00170	-0.00200	0.00603	1.189	175.13
b6	-0.02088	0.116	0.01165	-0.04843	0.00667	-1.792	116.48
b7	0.000763	0.00106	0.000142	0.000426	0.00110	5.358	282.94
b8	0.00277	0.04174	0.00112	0.000137	0.00541	2.488	173.07

2.2 ตาราง ANOVA

ตารางที่ 36 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อพื้นที่ผิว โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	1708004.7	90	213501	9.136	0.00259	8
Residual	186951	10	23368.9			8
LOF Error	182030	10 (97)	36406.0	22.1951	0.01416	5
Pure Error	4920.8	0 (3)	1640.3			3
Total	1894955.5	100				16

ตารางที่ 37 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าการดูดซับไอโอดีน โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA						
Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	565560	90	70695.0	7.811	0.00682	8
Residual	63356.0	10	9050.9			7
LOF Error	9927.2	2 (16)	2481.8	0.1394	0.956	4
Pure Error	53428.8	8 (84)	17809.6			3
Total	628916	100				15

ตารางที่ 38 แสดง ANOVA ที่ได้จากการวิเคราะห์ผลของสภาวะดำเนินการผลของการกระตุ้นด้วยไอน้ำต่อค่าร้อยละผลได้ โดยใช้โปรแกรม Regression

ANOVA

Source	SS	SS%	MS	F	F Signif	df
Regression	557.25	89	69.66	6.981	0.00943	8
Residual	69.84	11	9.978			7
LOF Error	56.75	9 (81)	14.19	3.2518	0.180	4
Pure Error	13.09	2 (19)	4.363			3
Total	627.09	100				15

ภาคผนวก จ

การคำนวณค่าใช้จ่าย

1. ค่าสารเคมี

- กรดฟอสฟอริก 1 ลิตร 610 บาท
- โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กิโลกรัม 280 บาท

การคำนวณ

คิดจากสภาวะที่ดีที่สุด คืออัตราส่วนขี้เลื่อย:กรดเป็น 1:1.5ใช้กรดฟอสฟอริก 37.5 มิลลิลิตร และโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.1 กรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายเท่ากับ 22.898 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองที่ให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

2. Spec ของ Tube Furnace

- อุณหภูมิสูงสุด 1200 องศาเซลเซียส
- กระแสสูงสุด 8.3 แอมป์
- ความต่างศักย์ 220-240 โวลต์

3. พลังงานที่ใช้ในส่วนของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก

คิดจากสภาวะที่ดีที่สุด คือ คาร์บอไนซ์ขั้นต้นที่ 200 องศาเซลเซียส 15 นาที และกระตุ้นที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 68 นาที

$$P = \frac{VxI}{1000} \qquad (30)$$

เมื่อ

P = กำลัง (กิโลวัตต์ต่อชั่วโมง)

V = ความต่างศักย์ (โวลต์)

I = กระแส (แอมป์)

การคำนวณ

2.1 คาร์บอไนซ์ขั้นต้นที่ 200 องศาเซลเซียส 15 นาที

$$P = \frac{220x1.38}{1000} = 0.3036\frac{kW}{hr}x\frac{15\,\text{min}}{60\,\text{min}} = 0.0759\frac{kW}{hr}x4\frac{Baht}{kW/hr}$$

$$= 0.3036Baht$$

2.2 กระตุ้นที่อุณหภูมิ 550 องศาเซลเซียส 68 นาที

$$P = \frac{220x3.804}{1000} = 0.837\frac{kW}{hr}x\frac{68\,\text{min}}{60\,\text{min}} = 0.95\frac{kW}{hr}x4\frac{Baht}{kW/hr}$$

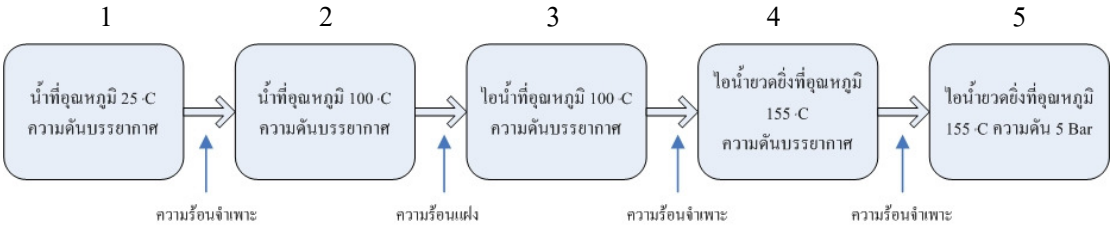
$$= 3.80Baht$$

ดังนั้น ค่าไฟฟ้าในส่วนของการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก เท่ากับ 0.3036+3.80 = 4.1036 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองซึ่งให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

4. พลังงานที่ใช้ในส่วนของการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

คิดจากสภาวะที่ดีที่สุด คือ คาร์บอไนซ์ขั้นต้นที่ 400 องศาเซลเซียส 45 นาที และกระตุ้นที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส 68 นาที

3.1พลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนสถานะจากน้ำเป็นไอน้ำยวดยิ่ง



ภาพประกอบที่ 63 แผนภาพการเปลี่ยนสถานะจากน้ำที่ความดันบรรยากาศเป็นไอน้ำยวดยิ่งที่ความดัน 5 บาร์

การคำนวณ

อัตราการไหลเชิงปริมาตรของไอน้ำตลอดการทดลอง 4 l/min
โดยไอน้ำอุณหภูมิ 155°C ความดันคงที่ 5 bar
จากตารางเทอร์โมไดนามิกส์ ความหนาแน่นของไอน้ำที่สภาวะข้างต้น เท่ากับ 2.67 kg/m^3
ดังนั้น ที่อัตราการไหลเชิงมวล จะได้

$$\frac{4l}{\min} x \frac{1m^3}{1000l} x \frac{2.67kg}{m^3} = 0.01068 \frac{kg}{\min} x \frac{60\min}{1hr}$$

$$= 0.6408 \frac{kg}{hr}$$

การคำนวณหาความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนที่ 1-2

ค่าความจุความร้อนของน้ำที่อุณหภูมิ 25-100 องศาเซลเซียส มีค่าคงที่เท่ากับ $4.184\ \frac{kJ}{kg-^{o}C}$

$$Q_1 = mC_p\Delta T$$

$$= \left(0.6408\frac{kg}{hr}\right)\left(4.184\frac{kJ}{kg-^{o}C}\right)(100-25)^{o}C$$

$$=201.083\frac{kJ}{hr}$$

การคำนวณหาความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนที่ 2-3

เป็นการหาค่าความร้อนที่ทำให้น้ำเหลว 100 องศาเซลเซียส กลายเป็นไอน้ำที่ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดันบรรยากาศ จาก

$$Q_2 = \Delta H = h_g - h_f$$

$$= (2675.5-417.46)\frac{kJ}{kg}$$

$$= 2258.04\ \frac{kJ}{kg}\ x0.6408\frac{kg}{hr}$$

$$=1146.95\ \frac{kJ}{hr}$$

การคำนวณหาความร้อนที่ใช้ในขั้นตอนที่ 3-5

เป็นการหาความร้อนที่ใช้เพื่อทำให้ไอน้ำ 100 องศาเซลเซียส ที่ความดัน บรรยากาศกลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียส ที่ความดัน 5 bar ค่า h_g ได้จากตารางเทอร์โมไดนามิกส์โดยค่า h_{g5} ได้จากอุณหภูมิ 152 องศาเซลเซียส ถึงแม้จะมีความต่างของอุณหภูมิแต่เนื่องจากดีกรีความต่างมีเพียงแค่ 3 องศาดังนั้นจึงใช้ค่า ณ จุดนี้

$$
\begin{aligned}
Q_3 &= h_{g5} - h_{g3} \\
&= (2748.7 - 2675.5)\frac{kJ}{kg} \\
&= 73.2\frac{kJ}{kg}\,x0.6408\frac{kg}{hr} \\
&= 46.91\frac{kJ}{hr}
\end{aligned}
$$

เพราะฉะนั้นการหาความร้อนรวมในการใช้ตลอดทั้งกระบวนการเท่ากับ

$$Q1+Q2+Q3 = 201.083+1146.95+46.91$$

$$= 1394.943\frac{kJ}{hr}$$

$$= 1394.943\frac{kJ}{hr}\,x\left(\frac{1kW.s}{1kJ}\right)\left(\frac{1hr}{3{,}600s}\right)$$

$$= 0.387 \text{ kW}$$

ดังนั้น ในเวลา 1 ชั่วโมงใช้พลังงาน เท่ากับ 0.387 kW

คิดเป็นค่าไฟฟ้า $= 0.387\frac{kW}{hr}\,x\frac{113\,\text{min}}{60\,\text{min}}4\frac{Baht}{kW/hr} = 2.92\,\text{Baht}$

3.2 พลังงานที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์

คาร์บอไนซ์ที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 45 นาที

คำนวณโดยใช้สมการ (30)

$$P = \frac{220x2.77}{1000} = 0.6094\frac{kW}{hr}x\frac{45\,\text{min}}{60\,\text{min}} = 0.457\frac{kW}{hr}x4\frac{Baht}{kW/hr}$$

$$= 1.83 Baht$$

3.3 พลังงานที่ใช้ในการกระตุ้น

กระตุ้นที่ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 68 นาที

คำนวณโดยใช้สมการ (30)

$$P = \frac{220x4.496}{1000} = 0.9891\frac{kW}{hr}x\frac{68\,\text{min}}{60\,\text{min}} = 1.121\frac{kW}{hr}x4\frac{Baht}{kW/hr}$$

$$= 4.484 Baht$$

ดังนั้นค่าไฟฟ้าการกระตุ้นด้วยไอน้ำเท่ากับ 2.92 +1.83 + 4.484 = 9.234 บาทต่อหนึ่งชุดการทดลองซึ่งให้ถ่านกัมมันต์ 7 กรัม

กรณีใช้แก๊สหุงต้มในการเปลี่ยนสถานะของน้ำ

จากข้างต้นพลังงานที่ใช้เปลี่ยนสถานะของน้ำที่ความดันบรรยากาศไปเป็นไอน้ำยวดยิ่งที่ความดัน 5 bar เท่ากับ 1,394.943 kJ หรือเท่ากับ 1.394 MJ

ค่า Low Heating Value ของก๊าซหุงต้มส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 30-50 $\frac{MJ}{kg}$

จาก(www.mitr.com วันที่ 23/04/07) อัตราส่วน Propane 60 % โดยน้ำหนัก Butane 40 % โดยน้ำหนัก ค่า Low Heating Value เท่ากับ 46.12 $\frac{MJ}{kg}$

ดังนั้น ก๊าซ 1 ถัง (48 kg) ให้ค่าความร้อน 2213.76 MJ

พลังงานที่ใช้ตลอดการทดลอง = 1.394 MJ x $\frac{113\,\text{min}}{60\,\text{min}}$ =2.629 MJ

ดังนั้น จำนวนถังที่ใช้เท่ากับ = $\frac{2.629MJx48kg}{2213.76MJ} = 0.057kg$