บทที่ 3
วัสดุอุปกรณ์ และวิธีทดลอง

งานวิจัยนี้ได้สร้างเตาเผาสำหรับเผาถ่านที่อุณหภูมิสูง เครื่องมือสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ และภาชนะบรรจุสารที่ใช้ในเตา พบว่าปัญหาในการทดลองนั้นปัญหาใหญ่เกิดจากการออกแบบระบบเตาหมุนในการเผาสาร ดังนั้นในการทดลองนี้จะใช้วิธีการให้ทรงกระบอกใส่สารหมุนแทนการหมุนเตา รายละเอียดวัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลองมีดังต่อไปนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ประกอบด้วย อุปกรณ์ต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

เครื่องชั่งสาร
เตาไฟฟ้าเผาสาร และ อุปกรณ์เผาสาร
เครื่องควบคุมอุณหภูมิ
ค้อน
บีกเกอร์ ขนาดต่าง ๆ
กระบอกตวงสาร 50 cc.
บิวเรต
ปิเปต
เทอร์โมมิเตอร์
กรวย
เครื่องบดสาร
เครื่องมือทดสอบความต้านทานของของเหลว
กระดาษกรอง
Thermocouple
เตาอบสาร
มัลติมิเตอร์
อุปกรณ์วัดความหนาแน่นของถ่านที่มีปฏิกิริยา

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.2 สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบคุณสมบัติของ ถ่านที่มีปฏิกิริยา

1. Sodium Thiosulphate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$),Laboratory Reagent, E. Merch
2. Iodine (I_2),Laboratory Reagent,May & Baker Ltd.
3. แป้ง (Starch),Laboratory Reagent,BDH
4. Sodium Carbonate (Na_2CO_3),Laboratory Reagent, E. Merch
5. กรดซัลฟูริก (H_2SO_4),AR,E. Merch
6. กรดไฮโดรครอริก (HCl),AR,E. Merch
7. Potassium Iodide (KI),Laboratory Reagent,May & Baker Ltd.
8. Potassium Iodate (KIO_3),Laboratory Reagent,E. Merck
9. น้ำกลั่น กลั่นโดยเครื่องกลั่นน้ำในห้องอิเลคทรอนิคส์

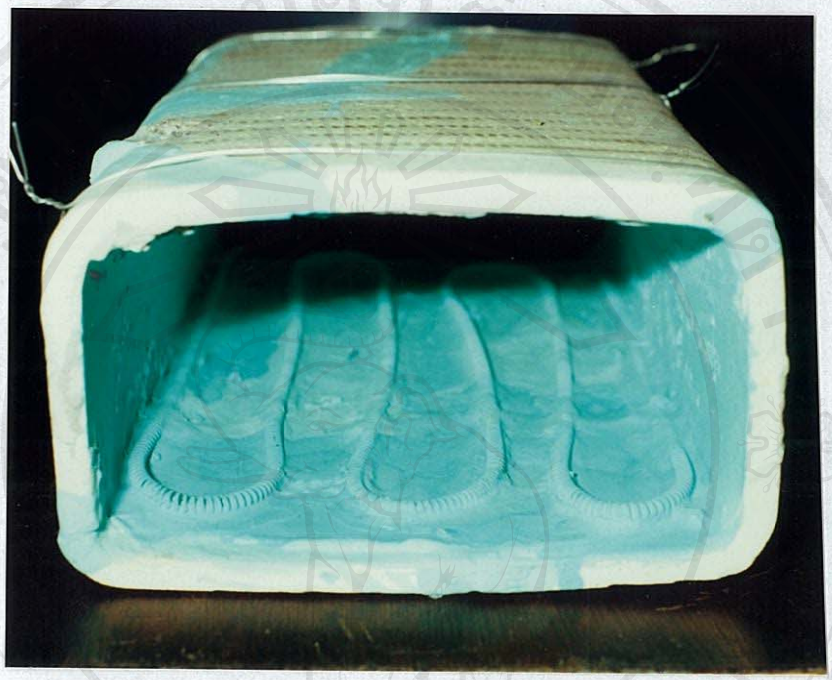
3.3 การสร้างอุปกรณ์ในการทดลอง

3.3.1 เตาไฟฟ้าเผาสารที่ให้อุณหภูมิสูงสุดประมาณ 1200 °C ดำเนินการสร้างดังนี้ นำโครงเตาไฟฟ้าเก่ามาซ่อมแซมโดยนำลวดความร้อนเก่าที่เสียออกโดยการกระเทาะซีเมนต์ทนความร้อนออกอย่างระมัดระวัง นำลวดความร้อนใหม่มาขดเป็นรูปคอล์ยจำนวน 2 เส้น ดังแสดงในรูป 3.1 ลวดความร้อนนั้นคือ Kanthal (Iron-Chromium-Aluminium)

รูปที่ 3.1 เส้นลวดที่นำมาพันเป็นรูปคอล์ย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

โดยแต่ละเส้นมีความต้านทานประมาณ 20 โอห์ม นำไปติดที่ผนังด้านในของผนังเตา ใช้ซีเมนต์ทนความร้อนยึดเส้นลวดทนความร้อนติดกับผนังเตา ทาซีเมนต์ซ้ำหลาย ๆ ครั้ง แล้วทิ้งไว้รอให้แห้งดังรูป 3.2



รูปที่ 3.2 นำเส้นลวดความร้อนติดที่ผนังเซรามิกส์ของเตา

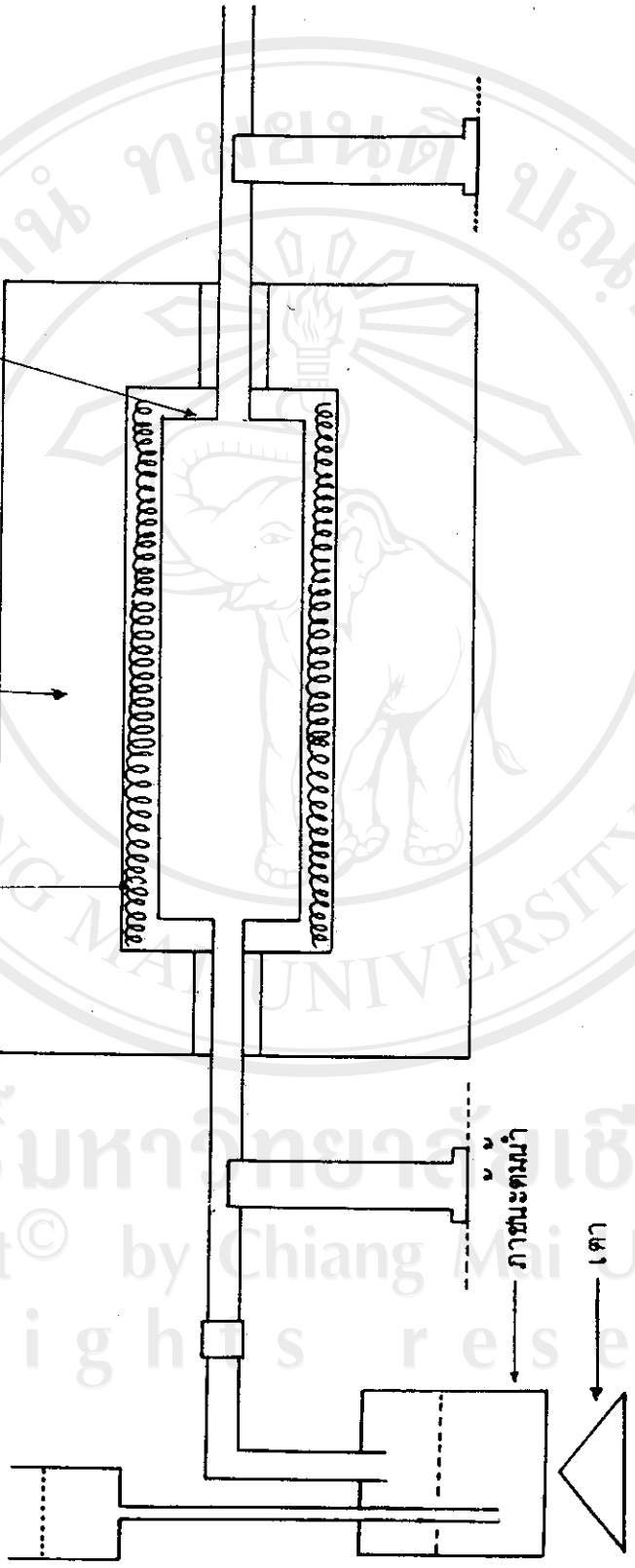
เมื่อเส้นลวดความร้อนติดกับผนังเซรามิกส์ดีแล้ว นำเซรามิกส์ไปประกอบที่ผนังเตาแล้วบุด้วยฉนวนกันความร้อน (Asbestos) ต่อสายจากเส้นลวดนำความร้อนไปยังแหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 โวล์ท ของระบบควบคุมอุณหภูมิ

การนำเตามาเผาถ่าน ระบบจะประกอบด้วยเตาและภาชนะใส่สารเผา แต่เมื่อทำการแอคติเวท จะมีอุปกรณ์ให้ไอน้ำกับถ่านในภาชนะอับอากาศนั้น ดังรูป 3.2.1

3.3.2 ระบบควบคุมอุณหภูมิ วงจรของระบบควบคุมอุณหภูมินี้ดัดแปลงจากระบบควบคุมอุณหภูมิด้วย Computer[9] โดยมีลายวงจร และ Diagram ของระบบดังรูป 3.3 และรูป 3.4

อุปกรณ์

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.2.1 อุปกรณ์ในการ Activation

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วงจรกำเนิดกระแสคงที่

1. หม้อแปลงไฟฟ้า 220/15-0-15	จำนวน	1	ตัว
2. ไอซี เบอร์ 7812	จำนวน	1	ตัว
3. ไอซี เบอร์ 7912	จำนวน	1	ตัว
4. ไอซี เบอร์ 78L05	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวเก็บประจุ 3300 µf/35 v	จำนวน	2	ตัว
6. ตัวเก็บประจุ 22 µf/25 v	จำนวน	2	ตัว
7. ตัวเก็บประจุ 10 µf/25 v	จำนวน	1	ตัว
8. ตัวเก็บประจุ 3.3 µf/25 v	จำนวน	1	ตัว
9. ไดโอด เบอร์ 1N4001	จำนวน	4	ตัว

วงจรเปรียบเทียบแรงดัน

1. ตัวต้านทาน 6.8 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว
2. ตัวต้านทาน 1 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	2	ตัว
3. ตัวต้านทาน 910 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน 100 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 50 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	2	ตัว
6. ตัวต้านทาน 23 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว
7. ตัวต้านทาน 200 k (แบบปรับค่าได้)	จำนวน	1	ตัว
8. ตัวต้านทาน 10 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว
9. ตัวต้านทาน 47 k (แบบปรับค่าได้)	จำนวน	1	ตัว
10. ไอซี เบอร์ 741	จำนวน	2	ตัว
11. ไดโอด 1N4001	จำนวน	1	ตัว
12. ตัวเก็บประจุ 150 pf (Cerramic)	จำนวน	1	ตัว

วงจรป้องกัน

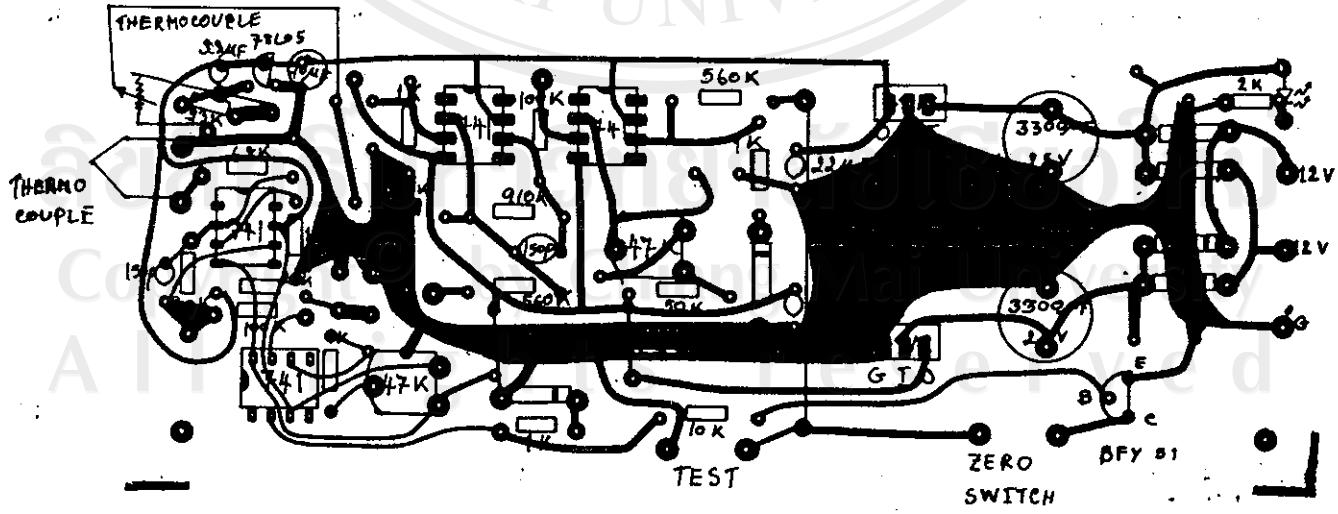
1. ตัวต้านทาน 6.8 k ชนาด 1/4 วัตต์	จำนวน	1	ตัว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

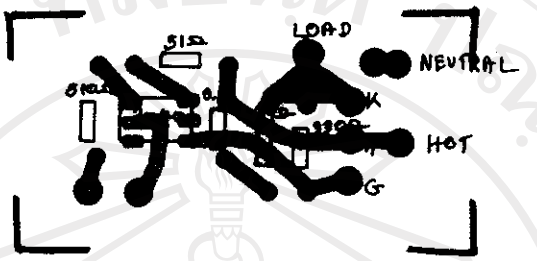
2. ตัวต้านทาน	910	k	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน	1	k	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	3	ตัว
4. ตัวต้านทาน	100	k	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน	10	k	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน	47	k	(แบบปรับค่าได้)			จำนวน	1	ตัว
7. ตัวเก็บประจุ	150	pf	(Ceramic)			จำนวน	1	ตัว
8. ทรานซิสเตอร์ NPN เบอร์ BFY 51						จำนวน	1	ตัว
9. ไอซี เบอร์ 741						จำนวน	2	ตัว

วงจร Zerocrossing switch

1. ไอซี เบอร์ 3040						จำนวน	1	ตัว
2. ไตรแอค เบอร์ Q4015L5						จำนวน	1	ตัว
3. ตัวต้านทาน	51	โอห์ม	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน	330	โอห์ม	ขนาด	1/4	วัตต์	จำนวน	1	ตัว



รูปที่ 3.3 ลายวงจรของระบบควบคุมและป้องกัน



รูป 3.4 ลายวงจรระบบ Zerocrossing switch

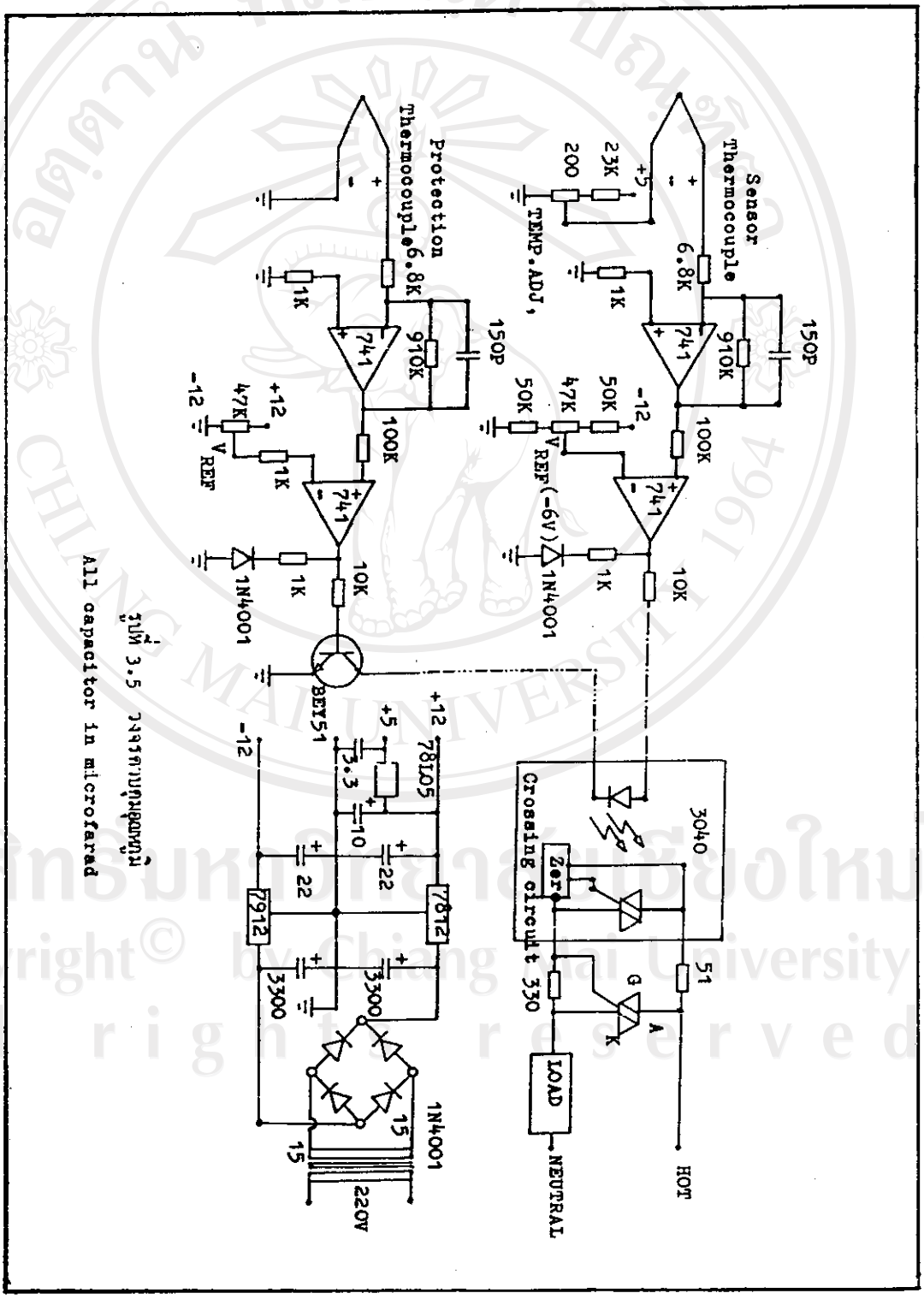
การทำงานของระบบควบคุมอุณหภูมิมีดังนี้

ระบบจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ Step-down เปลี่ยนกระแสไฟฟ้า 220 Volt A.C. เป็น 12 Volt A.C. Diode แบบ Bridge จะทำหน้าที่เปลี่ยน 12 Volt A.C. เป็น ประมาณ 17 Volt D.C. Capacitors และ I.C. Regulator ทำหน้าที่ปรับความต่างศักย์ให้เรียบมากที่สุด และจ่ายความต่างศักย์ +12,-12,+5 Volt เข้าวงจรควบคุม

ระบบควบคุมประกอบด้วย I.C.เบอร์ 741 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ขยายสัญญาณจาก Input แบบ Inverter Input ของระบบประกอบด้วย Voltage source ต่อกับ thermocouple แบบอนุกรม Voltage source สามารถปรับความต่างศักย์อยู่ในช่วง Ø-44 mv. และรวมกับ Voltage จาก Thermocouple แล้วความต่างศักย์ไม่เกิน 44 mv. I.C.ตัวที่ 2 จะทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณที่ขยายจาก Input voltage กับ Reference voltage เมื่อสัญญาณที่ขยายจาก Input voltage มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ Reference voltage ระบบจะไม่จ่ายกระแสไปยัง Zerocrossing switch ในระบบนี้สัญญาณจาก Input ต้องน้อยกว่า 44 mv. ระบบจึงจะทำงาน

เริ่มต้นที่อุณหภูมิห้องระบบยังไม่ทำงาน Thermocouple จะมีความต่างศักย์เป็น Ø mv. และ Voltage source มีความต่างศักย์ 44 mv. เมื่อสัญญาณผ่าน I.C. ตัวแรกไป

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.5 วงจรภาคกำลังไฟฟ้า

All capacitor in microfarad

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เปรียบเทียบกับ Reference voltage ระบบจะไม่จ่ายกระแสออกมา แต่ถ้าปรับ Voltage source จนมีความต่างศักย์ต่ำกว่า 44 mv. ระบบจะจ่ายกระแสออกมา ทำให้ Zerocrossing switch ทำงานมีการส่งกระแสไฟฟ้าไปยังเตา เตาจะร้อนขึ้น จะทำให้ Thermocouple มีความต่างศักย์เพิ่มขึ้น เมื่อรวมกับ Voltage source แล้วมีความต่างศักย์เท่ากับ 44 mv. ระบบจะหยุดทำงาน ในกรณีต้องการควบคุมอุณหภูมิที่อุณหภูมิสูงต้องปรับความต่างศักย์ให้ต่ำกว่า 44 mv. มาก ๆ

ระบบ Zerocrossing switch จะทำงานเมื่อมีกระแสจากระบบควบคุมไปกระตุ้น โดยผ่านกระแสเข้าไปที่ I.C.เบอร์ 3040 เพื่อควบคุมการทำงานที่ขา Gate ของ Triac เมื่อ Triac ทำงานจะมีกระแสไหลผ่านไปยังเตา

ระบบป้องกัน เป็นระบบป้องกันไม่ให้เตามีอุณหภูมิสูงถึงจุดหลอมเหลวของลวดความร้อนกรณีนี้จะเกิดขึ้นได้เมื่อ Thermocouple ของระบบควบคุมขาด ทำให้ Input voltage เป็นศูนย์ ระบบจะจ่ายกระแสให้เตาตลอดเวลาระบบนี้จะคล้ายกับระบบควบคุมอุณหภูมิ ประกอบด้วย I.C.เบอร์ 741 2 ตัว ตัวแรกทำหน้าที่ขยายสัญญาณป้องกันจาก Thermocouple ที่ฝังในผนังเตา การขยายสัญญาณเป็นแบบ Inverter I.C. ตัวที่ 2 จะทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณจาก Input voltage กับ Reference voltage เมื่อ Input voltage มีค่าน้อยกว่า Reference voltage I.C.ตัวที่ 2 จะจ่ายกระแสให้ทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุม Zerocrossing switch ทำงานตามปกติ แต่ถ้าไม่มีกระแสไหลเข้าทรานซิสเตอร์การควบคุม Zerocrossing switch จะไม่ขึ้นกับระบบควบคุม เป็นการตัดการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับเตา

3.4 วิธีการทดลองการเตรียมถ่านที่มีปฏิกิริยา

1. นำกะลามะพร้าวมาทำความสะอาดและตากให้แห้งประมาณ 7 วันจัดการทุบให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ เพื่อใส่ในเตาเผาได้สะดวก น้ำหนักกะลาที่เผาแต่ละครั้ง ประมาณ 300 กรัม

2. เผากะลาที่อุณหภูมิต่าง ๆ กันคือ 400 600 800 และ 1000 °C เวลาที่ใช้ในการเผาไม่จำกัดเพียงแต่ให้การเผาหมดควันเท่านั้น ปล่อยทิ้งไว้ให้เย็นแล้วนำมาบดโดย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เครื่องปั่นไฟฟ้าเพื่อให้เป็นเม็ดละเอียด

3. นำถ่านที่ได้มาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี และ ฟิสิกส์

4. นำถ่านที่บดละเอียดแล้วมาเผาในบรรยากาศไอน้ำ (Activation) ที่อุณหภูมิ 600 และ800 °C โดยใช้เวลา 0.5 1 1.5 และ2 ชั่วโมง

5. นำถ่านที่มีปฏิกิริยามาทดสอบคุณสมบัติทางเคมี และฟิสิกส์

6. ทำการทดลองใหม่ โดยใช้สารเริ่มต้นซุยมะพร้าวเผาแต่ละครั้งใช้ซุยมะพร้าวหนักประมาณ 75 กรัม

รายละเอียดของการเผาถ่านและการเผาในบรรยากาศไอน้ำ (Activation) ของกะลา และซุยมะพร้าวดังตารางต่อไปนี้

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.1 แสดงรายละเอียดการเผาถ่านและการเผาในบรรยากาศไอน้ำ (Activation) จากสารเริ่มต้นกะลามะพร้าว

ชนิดของสาร	เผาให้เป็นถ่าน		แอคติเวทด้วยไอน้ำ	
	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ช.ม.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ช.ม.)
กะลา 4-1.5	400	1.5	-	-
กะลา 6-1	600	1	-	-
กะลา 8-1	800	1	-	-
กะลา 10-1	1000	1	-	-
1กะลา 4-1.5	400	1.5	800	0.5
1กะลา 6-1	600	1	800	0.5
1กะลา 8-1	800	1	800	0.5
1กะลา 10-1	1000	1	800	0.5
*1กะลา 6-2	600	2	600	0.5
4กะลา 6-2	600	2	600	2

* เผาให้เป็นถ่าน แล้วแอคติเวทในบรรยากาศไอน้ำโดยไม่บดให้ละเอียด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง 3.2 แสดงรายละเอียดการเผาถ่านและการแอคติเวทในบรรยากาศไอน้ำ (Activation) จากสารเริ่มต้นชุยมะพร้าว

ชนิดของสาร	เผาให้เป็นถ่าน		แอคติเวทด้วยไอน้ำ	
	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ช.ม.)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (ช.ม.)
ชุย 4-1	400	1	–	–
ชุย 6-1	600	1	–	–
ชุย 8-1	800	1	–	–
ชุย 10-1	1000	1	–	–
1ชุย 4-1	400	1	800	0.5
1ชุย 6-1	600	1	800	0.5
1ชุย 8-1	800	1	800	0.5
1ชุย 10-1	1000	1	800	0.5
*1ชุย 6-1	600	1	600	0.5
*2ชุย 6-1	600	1	600	1
*3ชุย 6-1	600	1	600	1.5
*4ชุย 6-1	600	1	600	2
*1ชุย 6-2	600	2	600	1

* เผาครั้งแรก และแอคติเวทด้วยไอน้ำต่อเนื่องโดยไม่ผ่านการบดให้ละเอียด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3.5 ตัวเลขไอโอดีน[10]

การเตรียมสารเคมี

1. เตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 5%-wt โดยเติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 55 ml. ลงในน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 500 ml.

2. เตรียมสารละลายกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ให้มีความเข้มข้น 2 N โดยเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ml. ลงในน้ำกลั่น 18 ml.

3. เตรียมสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) ให้มีความเข้มข้น 0.1 N โดยละลายสาร ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) หนัก 24.82 กรัมลงในน้ำกลั่นประมาณ 20 ml. แล้วเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ประมาณ 0.1 กรัม จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไปจนสารละลายมีปริมาตร 1000 ml.

4. เตรียมสารละลายไอโอดีนให้มีความเข้มข้น 0.1 N โดยละลายเกล็ดไอโอดีนหนัก 12.7 กรัมและโปแตสเซียมไอโอไดด์ 19.1 กรัม ลงในน้ำกลั่นประมาณ 30-40 ml. เขย่าให้สารละลายจนหมด เจือจางสารโดยเติมน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 ml. เก็บไว้ใน glass-stoppered volumetic flask ในที่มืด

5. เตรียมสารละลายน้ำแป้ง (Starch indicator) โดยผสมแป้งหนัก 1 กรัม ผสมลงในน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มและปล่อยให้เย็น 2-3 ml. เขย่าให้เปียก เทของผสมลงในน้ำกลั่นที่กำลังเดือด 1000 ml. ต้มต่อไปประมาณ 2-3 นาที ปล่อยให้เย็นแล้วจึงนำมาใช้ เพื่อให้ผลการทดลองที่ดีที่สุด สารละลายนี้ควรเตรียมใหม่ทุกครั้ง

การทดสอบมาตรฐานสารเคมีที่ใช้[11]

1. ทดสอบมาตรฐานสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต นำเกล็ดสารโปแตสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ที่มีความบริสุทธิ์ 99.9 % ไปอบที่อุณหภูมิ 120° C ประมาณ 1 ช.ม. ชั่งสารนี้ให้น้ำหนักอยู่ในช่วง 0.14-0.15 กรัม ผสมกับสารโปแตสเซียมไอโอดาย (KI) 2 กรัม

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

และเติมน้ำกลั่นที่ผ่านการต้มแล้วปล่อยทิ้งไว้ให้เย็น 25 ml. เขย่าจนสารทั้งหมดละลายแล้วจึงเติมกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ที่มีความเข้มข้น 2 N จำนวน 5 ml. จะเห็นว่าสีของสารละลายเปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีน้ำตาลแก่ สารละลายที่ได้นี้จะเป็นตัวทดสอบมาตรฐานสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟต ในการทดสอบหยดสารละลาย ($Na_2S_2O_3$) ลงในสารละลายสีน้ำตาลแก่ (Tritation) จะสังเกตเห็นสีสารละลายจะค่อย ๆ เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อน จากนั้นทำให้สารละลายเจือจางโดยเติมน้ำกลั่น 200 ml. เติมน้ำแป้งลงในสารละลายจำนวน 2 ml. สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน จากนั้นไตเตรตสารต่อจนสีน้ำเงินเปลี่ยนเป็นไม่มีสีแสดงว่าไอโอดีนทำปฏิกิริยาหมดแล้ว นำปริมาตรของสารละลาย ($Na_2S_2O_3$) ที่ได้จากการไตเตรตมาคำนวนหา Normality ทดสอบซ้ำประมาณ 3 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของ Normality ของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตมาตรฐาน

$$1\ ml.\text{-}N\ Na_2S_2O_3 = 0.03567\ gm.\ KIO_3$$

$$\text{Normality } Na_2S_2O_3 = \frac{\text{จำนวนกรัมของ } KIO_3}{(0.03567 \times \text{จำนวน } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้})}$$

2. ทดสอบมาตรฐานสารละลายไอโอดีน โดยนำสารละลายไอโอดีน 25 ml. มาไตเตรตโดยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ทราบค่า Normality ไตเตรตจนได้สีเหลืองอ่อนของไอโอดีน เติมน้ำแป้งลงไป 2 ml. แล้วไตเตรตต่อจนสีน้ำเงินของน้ำแป้งกลายเป็นไม่มีสี ทำการทดสอบประมาณ 3 ครั้งจะหาค่าเฉลี่ยความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนได้ดังนี้

$$\text{Normality ของสารละลายไอโอดีน} = \frac{\text{N ของ } Na_2S_2O_3 \times \text{ปริมาตรของ } Na_2S_2O_3 \text{ ที่ใช้}}{25}$$

วิธีการทดสอบคุณสมบัติของถ่านที่ปฏิกิริยา[10]

1. ชั่งผงถ่านที่ผ่านการบดและอบแห้งแล้วประมาณ 1 กรัม อย่างถูกต้อง
2. เทผงถ่านที่ชั่งได้ลงใน glass-stoppered 250 ml. erlenmeyer

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

flask ที่แห้ง

3. เติมกรดไฮโดรคลอริก (HCl) 5%-wt ลงใน flask จำนวน 10 ml.เขย่าให้ผงถ่านเปียกให้ทั่ว

4. นำไปต้มบน Hotplate ประมาณ 30 วินาที

5. หลังจากปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้องแล้ว เติมสารละลายมาตรฐานของไอโอดีน 0.1 N ลงไป 100 ml.

6. ปิดจุก flask ทันที และเขย่าส่วนผสมอย่างแรงเป็นเวลา 6 นาที

7. กรองส่วนผสมทันทีหลังจากเขย่าครบ 6 นาทีแล้ว โดยการกรองผ่าน fluted filter paper โดยใช้ glass funnel

8. เทสารละลาย 20-30 ml.แรกที่กรองได้ทิ้งไปเก็บส่วนที่เหลือไว้ในบีกเกอร์ที่สะอาด โดยไม่ต้องล้างผงถ่านที่ติดอยู่บนกระดาษกรอง

9. คนสารละลายที่กรองได้ให้เข้ากันด้วย stirring rod แล้วปิเปตต์มา 50 ml. ใส่ลงใน 250 ml. erlenmeyer flask

10. ไตเตรตสารละลายที่ปิเปตต์มานี้ กับสารละลายมาตรฐาน 0.1 N โซเดียม-ไธโอซัลเฟต จนได้สารละลายสีเหลืองใสของไอโอดีน

11. เติมน้ำแป้งลงไปประมาณ 2 ml. และไตเตรตกับสารละลายมาตรฐานของโซเดียมไธโอซัลเฟต 0.1 N ต่อไป โดยเติมทีละหยดจนกระทั่งถึงหยดที่ทำให้สีน้ำเงินของ Indicator จางหายไป จดปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ทั้งหมด

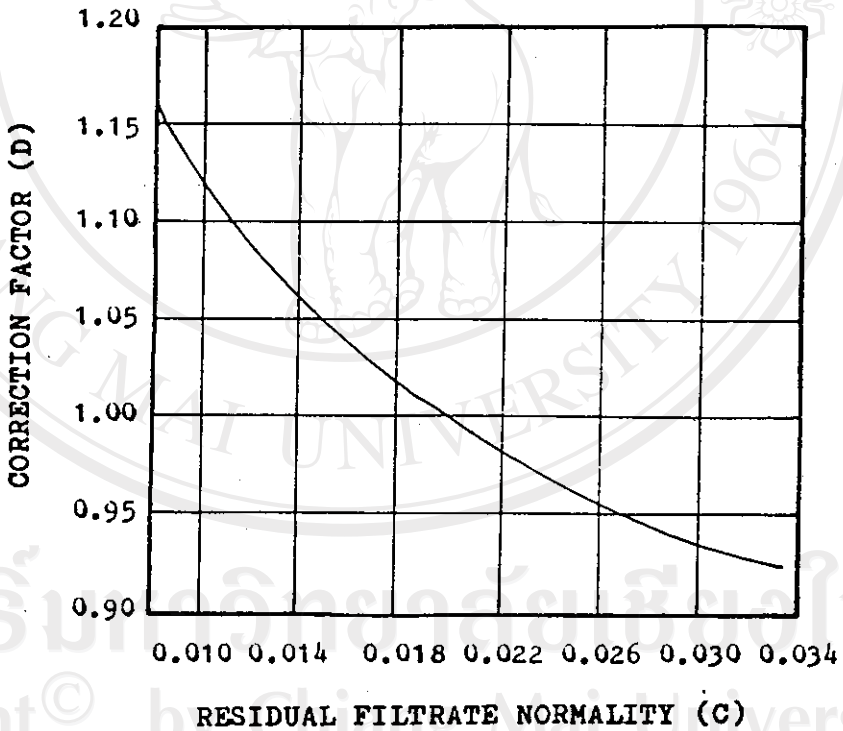
12. คำนวนหาตัวเลขไอโอดีนได้ดังนี้

$$X/M = \frac{A - (2.28 \times \text{ml of Sodium thiosulfate solution used})}{\text{Weight of carbon (gm)}}$$

$$C = \frac{N_2 \times \text{ml of thiosulfate solution used}}{50}$$

$$\text{Iodine number} = (X/M) \times D$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



รูปที่ 3.6 Iodine correction curve

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

เมื่อ X/M = mg iodine adsorbed per gram of carbon

N_1 = normality of iodine solution

N_2 = normality of sodium thiosulfate solution

A = N_1 x 12693.0

B = N_2 x 126.93

C = residual filtrate normality

D = correction factor (figure)

3.6 ความหนาแน่นของถ่าน (Apparent density)[7]

อุปกรณ์ประกอบด้วย

1. Reservior Funnel ซึ่งผลิตด้วยแก้วหรือโลหะ
2. Feed Funnel ผลิตด้วยแก้วหรือโลหะ
3. Metal vibrator
4. Cylinder ที่มีความจุ 100 ml.
5. Balance

รูปที่ 3.7 แสดงถึงอุปกรณ์ในการหาความหนาแน่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วิธีการทดสอบ

1. อบแห้งถ่านที่อุณหภูมิประมาณ 150 °C เป็นเวลานานอย่างต่ำ 3 ชั่วโมง เพื่อไล่ความชื้นออก

2. นำถ่านที่มีปฏิกิริยาเทใส่ลงใน Reservior funnel อย่างระมัดระวังและ Metal vibrator ต้องไม่สั่นก่อนกำหนด ถ้าถ่านไหลลงใน Cylinder ก่อน ก็นำมาเทใน Reservior funnel ใหม่ เปิดสวิทช์ให้ Metal vibrator สั่น

3. เติมสารตัวอย่างใส่ลงใน Reserviorfunnel ให้สารไหลลงใน Metal vibrator ต่อเนื่อง

4. อัตราการไหลของถ่านที่มีปฏิกิริยาลงสู่ Cylinder จะต้องมีค่าอยู่ในช่วง 0.75 - 1.00 ml/s ตามมาตรฐาน ASTM ซึ่งอัตราการไหลนี้จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงขึ้นอยู่กับความเอียงของ Metal vibrator หรืออัตราการไหลของถ่านจาก Reserviorfunnel หรือทั้ง 2 กรณี

5. เมื่อถ่านที่มีปฏิกิริยาเต็มในกระบอกตวงแล้ว นำกระบอกตวงไปชั่งเพื่อหาค่าน้ำหนักที่แท้จริงของถ่าน

คำณวนหาค่าความหนาแน่นพิจารณาได้จากสูตร

Apparent density (gm/ml)=Wieght of carbon/ปริมาตรของถ่าน

3.7 ปริมาณขี้เถ้า (Total ash)[7]

อุปกรณ์ประกอบด้วย

1. Muffle furnace มีช่องทางให้อากาศเข้าและให้ความร้อนอย่างคงที่ประมาณ 650 °C
2. High-temperature crucible ทนความร้อนสูง
3. Analytical balance
4. Desiccator
5. Oven ที่สามารถถ่ายเทอากาศได้และให้อุณหภูมิอย่างต่ำ 145-155 °C

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

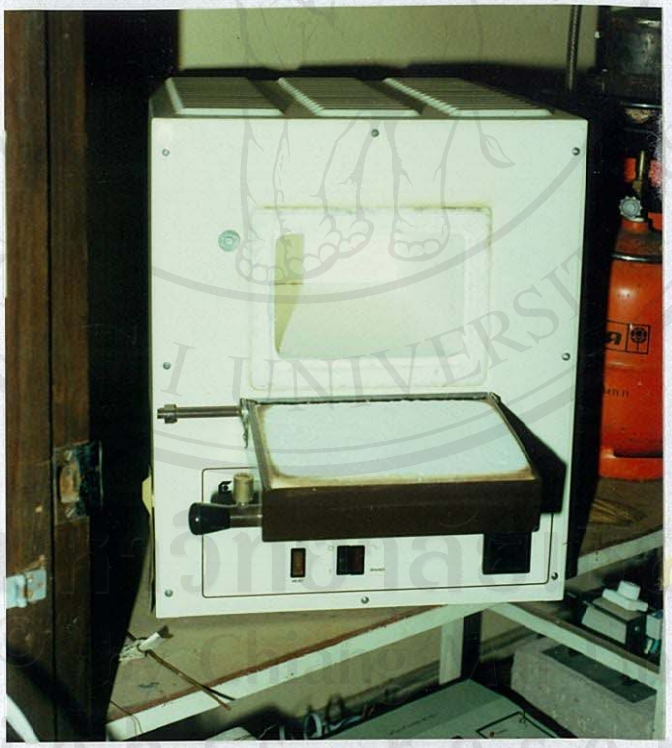
วิธีการทดสอบ

1. เผา Crucible ใน Muffle furnace ที่อุณหภูมิประมาณ 650 °C เป็นเวลา 1 ช.ม. เสร็จแล้วนำมาเก็บไว้ในที่อับอากาศจนเย็นถึงอุณหภูมิห้อง และชั่งน้ำหนัก

2. อบถ่านที่มีปฏิกิริยาที่อุณหภูมิประมาณ 150 °C เป็นเวลา 3 ช.ม. จนสารตัวอย่างมีน้ำหนักคงที่

3. นำถ่านที่มีปฏิกิริยามาชั่งน้ำหนักและเทใส่ใน Crucible นำ Crucible และถ่านที่มีปฏิกิริยานั้นเผาใน furnace ที่อุณหภูมิประมาณ 650 °C การเผานี้จะเผาจนคาร์บอนกลายเป็นขี้เถ้าหมด ใช้เวลาประมาณ 3 – 16 ช.ม.

4. นำ Crucible และ Ash ใส่ในที่อับอากาศแล้วปล่อยให้เย็นจนถึงอุณหภูมิห้อง นำ Ash ไปชั่งที่เครื่องชั่งที่มีความละเอียด 0.1 กรัม และบันทึกผล



รูปที่ 3.8 Muffle furnace

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

คำนวนหาปริมาณขี้เถ้าจากสูตร

Total ash,percent =[(D-B)/(C-D)] x 100

B = น้ำหนักของ Crucible (กรัม)

C = น้ำหนักของ Crucible รวมกับน้ำหนักเริ่มต้นของถ่านที่มีปฏิกิริยา (กรัม)

D = น้ำหนักของ Crucible รวมกับน้ำหนักของก ash (กรัม)

3.8 ปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากการเผา (Percent yield)[7]

อุปกรณ์ประกอบด้วย

เครื่องชั่งละเอียด

บีกเกอร์

วิธีทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักสารเริ่มต้นก่อนทำการเผาถ่าน และการเผาในบรรยากาศไอน้ำ
2. ชั่งน้ำหนักถ่านและถ่านที่มีปฏิกิริยา ที่ได้จากการทดลอง

คำนวนหาปริมาณคาร์บอนที่เหลือจากสูตร

$$\text{Percent yield} = \frac{\text{น้ำหนักถ่านที่มีปฏิกิริยา}}{\text{น้ำหนักสารเริ่มต้น}} \times 100$$

3.9 ความชื้น (Moisture)[7]

อุปกรณ์ประกอบด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

1. เครื่องชั่งมีความละเอียด
2. บีกเกอร์

วิธีทดสอบ

1. ชั่งน้ำหนักถ่านที่มีปฏิกิริยาก่อนเข้า เตาอบ อบสารตัวอย่างที่อุณหภูมิ 150 °C ประมาณ 3 ชั่วโมงในเตาที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้
2. ชั่งน้ำหนักถ่านที่มีปฏิกิริยาภายหลังการอบ

คำณวนหาความชื้นได้จากสูตร

$$\text{ความชื้น} = \frac{(\text{น้ำหนักถ่านที่มีปฏิกิริยาก่อนอบ} - \text{น้ำหนักถ่านหลังการอบ}) \times 100}{\text{น้ำหนักถ่านที่มีปฏิกิริยาก่อนการอบ}}$$

3.10 ความต้านทานของน้ำกลั่นที่ผ่านถ่านที่มีปฏิกิริยา

อุปกรณ์ประกอบด้วย

1. บีกเกอร์
2. กระดาษกรอง
3. เครื่องมือวัดความต้านทานของของเหลว (Wissenschaftlich - techische werstätten - D 8210 weilhem LBR 40)

วิธีการทดลอง

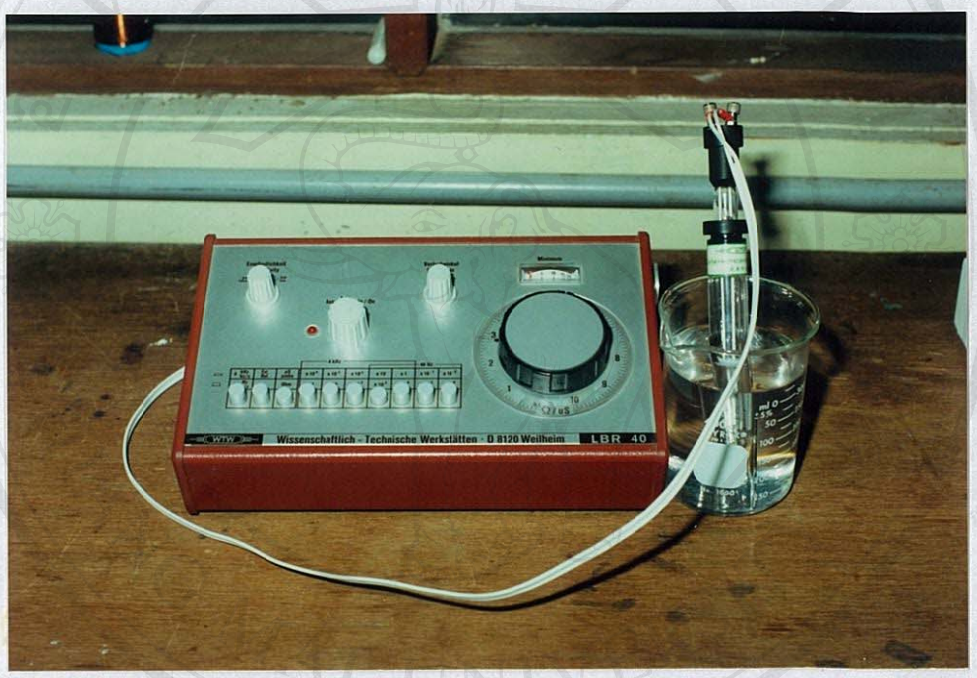
1. ชั่งถ่านที่มีปฏิกิริยา 1 กรัมใส่ในบีกเกอร์ ในครั้งแรกนี้เทน้ำกลั่นลงไป 80 ml.
2. เทผงถ่านพร้อมน้ำกลั่นลงในกระดาษกรอง นำน้ำที่ผ่านกระดาษกรองไปวัดความต้านทาน

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

3. ครั้งต่อ ๆ ไปเทน้ำกลั่นครั้งละ 80 ml. ลงในกระดาษกรองที่มีผงถ่านอยู่แล้ว นำน้ำที่ผ่านกระดาษกรองไปวัดความต้านทาน

4. ทำการทดลองแบบข้อ 3 ให้ครบ 10 ครั้ง

5. วัดความต้านทานของน้ำกลั่นแต่ละครั้ง และนำไปเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับจำนวนครั้ง



รูปที่ 3.9 เครื่องมือวัดความต้านทานของเหลว

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved