

ชื่อวิทยานิพนธ์ การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่ว ของถ่านกัมมันต์
ที่ได้จากกะลามะพร้าว

ผู้วิจัย นายกิตติธร คุปตาภิวัฒน์ **ปริญญา** สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการสิ่งแวดล้อม
อุตสาหกรรม) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพ (2) รองศาสตรา
จารย์ปิติ พุฒไชยศรี **ปีการศึกษา** 2547

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ หาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่ว หาขนาดแผ่น
กรองที่เหมาะสม หาจุดอิ่มตัวของการดูดซับ และศึกษาความเป็นไปได้ในการทำแผ่นกรองไอตะกั่วในเชิง
พาณิชย์

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยนำเอาวัสดุทางธรรมชาติ ได้แก่กะลามะพร้าว ชนิด
มะพร้าวห้าวและมะพร้าวกะทิ ไปเผาที่อุณหภูมิสูง เพื่อทำการปลุกฤทธิ์เป็นถ่านกัมมันต์ และใช้แบบจำลอง
สำหรับผลิตมลพิษชนิดไอตะกั่ว แล้วทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่วที่ความ
หนาของชั้นกรอง 2.5 ซม. 2.0 ซม. 1.5 ซม. และ 1.0 ซม. ตามลำดับจากนั้นทดลองหาจุดอิ่มตัวของชั้นกรอง
และทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ โดยคิดในรูปของการลดค่าความเข้มข้นของไอตะกั่ว และ
การทดสอบค่าที

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความเข้มข้นของไอตะกั่วที่ได้จากแบบจำลองมีค่าคงที่ โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่
0.550 ug. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่วด้วยชั้นกรองพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่
ได้จากกะลามะพร้าวห้าวมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ คิดเป็นร้อยละ 1.63
จากการทดลองหาขนาดของชั้นกรองพบว่า ชั้นกรองที่มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นดีที่สุดคือ 2.5 ซม.
โดยมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นร้อยละ 58.9 รองลงมาคือชั้นกรองที่มีความหนา 2.0 ซม. มี
ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นร้อยละ 56.2 ชั้นกรองที่มีความหนา 1.5 ซม. มีประสิทธิภาพในการลด
ความเข้มข้นร้อยละ 52.1 และชั้นกรองที่มีความหนา 1.0 ซม. มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นร้อยละ
45.4 ตามลำดับ ในส่วนของการหาจุดอิ่มตัว พบว่า ณ ชั่วโมงที่ 1 ชั้นกรองที่มีความหนา 2.5 ซม. มี
ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่วเท่ากับร้อยละ 42.9 ชั่วโมงที่ 2 เท่ากับร้อยละ 46.0 ชั่วโมงที่ 3
เท่ากับร้อยละ 41.2 ชั่วโมงที่ 4 เท่ากับร้อยละ 36.7 ชั่วโมงที่ 5 เท่ากับร้อยละ 39.8 ชั่วโมงที่ 6 เท่ากับร้อยละ
35.1 ชั่วโมงที่ 7 เท่ากับร้อยละ 33.6 ชั่วโมงที่ 8 เท่ากับร้อยละ 36.7 และชั่วโมงที่ 9 เท่ากับร้อยละ 24.3 ทั้งนี้ ณ
ชั่วโมงที่ 8 และชั่วโมงที่ 9 พบว่ามีความแตกต่างกันมากที่สุด

คำสำคัญ ประสิทธิภาพ ถ่านกัมมันต์ ไอตะกั่ว

Thesis title: THE EFFICIENCY COMPARISON OF LEAD VAPOR ABSORPTION FROM
COCONUT SHELL

Researcher: Mr.Kittitorn Kuppataphivut; **Degree:** Master of Public Health (Industrial Environment Management) **Thesis advisors:** (1) Dr. Jakkris Sivadechathep, Associate Professor; (2) Peeti Bhoonchaisri, Associate Professor; **Academic year:** 2004

ABSTRACT

The objective of this research was compare efficiency to reduce lead vapor, finding sizing of filter and saturation of absorption.

The research was an experimental research by natural equipment that make from coconut shell and bring it to burning at high temperature to change to activated carbon and apply lead vapor model to finding in efficiency at filter dimension 2.5 cm., 2.0 cm., 1.5 cm. and 1.0 cm. and finalize with saturation period by vary hour.

The result show that lead vapor from model are stable and maintain average at 0.550 ug. Efficiency to reduce lead vapor between coconut shell it show activated carbon from coconut better than coconut cream at 58.909% at filter thickness 2.5 cm., filter thickness that can get the best efficiency 2.5 cm./58.909% second 2.0 cm./56.251%, 1.5 cm./59.191%, 1.0 cm./45.405% and saturation point with vary hour are hour 1:42.921% hour 2:41.011% hour 3:41.285% hour 4:36.740% hour 5:39.830% hour 6:35.104% hour 7 :33.650% hour 8:36.740% hour 9:24.379% and between hour 8 and 9 are mostly different.

Keywords : Efficiency , Coconut Shell , Lead vapor

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์และคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ ศิวะเดชาเทพรองศาสตราจารย์ปิติ พูนไชยศรี และสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาจากเจ้าหน้าที่ต่างๆ ของศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม นนทบุรี ในการยืมอุปกรณ์ ห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้ในการเก็บตัวอย่างทำวัสดุกรอง ตลอดจนการวิเคราะห์หาค่าต่างๆ

ผู้วิจัยหวังว่า องค์ความรู้ที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม รวมถึงเป็นแนวทางในการทำวิจัยให้กับผู้ที่สนใจต่อไป

กิตติธร คุปตาภิวัฒน์

สิงหาคม 2547

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	2
กรอบแนวคิดการวิจัย	3
ขอบเขตของการวิจัย	4
ข้อตกลงเบื้องต้น	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	5
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	7
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทไอตะกั่ว	12
ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	27
การดูดซับ	38
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	43
รูปแบบการวิจัย	43
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	43
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	43
การเก็บรวบรวมข้อมูล	51
การวิเคราะห์ผลการทดลอง	59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	60
ความเข้มข้นของไอตะกั่วที่แหล่งกำเนิด	62
เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลา มะพร้าวกะทิ	62

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่วที่ความหนา 2.0 cm.	63
ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.5 cm.	64
ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.0 cm.	64
จุดอิ่มตัว (Saturation point) ของชุดกรองไอตะกั่ว	65
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	67
สรุปการวิจัย	67
อภิปรายผล	70
ข้อเสนอแนะ	62
บรรณานุกรม	73
ภาคผนวก	75
ก การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของไอตะกั่ว	76
ข รูปแสดงการเตรียมวัสดุในการทดลอง	79
ประวัติผู้วิจัย	95

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างวัตถุคุดซัซซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาว่าสามารถผลิตเป็น “ถ่านกัมมันต์”	7
ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานการระบายสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม	25
ตารางที่ 3.1 หนาแน่น (Density) ของวัสดุกรอง	52
ตารางที่ 3.2 หาปริมาณไอตะกั่วที่แหล่งกำเนิด	53
ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับ ถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ	54
ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm.	55
ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm.	56
ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.	57
ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่ว	58
ตารางที่ 3.8 หาจุดอิ่มตัวของชุดกรองไอตะกั่ว	59
ตารางที่ 4.1 หนาแน่น (Density) ของวัสดุกรอง	60
ตารางที่ 4.2 ค่าปริมาณของตะกั่วที่แหล่งกำเนิด	62
ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับ ถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิที่ความหนา 2.5cm. ที่เวลาต่างกันทุก 1 ชั่วโมง รวมเป็น 3 ชั่วโมง ในแต่ละประเภทของถ่านกัมมันต์	63
ตารางที่ 4.4 ทดลองหาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 2.0 cm	64
ตารางที่ 4.5 หาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.5 cm.	64
ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของ ชั้นกรอง 1.0 cm.	65
ตารางที่ 4.7 บันทึกผลความเข้มข้นไอตะกั่วที่เวลาต่างๆ	66
ตารางที่ 5.1 มาตรฐานประสิทธิภาพการกรองของประเทศสหรัฐอเมริกา	68
ตารางที่ 5.2 มาตรฐานประสิทธิภาพการกรองของสหภาพยุโรป	68
ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพการทำงานของหน้ากากรุ่น 3M	71

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 รูปทรงตะกั่ว	16
ภาพที่ 2.2 ตะกั่วในรูปครีม	17
ภาพที่ 2.3 ตะกั่วเส้นที่บรรจุในหลอดแบน	17
ภาพที่ 2.4 ตะกั่วเส้นที่บรรจุในหลอดกลม	17
ภาพที่ 2.5 เครื่องตีควอเตอร์โดยใช้ตะกั่ว	18
ภาพที่ 2.6 เครื่องหลอมตะกั่วแบบแบ่งคลื่นความร้อน	19
ภาพที่ 2.7 เครื่องหลอมตะกั่วชนิดเข้าหลอม	20
ภาพที่ 2.8 แสดงการบัดกรีด้วยหัวแรง	20
ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของกราฟไฟท์	27
ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์	28
ภาพที่ 2.11 คุณสมบัติของ “ถ่านกัมมันต์” ที่ผลิตจากวัสดุคืบต่างๆ	29
ภาพที่ 2.12 ลักษณะ โครงสร้าง basal plane ของถ่านปลุกฤทธิ์ที่กระตุ้นด้วยไอน้ำ	31
ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของถ่าน	32
ภาพที่ 2.14 การเกิดรูพรุนที่แตกต่างกันระหว่างกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ	33
ภาพที่ 2.15 ภาพตัดของ micropore และ meapopore	34
ภาพที่ 2.16 สารประกอบออกซิเจนที่ผิวถ่านกัมมันต์ แยกตามหมู่ฟังก์ชันที่มี คุณสมบัติเป็นกรดและเบส	36
ภาพที่ 2.17 การยึดติดของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับในผิวภายในรูพรุน	40
ภาพที่ 3.1 ตู้เตรียมอากาศ	48
ภาพที่ 3.2 การเตรียมชุดกรองไอตะกั่ว	49
ภาพที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างไอตะกั่วโดยผ่านกรองกระดาษโดยตรง	52
ภาพที่ 3.4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าว กับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ	53
ภาพที่ 3.5 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm.	55
ภาพที่ 3.6 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm.	56

สารบัญภาพ (ต่อ)

	หน้า
ภาพที่ 3.7 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.	57
ภาพที่ 3.8 การทดลองหาจุดอิ่มตัวของชุดกรองไอตะกั่ว	58
ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นกรอง (Thickness) และน้ำหนัก (Density)	61
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของชั้นกรอง (Thickness) และปริมาณตะกั่ว Pb	61
ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่ว Pb และน้ำหนักของ ชั้นกรอง Density	62

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตส่วนใหญ่มักใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลัก หรือเป็นส่วนหนึ่งของการผลิต ยกตัวอย่างเช่นในอุตสาหกรรมประกอบแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีการใช้วัตถุดิบที่เป็นโลหะหนักจำพวกตะกั่วทั้งในรูปแบบตะกั่วแท่งที่ใช้ในบ่อตะกั่วที่เรียกว่า Wave Soldering Machine หรือในรูปแบบที่เป็นครีมตะกั่วที่เรียกว่า Solder Paste ที่ใช้ในเครื่อง Re-flow และรวมถึงตะกั่วเส้นที่เรียกว่า Solder Wire ที่ใช้ในการเชื่อมบัดกรีโดยใช้หัวแร้งและแรงงานคนโดยตรง และนอกจากนี้ก็ยังมีอุตสาหกรรมอีกหลายประเภทที่มีกระบวนการผลิตในลักษณะที่คล้ายคลึงกัน โดยใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งกระบวนการเหล่านี้มักจะอาศัย การให้ความร้อนในลักษณะต่างๆ จนทำให้ตะกั่วหลอมละลายและเกิดผลต่างๆ ตามลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันออกไป ประเด็นสำคัญคือ การหลอมละลายจะก่อให้เกิดไอตะกั่ว (Fume) ซึ่งเป็นอนุภาคของแข็งที่กลั่นตัวกลายเป็นไอ (Vapor) โดยกระบวนการกลั่นเป็นไอ (Volatilization) ของสารที่กำลังหลอมเหลว จะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันตามมาด้วย ส่วนมากจะเป็นสารเคมีให้โทษ มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 ไมครอน ดังเช่นไอของตะกั่วซึ่งก่อเกิดมลพิษที่สามารถฟุ้งกระจายได้โดยรอบในพื้นที่ที่มีการทำงานอยู่ และเมื่อสิ่งมีชีวิตสูดดมเข้าไปก็จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลกระทบต่อโลหิตและระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ

ตะกั่ว (Pb) จะเข้าไปทำลายระบบการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง ทำให้ เม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินไม่เพียงพอหรือมีเม็ดเลือดแดงที่สมบูรณ์น้อย ก่อให้เกิดอาการ โลหิตจางซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของโรคพิษตะกั่ว

2. ผลกระทบต่อระบบประสาท

ตะกั่ว (Pb) เป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลางทำให้การควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ให้ร่างกายเคลื่อนไหวสูญเสียไปจนกลายเป็นอัมพาต อีกทั้งยังทำอันตรายต่อสมองทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ ชักกระตุก หมดสติ นอกจากนี้ตะกั่วยังทำให้การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ (Reflex) เสียไป ตลอดจนส่งผลกระทบต่อพัฒนาการทางสมองของเด็ก ซึ่งส่งผลให้ให้ความจำ ความสามารถในการเรียนรู้ และระดับสติปัญญาต่ำกว่าปกติ

3. ผลกระทบต่อระบบหายใจ

ตะกั่วที่เกิดขึ้นในลักษณะฝุ่นจะมีการฟุ้งกระจาย หรือเป็นไอในอากาศ เมื่อสูดดมเข้าไปจะทำให้ตะกั่วไปจับติดอยู่ในระบบทางเดินหายใจ และจะเริ่มทำปฏิกิริยากับร่าพื้นผิวที่จับอยู่ทำให้เกิดการระคายเคือง ในเยื่อจมูก และทำให้รู้สึกแสบจมูก ซึ่งมักจะเป็นอาการในเบื้องต้น และถ้ายังมีการสูดดมอย่างต่อเนื่อง หรือถ้าสูดดมอย่างแรง ไอตะกั่วก็จะวารถเข้าไปถึงปอด และจับตัวอยู่ที่ผิวผนัง ทำให้เกิดการระคายเคือง และทำให้เกิดโรคต่างๆ ตามมามาก

4. ผลกระทบต่อสุขภาพอื่นๆ

นอกจากระบบทางเดินหายใจแล้ว ตะกั่วยังสามารถที่จะแพร่กระจายไปสู่ส่วนต่างๆ ของร่างกายได้ โดบที่อาการพื้นฐานจะทำให้เกิดการระคายเคืองในลักษณะต่างๆ โดยสัมพันธ์กับบริเวณที่มีการสัมผัส หรือสะสมตัวของตะกั่ว เช่นการระคายเคืองต่ออวัยวะตาทำให้น้ำตาไหล ตาแดง ตาอักเสบ ตืดเชื้อ โรคที่ตา ซึ่งเกิดจากการสัมผัสมลพิษหลักที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่อระคายเคือง

จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยพบว่า จากผลการศึกษา ของ วิโชคิ บุญเปลี่ยน ซึ่งได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับของสารไอระเหย โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับไอตะกั่ว โดยทำแผ่นกรองจากวัสดุกะลามะพร้าว เพื่อใช้ป้องกันมลพิษจากไอตะกั่ว ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการกำจัดมลพิษประเภทนี้ ประกอบกับแนวคิดนี้จะสามารถลดต้นทุนของการกำจัดมลพิษประเภทไอตะกั่วลงได้ อีกทั้งยังเป็นแนวทางให้อุตสาหกรรมที่ก่อให้เกิดมลพิษ นำแนวคิดและผลการวิจัยครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

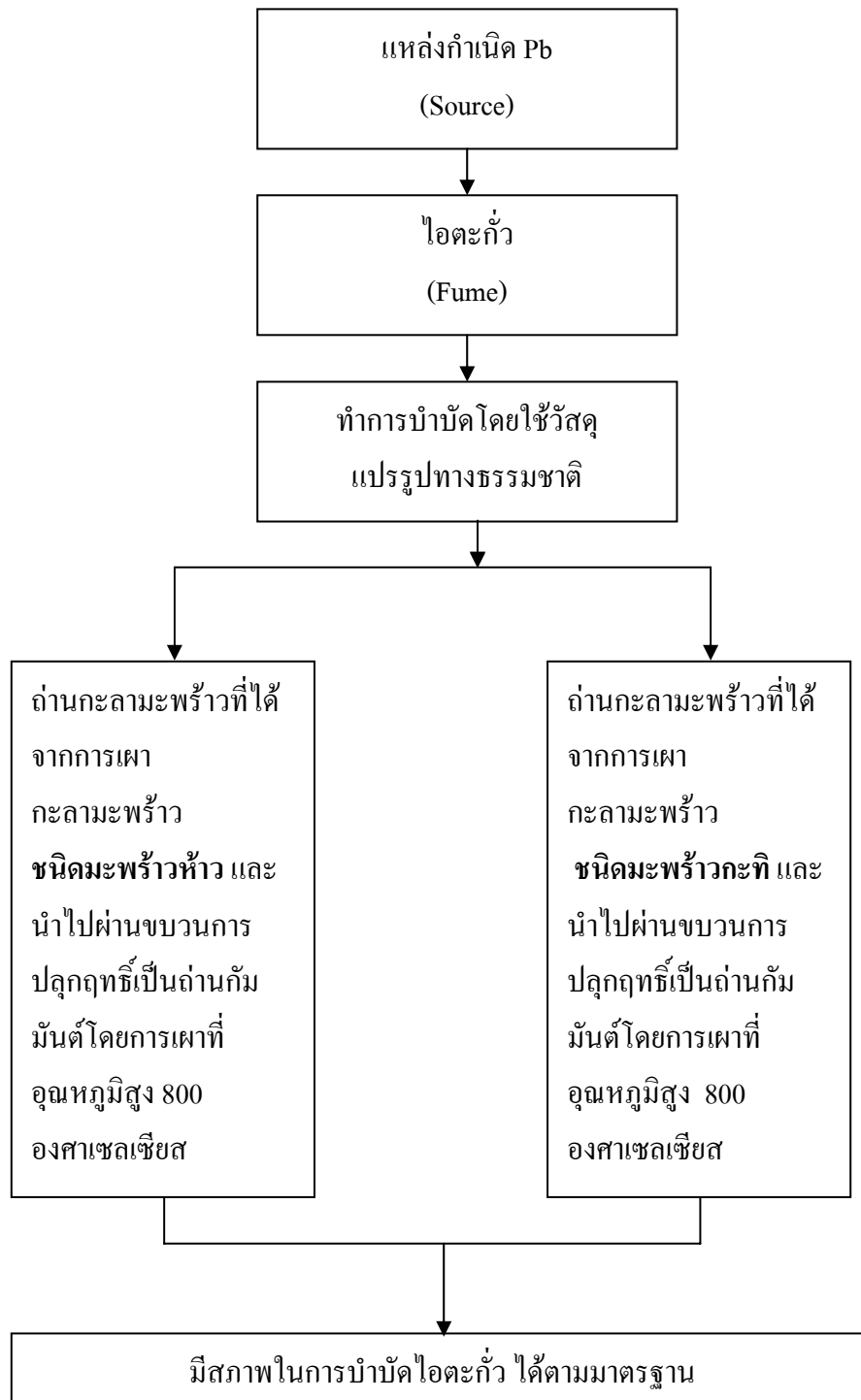
2.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพ ในการลดความเข้มข้นไอตะกั่ว ระหว่างถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวห้าว กับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวกะทิ

2.2 เพื่อศึกษาขนาด ของแผ่นกรองที่เหมาะสม

2.3 เพื่อศึกษาจุดอิ่มตัว (Saturation Point) ของการดูดซับ

2.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการทำแผ่นกรองไอตะกั่วในเชิงพาณิชย์

3. กรอบแนวคิดการวิจัย



4. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาขั้นเบื้องต้นเพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่ว โดยใช้กะลามะพร้าวที่ผ่านการแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้ในการดูดซับไอโลหะหนัก ประเภท ไอตะกั่ว โดยทำการทดลองในแบบจำลอง ซึ่งมีลักษณะเป็นตู้เตรียมอากาศ ที่ภายในมีแหล่งกำเนิดไอตะกั่ว และเจาะรูเพื่อสูบลมไอตะกั่วออกผ่านกระดวยกรอง โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. กะลามะพร้าวที่นำมาศึกษาได้จากผลมะพร้าวน้ำหอมและมะพร้าวกะทิที่เอาเนื้อและน้ำไปใช้ประโยชน์ แล้วนำมาเผาเป็นถ่านแล้วบดให้มีขนาดประมาณ 20/30 mesh
2. ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการศึกษาได้จากถ่านกะลามะพร้าวที่ผ่านขบวนการ “ปลุกฤทธิ์” ด้วยการเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 800 องศาเซลเซียส ในเตาเผา โดยให้สัมผัสกับอากาศน้อยที่สุด แล้วนำไปบดให้มีขนาด 20/30 mesh
3. ในส่วนของการเตรียมตัวอย่างไอตะกั่ว นั้น จะใช้บ่อตะกั่วที่เป็นขดลวดความร้อน โดยการนำตะกั่วแท่งที่มีส่วนผสมของตะกั่วและดีบุก 60 ต่อ 40 ใส่เข้าไปในบ่อ จนเปลี่ยนรูปจากตะกั่วแท่งเป็นตะกั่วเหลว และมีไอตะกั่วระเหยขึ้นตลอดเวลา
4. การทดลองครั้งแรกจะมุ่งเน้นการหาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว และถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวกะทิ
5. เลือกวัสดุที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด และมีค่าใช้จ่ายถูกที่สุดมาทำเป็นวัสดุกรอง

5. ข้อตกลงเบื้องต้น

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยใช้แบบจำลองในการปล่อยมลพิษ ภายใต้การควบคุมกระบวนการ เพื่อลดความผันแปร

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 ประสิทธิภาพ

หมายถึง ความสามารถในการบำบัดไอตะกั่วที่จะลดความเข้มข้นตะกั่ว Pb ที่เกิดขึ้นจนได้ตามมาตรฐานที่กำหนด

6.2 ไอตะกั่ว

หมายถึง คิวบิกลิตรของอากาศที่เกิดขึ้นจากการหลอมละลายด้วยความร้อน ที่ทำให้ตะกั่วเปลี่ยนแปลงไปเป็นของเหลว โดยในช่วงของการละลายก่อให้เกิดไอตะกั่วที่มีสารตะกั่ว Pb ปนติดไปด้วย

6.3 แบบจำลอง

หมายถึง การนำเอาวัสดุต่างๆ มาประกอบกันขึ้นเป็นแบบจำลองที่สามารถสร้าง ไอตะกั่วให้เหมือนกับไอที่เกิดขึ้น ซึ่งมีความสะดวกในการในการเก็บตัวอย่าง เพื่อนำไปวิเคราะห์ หรือเพื่อทำการทดลองอื่นๆ ต่อไป

6.4 วัสดุทางธรรมชาติ

หมายถึง การนำเอาวัสดุที่มีอยู่ในธรรมชาติ มาผ่านกระบวนการอย่างง่ายๆ เพื่อให้มีคุณสมบัติในการบำบัดที่ดีขึ้น ยกตัวอย่างเช่น กะลามะพร้าวเมื่อนำไปเผาเพื่อแปรรูปให้เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุน เพื่อคุณสมบัติที่ดีในการดูดซับ หรือจะเป็นถ่านที่ได้จากไม้ต่างๆ ไปที่ใช้ในการหุงต้มก็จัดเป็นวัสดุทางธรรมชาติเช่นกัน แต่ในที่นี้จะทำการ ศึกษาเฉพาะกะลามะพร้าวที่ได้จากมะพร้าวห้าว และมะพร้าวกะทิเท่านั้น

6.5 ถ่านกะลามะพร้าว (Coconut Shell Charcoal)

หมายถึง ถ่านที่ได้จากการนำกะลามะพร้าวมาเผาในบรรยากาศให้ลุกไหม้เป็นสีแดง จนหมดเปลวไฟ นำจุ่มน้ำแล้วตากให้แห้งเป็นถ่าน

6.6 ถ่านกัมมันต์ (Activated Charcoal)

หมายถึง ถ่านที่ได้จากการเตรียม โดยการนำถ่านกะลามะพร้าวไปเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิสูงประมาณ 800 องศาเซลเซียส เพื่อให้โครงสร้างของคาร์บอนเปลี่ยนแปลงไปเกิดเป็นรูพรุน (Porous) ที่พื้นผิวของถ่าน

6.7 ตู้เตรียมอากาศ (Test Chamber)

หมายถึง ตู้พลาสติกที่ทำการจำลองให้เหมือนเป็นห้อง โดยจะคลุมแบบจำลองไว้เพื่อป้องกันมิให้มีสิ่งแปลกปลอมปะปนเข้ามาในระบบ ภายในตู้จะเจาะรูเพื่อให้มีการแทนที่ของอากาศ และเจาะรูเพื่อให้อุปกรณ์ Pump ได้ทำการดูดไอตะกั่วออกไป โดยผ่านแผ่นกรองกระดาษอีกทีหนึ่ง

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

“ถ่านกัมมันต์” เกิดจากการรวมตัวกันของสารหลายชนิด และได้มาจากวัสดุต้นกำเนิดที่หลากหลาย โดยแต่ละชนิดนั้นไม่สามารถระบุคุณลักษณะได้ด้วยสูตร โครงสร้าง หรือด้วยวิธีการวิเคราะห์ทางเคมี มีเพียงชนิดเดียวที่จะบอกได้ถึงลักษณะที่แตกต่างกัน คือคุณสมบัติในการดูดซับ และเป็นตัวเร่ง หรือลดปฏิกิริยา (Catalyst) ส่วนถ่าน (Charcoal) นั้นได้มาจากวัสดุต้นกำเนิดหลายชนิด เมื่อเตรียมขึ้นมาด้วยกระบวนการ “ปลุกฤทธิ์” (Activation Processes) ที่แตกต่างกันก็จะได้ถ่านที่มีคุณสมบัติในการดูดซับแตกต่างกันไปด้วย การนำถ่านกัมมันต์มาใช้ในระยะเริ่มแรก มีวัตถุประสงค์เพื่อดูดซับสารละลายชนิดต่างๆ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างวัสดุดิบซึ่งได้มีผู้ทำการศึกษาว่าสามารถผลิตเป็น “ถ่านกัมมันต์”

Bagasse	Kelp and seaweed
Beet-sugar sludges	Lampblack
Blood	Leather waste
Bones	Lignin
Carbohydrates	Lignite
Cereals	Molasses
Coal	Nut shell
Coconut shells	Oil shale
Coffee beans	Peat
Corncoobs and corn staks	Petroleum acid sludge
Cottonseed hulls	Petroleum coke
Distillery waste	Potassium ferrocyanide residue
Fish	Pulp-mill waste
Flue dust	Rice hulls
Fruit pits	Ruber waste
Graphite	Saw dust
	Wood

ข้อมูลเกี่ยวกับวิธีการปลุกฤทธิ์ถ่าน วิธีการผลิตในอุตสาหกรรมและวิธีการผลิตแบบพิเศษในรูปแบบต่างๆ ส่วนใหญ่ได้มีการจดทะเบียนเป็นลิขสิทธิ์ในการผลิต โดยมีพื้นฐานในการผลิตที่เหมือนกัน กล่าวคือ ประกอบไปด้วยการเตรียมคาร์บอนจากวัสดุต้นกำเนิดกาย ได้สภาวะที่เหมาะสม และหลังจากที่ได้ถ่านแล้วจะนำไปผ่านขบวนการออกซิเดชัน โดยการควบคุมสภาพแวดล้อมในการเตรียมถ่าน (Carbonization) และการปลุกฤทธิ์ด้วยสภาวะพิเศษของแต่ละวิธีนั้น มีอิทธิพลต่อความสามารถในการดูดซับ (Adsorptive capacity) ซึ่งมีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์ เช่น การใช้ถ่านจากกระดูกสำหรับการฟอกสีของน้ำตาล นอกจากนี้ถ่านที่เตรียมขึ้นบางวิธีสามารถใช้ดูดซับ ไอโอดีน หรือฟีนอลได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่สำหรับถ่านจากกะลามะพร้าว นั้น เมื่อนำมาปลุกฤทธิ์แล้วจะมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการดูดซับสารจำพวกก๊าซ โลหะหนัก และไอระเหยของสารอินทรีย์

การเตรียมคาร์บอน โดยเผาที่อุณหภูมิสูง (Pyrolysis) ปกติจะเผาในที่ๆ ไม่มีอากาศ Chaney และคณะได้ทำการศึกษาพบว่า อุณหภูมิที่ต่ำกว่า 600 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยไอน้ำ อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ก็ไม่เป็นที่แพร่หลาย นอกจากนี้ Mc Bain ได้ผลิต “ถ่านกัมมันต์” จากการเผาน้ำตาลที่ 900 องศาเซลเซียส เพื่อศึกษาการปลุกฤทธิ์ของสารจำพวก anthracite ซึ่งทำการเผาที่อุณหภูมิ 850 องศาเซลเซียส ในบรรยากาศที่ใช้ไอน้ำ พบว่าถ่านที่ได้จะมีโครงสร้างของรูพรุนจำนวนมาก

การเตรียมถ่านกัมมันต์ มีวิธีการเตรียม สามารถแบ่งได้เป็น 2 กระบวนการดังนี้

1. การนำวัสดุที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนซึ่งกำเนิดมาจากพวกพืช มาเผาที่อุณหภูมิสูงร่วมกับสารปลุกฤทธิ์ (Activating agents) ซึ่งเรียกวิธีการนี้ว่า “การปลุกฤทธิ์ด้วยวิธีเคมี” (Chemical activation)
2. การนำถ่านที่ได้จากการเผาวัสดุเริ่มต้นที่มีส่วนประกอบของคาร์บอนไปทำปฏิกิริยากับก๊าซที่เหมาะสม ซึ่งเรียกวิธีนี้ว่า “การปลุกฤทธิ์ด้วยวิธีการฟิสิกส์” (Physical activation)

สารปลุกฤทธิ์ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลายในการเตรียม “ถ่านกัมมันต์” ด้วยวิธีเคมีนั้น ได้แก่ ซิงค์คลอไรด์, โปแตสเซียมซัลไฟด์, โปแตสเซียมไทโอไซยาเนต, กรดซัลฟูริก,

ไฮดรอกไซด์ของโลหะอัลคาไล, แมกเนเซียม และ แคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น อุณหภูมิที่เหมาะสมที่สุดที่อยู่ระหว่าง 400 – 1000 องศาเซลเซียส โดยเฉพาะซิงค์คลอไรด์นั้น จะมีความสามารถ

ในการดูดซับที่ดีที่สุด การเตรียมถ่านกัมมันต์ ด้วยวิธีฟลิกส์นั้น สารที่ใช้เป็นตัวปลูกฤทธิ์ได้แก่ ไอ้ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์ และ ออกซิเจน นอกจากนี้อาจใช้ คลอรีน ไอร์ระเหยของซัลเฟอร์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ แอมโมเนีย และสารตัวอื่นๆ ที่มีผลต่อการปลูกฤทธิ์ โดยใช้อุณหภูมิระหว่าง 700 – 1100 องศาเซลเซียส

การนำ “ถ่านกัมมันต์” มาใช้ประโยชน์เพื่อป้องกันก๊าซและไอร์ระเหยนั้น ได้เริ่มตั้งแต่ สงครามโลกครั้งที่ 1 เนื่องจาก “ถ่านกัมมันต์” มีคุณสมบัติในการดูดซับสารไว้ได้ในพื้นผิวที่เป็นรูพรุน โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมซึ่งได้ใช้ ถ่านกัมมันต์เป็นตัวจับไอร์ระเหยของสารละลายในกระแส อากาศ (Airstreams) เพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ และนอกจากนี้ถ่านกัมมันต์ยังใช้เป็นตัวกำจัดไอระเหยที่ ส่องกลิ่นเหม็น (Obnoxious vapours) เพื่อให้อากาศบริสุทธิ์ (Airpurification system) สำหรับ “ ถ่านกัมมันต์ ” ที่ใช้ในหน้ากากกรองอากาศ (Gas mask) ไม่เพียงแต่จะกำจัดพวกก๊าซที่ใช้ในสงครามซึ่ง ได้แก่พวกฟอสจีน ที่เป็นก๊าซทำอันตรายต่อ ระบบประสาทเท่านั้น แต่ยังสามารถกำจัดก๊าซและไอร์ ระเหยที่เป็นอันตรายในงานอุตสาหกรรมได้อีกด้วย เช่น คาร์บอน เตตราคลอไรด์ โทลูลิดิน ไดไอโซไซยาเนต เตตราเอททิลเลด และไอร์ระเหยของยาฆ่าแมลงชนิดต่างๆ เป็นต้น

วิโชติ บุญเปลี่ยน พ.ศ. 2524 ได้ทำการศึกษาเพื่อหาวิธีการที่เหมาะสมในการนำวัสดุเหลือใช้ และหาง่าย ซึ่งได้แก่กะลามะพร้าวมาเตรียมปรับปรุงเป็น “ถ่านกัมมันต์” เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับไอร์ระเหย ของสารอินทรีย์ โดยการเตรียม “ถ่านกัมมันต์” จะเริ่มจากการนำเอากะลามะพร้าวมาเผาโดยให้สัมผัส กับอากาศน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 500 , 600 , 700 และ 800 องศาเซลเซียส จากนั้นทำการบดแยกเป็น 2 ขนาดคือ 14/20 mesh และ 20/30 mesh ซึ่งบรรจุในหลอดแก้วแล้วนำไปเก็บตัวอย่างไอร์ระเหย คลอโรฟอร์ม 100 ppm ในตู้เตรียมอากาศ จากนั้นจึงนำมาเปรียบเทียบ “หลอดถ่าน ปลูกฤทธิ์” มาตรฐาน NIOSH Specifications จากผลการศึกษาพบว่า “ถ่านกัมมันต์” ที่เตรียมด้วยอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียสขนาด 20/30 mesh มีประสิทธิภาพการดูดซับไอร์ระเหยคลอโรฟอร์มดีที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ย ร้อยละของการดูดซับ 75.33 แต่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า “หลอดถ่านกัมมันต์” มาตรฐานซึ่งมีค่าเฉลี่ยร้อย ละการดูดซับไอร์ระเหยคลอโรฟอร์ม 87.44 ซึ่ง “หลอดถ่านกัมมันต์” ทั้งสองขนาดมีประสิทธิภาพ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 99 % (P<.01)

ชเรศ ศรีสถิตย์ และ สุจนีย์ คุยเสงี่ยม พ.ศ. 2546 ได้ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการ กำจัดตะกั่วและปรอทจากน้ำทิ้งอุตสาหกรรมสิ่งทอ โดยการเปรียบเทียบถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจาก กะลามะพร้าว และกะลาปาล์มที่ใช้โซเดียมคลอไรด์ เป็นตัวกระตุ้นกับถ่านกัมมันต์ที่จำหน่ายตาม ท้องตลาดทั่วไป (Calgon Filtrasorb 300) ซึ่งได้ทำการทดสอบค่าไอโอดีนนัมเบอร์ ศึกษาลักษณะทาง

กายภาพ การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟลูนคลิซ ผลการทดลองพบว่าถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว มีค่าไอโอดีน 532.29 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว 492.42 ตารางเมตรต่อกรัม การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟลูนคลิซโดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วและปรอทได้ 8.37 และ 5.52 มิลลิกรัมต่อกรัม ส่วนการทดสอบการดูดซับโดยใช้ถังดูดซับแบบแบ่งดูดซับน้ำทิ้งจากโรงงานสิ่งทอ สามารถดูดซับตะกั่วได้ 2.45 , 5.57 , 2.69 และ 2.81 มิลลิกรัม / กรัม และดูดซับปรอทได้ 2.21 , 2.45 , 2.45 และ 2.70 มิลลิกรัม / กรัม ที่ระดับความสูง 30 , 60 , 90 และ 120 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นของตะกั่ว และปรอท เริ่มต้น 9.82 และ 9.83 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ ส่วนถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจาก กะลาปาล์ม มีค่าไอโอดีนเท่ากับ 486.45 มิลลิกรัม / กรัม มีพื้นที่ผิว 385.91 ตารางเมตรต่อกรัม การทดสอบไอโซเทอมการดูดติดผิวแบบฟลูนคลิซ โดยใช้น้ำเสียสังเคราะห์พบว่า สามารถดูดซับตะกั่วและปรอทได้ 2.53 และ 1.63 มิลลิกรัม / กรัม ซึ่งแสดงว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจาก กะลามะพร้าวมีคุณสมบัติ ดีกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์ที่จำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งมีค่าไอโอดีน 900 มิลลิกรัม / กรัม พื้นที่ผิว 1,000 ตารางเมตร/กรัม สามารถดูดซับตะกั่วและปรอทได้ 50.18 และ 19.95 มิลลิกรัม / กรัม การทดสอบดูดซับโดยใช้ถังดูดซับแบบแบ่งดูดซับน้ำทิ้งจากโรงงานสิ่งทอ สามารถดูดซับตะกั่วได้ 3.83 , 3.83 , 3.75 และ 3.88 มิลลิกรัม / กรัม และดูดซับปรอทได้ 3.61 , 3.83 , 3.51 และ 3.72 มิลลิกรัม / กรัม ที่ระดับความสูง 30 , 60 , 90 และ 120 เซนติเมตร ที่ความเข้มข้นของตะกั่ว และปรอท เริ่มต้นที่ 9.86 และ 9.87 มิลลิกรัม / ลิตร ตามลำดับ

Tan และ Teo (1987) ได้ศึกษาถึงผลกระทบของความเข้มข้นคาร์บอน (carbon dosage) และความเข้มข้นเริ่มต้นของตัวถูกดูดซับ (Initial Absorbate Concentration) ที่มีไอโซเทอมของการดูดซับอออน โครเมียมและตะกั่ว ในสารละลายโลหะแยกชนิดโดยใช้ถ่านกัมมันต์ พบว่าเมื่อทำการปรับค่าพีเอช โดยใช้ HCL จนกระทั่งพีเอชมีค่าต่ำกว่า 3 โครเมียมจะถูกดูดซับในรูปสารประกอบเชิงซ้อนประจุลบ chloro-chromate (CrO_3Cl) และเมื่อพีเอชเพิ่มขึ้นจะทำให้การดูดซับลดลงโดยที่พีเอช ประมาณ 3-6 โครเมียมส่วนใหญ่ที่อยู่ในรูปอออน dichromate จะเปลี่ยนเป็นอออน terahedral chromate และเมื่อพีเอชมากกว่า 11 จะไม่เกิดการดูดซับของโครเมียมอีกต่อไป นอกจากนั้นยังพบว่าที่สภาวะของการดูดซับ ซึ่งต่างจากการทดลองนี้ ผลของความเข้มข้นคาร์บอนและความเข้มข้นเริ่มต้นดังกล่าวนี้ไม่สามารถอธิบายโดยใช้ Langmuir และ Fredundlish Isotherm คณะผู้วิจัยจึงได้เสนอสมการสหสัมพันธ์ใหม่เพื่ออธิบายผลกระทบของปัจจัยทั้งสอง

Srivasta และคณะ (1989) ได้ทำการศึกษาการดูดซับอออนของโลหะหนัก โดยใช้ถ่าน กัมมันต์ ซึ่งผลิตได้จากของเสียจากโรงงานผลิตปุ๋ย ถ่านกัมมันต์ที่ใช้มีขนาดอนุภาค 200 – 500 mesh และ

พื้นที่ผิวประมาณ 629 ตารางเมตรต่อกรัม โดยได้ศึกษาการดูดซับของ Cu(II) , Cr(VI) , Hg(II) , Mo(VI) , Cd(II) , Ni(II) , Co(II) , Pb(II) ในระบบกะและระบบต่อเนื่องโดยใช้คอลัมน์ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร และความสูง 40 เซนติเมตร บรรจุด้วยถ่านกัมมันต์ 1.5 กรัม พบว่าถ้าป้อนสารละลายโลหะหนักด้วยอัตราการไหล 0.2 ml/min ประสิทธิภาพในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนัก และพีเอช โดยพบว่าความเข้มข้นในระดับต่ำ จะสามารถกำจัดโครเมียมปรอท และตะกั่วได้ 100 % แต่ถ้าความเข้มข้นมากขึ้นการดูดซับก็จะลดลง และเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับโลหะหนักจะลดลง เนื่องจากการดูดซับเป็นแบบคายความร้อน

Meeyoo และคณะ ได้ศึกษาการกำจัดโลหะโครเมียม (VI) โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว ไม้ และผงถ่านหิน จากการศึกษาทางจุลศาสตร์และไอโซเทอร์มของการดูดซับโครเมียม พบว่าคุณสมบัติทั้งทางเคมีและทางกายภาพของถ่านกัมมันต์และค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับโครเมียม โดยพบว่าการดูดซับโครเมียมในสารละลายที่มีพีเอชอยู่ในช่วง 2-6 โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไม้ซึ่งมีพื้นที่ผิวประมาณ 1700 ตารางเมตรต่อกรัม นั้นจะมีอัตราเร็วและความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity) สูงที่สุดโดยที่ค่าพีเอชเท่ากับ 2 คุณสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์จะมีผลต่อการดูดซับมากกว่าคุณสมบัติทางกายภาพ แต่ที่ค่าพีเอชเท่ากับ 6 พบว่าคุณสมบัติในการดูดซับต่อพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่มี protonated hydroxy group ที่ผิวจะมีความสามารถในการดูดซับดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่มี ionised hydroxy group ที่ผิว

Reed และคณะ (1996) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของพีเอช, empty bed contact time (EBCT) และ hydraulic loading rate (HLR) ที่มีต่อการดูดซับของตะกั่วแบบกะและแบบต่อเนื่อง โดยใช้คอลัมน์ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (granular activated carbon column) พบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วจะเพิ่มขึ้นเมื่อค่าพีเอชเพิ่มขึ้น

2. แหล่งกำเนิดมลพิษประเภทไอตะกั่ว

จากตารางธาตุจะระบุรายละเอียดดังในรูป

IVA	
2,4	82
A1/B1	
327.46	207.2
1749	
11.34	
2.33	Pb
[Xe]4f ¹⁴ 5d ¹⁰ 6s ² 6p ²	
lead	

ซึ่งมีความหมายดังต่อไปนี้

- จัดอยู่ในหมู่ที่ IVA
- เลขออกซิเดชัน 2, 3 (ตัวสีน้ำเงินที่เสถียรที่สุด)
- Acid/Base² A1/B1
- จุดหลอมเหลว 327.46 องศาเซลเซียส
- จุดเดือด 1749 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่น 11.34 g/cm³
- Electronegativity 1.83
- การจัดเรียงอิเล็กตรอน [Xe]4f¹⁴5d¹⁰6s²6p²
- เลขอะตอม 82
- Atomic Weight หรือ () ไอโซโทปที่เสถียรที่สุด = 207.2
- สัญลักษณ์ธาตุ Pb
- Lead

ตะกั่วเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง มีสีเงินปนเทา มีคุณสมบัติโดยทั่วไปคือ หลอมเหลวและกลายเป็นไอได้ที่อุณหภูมิสูง ๆ จึงสามารถทำให้อ่อนและดัดแปลงให้มีรูปร่างลักษณะต่าง ๆ ได้ตามความต้องการ ตะกั่วเป็นธาตุที่เป็นพิษอย่างแรงต่อเซลล์ของพืช และสัตว์รวมทั้งมนุษย์ด้วย

มนุษย์นำตะกั่วมาใช้ให้เกิดประโยชน์หลายทางด้วยกัน โดยนำมาใช้ในการผสมกับโลหะต่าง ๆ เป็นโลหะผสมเพื่อประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม เช่น ใช้ทำลูกปืน ทำระฆัง และ อุตสาหกรรมการพิมพ์ ในด้านการเกษตรมีการนำตะกั่วมาผสมในยาปราบศัตรูพืช และที่ใช้กันมากในอดีตคือ ใช้ผสมน้ำมันเชื้อเพลิงของเครื่องบินและรถยนต์เพื่อช่วยให้รถยนต์เดินเรียบไม่กระตุก เมื่อเกิดการเผาไหม้ ตะกั่วจะระเหยได้ง่ายไอตะกั่วจะถูกจับจากเครื่องยนต์ออกสู่สิ่งแวดล้อมทางท่อไอเสีย ปัจจุบันจึงเปลี่ยนมาใช้น้ำมันไร้สารตะกั่วกันแล้ว อย่างไรก็ตามตะกั่วยังถูกนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตแบตเตอรี่ที่ใช้กันโดยทั่วไป เนื่องจากอุตสาหกรรมแบตเตอรี่เป็นอุตสาหกรรมหลักและแบตเตอรี่มีอายุการใช้งานจำกัด อุตสาหกรรมแบตเตอรี่จึงเป็นแหล่งที่มีการใช้ตะกั่วในความเข้มข้นมหาศาลแหล่งหนึ่ง

การปะปนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมเป็นไปได้หลายประการด้วยกัน ดังได้กล่าวแล้วในตอนต้นโดยเฉพาะประเทศไทย ซึ่งเป็นประเทศที่กำลังพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมและเกษตรกรรม จึงมีการใช้ตะกั่วกันอย่างกว้างขวาง และในปัจจุบันนี้ยังมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งที่ต้องใช้ตะกั่วในการผลิต โอกาสที่ตะกั่วจะถูกปล่อยออกสู่สิ่งแวดล้อมและสู่ตัวมนุษย์จึงมีมาก ทั้งจากการที่โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ตะกั่วในการผลิตแล้วปล่อยของเสียลงในแม่น้ำลำคลอง ซึ่งตะกั่วอาจจะเข้าสะสมอยู่ใน สัตว์น้ำที่เป็นอาหารของมนุษย์และสัตว์ การใช้ยาฆ่าแมลงและยาปราบศัตรูพืชที่มีตะกั่วเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่จะทำให้ตะกั่วตกค้างในดินซึ่งพืชและสัตว์ต่างก็อยู่ในห่วงโซ่อาหาร หากพืชดูดซึมตะกั่วแล้วมนุษย์และสัตว์รับประทานพืชนั้นเข้าไป ก็จะทำให้เกิดอันตรายได้ นอกจากนี้ในกรณีที่มีการชะล้างด้วยน้ำฝน ตะกั่วจะไหลลงไปในแม่น้ำลำคลองทำให้เกิดการปนเปื้อนของตะกั่วในน้ำได้ ประการสำคัญคือ การจงใจหรือความประมาทของประชาชนที่ทิ้งสารเคมีซึ่งประกอบด้วยตะกั่วลงไปในแม่น้ำลำคลองหรือในดิน ซึ่งจะทำให้มีการปะปนในน้ำเช่นกัน

ตัวอย่างของอุตสาหกรรมการผลิตที่มีการนำเอาตะกั่วมาเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตได้แก่

- อุตสาหกรรมหลอมตะกั่วแท่ง
- อุตสาหกรรมทำครีมีตะกั่ว (Solder Paste)
- อุตสาหกรรมทำตะกั่วเส้น (Solder Wire)
- อุตสาหกรรมทำอุปกรณ์ตกปลา (หลอมตะกั่วเป็นท่อนจมน้ำสำหรับการตกปลา)
- อุตสาหกรรมผลิตเครื่องรับโทรทัศน์
- อุตสาหกรรมผลิตวิทยุสื่อสาร
- อุตสาหกรรมผลิตเครื่องคอมพิวเตอร์
- อุตสาหกรรมผลิตแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- อุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนและตัวอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์
- อุตสาหกรรมผลิตแผงวงจรพิมพ์ (Printed Circuit Board)
- อุตสาหกรรมที่มีการเชื่อม และหลอมละลายด้วยตะกั่วประเภทอื่น ๆ

จากตัวอย่างข้างต้นเห็นได้ว่ามีอุตสาหกรรมมากมายที่ใช้โลหะหนักประเภทตะกั่วเป็นวัตถุดิบในการผลิต โดย ในระหว่างขบวนการ ผลิตนั้น ตะกั่วจะถูกแปรรูปไป โดยกระบวนการส่วนใหญ่จะเป็นการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 250 ถึง 350 องศาเซลเซียส ตะกั่วก็จะถูกเปลี่ยนจากสภาพของแข็ง หรือจากรูปแบบเดิมไปเป็นของเหลวและถูกทำให้เย็นลงตามธรรมชาติ หลังจากนั้นตะกั่วก็จะถูกเปลี่ยนรูปไปตามต้องการ หรือจับยึดอยู่กับโลหะหนักประเภทอื่น ๆ หรือใช้เป็นส่วนหนึ่งของการนำไฟฟ้า แล้วแต่วัตถุประสงค์ของการใช้งาน และในขณะที่กำลังเปลี่ยนรูปจากของแข็งเป็นของเหลวอยู่นั้นจะเกิดสิ่งไม่พึงประสงค์ในรูปของมลพิษทางอากาศตามมาด้วย ซึ่งจากคำนิยามของมลพิษนั้นได้ถูกกล่าวไว้ดังต่อไปนี้

“ การกระทำใด ๆ ของมนุษย์ต่อสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดสิ่งต่าง ๆ หรือเกิดพลังงาน ในอันที่นำไปสู่หรือทำให้เกิดอันตรายกับสุขภาพอนามัยของมนุษย์ ที่อยู่อาศัย และระบบนิเวศน์ทำลายสิ่งก่อสร้างหรือสิ่งซึ่งก่อให้เกิดความรื่นรมย์ หรือขัดขวางต่อการใช้สิ่งแวดล้อมอย่างถูกต้อง”

“ The introduction by Man into the environment of substances or energy liable to cause hazard to man health, harm to living resources and ecological system, damage to structure or amenity or interference with legitimate use of environment ”

พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 ได้ให้คำจำกัดความดังนี้

“มลพิษ หมายความว่า ของเสีย วัตถุอันตราย และมลสารอื่น ๆ รวมทั้งกากตะกอน หรือสิ่งตกค้างจากสิ่งเหล่านั้นที่ถูกปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ หรือที่มีอยู่ในสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ ซึ่งก่อให้เกิดหรืออาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือภาวะที่เป็นพิษภัยอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของประชาชนได้ และให้ความหมายรวมถึง รังสี ความร้อน แสง เสียง กลิ่น ความสั่นสะเทือน หรือเหตุรำคาญอื่น ๆ ที่เกิดหรือถูกปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดมลพิษด้วย”

“มลพิษ หมายความว่า สภาวะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงหรือปนเปื้อนโดยมลพิษ ซึ่งทำให้คุณภาพของสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมลง เช่น มลพิษทางน้ำ มลพิษทางอากาศ มลพิษในดิน”

ดังนั้น ภาวะมลพิษทางอากาศจึงเป็นภาวะที่อากาศเปลี่ยนแปลง ถูกปนเปื้อนด้วยมลพิษต่างๆ มลพิษเหล่านั้นเกิดจากสาเหตุสำคัญ คือ

1. เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ของมนุษย์ (Anthropogenic air pollution) สัตว์หรือพืช (Biogenic air pollution)
2. เกิดจากขบวนการแปรรูป การผลิต และกรรมวิธีต่างๆ ดังตัวอย่างของอุตสาหกรรมการผลิตข้างต้นที่กล่าวมา

ลักษณะการเกิดของมลพิษนี้ จะมีสารพิษหลายตัวเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน ดังเช่นในกระบวนการหลอมตะกั่ว บัคกรี หรือเชื่อมโดยส่วนใหญ่จะเป็นการใช้ความร้อนในการเปลี่ยนรูปของสสาร ซึ่งก็จะทำให้เกิดสิ่งต่างๆ ที่เป็นมลพิษดังต่อไปนี้

- ฟุ้งของตะกั่ว (Fume)

เป็นอนุภาคของแข็งเกิดจากการกลั่นตัวกลายเป็นไอ (vapour) โดยทั่วไป จะเกิดจากกระบวนการกลั่นเป็นไอ (Volatilization) ของสารที่กำลังหลอมเหลว และจะมีปฏิกิริยาออกซิเดชันเกิดตามมาด้วย ส่วนมากจะเป็นสารเคมีที่ให้โทษ มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 1 ไมครอน เช่น ฟุ้งของตะกั่ว

- ควีน (Smoke)

เป็นอนุภาคก๊าซที่มีขนาดเล็กมากเกิดจากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ จึงประกอบด้วยคาร์บอนและวัสดุที่สามารถเผาไหม้ได้ และมีอยู่ในบรรยากาศ

ค่อนข้างมากสามารถสังเกตเห็นได้ชัดเจน มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า หรือเท่ากับ 0.01 ไมครอน

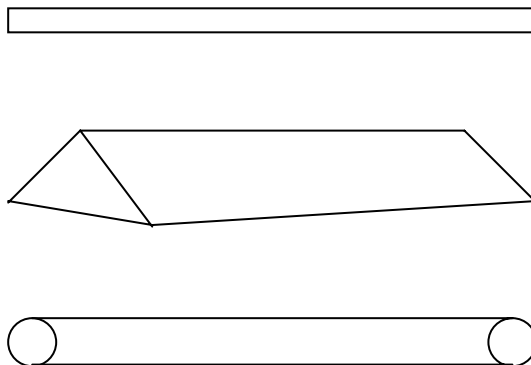
- กลิ่น

ทั้งที่เป็นส่วนผสมของโลหะหนัก และเคมีที่ผสมอยู่ เช่น น้ำยา ประสาร (Flux) เป็นต้น ซึ่งเมื่อสูดดมแล้วมักจะเวียนศีรษะหรือรู้สึกแสบ ใน โพรงจมูกทั้งนี้ขึ้นกับความเข้มข้นและสุขภาพของแต่ละคน

2.1 รูปแบบของตะกั่วที่อยู่ในรูปของวัสดุชนิดต่างๆ

ปัจจุบันได้มีอุตสาหกรรมหลายประเภท ที่ได้ทำการแปรรูปตะกั่วให้เป็นวัสดุชนิดที่ พร้อมใช้งานในขั้นต่อไป หรือในกระบวนการต่อไป และส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบต่างดังต่อไปนี้

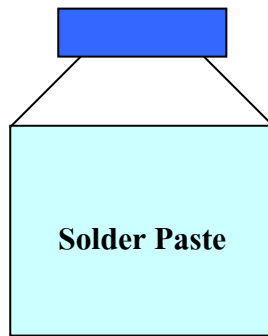
2.1.1 ในรูปตะกั่วแท่ง



ภาพที่ 2.1 รูปทรงตะกั่วที่มีทั้งสี่เหลี่ยม สามเหลี่ยม ทรงกลม และขนาดต่างๆ ตามการใช้งาน

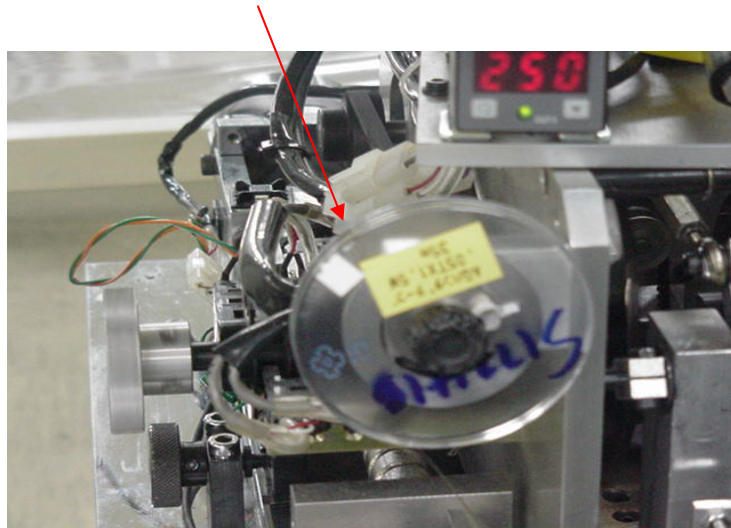
2.1.2 ในรูปครีมตะกั่ว

ส่วนใหญ่จะเก็บอยู่ในกระปุกที่เรียกว่าครีมตะกั่ว (Solder Paste) มีราคา ค่อนข้างแพง เมื่อนำมาส่งด้วยแว่นขยายแล้ว จะเห็นว่าเป็นลักษณะกลมเหมือนลูกบอล แต่มีขนาดเล็ก มาก



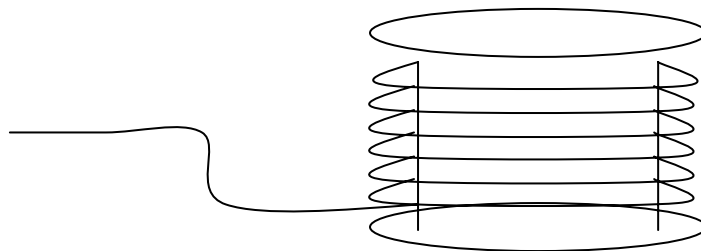
ภาพที่ 2.2 ตะกั่วในรูปครีม

2.1.3 ในรูปตะกั่วเส้น



ภาพที่ 2.3 ตะกั่วเส้นที่บรรจุในหลอดแบน

ตะกั่วเส้นที่บรรจุในหลอดแบน มีทั้งแบบเป็นเส้นหนาและเป็นเส้นกลม จากรูปข้างบนจะเป็นแบบเส้นหนา และในรูปด้านล่างจะเป็นแบบม้วนคล้ายหลอดด้ายแต่เป็นเส้นกลมและมีขนาดต่างกันตามวัตถุประสงค์ของการใช้งาน



ภาพที่ 2.4 ตะกั่วเส้นที่บรรจุในหลอดกลม

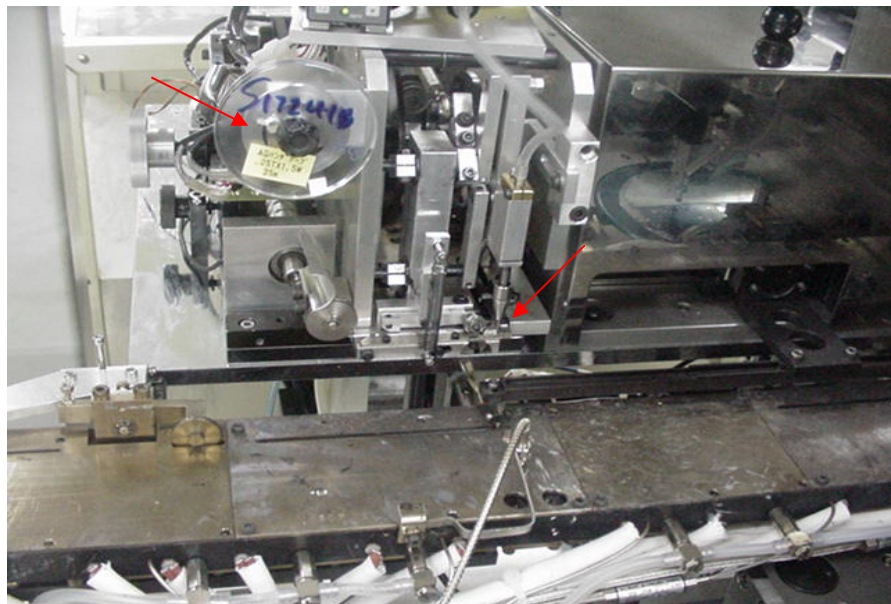
2.1.4 ในรูปเศษตะกั่ว

มักจะเป็นตะกั่วที่ผ่านกระบวนการผลิตไปแล้วและมีการตัดออก เพื่อคงสารบางอย่างไว้ หรือเศษตะกั่วที่เกิดจากการตกหล่นในจุดต่างๆ ของกระบวนการเป็นต้น

2.2 แหล่งกำเนิดไอตะกั่ว

ในอุตสาหกรรมการผลิตนั้น มักจะมีเครื่องจักรอยู่หลายประเภทที่ทำให้เกิดไอของตะกั่วที่ฟุ้งกระจายออกมาโดยตรง แต่ต่อมาเครื่องจักรเหล่านั้นได้มีการปรับปรุง โดยการติดตั้งระบบท่อ และระบบดูดควันเพื่อนำไปปล่อยออกภายนอก แต่ระบบที่ว่านี้ก็ได้มีการบำบัดแต่อย่างใด เป็นเพียงการเคลื่อนย้ายมลพิษจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งเท่านั้น ยกเว้นผู้ประกอบการ จะทำการติดตั้งระบบบำบัดก่อนที่จะปล่อยออกสู่ภายนอก แต่ในความเป็นจริงเนื่องจากเครื่องจักรทุกเครื่องหรือในกระบวนการต่างๆ ก็ยังคงต้องมีการเติมวัตถุดิบ มีการตรวจสอบ และมีการซ่อมบำรุง ดังนั้นจึงหลีกเลี่ยงไม่ได้ที่จะมีช่องที่จะเป็นที่รั่วไหลของไอดังกล่าวอยู่บ้าง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้คุมเครื่องแต่ละคนที่จะดูแลยกตัวอย่างเครื่องที่เป็นตัวกำเนิดมลพิษประเภทไอตะกั่วดังเช่น

1. เครื่องติดเวเฟอร์ (Die Attached or Attached Wafer)



ภาพที่ 2.5 เครื่องติดเวเฟอร์โดยใช้ตะกั่ว

จากรูปเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการนำเอา Wafer มาติดลงบน Frame โดยที่ใช้ตะกั่วมวลชนิดเบนเป็นตัวยึดติดในลักษณะของการบัดกรีซึ่งจะทำให้เกิดไอออกมาในขณะที่ตะกั่วละลาย

2. เครื่อง Wave Soldering Machine



ภาพที่ 2.6 เครื่องหลอมตะกั่วแบบแบ่งคลื่นความร้อน

เครื่องหลอมตะกั่วแบบแบ่งคลื่นความร้อนเป็นเครื่องที่ใช้ตะกั่วที่เป็นวัตถุดิบหลักในการเชื่อมติดแผงวงจรแบบมีขนาดเล็กที่เรียกว่า Solder Paste

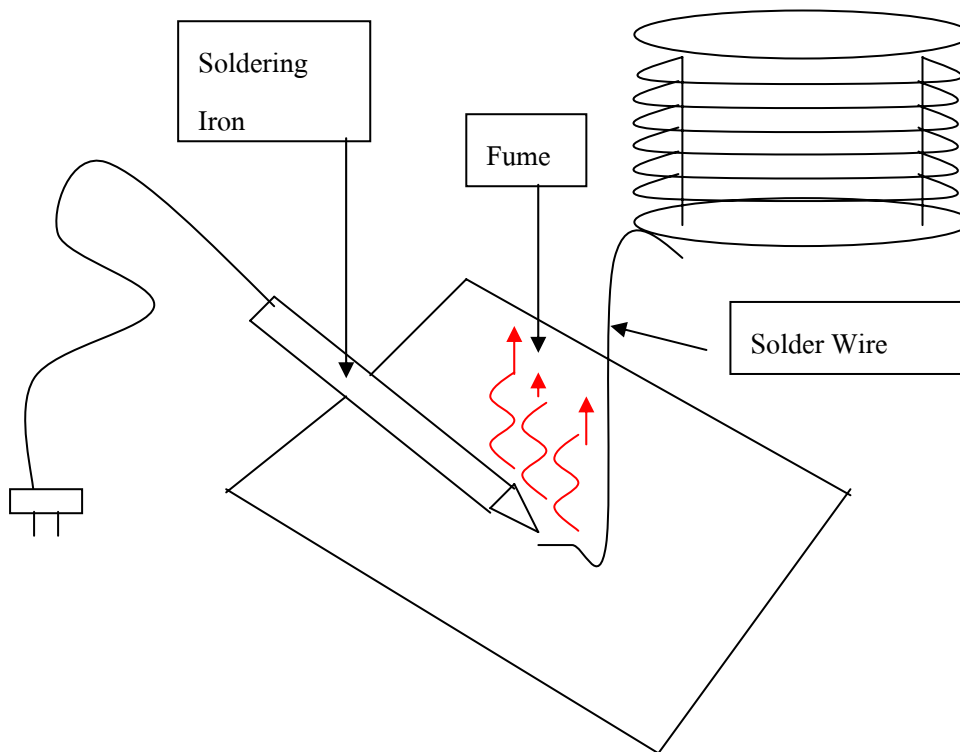
a. บ่อตะกั่ว

บ่อตะกั่วโดยทั่วไปจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ ใช้กระแสไฟฟ้าผ่านไประงความร้อนและใช้ขบวนการส่งผ่านความร้อนไปที่โลหะ และส่งต่อไปยังตะกั่วที่บรรจุอยู่ภายในทำให้เกิดการหลอมละลาย โดยทั่วไปใช้ในการหลอมเพื่อเปลี่ยนรูปของตะกั่วไปเป็นแบบต่างๆตามพิมพ์หรือใช้ในการบัดกรีแบบจุ่ม อย่างเช่น สายไฟหรือโลหะที่ต้องการเคลือบแบบนำไฟฟ้าได้เป็นต้น ซึ่งจะแตกต่างกันตามขนาดและความเข้มข้นของตะกั่วที่บรรจุอยู่ และที่บ่อตะกั่วนี้เองจะเป็นแหล่งกำเนิดไอตะกั่วแบบเปิด ที่แพร่กระจายออกมาเป็นจำนวนมาก และโดยทั่วไปยังไม่มีกำบังป้องกันที่ดีพอ



ภาพที่ 2.7 เครื่องหลอมตะกั่วชนิดเป่าหลอม

บ. การบัดกรีด้วยหัวแรง



ภาพที่ 2.8 แสดงการบัดกรีด้วยหัวแรง

ในการควบคุมความเข้มข้นตะกั่วในบรรยากาศ NAAQS ได้กำหนดให้มีค่าตะกั่วเท่ากับ $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (เฉลี่ย 3 เดือน) สำหรับประเทศไทยตามประกาศคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติฉบับที่ 10 พ.ศ.2538 เรื่องกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในบรรยากาศทั่วไป ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ.2535 ได้กำหนดค่าเฉลี่ยของตะกั่วในเวลา 1 เดือนจะต้องไม่เกิน 1.5 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

2.3 มลพิษทางอากาศและผลกระทบต่อสุขภาพ

มลพิษหลัก (Critical Pollutants) หมายถึงกลุ่มมลพิษทางอากาศที่ได้ประกาศไว้ใน Clean Air Act Amendment ค.ศ.1970 ของประเทศสหรัฐอเมริกาเพื่อวัตถุประสงค์ในการควบคุมมลภาวะทางอากาศ และเพื่อกำหนดมาตรฐานคุณภาพอากาศในสิ่งแวดล้อมทั่วไปของประเทศ มลพิษหลักประกอบด้วย ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์ อนุภาคมวลสารคาร์บอนมอนอกไซด์ โอโซน และตะกั่ว US.EPA ได้กำหนดให้มลพิษทางอากาศทั้ง 6 ชนิดนี้ เป็นมลพิษหลักเพราะมักจะพบทั่วไปในชุมชนต่างๆ และสามารถวัดผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันที่มีต่อประชาชนในชุมชนได้ และ US.EPA ได้กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศในสิ่งแวดล้อมทั่วไปของประเทศ (National Ambient Air QUALITY Standard (NAAQS)) จากพื้นฐานหลักเกณฑ์ด้านสุขภาพ ซึ่งได้จากการศึกษาต่างๆ จึงเรียกมลพิษทางอากาศกลุ่มนี้ว่า มลพิษหลัก หรือ Criteria Pollutants

มลพิษทางอากาศกลุ่มนี้สามารถวัดผลกระทบต่อสุขภาพแบบเฉียบพลันที่เกิดกับคนได้โดยการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากรายงานการศึกษาทางระบาดวิทยาในพื้นที่ต่างๆ ที่เกิดขึ้นจริงและวัดได้เช่น จำนวนผู้ได้รับผลกระทบที่ป่วยและไปรับการรักษาที่โรงพยาบาล และจำนวนผู้ที่เสียชีวิตก่อนเวลาอันควรหลังจากการสัมผัสมลพิษหลักในอากาศ

ค่ามาตรฐาน NAAQS ประกอบด้วยตัวชี้วัดคุณภาพอากาศของมลพิษหลักทั้ง 6 ประเภทดังกล่าว ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นความเข้มข้นสูงสุดที่ยอมให้มีได้ในอากาศในสิ่งแวดล้อมทั่วไป ซึ่งเป็นระดับที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ แต่ถ้าความเข้มข้นความเข้มข้นของมลพิษหลักสูงเกินค่ามาตรฐานที่กำหนดถือว่าผิดกฎหมาย เพราะว่าเป็นการเสี่ยงต่อการเกิดผลกระทบต่อสุขภาพ ค่ามาตรฐาน NAAQS มี 2 ประเภทคือ Primary Standards เพื่อการคุ้มครองสุขภาพ และ Secondary Standards เพื่อป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและทรัพย์สิน

ผลกระทบต่อสุขภาพ อันเนื่องมาจากการได้รับสัมผัสมลพิษหลักนั้น ต้องพิจารณาผลกระทบต่อสุขภาพของชุมชนในภาพรวม ซึ่งประกอบด้วยคนที่มีความแตกต่างด้านเพศและวัย และมีปัจจัยเสี่ยงต่อผลกระทบต่างๆ กันนอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของมลพิษทางอากาศที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามที่ปรากฏอยู่ในสภาพความเป็นจริง ซึ่งปกติมีหลายชนิดปนกันอยู่ และแต่ละชนิดก็สามารถทำอันตรายต่อร่างกายได้หลายอย่าง ทั้งจากการสัมผัสระยะสั้นและระยะยาว และทำให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรัง

ตั้งแต่ในอดีตมาจนถึงปัจจุบัน ได้มีการศึกษาวิจัยด้านผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษหลักทำให้ทราบถึงอันตรายหรือผลกระทบต่อสุขภาพในลักษณะที่กล่าวมาแล้วในเบื้องต้น แต่ก็ยังมีบางประเด็นที่ทำการศึกษายังไม่ชัดเจน โดยเฉพาะเรื่องของกลไกในรายละเอียดของการทำอันตรายต่อสุขภาพของมลพิษหลัก เพราะมีข้อจำกัดต่างๆ มากมายในประเด็นที่เกี่ยวกับการศึกษาผลกระทบต่อสุขภาพจากมลพิษทางอากาศ เช่น ความไม่แน่ชัดที่เกิดจากการอนุมานผลการทดลองในสัตว์ มาสู่ผลในคน การไม่สามารถทำการทดลองในกรณีที่ขัดต่อจริยธรรมในการศึกษาในคน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม สามารถสรุปกลุ่มประเภทผลกระทบต่อสุขภาพของมลพิษหลักที่สำคัญได้ดังนี้คือ

- ผลกระทบต่อโลหิตและระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ
- ผลกระทบต่อระบบทางเดินหายใจ
- ผลกระทบต่อทางเดินหายใจ
- ผลกระทบอื่น ๆ

ดังรายละเอียดต่อไปนี้

(1) ผลกระทบต่อโลหิตและระบบไหลเวียนโลหิตและหัวใจ

ตะกั่ว (Pb) : มีผลต่อการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง ทำให้เม็ดเลือดแดงมีฮีโมโกลบินไม่เพียงพอ หรือมีเม็ดเลือดแดงที่สมบูรณ์น้อย ทำให้เกิดภาวะโลหิตจาง ซึ่งเป็นลักษณะหนึ่งของโรคพิษตะกั่ว

(2) ผลกระทบต่อระบบประสาท

ตะกั่ว (Pb) : เป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้การควบคุมการทำงานของของกล้ามเนื้อ ที่ทำหน้าที่ให้ร่างกายเคลื่อนไหวสูญเสียไปเป็นอัมพาต ทำอันตรายต่อสมอง ทำให้เกิดอาการเวียนศีรษะ ปวดศีรษะ ชักกระตุก หมดสติ การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ส่วนที่เกี่ยวกับการตอบสนองโดยอัตโนมัติ (Reflex) เสียไปในเด็ก ซึ่งมีผลกระทบต่อพัฒนา การของสมองทำให้ความจำ ความสามารถในการเรียนรู้ และไอคิวต่ำกว่าปกติ

(3) ผลกระทบต่อสุขภาพด้านอื่น ๆ เช่น

ตะกั่วทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อเมือกตาทำให้น้ำตาไหล ตาแดง ตาอักเสบ ติดเชื้อที่ตาจากการสัมผัสมลพิษหลัก ที่มีคุณสมบัติเป็นสารก่ออาการระคายเคือง

ตัวอย่างผลกระทบต่อสุขภาพ

ตะกั่ว (Pb) : มีคุณสมบัติเป็นสารพิษ มีผลกระทบต่อการสร้างฮีโมโกลบินของเม็ดเลือดแดง นำไปสู่การขาดออกซิเจนของร่างกาย การทำอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง นำไปสู่ความผิดปกติทางร่างกาย นอกจากกระทบระบบประสาทส่วนกลางแล้ว Pb ยังเป็นอันตราย ต่ออวัยวะในร่างกาย เกือบทุกส่วน โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อไต โดยทำให้ไตทำงานผิดปกติและนำไปสู่อาการไตวายได้ด้วย ผลจากการศึกษาพบว่า Pb อาจเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งของการเกิดความดันโลหิตสูงและโรคหัวใจของชายวัยกลางคน ประเด็นสำคัญก็คือ Pb ไม่ได้เข้าสู่ร่างกายเฉพาะทางการหายใจอย่างเดียว แต่ Pb ในอากาศบางส่วนจะถูกชะล้างโดยฝนลงสู่ดินและน้ำ รวมทั้งปนเปื้อนอยู่ในอาหารต่าง ๆ ซึ่งสามารถเข้าสู่ร่างกายได้โดยการกิน และทำให้เกิดผลกระทบได้แบบเดียวกันด้วย การศึกษาผลกระทบของ Pb ที่เป็นมลพิษทางอากาศจึงต้องศึกษาให้ละเอียดถี่ถ้วนและต้องครอบคลุมประเด็นที่ยกมานี้ อย่างเหมาะสมด้วย

2.4 มาตรฐานคุณภาพอากาศจากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรมทั่วไป

หน่วยงานที่กำหนดค่ามาตรฐานคุณภาพอากาศ จากแหล่งกำเนิดอุตสาหกรรม ได้แก่

1. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535

2. กระทรวงอุตสาหกรรม ตามพระราชบัญญัติโรงงานอุตสาหกรรม พ.ศ. 2535
3. การนิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย ตามพระราชบัญญัตินิคมอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย พ.ศ. 2522
4. ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 พ.ศ.2536, ฉบับที่ 9 พ.ศ.2538 และฉบับที่ 2 พ.ศ. 2543 ออกตามความในพระราชบัญญัติ โรงงาน พ.ศ. 2535 เรื่องกำหนดค่าความเข้มข้นของสารเจือปน ในอากาศที่ระบายออก จากโรงงาน ประกาศ ณ. วันที่ 20 กรกฎาคม พ.ศ. 2536, วันที่ 6 กันยายน พ.ศ. 2538 และวันที่ 11 เมษายน พ.ศ. 2543

ดังนั้นอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ต้องมีค่าความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดเจือปน ไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ดังในตาราง

ตารางที่ 2.2 ค่ามาตรฐานการระบายสารมลพิษจากโรงงานอุตสาหกรรม

ชนิดของสารเจือปน	แหล่งที่มาของสาร	ค่าความเข้มข้นของสารเจือปนในอากาศ (มีลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)
ฝุ่นละออง	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงดังนี้	
	- น้ำมันเตา	300
	- ถ่านหิน	400
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	400
	การถลุง หล่อหลอม ริดคิง	300
	และ/หรือผลิตเหล็กกล้า	
อลูมิเนียม	การผลิตทั่วไป	400
	การผลิตทั่วไป	20
พลวง	การผลิตทั่วไป	20
ทองแดง	หลอมหรือการถลุง	30
ตะกั่ว	การผลิตทั่วไป	30
คลอรีน	การผลิตทั่วไป	30
ไฮโดรเจนคลอไรด์	การผลิตทั่วไป	200
ปรอท	การผลิตทั่วไป	3
คาร์บอนมอนอกไซด์	การผลิตทั่วไป	1,000
กรดกำมะถัน	การผลิตทั่วไป	100
ไฮโดรเจนซัลไฟด์	การผลิตทั่วไป	140
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	การผลิตกรดซัลฟูริก	1,300
ออกไซด์ของไนโตรเจน	หม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิง ดังนี้	(วัดในรูปไนโตรเจนไดออกไซด์)
	- ถ่านหิน	940
	- เชื้อเพลิงอื่น ๆ	470
โซลีน	การผลิตทั่วไป	870
ครีซอล	การผลิตทั่วไป	22
ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	การเผาไหม้ที่ใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิง	1,250

การวัดค่าความเข้มข้นของสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากโรงงาน ให้วัดอากาศที่ระบายออกจากปล่องในขณะที่ประกอบกิจการโรงงาน ในกรณีที่ไม่มีปล่องให้วัดที่ช่องระบายอากาศ ซึ่งพนักงานเจ้าหน้าที่เห็นว่าน่าจะมีค่าความเข้มข้นของสารเจือปนระบายออกมากที่สุด

ระดับค่าความเข้มข้นของสารแต่ละชนิดที่เจือปนในอากาศ ให้คำนวณเทียบที่ความดัน 1 บรรยากาศ และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

การกำหนดค่าความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ให้ใช้บังคับเฉพาะโรงงานที่ตั้งอยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ นนทบุรี ปทุมธานี สมุทรสาคร นครปฐม ชลบุรี ระยอง เพชรบุรี ประจวบคีรีขันธ์ สงขลา กระบี่ และภูเก็ต

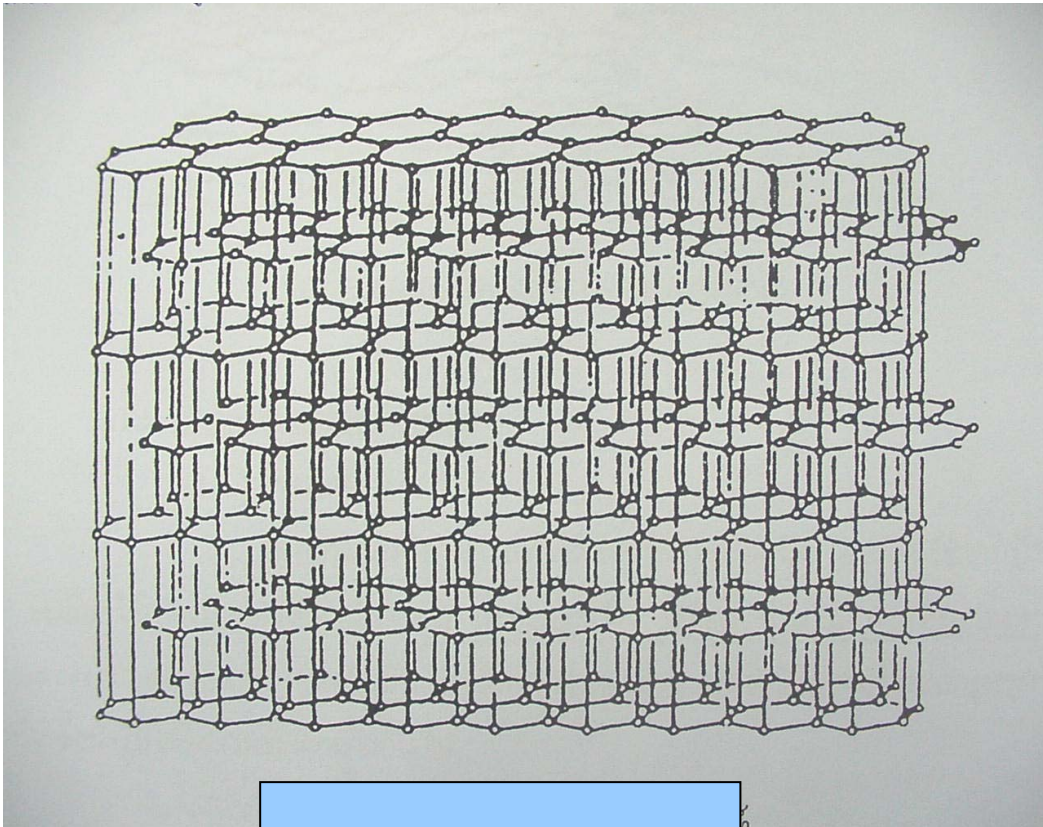
การทำงานในสถานที่ที่มีการฟุ้งกระจายของตะกั่วจะต้องมีการป้องกันที่ได้มาตรฐาน ซึ่งสามารถกระทำได้ 2 ทาง คือ 1. การป้องกันที่แหล่งกำเนิด โดยพิจารณาในกระบวนการหรือ การใช้หลักในทางวิศวกรรม เพื่อลดความเข้มข้นการไหล หรืออาจจะติดตั้งอุปกรณ์กำจัด Vacuum หรือ Exhaust เพื่อดูดเอาฝุ่นหรือไอของตะกั่วออกจากหน้างาน เพื่อนำไปบำบัดก่อนปล่อยออกสู่ภายนอกต่อไปหรือจะเป็นทางเลือกที่ 2 คือการป้องกันที่ตัวบุคคล โดยที่จะเน้นไปที่อุปกรณ์สวมใส่กำจัดหน้ากาก ซึ่งมีหลายแบบ ส่วนประสิทธิภาพของการใช้นั้น ขึ้นอยู่กับการเลือกประเภทที่เหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการป้องกันรวมถึงประสิทธิภาพของหน้ากากยังขึ้นอยู่กับสารที่บรรจุอยู่ใน เทค โนโลยี การผลิตและอื่นๆ หรือจะเป็นทางเลือกที่ 3 ที่ป้องกันทั้ง 2 ด้าน ทั้งในส่วนของแหล่งกำเนิดและตัวบุคคล จะทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด

2.4.1 หลักการของการตรวจวัดตะกั่วในบรรยากาศ

หลักการของการตรวจวัดตะกั่วในบรรยากาศโดยการเก็บอากาศผ่านกรอง ในเครื่องเก็บตัวอย่าง High Volume Air Sampler เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจะใช้ Personnel Pump ที่ทำหน้าที่จำลองการหายใจของคน โดยสามารถปรับระดับได้ ซึ่งก็จะมีแผ่นกรองเพื่อใช้ในการเก็บฝุ่นเหมือนกันแต่จะมีขนาดเล็กกว่า แล้วนำแผ่นกรองที่เก็บฝุ่นมาสกัดตะกั่วออกโดยใช้กรด Nitric (หรือใช้กรด Nitric ผสมกับ HCl) แล้วนำไปวัดค่าความเข้มข้นของตะกั่ว โดยใช้เครื่องวัด Atomic Absorption Spectrometry โดยใช้ Air- 5134173 acetylene flame ที่ความยาวคลื่น 283.3 หรือ 217.0 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องตรวจวัดให้ถูกต้องตามที่ระบุไว้ในลักษณะเฉพาะของเครื่องมือ

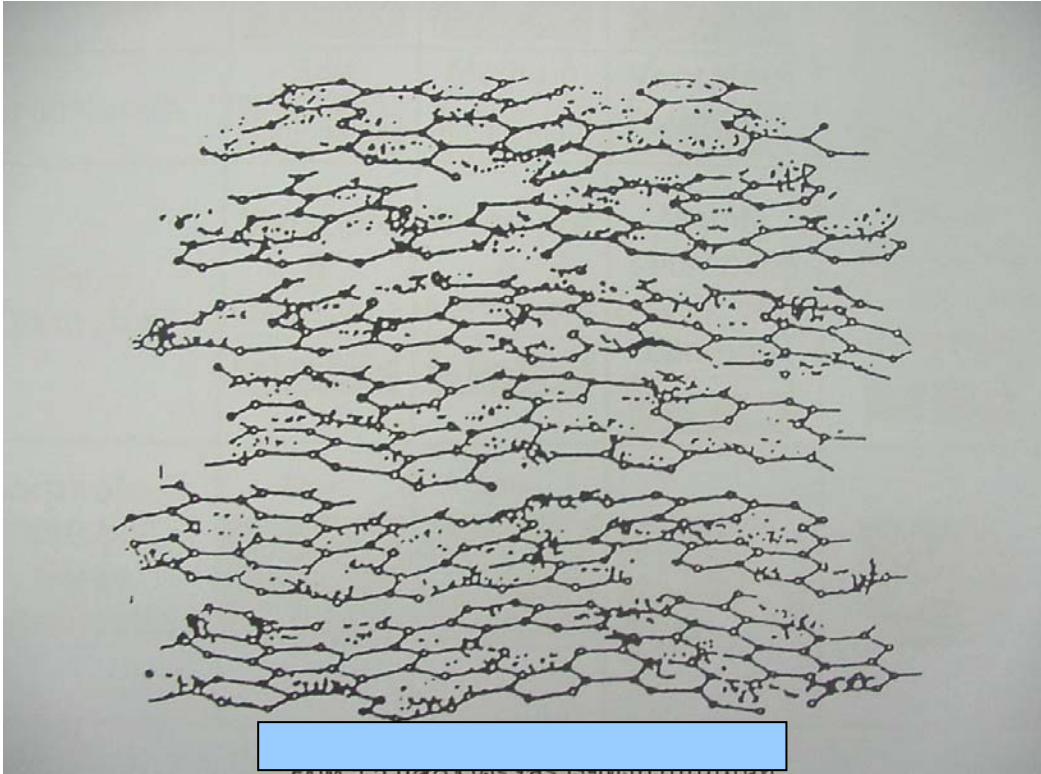
3. ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)

“ถ่านกัมมันต์” มีโครงสร้างเป็นกลุ่มคาร์บอนซึ่งมีลักษณะคล้ายกราไฟท์ (Graphite) แต่จะแตกต่างกันตรงพื้นที่ผิวภายในของ “ถ่านกัมมันต์” ซึ่งมีมาก กราไฟท์จะประกอบด้วยแผ่นชั้นที่เกิดจากอะตอมของคาร์บอน ซึ่งเรียงตัวลักษณะหกเหลี่ยมด้านเท่า (Regular Hexagons) ระยะห่างระหว่างอะตอมของคาร์บอนในแต่ละชั้นมีขนาด 1.42 อังสตรอม โดยในแต่ละชั้นเรียงตัวขนานกัน ในระยะห่างระหว่างชั้นมีขนาด 3.35 อังสตรอม อิเล็กตรอน 3 ใน 4 ตัวของคาร์บอนจะสร้างพันธะโควาเลนต์ (Covalent Bond) กับอะตอมที่ติดกัน ขณะที่อิเล็กตรอนตัวที่ 4 เคลื่อนที่ระหว่างโครงสร้างวาเลนซ์ดังในรูป



ภาพที่ 2.9 โครงสร้างของกราไฟท์



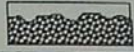
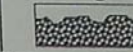
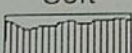
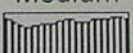
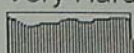
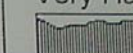
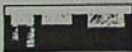

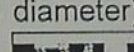
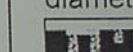



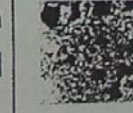
โครงสร้างของถ่านกัมมันต์จะแตกต่างจากกราไฟท์ โดยจะมีโครงสร้างเป็นผลึกที่เล็กมาก (Microcrystallites) ประกอบด้วยวงหกเหลี่ยมด้านเท่าของอะตอมคาร์บอนผสมกัน เส้นผ่านศูนย์กลางของชั้นคาร์บอนที่สร้างผลึกเล็กๆ มีขนาดประมาณ 150 อังสตรอมและระยะระหว่างผลึกเล็กๆ นี้มีค่าอยู่ระหว่าง 20 – 50 อังสตรอมดังแสดงในรูป



ภาพที่ 2.10 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์

3.1 การกระตุ้น

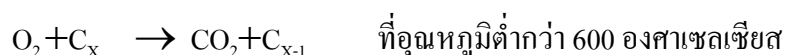
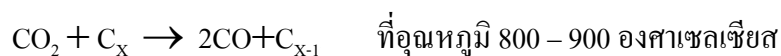
การเตรียม “ถ่านกัมมันต์” สามารถทำได้จากวัสดุหลายชนิด แต่สำหรับการบำบัดไอระเหย จะเลือกจากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว และมะพร้าวกะทิ “ถ่านกัมมันต์” ที่ผลิตจากวัสดุแต่ละชนิด จะมีโครงสร้างและรูพรุนที่แตกต่างกัน ซึ่งนำไปใช้งานในที่ต่างกันไป

	Wood	Coal	Coconut	Palm Shell
Density	Low 	Low 	High 	High 
Hardness	Soft 	Medium 	Very Hard 	Very Hard 
Pore Diameter *	Macropore & Mesopore 	Macropore & Mesopore 	Mainly Micropore (<1nm pore diameter) 	Mainly Micropore (1-2nm pore diameter) 
Morphology (X10,000 times magnification)	Error! 	Error! 		

ภาพที่ 2.11 คุณสมบัติของ “ ถ่านกัมมันต์ ” ที่ผลิตจากวัตถุดิบต่างๆ

โดยทั่วไปการกระตุ้นจะมี 2 กระบวนการได้แก่ กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน (Carbonization Process) และกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation Process) กระบวนการคาร์บอนไนเซชัน เป็นการให้ความร้อนแก่วัสดุจนกระทั่งสารปนเปื้อนที่ไม่ใช่คาร์บอนไนเซชัน สลายตัวไป ซึ่งกระบวนการนี้ยังคงมีอำนาจในการดูดซับอยู่ในระดับต่ำ เนื่องจากโพรงภายในคาร์บอนมี ทาร์ (Tar) อุดตันอยู่ ดังนั้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวและไล่ทาร์ออกจากโพรงภายในคาร์บอนจะต้องผ่านกระบวนการออกซิเดชันต่อไป

กระบวนการออกซิเดชัน เป็นปฏิกิริยาออกซิเดชันซึ่งใช้ตัวกระทำที่เป็นก๊าซ ซึ่งมีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์ที่อุณหภูมิสูง ก๊าซส่วนใหญ่ที่ใช้คือ ไอน้ำและคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งสามารถใช้แยกกันหรือผสมกันก็ได้ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังสมการ 9jvwoux



ความสามารถของการดูดซับ หรือความจุของการดูดซับของคาร์บอนที่ได้ จะขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ของกระบวนการกระตุ้นดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติทางเคมีและความเข้มข้นของสารออกซิไดซ์
2. อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น
3. ระยะเวลาที่ใช้ในกระบวนการกระตุ้น
4. ความเข้มข้นและชนิดของธาตุที่เป็นส่วนประกอบของวัตถุดิบที่นำมาผลิต

นอกจากวิธีกระตุ้นซึ่งใช้ก๊าซในการเพิ่มพื้นที่ผิวของถ่านแล้ว ยังมีการกระตุ้น โดยการใช้น้ำสารเคมี (Chemical Activation) ซึ่งวิธีนี้มีผลต่อการสร้างรูพรุนภายในคาร์บอนมากกว่าการกระตุ้นซึ่งใช้ก๊าซที่มีผลต่อการเพิ่มพื้นที่ผิวภายนอก สารเคมีที่ใช้ได้แก่ ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) โซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) เป็นต้น คุณสมบัติของคาร์บอนที่ได้จากการกระตุ้นด้วยวิธีและวัสดุที่ต่างกัน

3.2 ชนิดของรูพรุน

ภายในอนุภาคของถ่านกัมมันต์นั้นจะมีรูพรุนขนาดต่างๆ กระจายอยู่และสามารถจำแนกรูพรุนตามระบบ International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ได้ดังนี้

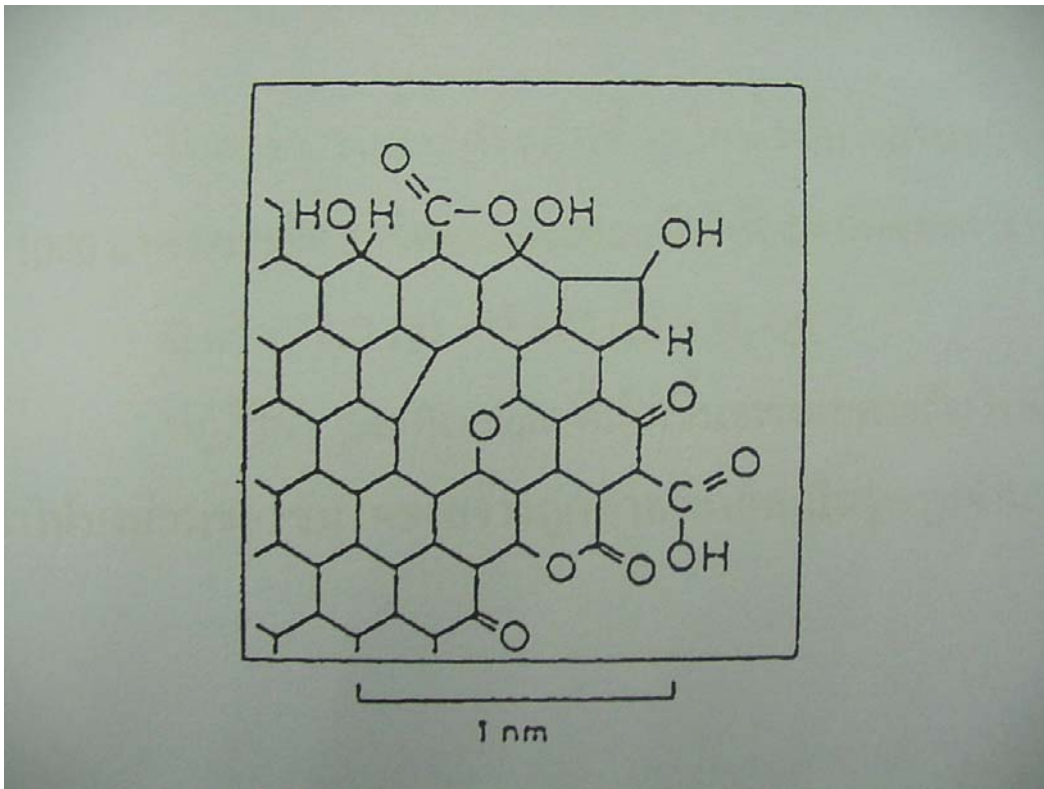
- Micropores คือ รูพรุนที่มีขนาดรัศมีหรือ half-width ต่ำกว่า 1 nm.
- Macropores คือ รูพรุนที่มีขนาดรัศมีอยู่ในช่วง 1-25 nm.
- Macropores คือ รูพรุนที่มีขนาดรัศมีมากกว่า 25 nm.

Micro – และ Mesopores

Micro – และ Mesopores จะเป็นตัวกำหนดค่าความจุในการดูดซับ (Adsorption capacity) รูพรุนทั้งสองชนิดนี้เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการกระตุ้น (Activation process) ซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ 1) การกระตุ้นด้วยไอน้ำ (Steam activation) และ 2) การกระตุ้นด้วยสารเคมี (Chemical activation)

Micropore และ Mesopore ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ

เมื่อทำการกระตุ้นถ่านด้วยไอน้ำ จะเกิด basal plane ซึ่งมีลักษณะคล้ายแผ่นแกรไฟต์ ประกอบด้วยอะตอมคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็นวงแหวน โดยมีฟังก์ชันกรุปแตกต่างกันลักษณะเป็นระนาบแบนหรือโค้ง มีความหนา 0.35 nm.



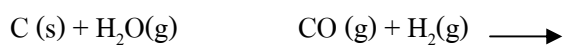
ภาพที่ 2.12 ลักษณะโครงสร้าง basal plane ของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไอน้ำ

โดยทั่วไป basal plane ในถ่านจะรวมตัวกัน เมื่อ basal plane ที่อยู่ติดกันมีการเรียงตัวไปในทิศทางเดียวกันจะเกิดเป็นชั้นคล้ายกับแกรไฟต์ ส่วนที่เหลือจะอยู่ในลักษณะเป็นกลุ่มของชั้นคล้ายกับแกรไฟต์เช่นกันแต่มีทิศทางการเรียงตัวไม่แน่นอน

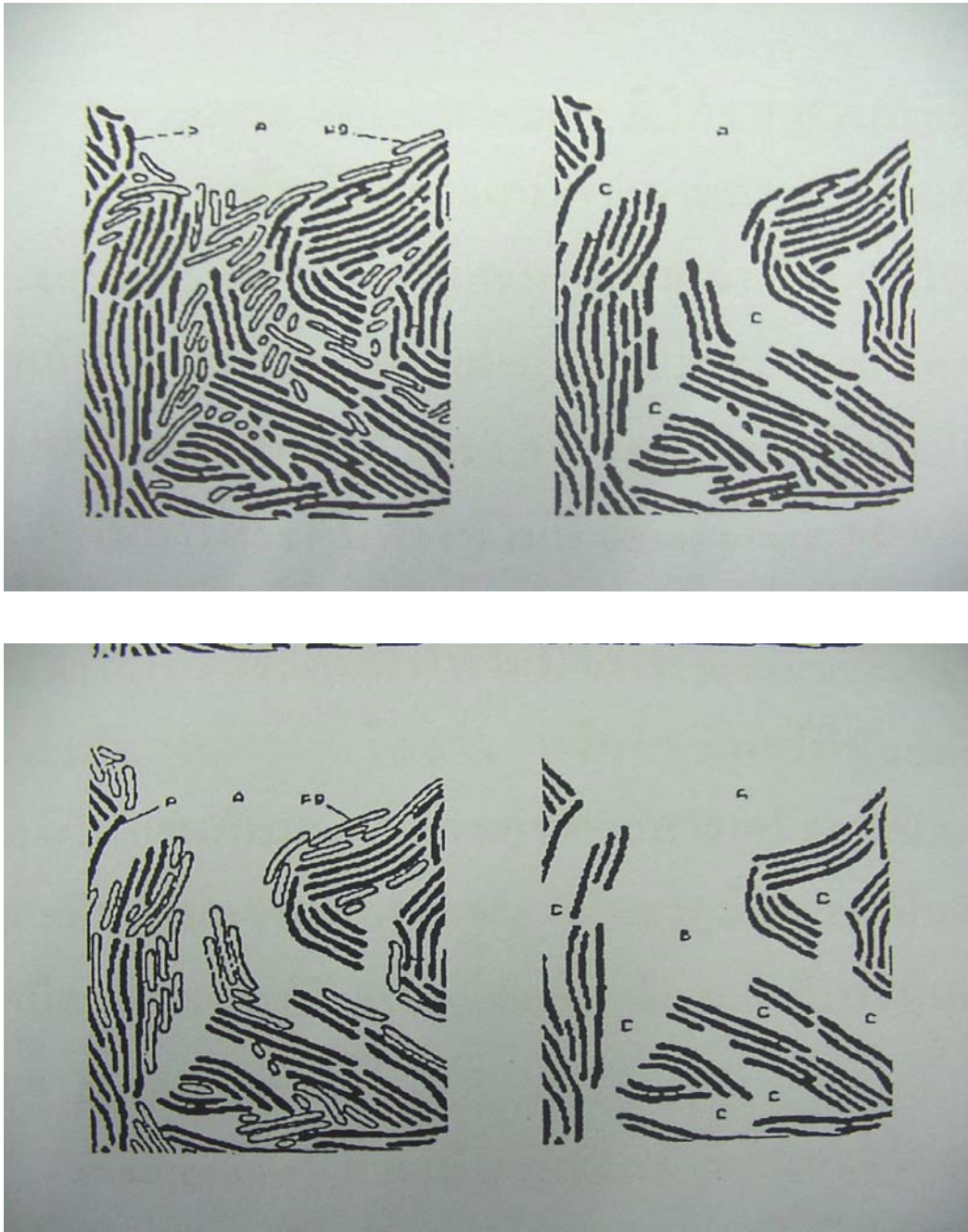


ภาพที่ 2.13 โครงสร้างของถ่าน

ในกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำนั้น ถ่านจะทำปฏิกิริยากับไอน้ำที่อุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส เกิด gasification ทำให้อะตอมของคาร์บอนหายไป



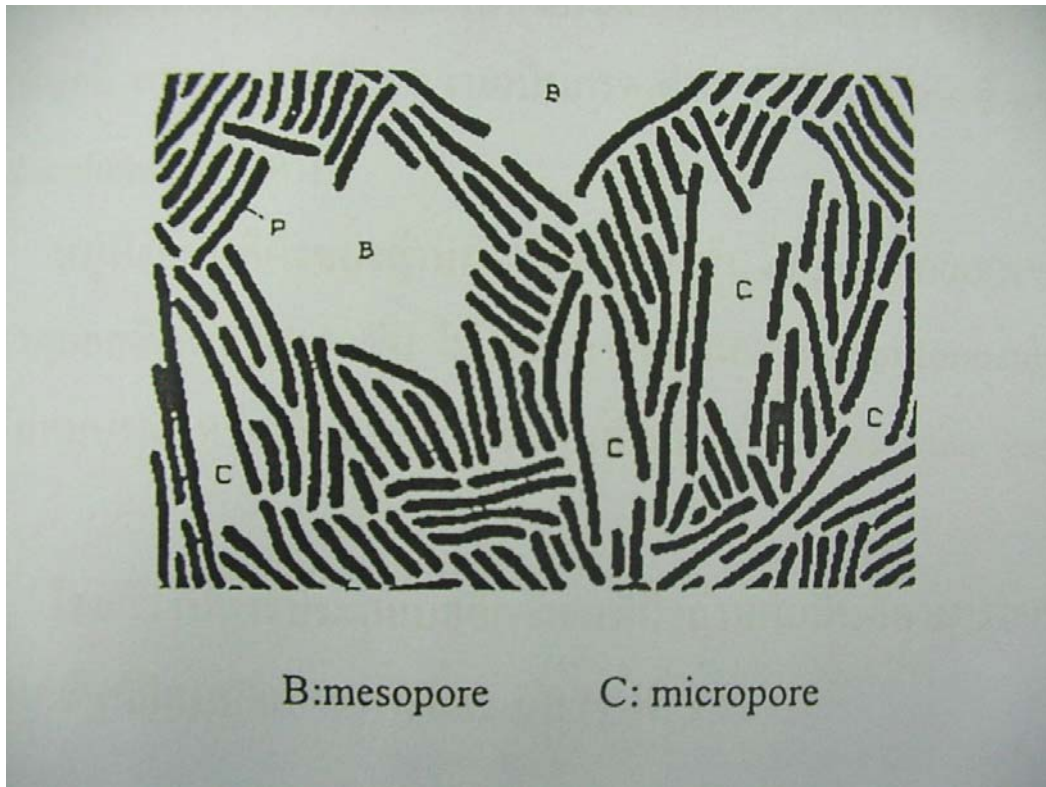
ปฏิกิริยา gasification ที่เกิดขึ้นจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับ basal plane ที่ต่างกันในถ่านทำให้บางส่วนของชั้น โครงสร้างถูกทำลาย เกิดเป็นรูพรุนจำนวนมากดังในรูป



A : macropore B : mesopore C: micropore p: basal plane

Pg : basal plane , gasified in next phase of activation

ภาพที่ 2.14 การเกิดรูพรุนที่แตกต่างกันระหว่างกระบวนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ การกระตุ้นด้วยไอน้ำทำให้ผนังของ micropore มีลักษณะเป็น basal plane ซึ่งแบนและกว้าง ที่อยู่ติดกัน เมื่อทำการกระตุ้นต่อจะทำให้ micropore ขยายขนาดเป็น mesopore ซึ่งมีรูปร่างไม่แน่นอนดังแสดงในรูป



ภาพที่ 2.15 ภาพตัดของ micropore และ mesopore

Micropore และ Mesopore ที่ได้จากการกระตุ้นด้วยสารเคมี

การกระตุ้นด้วยสารเคมีต่างจากการกระตุ้นด้วยไอน้ำ เนื่องจากจะเกิด carbonization และ activation ขึ้นพร้อมกันที่อุณหภูมิต่ำกว่า โดยทั่วไปสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้นได้แก่กรดฟอสฟอริก แล้วทำการเผาต่อที่อุณหภูมิประมาณ 50 องศาเซลเซียส สารเคมีที่ใช้กระตุ้นจะทำให้เกิดการพองตัวและทำให้โครงสร้างของเซลล์ลูโลสเปิดออกเป็นตัวเปิดเกิดเป็นรูพรุนมาก การใช้อุณหภูมิต่ำในการกระตุ้นทำให้ไม่มี basal plane ของแกรไฟต์ในถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ โครงสร้างบางส่วนจะเป็น วงแหวน โซ่ยาวหรือโพลิเมอร์ที่ซับซ้อน (highly cross-linked polymer) ผนังของรูพรุนในถ่าน ปลุกฤทธิ์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีจะมีลักษณะหยาบไม่เรียบเหมือนการกระตุ้นด้วยไอน้ำ และมีอะตอมของออกซิเจนหรือธาตุอื่นๆ อยู่เป็นจำนวนมาก ดังนั้นถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยสารเคมีจะมีคุณสมบัติ hydrophobic น้อยกว่าที่กระตุ้นด้วยไอน้ำ

Macropores

Macropore อาจเป็น โครงสร้างเดิมของวัตถุดิบ หรือเกิดขึ้นระหว่าง shaping step ก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตเป็น Botanical pores ในวัตถุดิบหรือ macropore ที่เกิดขึ้นในถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินที่บดเป็นก้อน

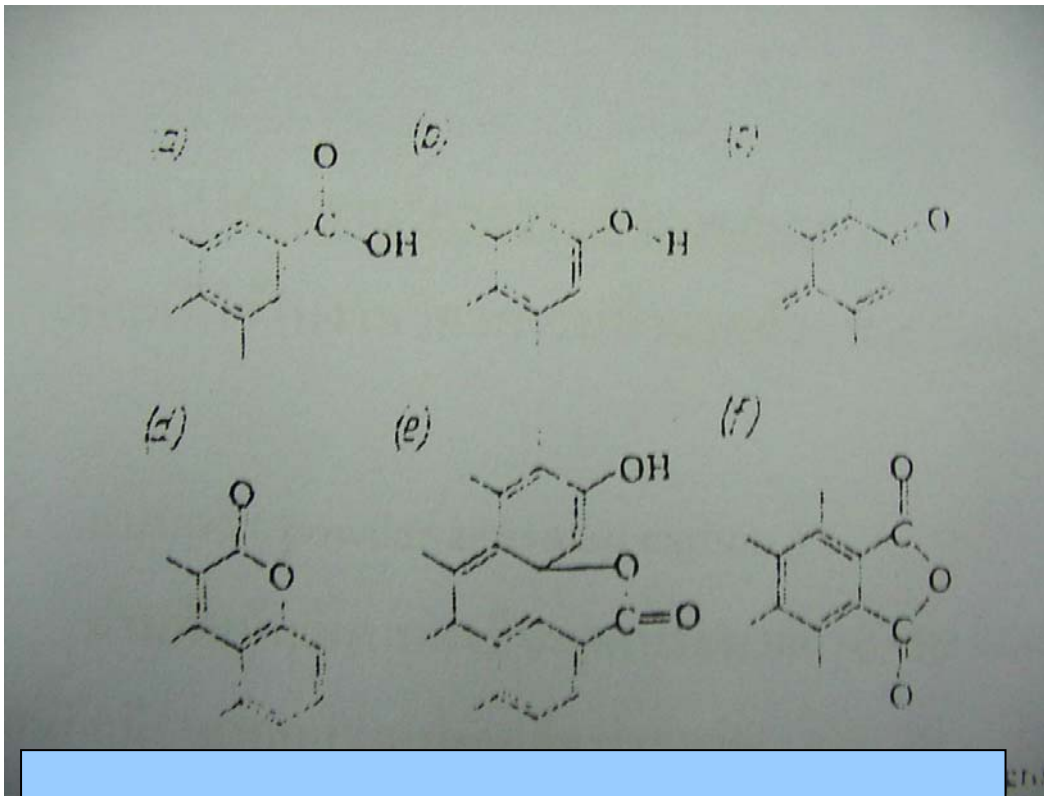
โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (granular activated carbon) จะประกอบด้วย macropore เป็นส่วนใหญ่ทำให้ adsorbate สามารถผ่านไปยัง mesopore และ micropore ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดการดูดซับขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (powder activated carbon) จะไม่มี macropore อยู่

3.3 คุณสมบัติทางเคมีที่ผิวของถ่านกัมมันต์

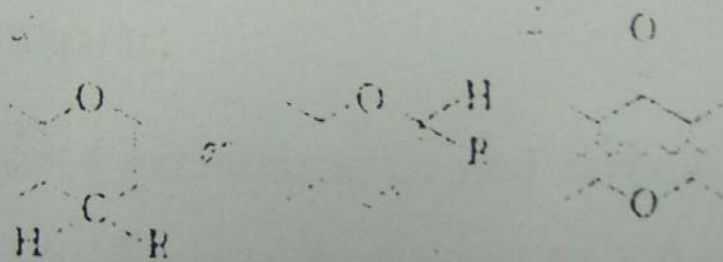
คุณสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการดูดซับปฏิกิริยาทางไฟฟ้าเคมี การเร่งปฏิกิริยา ความเป็นกรดต่าง ปฏิกิริยารีดอกซ์ ความชอบและไม่ชอบน้ำ (hydrophilic-hydrophobic) เป็นต้น

หมู่ฟังก์ชันที่ผิวของถ่านกัมมันต์ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบ โดยเฉพาะถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัตถุดิบที่มีธาตุออกซิเจนอยู่มาก เช่น ไม้ แซคคาโลส และ phenol-formaldehyde resins ซึ่งเกิด carbonization ไม่สมบูรณ์ หรือเกิดจากการกระตุ้นถ่านหินด้วย oxidizing gases เช่น ioni น้ำหรือ อากาศ

โดยทั่วไปสารประกอบออกซิเจนที่ผิวถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ เป็น หมู่ฟังก์ชันที่มีสมบัติเป็นกรด และเบสดังในรูป



Principal types of acidic oxygen surface functions (a) carboxyl, (b) phenolic, (c) quinonoid, (d) normal lactone, (e) fluorine, (f) anhydride originating from neighbouring carboxyl groups and Mark [15].



Functional groups of basic character: (a) chromene (after [22]), (b) pyrone-like (after Boehm [23]).

ภาพที่ 2.16 สารประกอบออกซิเจนที่ผิวถ่านกัมมันต์ แยกตามฟังก์ชันที่มีคุณสมบัติเป็นกรดและเบส

นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัตถุดิบ และวิธีการกระตุ้นที่แตกต่างกันจะมีพื้นผิวที่แตกต่างกัน โดยมีทั้ง protonated (C-OH₂) netutral (COH) หรือ ionised (CO) ดังนั้นสามารถจำแนกชนิดของปลุกฤทธิ์ออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ตามคุณสมบัติของพื้นผิวได้แก่ H-Type คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีประจุบวก (Protonate) ที่พื้นผิวเป็นสารประเภทไม่ชอบน้ำ (Hdrophobic) และมีคุณสมบัติเป็นเบสเมื่ออยู่ในสารละลาย ซึ่งจะดูดซับกรดแก่ได้ดี โดยมากถ่านกัมมันต์ชนิดนี้ได้มาจากการผลิตโดยการเผาวัตถุดิบที่อุณหภูมิสูง (ประมาณ 1200 องศาเซลเซียส) ภายใต้สภาวะสูญญากาศหรือใน CO₂ จากนั้นนำมาในบรรยากาศเปิดที่อุณหภูมิห้องทันที หมู่ฟังก์ชันหลักที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ lactones quinones phenols และ carboxylates

L-Type คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีประจุลบ (ionised) ที่พื้นผิวเป็นสารประเภทชอบน้ำ (Hydrophillic) และมีคุณสมบัติเป็นกรดเมื่ออยู่ในสารละลาย ซึ่งสามารถดูดซับหรือสะเทินกับเบสได้ดี ทำให้โดยการเผาวัตถุดิบที่อุณหภูมิต่ำกว่า (ประมาณ 200 – 400 องศาเซลเซียส) ในอากาศโดยหมู่ฟังก์ชันหลักที่พบส่วนใหญ่ได้แก่ carboxyl, phenolic hydorxyl, carbonyl, carboxylic acid, anhydrides, lactone และ peroxide

3.4 ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในงานวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

3.4.1 แบบผง (powder activated carbon)

ถ่านกัมมันต์ แบบผงมีขนาดประมาณ 10-50 ไมครอนหรือน้อยกว่าข้อดีของถ่านปลุกฤทธิ์ชนิดนี้คือมีราคาถูกกว่าแบบเกล็ดประมาณ 2-3 เท่า การเพิ่มหรือลดความเข้มข้นถ่านกัมมันต์ที่ใช้ให้สอดคล้องกับคุณภาพน้ำที่ต้องการบำบัดสามารถกระทำได้ที่ ต้นทุนต่ำและการดูดซับเกิดได้อย่างรวดเร็ว ส่วนข้อเสียของถ่านชนิดนี้คือไม่คุ้มทุนในการฟื้นฟูสภาพถ่านกัมมันต์ที่ใช้แล้ว และต้องใช้ถ่านจำนวนมาก

3.4.2 เกล็ด (granulat activated carbon)แบบ

ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดของเม็ดทรายกรองน้ำ แต่จะแข็งเปราะ และเบากว่าทราย ข้อดีของถ่านชนิดนี้คือสามารถทำการฟื้นฟูสภาพถ่านที่ใช้แล้วและนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่อย่างไรก็ตามในการฟื้นฟูสภาพถ่านแต่ละครั้งจะสูญเสียถ่านไปประมาณ 5% และถ่านที่ได้จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง

4. การดูดซับ

การดูดซับเป็นกระบวนการแยกสารจากเฟสหนึ่ง (adsorbate) โดยเกิดการสะสมที่ผิวของสารอีกเฟสหนึ่ง (adsorbent) กล่าวคือ การดูดซับจะเป็นการแยกองค์ประกอบที่ต้องการออกจากสารละลายหรือก๊าซ โดยให้สารละลายหรือก๊าซสัมผัสกับตัวดูดซับ องค์ประกอบแต่ละชนิดในสารละลายจะมีความสามารถในการกระจายบนผิวและเกิดแรงดึงดูดกับตัวดูดซับได้ต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างที่ซับซ้อนของตัวดูดซับ คุณสมบัติทางเคมีของทั้ง adsorbate และ adsorbent จำนวนชั้นของโมเลกุลของ adsorbate ที่ถูกดูดซับบนผิวของ adsorbent และขนาดความพรุนของ adsorbent

4.1 ประเภทของการดูดซับ

สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การดูดซับทางกายภาพ (Physical adsorption หรือ Van der Waal's adsorption)

การดูดซับทางกายภาพขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญได้แก่ การจัดเรียงตัวของโมเลกุล (orientation) การกระจายตัว (dispersion) และเหนี่ยวนำ (induction) สำหรับโมเลกุลที่มีขั้ว (polar molecule) นั้นแรงดึงดูดจะเกิดจากการจัดเรียงตัวของโมเลกุลซึ่งเป็นแรงดึงดูดที่เกิดจาก dipole ของโมเลกุลที่มีขั้ว 2 โมเลกุล คือขั้วลบของโมเลกุลหนึ่งจะดึงดูดกับขั้วบวกของอีกโมเลกุลหนึ่ง ส่วนการดูดซับระหว่างโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว (nonpolar molecule) จะเกิดเนื่องจากผลของการกระจายตัว หรือการสั่นของ dipole ซึ่งทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโมเมนต์ในการกระจายอิเล็กตรอนรอบๆ นิวเคลียสของอะตอมนั้น เมื่อ dipole ที่เกิดการสั่นทั้งสองมาอยู่ใกล้กัน จะทำให้พลังงานทั้งหมดลดลง ซึ่งระบบจะมีความเสถียรมากขึ้น

ส่วนแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่มีขั้วและโมเลกุลที่ไม่มีขั้วเกิดจากผลของการเหนี่ยวนำ โดยโมเลกุลที่มีขั้วจะเหนี่ยวนำให้โมเลกุลที่ไม่มีขั้วเกิดมีขั้วเมื่อมาอยู่ใกล้กัน อย่างไรก็ตามผลของการเหนี่ยวนำจะมีขนาดน้อยเมื่อเทียบกับผลของทิศทาง และผลของการกระจายตัว

2. การดูดซับทางเคมี (Chemical adsorption หรือ Chemisorption)

การดูดซับชนิดนี้เกิดจากแรงกระทำทางเคมีระหว่าง adsorbate และ adsorbent กล่าวคือ adsorbate จะถูกดูดซับไว้ที่พื้นผิวของ adsorbent โดยพันธะทางเคมี การดูดซับทั้งทางกายภาพและทางเคมีนั้นจะมีการคายความร้อน (exothermic) ออกมาเนื่องจากระหว่างกระบวนการดูดซับโมเลกุลของ adsorbate จะถูกส่งผ่านจาก bulk phase ไปยังผิวของ adsorbent การเคลื่อนที่ของ adsorbate อย่างรวดเร็วจะทำให้โมเลกุลสูญเสียพลังงานจลน์ให้แก่ adsorbate ในรูปของความร้อน

สำหรับการดูดซับทางเคมีความร้อนจะเกิดจากปฏิกิริยาเคมี ส่วนความร้อนที่เกิดจาก physical adsorption จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับ heat of condensation

4.2 ข้อแตกต่างระหว่างการดูดซับทางกายภาพและการดูดซับทางเคมี

1. การขจัดโมเลกุลที่ถูกดูดซับทางเคมีออกจาก adsorbent ทำได้ยาก ในขณะที่โมเลกุลที่ถูกดูดซับทางกายภาพสามารถจัดออกได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิ หรือลดความดัน
2. การดูดซับทางเคมี โมเลกุลของ adsorbate จะถูกจับด้วยพันธะทางเคมีที่ผิวของ adsorbent ส่วนการดูดซับทางกายภาพจะเกิดจากผลของขั้วของโมเลกุล
3. การดูดซับทางเคมีนั้น โมเลกุลของ adsorbate จะยึดเกาะผิวของ adsorbent แบบชั้นเดียว และการดูดซับทางเคมีจะหยุดลงเมื่อ reactive site ที่ผิวของ adsorbent หมดไป ในขณะที่การดูดซับทางกายภาพด้วยแรง van der waal's นั้น adsorbate ที่ยึดเกาะบนผิว adsorbent ได้หลายชั้น (multilayer)
4. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิขึ้นอัตราการดูดซับทางเคมีจะเพิ่มขึ้น แต่อัตราการดูดซับทางกายภาพจะลดลง

4.3 สมดุลและไอโซเทอร์มของการดูดซับ

โดยทั่วไปการกระจายตัวของสารระหว่างเฟสเมื่อระบบเข้าสู่สมดุลหรือไม่มีการดูดซับสุทธิเกิดขึ้นจะแสดงในรูปความสัมพันธ์ของความเข้มข้นตัวถูกดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของตัวดูดซับ กับความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับที่เหลืออยู่ในสารละลายเมื่อเข้าสู่ภาวะสมดุล

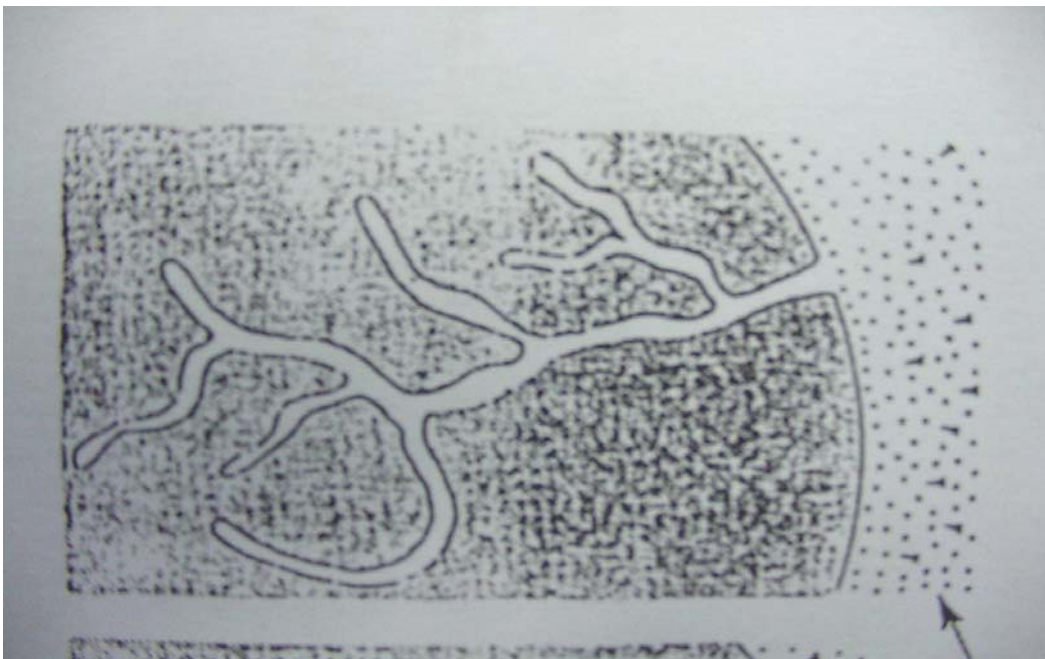
สำหรับไอโซเทอร์มของการดูดซับ จะอธิบายถึงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของสาร เมื่อเข้าสู่สมดุลของการดูดซับกับความเข้มข้นของตัวดูดซับที่อยู่ในสารละลาย ณ อุณหภูมิหนึ่ง ๆ แบบจำลองที่นิยมใช้อธิบายความสัมพันธ์ของ adsorption isotherm ได้แก่ แบบจำลองของ Langmuir แบบจำลองของ BET แบบจำลองของ Gibbs แบบจำลองของ Freundlich และแบบจำลองแบบ Linear

จากการศึกษาของ ทรอสต์ และ สจูนีย์ คู่สังเขิม พบว่า แบบจำลองที่เหมาะสมการดูดซับโครเมียมด้วยถ่าน กัมมันต์ได้แก่แบบจำลองของ Langmuir และแบบจำลองของ Freundlich โดยที่แบบจำลอง Langmuir ได้พัฒนาจากการดูดซับก๊าซที่ผิวของแข็ง โดยมีสมมุติฐานว่าพลังงานในการดูดซับมีค่าคงที่และไม่ขึ้นกับคุณสมบัติของพื้นผิว การดูดซับจะเกิดเฉพาะที่โดยไม่มีแรงกระทำระหว่างโมเลกุลของตัวถูกดูดซับ และการดูดซับจะเกิดมากที่สุดเมื่อโมเลกุลของตัวถูกดูดซับยึดเกาะบนผิวตัวดูดซับเพียงชั้นเดียว

4.4 กลไกในการดูดซับ

โดยทั่วไปการดูดซับเกิดขึ้นผ่าน 3 ขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้

1. โมเลกุลของตัวถูกดูดซับแพร่ผ่านจาก bulk phase ไปยังผิวด้านนอกของอนุภาคของตัวดูดซับดังรูปด้านล่าง
2. โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะเคลื่อนที่ผ่านพื้นผิวด้านนอก ซึ่งมีพื้นที่น้อยไปยังรูพรุนภายในอนุภาคที่มีพื้นที่ผิวมากกว่า และการดูดซับเกือบทั้งหมดก็จะเกิดภายในรูพรุนนี้ดังรูปด้านล่าง
3. โมเลกุลของตัวถูกดูดซับจะยึดติดอยู่ที่ผิวภายในรูพรุนดังรูปด้านล่าง



ภาพที่ 2.17 การยึดติดของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับในผิวภายในรูพรุน

สำหรับกลไกการดูดซับของโครเมียม (VI) ด้วยถ่านกัมมันต์จะมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- ในรูปของ HCrO_4 โดยการแพร่โมเลกุล และการแพร่เนื่องจากความปั่นป่วน (eddy diffusion) ไปที่ผิวของถ่านกัมมันต์ เกิดปฏิกิริยาเคมี (รีดักชันและหรือการดูดซับ) ที่ผิวด้านนอกของถ่านกัมมันต์
 - การเคลื่อนที่ของโครเมียม(VI) และโครเมียม(III) กลับไปยัง bulk phase
 - การเคลื่อนที่ของโครเมียม(VI) และโครเมียม(III) เข้าไปในพื้นผิวภายในบริเวณรอบ micropore และรูเล็ก ๆ (capillaries) ของถ่านกัมมันต์
 - เกิดปฏิกิริยาเคมี (รีดักชันและหรือการดูดซับ) ที่ผิวภายใน

- การเคลื่อนที่ของโครเมียม (VI) และโครเมียม(III) ผ่านจากส่วนที่อยู่ระหว่างพื้นที่ผิวภายใน (internal inter-surface) ไปยังส่วนที่อยู่ระหว่างพื้นที่ผิวด้านนอก (external interface) กลับเข้าสู่ bulk phase

4.5 ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ

ในระหว่างที่มีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลของตัวถูกทำลายจะถูกแยกออกจากน้ำและไปเกาะติดบนถ่านกัมมันต์ หรือตัวดูดซับ (adsorbent) โมเลกุลของตัวถูกดูดซับส่วนใหญ่จะ ยึดเกาะอยู่ในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ จะมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เกาะอยู่ที่ผิวภายนอกของถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไป ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่

1. ความปั่นป่วน

อัตราเร็วในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับ การแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม (Film Diffusion) หรือการแพร่ผ่านรูพรุน (Pore Diffusion) ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำ ฟิล์มของน้ำรอบคาร์บอนจะมีความหนามาก เป็นอุปสรรคต่อการแพร่ของโมเลกุลของตัวถูกดูดซับเข้าไปหาถ่านกัมมันต์ ดังนั้นการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มจะเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ แต่ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนสูงชั้นฟิล์มของน้ำจะบางลง เป็นผลให้โมเลกุลสามารถแพร่ผ่านฟิล์มน้ำเข้าสู่ถ่านกัมมันต์ได้เร็วกว่าการแพร่เข้าไปใน รูพรุนเพราะระบบมีความปั่นป่วนสูง แต่อัตราเร็วของการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่คล้ายกับการใช้ถังกรองทรายมักขึ้นอยู่กับ การแพร่ผ่านชั้นฟิล์ม เนื่องจากความปั่นป่วนที่เกิดขึ้นภายในถังต่ำ

2. ขนาดและพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์

คุณสมบัติทางกายภาพที่มีผลต่ออัตราการดูดซับของถ่านกัมมันต์ได้แก่ขนาดและพื้นที่ผิวขนาดของถ่านกัมมันต์ พบว่าอัตราดูดซับแปรผกผันกับขนาดของถ่านกัมมันต์ ดังนั้นถ่านกัมมันต์แบบผงจึงมีอัตราเร็วในการดูดซับสูงกว่าถ่านกัมมันต์แบบเกล็ด ส่วนความสามารถในการดูดซับ (Adsorptive Capacity) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ซึ่งขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของรูพรุน ดังนั้นถ่านกัมมันต์ทั้งแบบผลและแบบเกล็ดซึ่งมีพื้นที่ผิวต่อหน่วยน้ำหนักใกล้เคียงกัน จะมีความสามารถในการดูดซับใกล้เคียงกันแต่อัตราในการดูดซับไม่เท่ากัน

3. ความสามารถในการละลายน้ำของสารที่ถูกดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์

เมื่อมีการดูดซับเกิดขึ้น โมเลกุลของตัวดูดซับจะถูกแยกออกจากน้ำไปเกาะติดบนผิวของของแข็ง สารที่ละลายน้ำหรือแตกตัวเป็นไอออน ได้จะมีแรงยึดเหนี่ยวกับน้ำสูงทำให้ยากต่อการดูดซับ ส่วนสารที่ไม่ละลายน้ำหรือละลายน้ำได้น้อยจะสามารถเกาะติดบนผิวถ่านกัมมันต์ได้ดี อย่างไรก็ตามยังไม่ทราบความสัมพันธ์แน่นอนระหว่างความสามารถในการดูดซับกับความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกดูดซับ

4. ขนาดของสารที่ถูกดูดติดบนผิวของถ่านกัมมันต์

ขนาดของโมเลกุลมีผลต่อการดูดซับ ซึ่งส่วนใหญ่เกิดขึ้นในรูพรุนของถ่าน ปลูกฤทธิ์ การดูดซับจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อถูกดูดซับมีขนาดเล็กกว่ารูพรุนเล็กน้อยซึ่งทำให้แรงดึงดูดระหว่างตัวถูกดูดซับและถ่านกัมมันต์จะมีค่ามากที่สุด

5. พีเอช

พีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวเป็นไอออนและการละลายน้ำของสารซึ่งมีผลกระทบต่อ การดูดซับ และพีเอชยังมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออนของสารประกอบ ที่เป็นกรดหรือเบสใน การดูดซับไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิไอออน สามารถถูกดูดซับโดยถ่านกัมมันต์ได้ดี ส่วนการดูดซับของไอออนตัวอื่น ๆ มีผลมาจากพีเอชของสารละลาย นอกจากนี้ในกรณีของถ่าน ปลูกฤทธิ์ พีเอชของ สารละลายจะมีผลต่อประจุที่อยู่บนผิวของตัวดูดซับอีกด้วย โดยทั่วไปการดูดซับของสารอินทรีย์จะเพิ่ม เมื่อพีเอชของสารละลายลดลง

6. อุณหภูมิ

อุณหภูมิมีอิทธิพลต่ออัตราเร็วและความสามารถในการดูดซับเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ พบว่าอัตราเร็วในการดูดซับจะเพิ่มขึ้น แต่ความสามารถในการดูดซับจะลดลงเพราะการดูดซับเป็น ปฏิกิริยาคายความร้อน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเพียงเล็กน้อยจะไม่มีผลกระทบต่อ กระบวนการดูดซับมากนัก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งจะทำการทดลองโดยการนำเอาวัสดุทางธรรมชาติที่ได้จากกะลามะพร้าวทั้งชนิดมะพร้าวห้าว และมะพร้าวกะทิ ไปเผาที่อุณหภูมิสูงเพื่อทำการปลุกฤทธิ์เป็นถ่านกัมมันต์ โดยใช้แบบจำลองมลพิษประเภทไอตะกั่วและอยู่ในตู้เตรียมอากาศเพื่อทำการทดลองดูดเอาไอตะกั่วผ่านแผ่นกรอง และนำไปหาค่าการทดลองที่จำเป็นสำหรับการวิจัยในห้องปฏิบัติการที่ศูนย์อนามัยสิ่งแวดล้อม นนทบุรีต่อไป

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างในที่นี่ได้จากการเก็บตัวอย่างไอตะกั่วจาก แบบจำลองไอตะกั่วที่เป็นเบ้าหลอมตะกั่วที่กระทำภายใต้การควบคุมตัวแปรต่างๆ โดยแบ่งแยกเป็น

2.1 ความเข้มข้นตะกั่วที่เกิดขึ้น โดยตรงจากแบบจำลองไอตะกั่ว

2.2 ความเข้มข้นตะกั่วที่ได้หลังจากกรองด้วยแผ่นกรอง ที่ได้จากถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว

2.3 ความเข้มข้นตะกั่วที่ได้หลังจากกรองด้วยแผ่นกรอง ที่ได้จากถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ มีทั้งที่เป็นเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เลือกนำมาเป็นองค์ประกอบในการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูล และรวมถึงเครื่องมือที่สร้างขึ้นในรูปแบบจำลอง เพื่อควบคุมตัวแปรต่างๆ ดังนี้

ตัวแปรต้น

ชนิดของแผ่นกรองที่ทำจากวัสดุกรองประเภทต่างๆ
ความหนาแน่น (Density) ของชั้นกรอง

ตัวแปรตาม

ประสิทธิภาพการกรอง (Removal Effective)

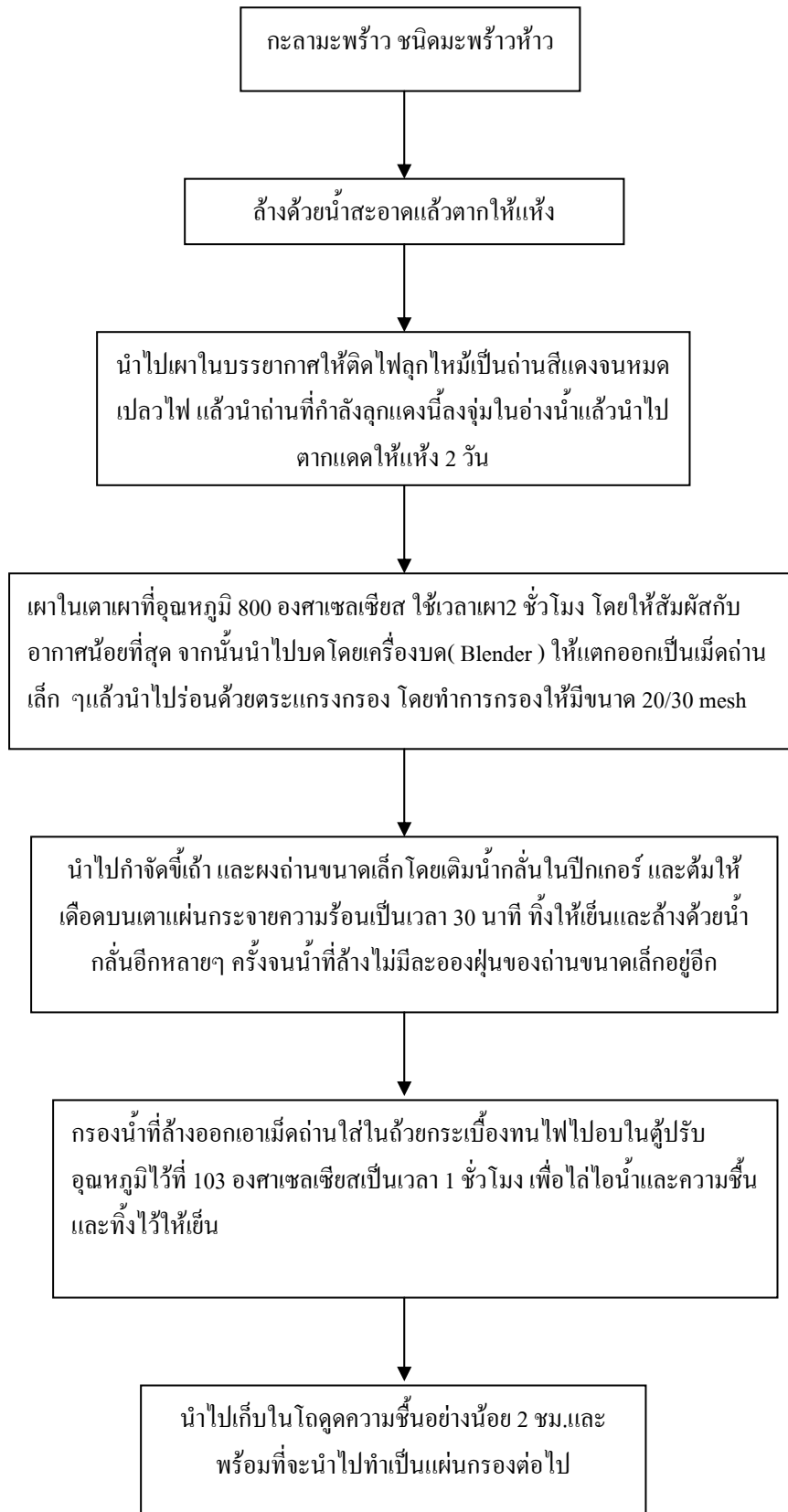
ตัวแปรที่ต้องควบคุม

- อุณหภูมิในบ่อตะกั่ว → ควบคุมโดยชุดควบคุมอุณหภูมิ
- การปนเปื้อนในอากาศ → ควบคุมโดยใช้ตู้เตรียมอากาศ
- การปนเปื้อนหลังจากเก็บตัวอย่าง → ควบคุมโดยใช้ภาชนะปิดสนิท
- เวลาที่ใช้ในการทดลอง → ควบคุมด้วย Timer ตั้งเวลา
- ความเข้มข้นของจุลินทรีย์ในแต่ละการทดลอง → ควบคุมโดยทุกครั้งที่ทดลองก็ จะมีการเปลี่ยนถ่ายตะกั่วทิ้งและเติมตะกั่วแห่งใหม่ลงไปทุกครั้ง
- กระบวนการผลิตในขั้นตอนของการทำถ่านกัมมันต์จะกระทำในเตาเผาที่อุณหภูมิ สูงโดยมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 800 องศาเซลเซียสที่ 2 ชั่วโมง
- ขนาดของเกล็ดของถ่านกะลามะพร้าว จะใช้ตระแกรงกรองให้มีขนาด 20/30 mesh เท่าๆ กัน
- ความเข้มข้น (Density) ของชั้นกรองควบคุมได้โดยการใช้วิธีเคาะด้านข้างจนเม็ด ถ่านเรียงตัวกันแน่นในภาชนะบรรจุ และทำการบันทึกน้ำหนัก

3.1 การเตรียมวัสดุที่ใช้ในการทดลอง

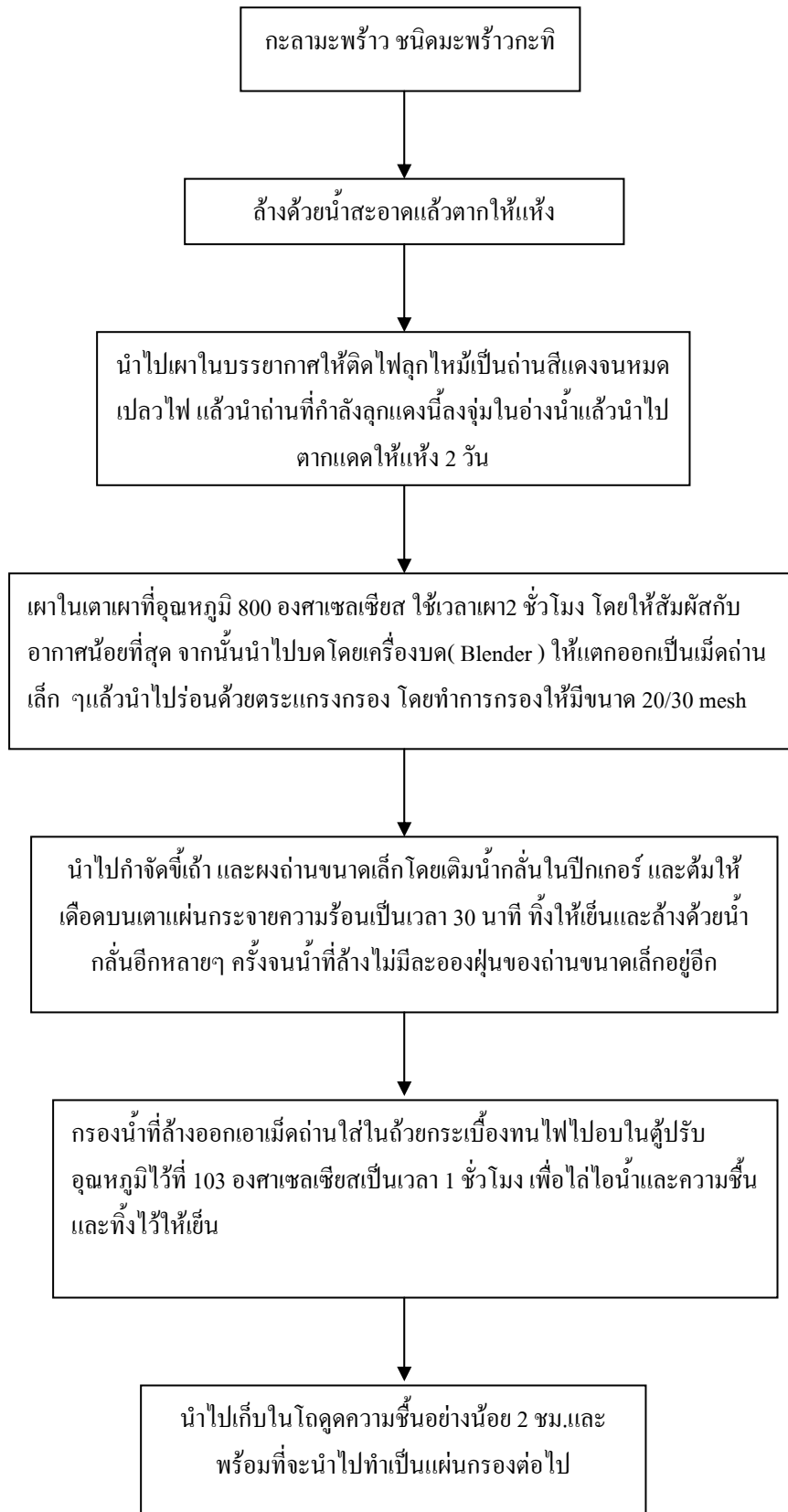
1. ถ่านจากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวห้าว

เริ่มจากการนำมะพร้าวห้าวปอกเปลือกนอกออก และดึงขุยมะพร้าวโดยรอบออก จากนั้นจึงกะเทาะเปลือกด้านบนเพื่อแยกเอาน้ำออก ผ่ากะลามะพร้าวออกเป็น 2 ซีกชุดเนื้อใน ออกล้างด้วยน้ำให้สะอาด แล้วนำไปตากแห้ง จึงนำไปเผาให้ติดไฟลุกไหม้เป็นถ่านสีแดงและ นำถ่านที่กำลังลุกแดงจุ่มลงในอ่างน้ำ จากนั้นนำไปตากให้แห้ง 2 วัน แล้วนำไปเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง โดยให้สัมผัสกับอากาศน้อยที่สุด จากนั้นก็นำไปบดกับ เครื่องบด (Blender) ให้แตกออกเป็นเม็ดถ่านเล็กๆ แล้วนำไปร่อนด้วยตระแกรงให้มีขนาด 20/30 mesh จากนั้นนำไปกำจัดขี้เถ้าและผงถ่านขนาดเล็ก โดยต้มให้เดือดในปิกเกอร์เป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นและล้างด้วยน้ำกลั่นอีกหลายๆ ครั้ง จนน้ำที่ล้างไม่มีละอองฝุ่นของถ่านขนาดเล็กอยู่อีก กรองน้ำที่ล้างออกแล้วนำเม็ดถ่านใส่ในถ้วยกระเบื้องทนไฟ ไปอบในตู้ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อไล่ไอน้ำและความชื้น และ นำไปเก็บใน โถสุญญากาศและความพร้อมที่จะนำไปทำแผ่นกรองต่อไป



2. ถ่านจากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวกะทิ

เริ่มจากการนำเอามะพร้าว มาปอกเปลือกนอกออก และดึงขุยมะพร้าวโดยรอบ แล้วกะเทาะเปลือกด้านบน ผ่ากะลามะพร้าว ออกเป็น 2 ซีก ทำการชุบน้ำในออกให้หมด ล้างด้วยน้ำให้สะอาดแล้วนำไปตากแดดไว้ 2 วัน จึงนำไปเผาให้ติดไฟลุกไหม้เป็นถ่านสีแดง และนำถ่านที่กำลังลุกแดงจุ่มลงในอ่างน้ำ จากนั้นก็ทำการล้างเอาขี้เถ้าออกและนำไปตากให้แห้ง จากนั้นก็นำไปเผาในเตาเผาที่มีอุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาเผาที่ 2 ชั่วโมง โดยให้สัมผัสกับอากาศน้อยที่สุด จากนั้นก็นำไปปดกับเครื่องบด Blender ให้แตกออกเป็นเม็ดถ่านเล็กๆ แล้วนำไปร่อนด้วยตะแกรงกรอง โดยทำการกรองให้มีขนาด 20/30 mesh นำไปกำจัดขี้เถ้าและผงถ่านขนาดเล็ก โดยเติมน้ำกลั่นในปีกเกอร์และต้มให้เดือดบนเตาแผ่นกระจายความร้อนเป็นเวลา 30 นาที ทิ้งให้เย็นและล้างด้วยน้ำกลั่นอีกหลายๆ ครั้ง จนน้ำที่ล้างไม่มีละอองฝุ่นของถ่านขนาดเล็กอยู่อีก กรองน้ำที่ล้างออกแล้วนำเม็ดถ่านใส่ในถ้วยกระเบื้องทนไฟ ไปอบในตู้ที่ปรับอุณหภูมิไว้ที่ 103 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 1 ชั่วโมงเพื่อไล่ไอน้ำและความชื้นและทิ้งไว้ให้เย็น นำไปเก็บในโถสุญญากาศและพร้อมที่จะนำไปทำแผ่นกรองต่อไป

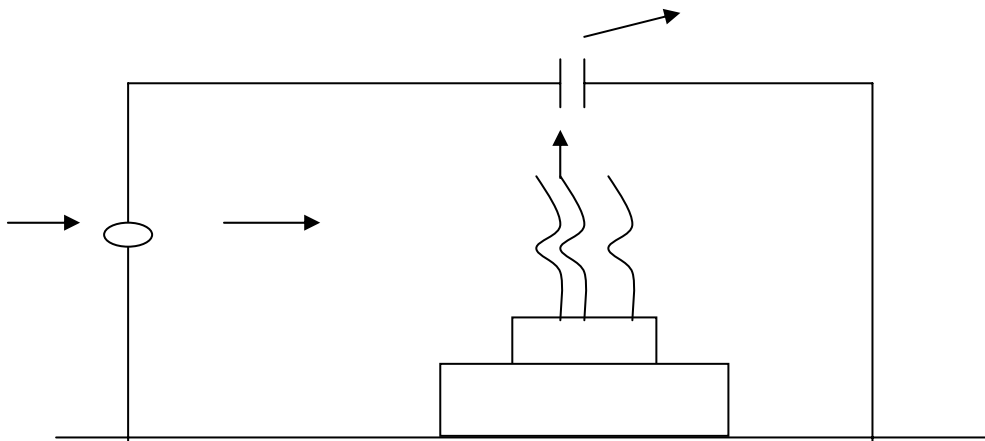


3.2 การเตรียมแบบจำลองไอตะกั่ว

การเตรียมแบบจำลองไอตะกั่ว ใช้บ่อหลอมตะกั่วที่มีขนาดกว้าง 2.50x2.50 นิ้ว ลึก 1.50 นิ้ว การผ่านกระแสไฟฟ้าสลับ 220 Volt 50 Hz. ไปที่ขดลวดทำความร้อน ทำให้ตะกั่วในบ่อหลอมละลายเป็นของเหลวโดยใช้อุณหภูมิประมาณ 260 ถึง 300 องศาเซลเซียส ตลอดเวลาที่ตะกั่วอยู่ในสถานะของเหลวปล่อยให้ไอตะกั่วตลอดเวลา ซึ่งเป็นสภาพเหมือนกับมลพิษจากการบัดกรีหรือการหลอมตะกั่วในขบวนการต่างๆ เช่นในเครื่อง Wave Soldering Machine, Re-flow, การเชื่อมต่างๆ หรือหลอมตะกั่วเพื่อทำแบตเตอรี่ เป็นต้น

3.3 การเตรียมตู้เตรียมอากาศ

การเตรียมตู้ในการทดลองไอตะกั่วนี้จะใช้แผ่นพลาสติกใสที่มีความหนา 5 มิลลิเมตร ประกอบขึ้นเป็นตู้ที่มีขนาด กว้างxยาวxสูง เท่ากับ 15x20x12 นิ้วตามลำดับโดยยึดติดเข้าด้วยกันด้วยซิลิโคน ก็เจาะรูด้านข้างให้มีอากาศไหลเข้าได้ 2 รู และเจาะรูด้านบน 1 รูเพื่อใช้ในการสอดท่อสำหรับเก็บตัวอย่างไอตะกั่ว เพื่อนำไปวิเคราะห์ต่อไป

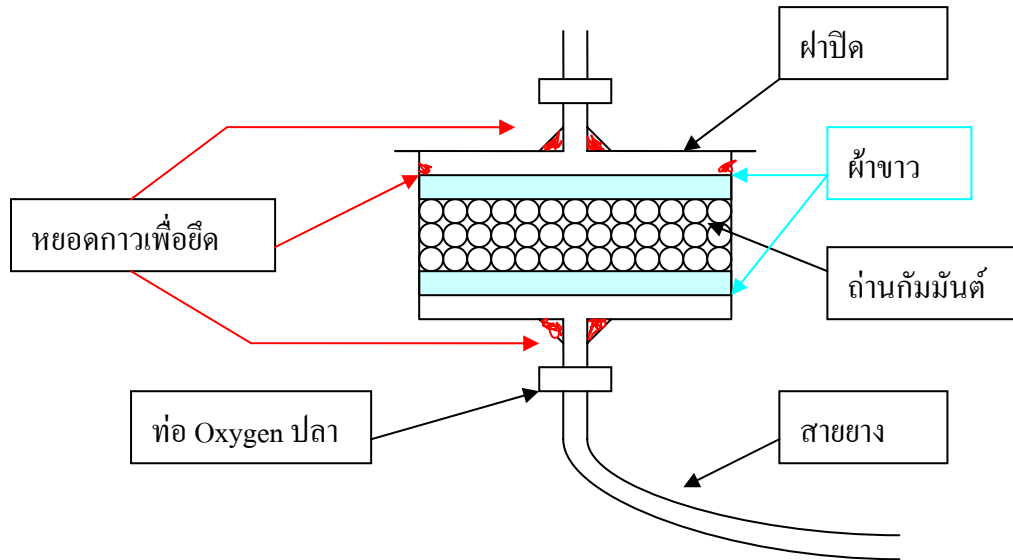


ภาพที่ 3.1 ตู้เตรียมอากาศ

3.4 การเตรียมชุดกรองไอตะกั่ว

สำหรับการเตรียมชุดกรองไอตะกั่วนี้เริ่มจากการเตรียมภาชนะรูปถ้วยแบบมีฝาปิด โดยทำการเจาะรูหัวท้ายเพื่อสอดกับท่อนำอากาศ จากนั้นนำท่อพลาสติกเชื่อมต่อหัวท้าย และติดด้วยกาวดังในรูป นำผ้าขาวบางวางรองชั้นล่าง แล้วจึงเติมถ่านกัมมันต์ที่เตรียมไว้ โรยทับจนได้ความหนาตามที่ได้กำหนดไว้ จากนั้นนำผ้าขาวบางปิดทับชั้นด้านบน พร้อมหยอดกาว 4 มุม เพื่อกันยัดให้คงตัวอยู่

ตลอดเวลาแล้วติด Sticker เพื่อระบุประเภทของถ่านกัมมันต์ ขนาดของความหนาเพื่อนำไปใช้ในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3.2 การเตรียมชุดกรองไอตะกั่ว

3.5 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือในการทำแผ่นกรอง

- เตาเผา (Furnance) Gallenkamp Model FR 512 ตั้งอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 200 – 1,200 องศาเซลเซียส
- ถ้วยกระเบื้องทนไฟ ขนาด 10 และ 12 เซนติเมตร สำหรับใส่ถ่านกะลามะพร้าวและฝาครอบ ขณะเผาในเตาเผา
- เครื่องบดถ่าน (Blender) สำหรับบดถ่านที่ปลุกฤทธิ์แล้วให้เป็นเม็ดเล็กๆ
- ตระแกรงมาตรฐาน (U.S.A. Standard Testing Steve) ขนาด 20/30 mesh พร้อมด้วยเครื่องเขย่าสำหรับร่อนแยกขนาดเม็ด “ถ่านกัมมันต์”
- เตาเผาแผ่นกระจายความร้อน (Hot plate) สำหรับต้มล้างเม็ดถ่าน ปลุกฤทธิ์

- ตู้อบ (Hot Oven) ปรับอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 30 – 240 องศาเซลเซียส สำหรับอบไล่น้ำจากเม็ด “ถ่านกัมมันต์”
- โถดูดความชื้น Dessicator สำหรับดูดความชื้นจากเม็ด “ถ่านกัมมันต์”
- ปีกเกอร์สำหรับต้มล้างเม็ดถ่านกัมมันต์
- น้ำกลั่นสำหรับต้มน้ำที่ใช้ล้างถ่านกัมมันต์
- ผ้าขาวบาง
- ถ้วยพลาสติกพร้อมฝาปิด
- กาวตราช้าง
- ท่อพลาสติกใส
- ถ่านจากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวห้าว
- ถ่านจากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวกะทิ
- ถ่านกัมมันต์
- เตาเผาถ่าน
- เตาเผาอุณหภูมิสูง
- ถังพลาสติก และ ขางรดปากถุง

เครื่องมือในการทำการทดลอง

- บ่อหลอมตะกั่วสำหรับกำเนิดมลพิษประเภทไอตะกั่ว
- ตู้กระจกเตรียมอากาศ
- ท่อยางใสสำหรับต่อจากตู้เตรียมอากาศ
- แผ่นกระจกใสสำหรับทำตู้เตรียมอากาศ
- แผ่นกระดาษกรองตะกั่ว
- ตะกั่วแท่งชนิด 70/30

เครื่องมือในการเก็บตัวอย่าง

- ชุดกรองไอตะกั่ว
- Personnel Pump

- กล่องพลาสติกปิดฝาได้สนิทสำหรับเก็บแผ่นกรองหลังจากการทดลอง
- Sticker Number

เครื่องมือในการทำการวัดค่าตะกั่วในกระดาษกรอง

- ปีเป็ด
- เคมี
- ปีกเกอร์
- เครื่อง Atomic Absorption Spectrometry

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

นำภาชนะที่ใช้ในการบรรจุถ่านกัมมันต์มาชั่งน้ำหนักและทำการจดบันทึกค่าลงในตารางหาความเข้มข้นของไอตะกั่วที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ส่วน ดังนี้

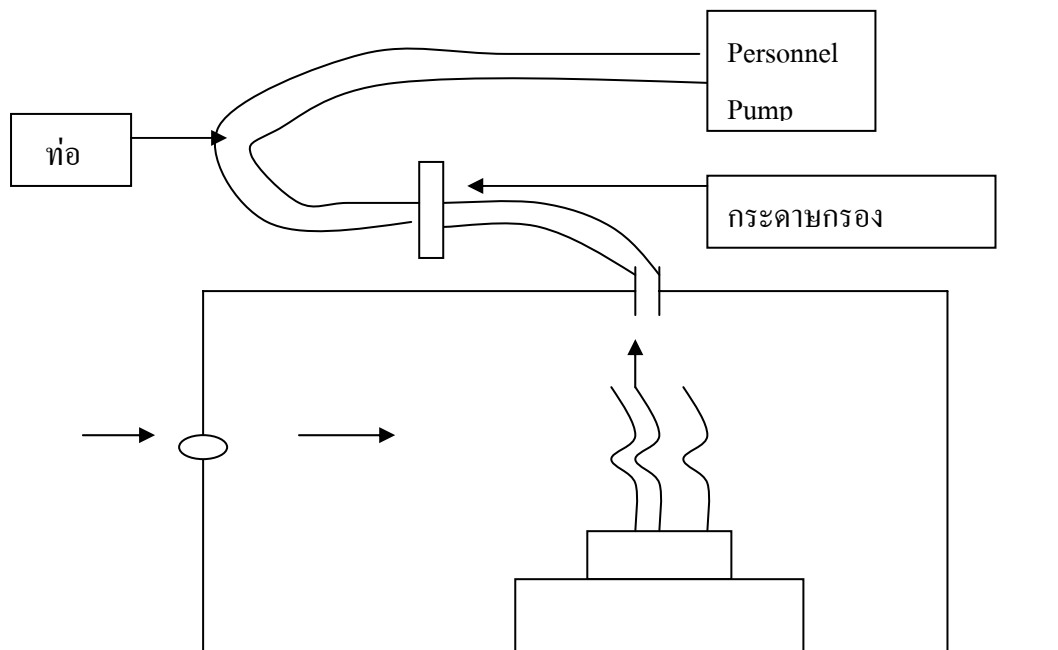
การทดลองที่ 1 เป็นการหาความเข้มข้นของไอตะกั่วที่ออกมาจากแหล่งกำเนิด เริ่มจากนำแบบจำลองเสียบปลั๊กไฟ AC 200 Volt ทิ้งให้ร้อนประมาณ 2 นาที นำตะกั่วแท่งขนาด 680g/แท่ง จุ่มลงในบ่อจนละลายทั้งแท่งระดับที่ได้จะใกล้เคียงกับขอบบ่อ ปรับอุณหภูมิที่ชุดหลอมเหลวตะกั่วให้อยู่ที่ 250-280 องศาเซลเซียส เตรียมชุด Personal Pump โดยปรับ Flow Rate ให้อยู่ที่ 1.98ลิตร/นาที ซึ่งเป็นอัตราเดียวกับการหายใจของคนปกติ ต่อสายต่างๆ ตามรูป พร้อมแผ่นรองตะกั่ว

ในครั้งแรกนี้ยังไม่ใช้ชุดกรองเพราะต้องการทราบถึงความเข้มข้นที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิด ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปครบ 1 ชม. ให้นำตะกั่วที่หลอมเหลวแล้วเข้าไปเททิ้งทั้งหมดในภาชนะรองรับในที่นี้ใช้กระป๋องนมที่ไม่ใช้แล้ว จากนั้นก็เปลี่ยนตะกั่วแท่งใหม่ที่มีน้ำหนักเท่ากันคือ 680 g/แท่ง พร้อมเปลี่ยนกระดาษใหม่ทุกครั้ง ทำเช่นนี้จนครบ 3 ครั้ง และจดบันทึกผลลงในตาราง

ตารางที่ 3.1 หนาแน่น (Density) ของวัสดุกรอง

ลำดับที่	รายการ	น้ำหนัก (กรัม)
1	ถ้วยเปล่าซึ่งพร้อมฝาปิด	
2	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 2.5 c.m.	
3	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 2.0 c.m.	
4	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 1.5 c.m.	
5	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 1.0 c.m.	

หมายเหตุ : ให้น้ำหนักของถ้วยเปล่าที่ซึ่งพร้อมฝาปิดมาลบกับ น้ำหนัก 2-5 จะได้ความหนาแน่นของวัสดุกรอง



ภาพที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างไอตะกั่วโดยผ่านโดยผ่านกรองกระดาษโดยตรง

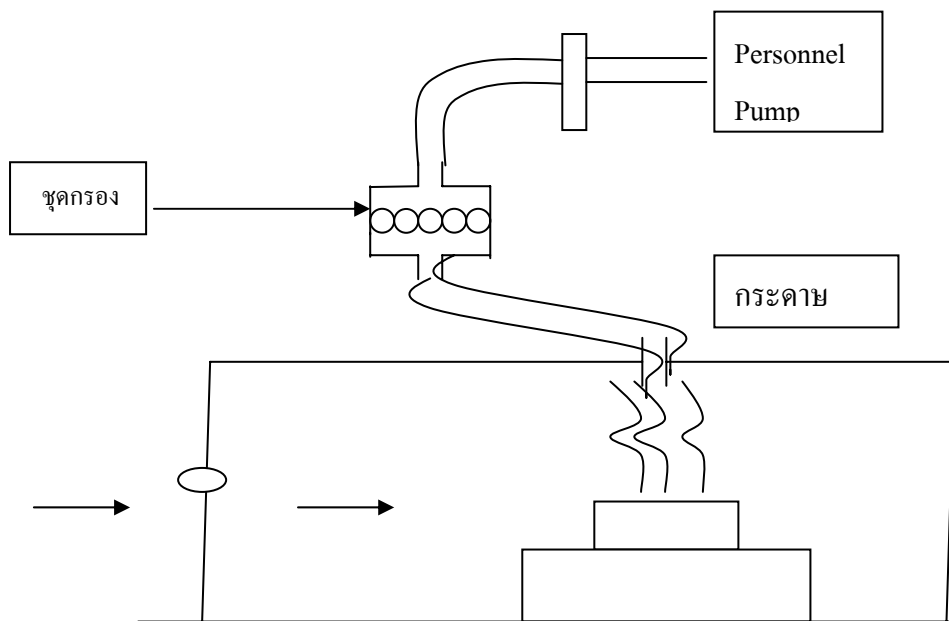
1. ต่อชุด Personnel Pump เข้ากับรูที่เจาะไว้ด้านบน
2. ประกอบกระดาษกรอง และ แผ่นกรองตามการทดลอง
3. ดำเนินการทดลองตามตาราง 4 ครั้งๆ ละ 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.2 หาความเข้มข้นไอตะกั่วที่แหล่งกำเนิด

ค่าความเข้มข้น	ตะกั่วแท่งที่ 1	ตะกั่วแท่งที่ 2	ตะกั่วแท่งที่ 3	X	SD
ณ ชั่วโมงที่ 1	A1	A2	A3	X _A	SD _A
ณ ชั่วโมงที่ 2	B1	B2	B3	X _B	SD _B
ณ ชั่วโมงที่ 3	C1	C2	C3	X _C	SD _C

การทดลองที่ 2 เป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิที่ความหนาของชั้นกรอง 2.5 cm. ที่เวลาต่างกันทุก 1 ชั่วโมง รวมเป็น 3 ชั่วโมง ในแต่ละประเภทของถ่านกัมมันต์ในครั้งแรกจะ ใช้ชุดกรองที่ทำจากถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ ค่าที่ได้จะบันทึกลงใน D1, D2 และ D3 จากนั้นให้เปลี่ยนชุดกรองที่ทำจากถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว

การทดลองในขั้นนี้เริ่มจากการเตรียมแบบจำลองดังภาพ 3.4 โดยเปิดไฟเข้าเครื่องหลอมตะกั่ว อุณหภูมิจะละลาย จากนั้นก็เปลี่ยนถ่านตะกั่วเก่าออกให้หมดโดยการเททิ้งลงในกระป๋องนม จากนั้นก็นำตะกั่วแท่งใหม่ขนาด 680 ๒/แท่ง นำมาจุ่มจนละลายและก็เตรียมแบบจำลองคล้ายการทดลองที่ 1 แต่ในชุดนี้จะมีชุดกรองเพิ่มเข้ามาโดยแยกเป็น Code ต่างๆ ตามในตาราง



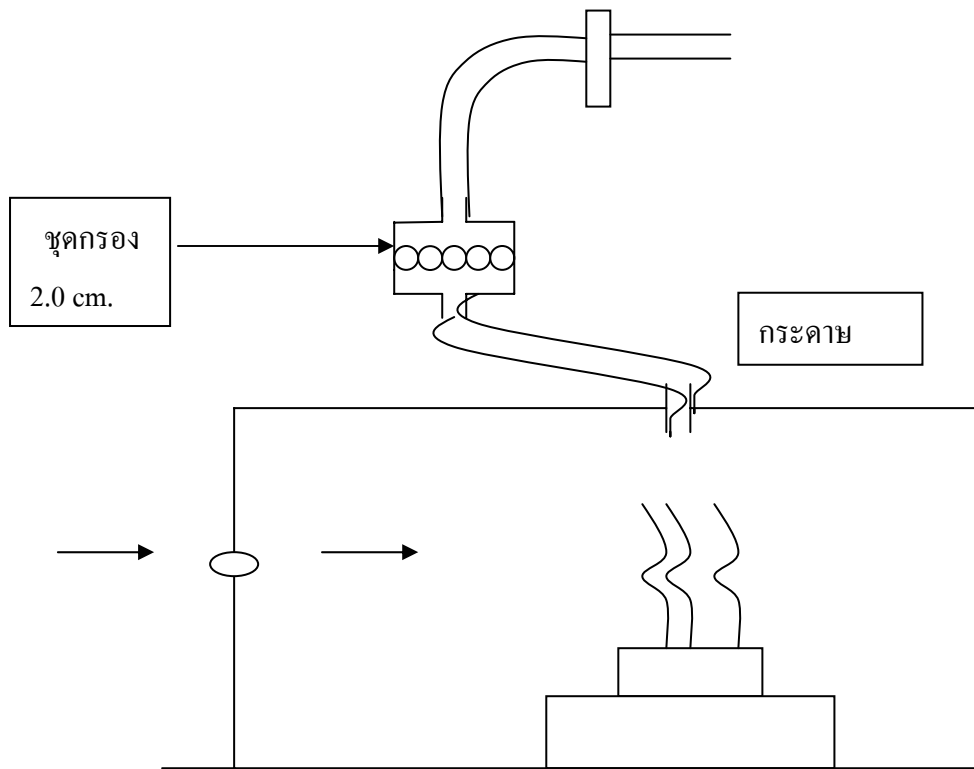
ภาพที่ 3.4 การทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ

ตารางที่ 3.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จาก
กะลามะพร้าวกะทิ

ครั้งที่	เตรียมไอตะกั่ว	การต่อแผ่นกรอง	ความเข้มข้น Pb	X̄	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	ชุดกรองที่ทำจากถ่านกะลา	D1		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	มะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ	D2		
3	ตะกั่วแท่งที่ 3		D3		
4	ตะกั่วแท่งที่ 4	ชุดกรองที่ทำจากถ่านกะลา	E1		
5	ตะกั่วแท่งที่ 5	มะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ	E2		
6	ตะกั่วแท่งที่ 6		E3		

การทดลองที่ 3 ทดลองหาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm.

การทดลองนี้เป็นกระบวนการต่อเนื่องจากการทดลองที่ 2 เมื่อทราบผลของประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วระหว่างมะพร้าวห้าวกับมะพร้าวกะทิจึงทำการเปรียบเทียบ เลือกเอาวัสดุคิบที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด เพื่อเตรียมวัสดุกรองใหม่ต่อไป ส่วนรูปแบบการทดลองก็ยังคงเหมือนเดิม คือควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ให้เหมือนกันเช่น ตะกั่วแท่งขนาด 680 g/แท่ง, Flow Rate 1.98 ลิตร/นาที, อุณหภูมิของเป่าหลม 250-280° C โดยการเปลี่ยนถ่ายชุดกรองและกระดาศกรองทุกครั้ง



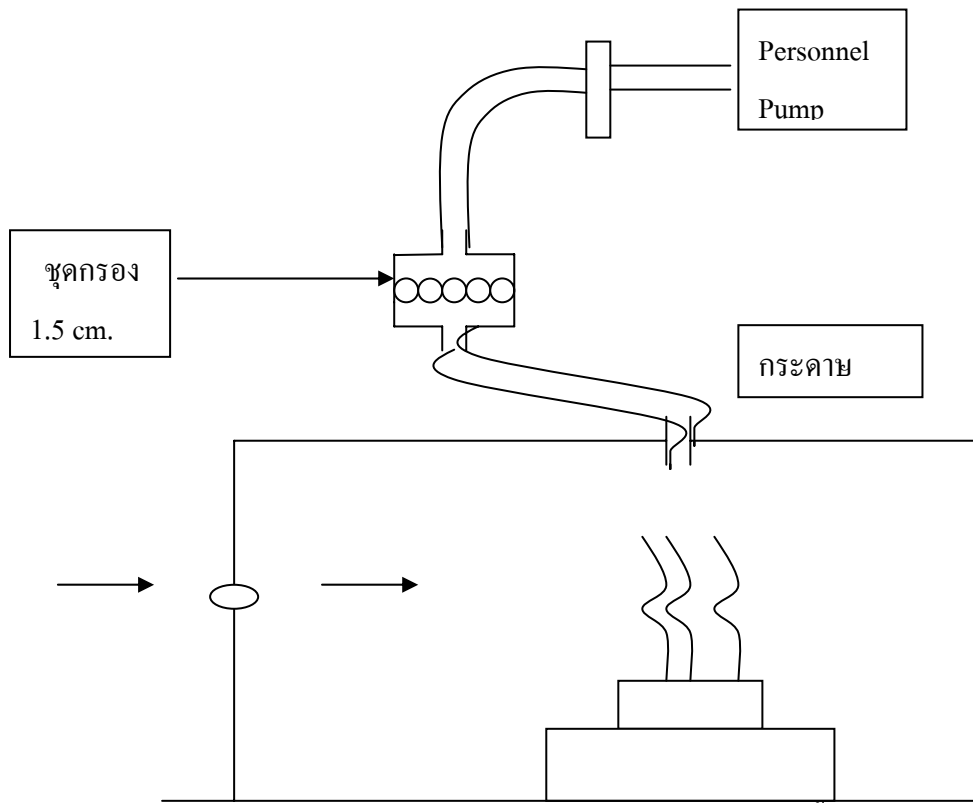
ภาพที่ 3.5 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm.

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	X^-	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	F1		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	F2	X^-_F	SD_F
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	F3		

การทดลองที่ 4 ทดลองหาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm.

ทดลองที่ 4 นี้เหมือนการทดลองที่ 3 ต่างกันตรงขนาดของชุดกรอง ซึ่งได้เปลี่ยนไปจากเดิม 2.0 cm. ในที่นี้จะเหลือเพียง 1.5 cm. เพื่อทำการศึกษาว่าขนาดของชุดกรองนั้นมีผลอย่างไรต่อประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่ว



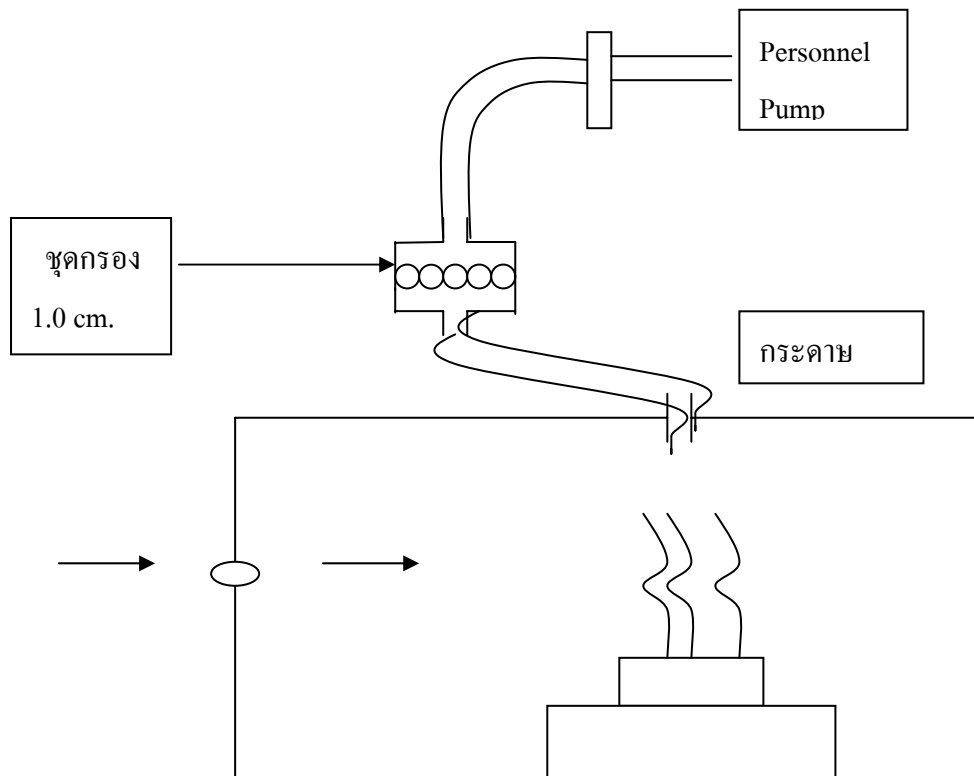
ภาพที่ 3.6 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm.

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	X'	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	G1		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	G2	X'_G	SP_G
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	G3		

การทดลองที่ 5 ทดลองหาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.

ในการทดลองที่ 5 นี้ จะเป็นการทดลองที่หาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นในตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง โดยลดขนาดของชั้นกรองจาก 1.5 cm. มาเป็น 1.0 cm.



ภาพที่ 3.7 การทดลองหาประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.

ตารางที่ 3.6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	X ⁻	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	H1		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	H2		
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	H3		

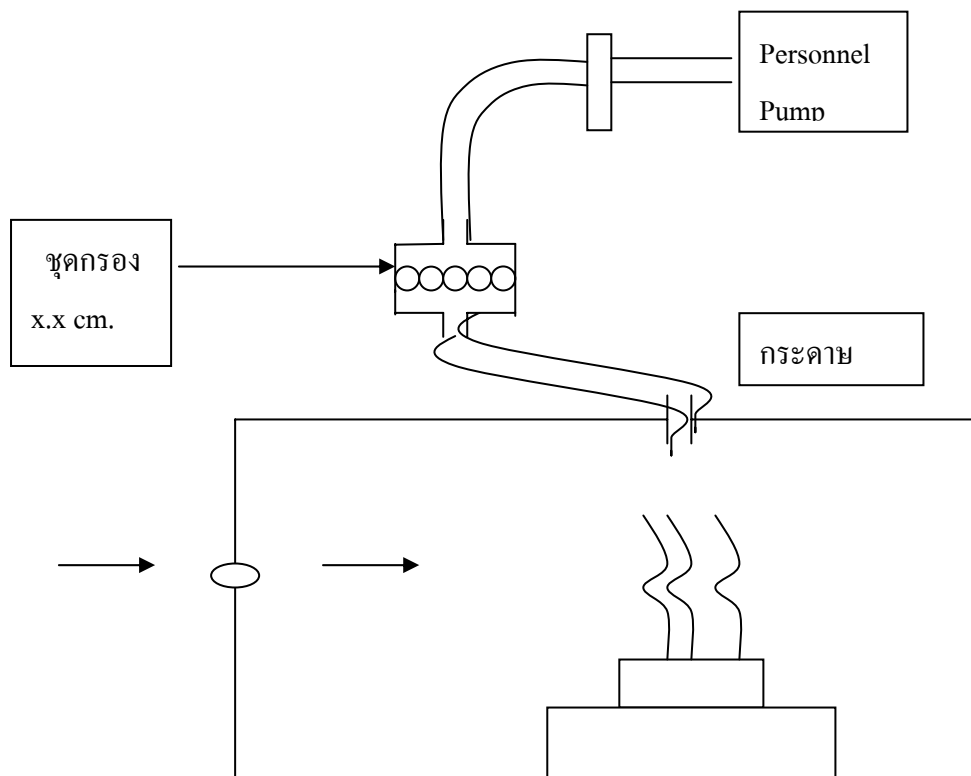
การทดลองที่ 6 ทดลองหาจุดอิ่มตัวของชุดกรองไอตะกั่ว

การทดลองนี้เป็นการทดลองหาจุดอิ่มตัวของชุดกรองไอตะกั่ว โดยจะต้องทำการประเมินประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วที่ขนาดต่างๆ กัน ตั้งแต่การทดลองที่ 2, 3, 4 และ 5 โดยเลือกชั้นที่ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วได้ดีที่สุด

ตารางที่ 3.7 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่ว

ค่าเฉลี่ยความเข้มข้นที่ได้ในแต่ละการทดลอง			
การทดลองที่ 2	การทดลองที่ 3	การทดลองที่ 4	การทดลองที่ 5
XD, XE	XF	XG	XH

จัดเตรียมวัสดุกรอง ตามการทดลองที่ให้ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วมากที่สุด โดยที่ การควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ ยังคงเดิมยกเว้นการเปลี่ยนตะกั่วจากเดิมเปลี่ยนทุกๆ 1 ชั่วโมง มาเป็น ทุกๆ 3 ชั่วโมง



ภาพที่ 3.8 การทดลองหาจุดอิมตัวของชุดกรองไอตะกั่ว

ตารางที่ 3.8 หาจุดค้ำตัวของชุดกรองไอตะกั่ว

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	\bar{X}	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	I1		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	I2		
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	I3		
4	ตะกั่วแท่งที่ 4	I4		
5	ตะกั่วแท่งที่ 5	I5		
6	ตะกั่วแท่งที่ 6	I6		
7	ตะกั่วแท่งที่ 7	I7		
8	ตะกั่วแท่งที่ 8	I8		
9	ตะกั่วแท่งที่ 9	I9		

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

บันทึกผลการทดลองตามตารางที่กำหนด และนำไปเทียบประสิทธิภาพกับความหนาของชั้นกรอง และเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับความเข้มข้นของชั้นกรอง การคำนวณทางสถิติกระทำโดยใช้โปรแกรม มินิแทบ โดยคำนวณหาค่าเฉลี่ย หาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ทดสอบ t-test และเปรียบเทียบร้อยละ

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

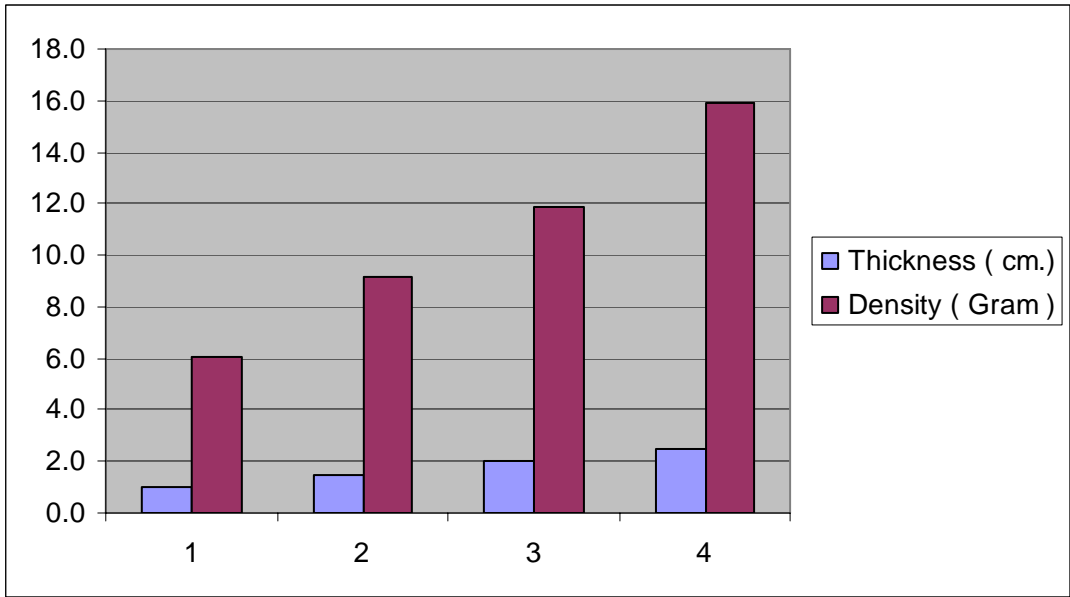
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งประกอบไปด้วยการทดลอง 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. การหาความเข้มข้นตะกั่วที่แหล่งกำเนิด
2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวพร้าวและมะพร้าวกะทิ
3. การหาค่าประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ชั้นความหนา 2.0 cm. และเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก (Density) ที่ชั้นความหนา 2.0 cm.
4. การหาค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.5 cm. . และเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก (Density) ที่ชั้นความหนา 1.5 cm.
5. การหาค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.0 cm. . และเปรียบเทียบค่าน้ำหนัก (Density) ที่ชั้นความหนา 1.0 cm.
6. การหาจุดอิ่มตัวของชุดกรองไอตะกั่ว

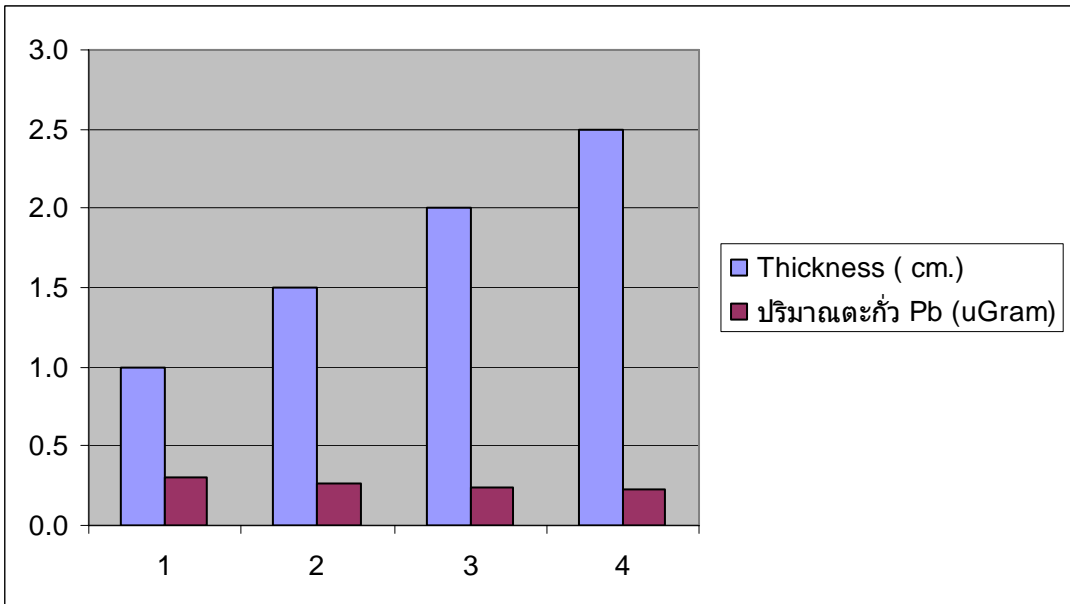
ตารางที่ 4.1 หาน้ำหนัก (Density) ของวัสดุกรอง

ลำดับที่	รายการ	น้ำหนัก (กรัม)
1	ถ้วยเปล่าซึ่งพร้อมฝาปิด	5.142
2	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 2.5 c.m.	15.913
3	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 2.0 c.m.	11.855
4	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 1.5 c.m.	9.189
5	ถ้วยพลาสติก บรรจุวัสดุกรองที่ชั้นความหนา 1.0 c.m.	6.039

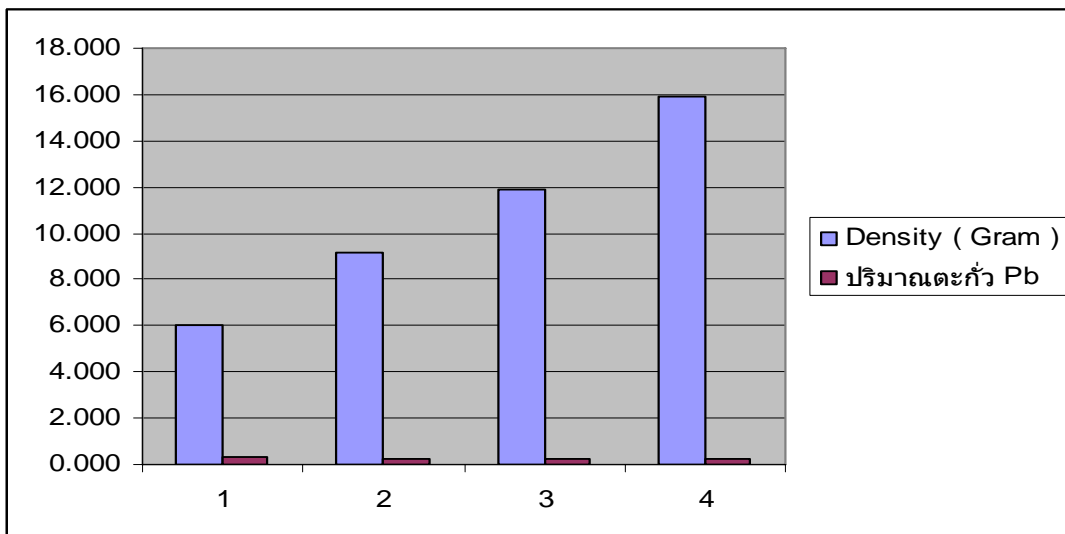
หมายเหตุ : ให้น้ำหนักของถ้วยเปล่าที่ซึ่งพร้อมฝาปิดมาลบกับ น้ำหนัก 2-5 จะได้ความหนาแน่นของวัสดุกรอง



ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของชั้นกรอง (Thickness) และน้ำหนัก (Density)



ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความหนาของชั้นกรอง (Thickness) และความเข้มข้น ตะกั่ว Pb



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นตะกั่ว Pb และน้ำหนักของชั้นกรอง Density

1. ความเข้มข้นของไอตะกั่วที่แหล่งกำเนิด

ผลการตรวจวิเคราะห์หาความเข้มข้นตะกั่วที่แหล่งกำเนิด ในรูปแบบจำลองทั้ง 3 ครั้งได้ค่าเฉลี่ย ที่ 0.542 ug., 0.557 ug., 0.550 ug. ตามลำดับ หมายความว่า ความเข้มข้นแหล่งกำเนิดไอตะกั่ว ในแบบจำลองที่กำหนดขึ้นเป็นแหล่งกำเนิดที่มีค่าคงที่โดย ค่าเฉลี่ยโดยรวมอยู่ที่ 0.550 ug.

การทดลองที่ 1 เป็นการหาความเข้มข้น Pb ที่เป็นแหล่งกำเนิด

ตารางที่ 4.2 ค่าความเข้มข้นของตะกั่วที่แหล่งกำเนิด

ค่าความเข้มข้น Pb	ตะกั่วแท่งที่ 1	ตะกั่วแท่งที่ 2	ตะกั่วแท่งที่ 3	\bar{X}	SD
ณ ชั่วโมงที่ 1	0.542	0.560	0.526	0.542	0.017
ณ ชั่วโมงที่ 2	0.546	0.578	0.547	0.557	0.018
ณ ชั่วโมงที่ 3	0.602	0.538	0.512	0.550	0.046

2. เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ

ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบประสิทธิภาพ ระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิ ที่ความหนา 2.5 cm. ปรากฏว่า ถ่านที่ได้จากมะพร้าวกะทิมีความเข้มข้นตะกั่วหลงเหลือเฉลี่ยจากการกรองอยู่ที่ 0.235 ug. คิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ที่ร้อยละ 57.273% ถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าว มีความเข้มข้นตะกั่วหลงเหลือเฉลี่ยจากการกรองอยู่ที่ 0.226 ug. ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ที่ร้อยละ 58.909% หมายความว่าถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวมีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วได้ดีกว่าถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิจากคิดเป็นร้อยละ 1.636% ซึ่งค่าที่แตกต่างนี้ถือว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่การทดลองครั้งต่อไปจะเจาะจงเลือกถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวเป็นหลัก

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวกับถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิที่ความหนา 2.5 cm. ที่เวลาต่างกันทุก 1 ชั่วโมง รวมเป็น 3 ชั่วโมง ในแต่ละประเภทของถ่านกัมมันต์

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ชนิดของแผ่นกรอง	ความเข้มข้น Pb(ug)	X̄	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	ชุดกรองที่ทำจาก	0.204		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	ถ่านกะลามะพร้าว	0.263	0.235	0.024
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	ชนิดมะพร้าวกะทิ	0.238		
4	ตะกั่วแท่งที่ 4	ชุดกรองที่ทำจาก	0.221		
5	ตะกั่วแท่งที่ 5	ถ่านกะลามะพร้าว	0.246	0.226	0.014
6	ตะกั่วแท่งที่ 6	ชนิดมะพร้าวห้าว	0.212		

3. ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนา 2.0 cm.

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 2.0 cm. ปรากฏว่าได้ค่าความเข้มข้นตะกั่วที่หลงเหลือหลังจากผ่านตัวกรองโดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.241 ug. และคิดเป็นประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 56.251 % และเมื่อเทียบกับชั้นกรองที่มีขนาด 2.5 cm. ค่าประสิทธิภาพของการบำบัด ไอตะกั่วจะลดลง 2.658 %

ตารางที่ 4.4 ทดลองหาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 2.0 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	\bar{X}	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	0.238		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	0.263	0.241	0.021
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	0.221		

4. ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.5 cm.

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 1.5 cm. ได้ค่าความเข้มข้นของตะกั่วที่หลงเหลือหลังจากผ่านตัวกรองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.263 ug. และคิดเป็นประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 52.191% และเมื่อเทียบกับชั้นกรองที่มีขนาด 2.5 cm. ค่าประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วจะลดลง 6.718% และเมื่อเทียบกับชั้นกรองที่มีขนาด 2.0 cm. ค่าประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วจะลดลง 4.060%

ตารางที่ 4.5 หาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.5 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	\bar{X}	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	0.280		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	0.246	0.263	0.017
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	0.263		

5. หาประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.0 cm.

ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วที่ความหนา 1.0 cm. ปรากฏว่าได้ค่าตะกั่วที่หลงเหลือหลังจากผ่านตัวกรองมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.300 ug. และคิดเป็นประสิทธิภาพอยู่ที่ร้อยละ 45.405% และเมื่อเทียบกับชั้นกรองที่มีขนาด 2.5 cm. ค่าประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วจะลดลง 13.504% และเมื่อเทียบกับชั้นกรองที่มีขนาด 1.5 cm. ค่าประสิทธิภาพของการบำบัดไอตะกั่วจะลดลง 6.786%

ตารางที่ 4.6 ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ความหนาของชั้นกรอง 1.0 cm.

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	ความเข้มข้น Pb	\bar{X}	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	0.323		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	0.306	0.300	0.025
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	0.272		

6. จุดอิ่มตัว (Saturation Point) ของชุดกรองไอตะกั่ว

ความเข้มข้นตะกั่วที่วัดได้หลังจากผ่านแผ่นกรองที่ความหนา 2.5 cm. ณ ชั่วโมงที่ 1-3 ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.311 ug. และความเข้มข้นตะกั่วที่วัดได้หลังจากผ่านแผ่นกรองที่ความหนา 2.5 cm. ณ ชั่วโมงที่ 4-6 ได้

ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.345 ug. และความเข้มข้นตะกั่วที่วัดได้หลังจากผ่านแผ่นกรองที่ความหนา 2.5 cm. ณ ชั่วโมงที่ 7-9 ได้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.376 ug. เมื่อทำการหาค่าเฉลี่ยโดยรวมตั้งแต่ ชั่วโมงที่ 1-9 ได้ค่าความเข้มข้นตะกั่วอยู่ที่ 0.344 ug.

พิจารณาเป็นค่าร้อยละจะเห็นได้ว่า ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ประสิทธิภาพลดลง ณ ชั่วโมงที่ 1 ได้ค่า 42.921 % ณ ชั่วโมงที่ 2 ได้ค่า 46.011 % ณ ชั่วโมงที่ 3 ได้ค่า 41.285 % ณ ชั่วโมงที่ 4 ได้ค่า 36.740 % ณ ชั่วโมงที่ 5 ได้ค่า 39.830 % ณ ชั่วโมงที่ 6 ได้ค่า 35.104 % ณ ชั่วโมงที่ 7 ได้ค่า 33.650 % ณ ชั่วโมงที่ 8 ได้ค่า 36.740 % ณ ชั่วโมงที่ 9 ได้ค่า 24.379 % ซึ่ง ณ ชั่วโมงที่ 8 และ ชั่วโมงที่ 9 จะมีค่าที่แตกต่างกันมาก

ตาราง 4.7 บันทึกผลความเข้มข้น ไอตะกั่วที่เวลาต่าง ๆ

ครั้งที่	แท่งตะกั่ว	เวลาทดลอง	ความเข้มข้น Pb (ug)	\bar{X}	SD
1	ตะกั่วแท่งที่ 1	1 ชั่วโมง	0.314		
2	ตะกั่วแท่งที่ 2	1 ชั่วโมง	0.297	0.311	0.013
3	ตะกั่วแท่งที่ 3	1 ชั่วโมง	0.323		
4	ตะกั่วแท่งที่ 4	1 ชั่วโมง	0.348		
5	ตะกั่วแท่งที่ 5	1 ชั่วโมง	0.331	0.345	0.013
6	ตะกั่วแท่งที่ 6	1 ชั่วโมง	0.357		
7	ตะกั่วแท่งที่ 7	1 ชั่วโมง	0.365		
8	ตะกั่วแท่งที่ 8	1 ชั่วโมง	0.348	0.376	0.035
9	ตะกั่วแท่งที่ 9	1 ชั่วโมง	0.416		

บทที่ 5

สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1.1.1 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่ว ระหว่างถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าวกับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ

1.1.2 เพื่อศึกษาหาขนาด ของแผ่นกรองที่เหมาะสม

1.1.3 เพื่อศึกษาหาจุดอิ่มตัว (Saturation Point) ของการดูดซับ

1.1.4 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ในการทำแผ่นกรองไอตะกั่วเชิงพาณิชย์

1.2 ผลการวิจัย

1.2.1 ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่ว ระหว่าง ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว กับถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิไม่มีความแตกต่างกัน ที่ $P\text{-value} = 0.576$ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่ค่าแหล่งมลพิษที่ได้จากแบบจำลองไอตะกั่วจะทำให้ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ $0.55 \mu\text{g}$. และหลังผ่านชั้นกรองที่มีความหนา 2.5 cm. ปรากฏว่าถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวกะทิมีความเข้มข้นตะกั่วหลงเหลือจากการกรองอยู่ที่ $0.235 \mu\text{g}$. ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดอยู่ที่ร้อยละ 57.273 % และถ่านที่ได้จากกะลามะพร้าวห้าวมีความเข้มข้นตะกั่วหลงเหลือจากการกรองอยู่ที่ $0.226 \mu\text{g}$. ซึ่งคิดเป็นประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วอยู่ที่ร้อยละ 58.909 % ซึ่งมีความแตกต่างเพียง 1.636 %

1.2.2 ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่วที่ได้จากการดูดซับของถ่านกัมมันต์สามารถลดความเข้มข้นไอตะกั่วให้ลดลงได้ แต่ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอยู่มาก ดังเช่นมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาได้แบ่งเป็น 9 ชั้นคุณภาพ สัญลักษณ์ตัวอักษรแทนชนิดของอนุภาคและตามด้วยตัวเลขแสดงค่าประสิทธิภาพการกรอง เช่น N95 หมายถึงหน้ากากนั้นใช้ป้องกันอนุภาคที่ไม่ใช่น้ำมันและมีประสิทธิภาพการกรองไม่ต่ำกว่า 95%

ตารางที่ 5.1 มาตรฐานประสิทธิภาพการกรอง ของประเทศสหรัฐอเมริกา

ประสิทธิภาพการกรองต่ำสุด (%)	สำหรับอนุภาคที่ไม่ใช้น้ำมัน
95	N95
99	N99
99.97	N100

ส่วนมาตรฐานของสหภาพยุโรปแบ่งออกเป็น 3 ชั้นคุณภาพ พิจารณาโดยใช้ชนิดของอนุภาคประสิทธิภาพการกรองและความเข้มข้นการรั่วเข้าของอากาศเป็นเกณฑ์หลัก

ตารางที่ 5.2 มาตรฐานประสิทธิภาพการกรอง ของสหภาพยุโรป

ชั้นคุณภาพ	ประสิทธิภาพการกรอง (%)	ความหมาย
P1	80	ใช้กับอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการทางกล ได้แก่ ฝุ่นละออง
P2	94	ใช้กับอนุภาคที่เกิดขึ้นด้วยกระบวนการทางกล และความร้อน ได้แก่ ฝุ่นละออง ฝุ่นโลหะ
P3	99.95	ใช้กับอนุภาคทุกประเภทที่มีพิษมาก

ซึ่งทั้ง 2 มาตรฐานได้กำหนดค่าประสิทธิภาพของการบำบัดอยู่ที่ไม่ต่ำกว่า 94.95% ขึ้นไป และจากการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างกะลามะพร้าวห้าวกับกะลามะพร้าวกะทิ จะให้ค่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 57.273 % และ 58.909 % ที่ชั้นความหนา 2.5 cm.

1.2.3 ผลการวิจัยพบว่า ที่ความหนาของชั้นกรอง 2.5 cm. จะให้ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วได้ดีกว่าที่ความหนา 2.0 cm. ที่ P-Value = 0.033 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2.4 ผลการวิจัยพบว่า ที่ความหนาของชั้นกรอง 2.5 cm. จะให้ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วได้ดีกว่าที่ความหนา 1.5 cm. ที่ P-Value = 0.186 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2.5 ผลการวิจัยพบว่า ที่ความหนาของชั้นกรอง 2.5 cm. จะให้ค่าประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วได้ดีกว่าที่ความหนา 1.0 cm. ที่ P-Value = 0.034 ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

1.2.6 ผลการวิจัยพบว่า ความหนาของวัสดุกรองที่ต่างกัน จะให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอตะกั่วแตกต่างกัน โดยจากการทดลอง ณ ความหนาของชั้นกรองที่ความหนา 2.5 cm., 2.0 cm., 1.5 cm และ 1.0 cm. จะให้ค่าประสิทธิภาพที่ดีที่สุดที่ 2.5 cm. และจะลดลงตามลำดับจนถึง 1.0 cm.

1.2.7 ผลการวิจัยพบว่าความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์ จะมีผลต่อประสิทธิภาพในการกำจัดไอตะกั่ว โดยที่ความหนาแน่นที่มากขึ้นจะมีส่วนช่วยในการดูดซับ ซึ่งจากข้อมูลที่ชั้นความหนาของชั้นกรอง 2.5 cm. จะมีน้ำหนักอยู่ที่ 15.913 กรัม ความเข้มข้นตะกั่วที่หลุดผ่านชั้นกรองอยู่ที่ 0.235 ไมโครกรัม คิดเป็นประสิทธิภาพที่ 58.909 % ส่วนที่ความหนา 2.0 cm. จะมีน้ำหนักอยู่ที่ 11.855 กรัม ความเข้มข้นตะกั่วที่หลุดผ่านชั้นกรองอยู่ที่ 0.241 ไมโครกรัม ส่วนที่ความหนา 1.5 cm. จะมีน้ำหนักอยู่ที่ 9.189 กรัม ความเข้มข้นตะกั่วที่หลุดผ่านชั้นกรองอยู่ที่ 0.263 ไมโครกรัม ส่วนที่ความหนา 1.0 cm. จะมีน้ำหนักอยู่ที่ 6.039 กรัม ความเข้มข้นตะกั่วที่หลุดผ่านชั้นกรองอยู่ที่ 0.300 ไมโครกรัม

1.2.8 ผลการวิจัยพบว่าไม่มีความเป็นไปได้ในการทำแผ่นกรองไอตะกั่ว ในเชิงพาณิชย์ เพราะจากค่าประสิทธิภาพที่ได้ยังมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานสากลอยู่มาก รวมถึงค่า จุดอิ่มตัวยังมีค่าต่ำ ประกอบกับยังไม่มีข้อมูลยืนยันว่าถ้าหากความเข้มข้นมลพิษของไอตะกั่วเปลี่ยนเป็นในระดับมิลลิกรัมหรือกรัม ประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่วของชั้นกรองนี้ก็จะยังคงรักษาระดับร้อยละของการบำบัดอยู่หรือไม่ ประกอบกับเทคโนโลยีตัวใหม่ที่ใช้เส้นใยในการจับ อย่างเช่นของ 3M มีผลการวิจัยระบุว่าอนุภาคขนาดประมาณ 0.3 ไมครอน สามารถเล็ดลอดผ่านช่องว่างระหว่างเส้นใยออกไปได้มากที่สุด แต่วิธีแก้ไขโดยทั่วๆ ไปได้ทำอย่างง่ายๆ โดยการเพิ่มจำนวนชั้นและความหนาแน่นของเส้นใย แต่ผลเสียที่ตามมาก็คือ ความไม่สะดวกในการหายใจ แต่ในส่วนของบริษัท 3M ได้ผลิตจากเส้นใยประจุไฟฟ้าสถิตย์ (Electrostatic charged Fiber) ที่มีข้อดีคือ ประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้นอย่างมาก โดยไม่กระทบต่อความสบายขณะสวมใส่และเส้นใยที่ว่านี้มีความหนาเพียง 2-3 มิลลิเมตรเท่านั้น อย่างไรก็ตามชั้นกรองของ 3M หรือค่ายอื่นๆ ที่มีขนาดความหนาในช่วง 1.8 mm. ถึง 2.5 mm. ยังคงใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวกลางในการยึดจับจำพวก ไอพิช, แก๊ส, กลิ่น, ไอระเหย, ปรอท และอื่นๆ ซึ่งก็เป็นไปได้ว่าสามารถทำ

แผ่นกรองในลักษณะดังกล่าวในเชิงพาณิชย์ได้ ซึ่งราคาดังกล่าวยังคงค่อนข้างสูงอยู่ในระดับราคา 400 บาท ถึง 800 บาท ขึ้นอยู่กับชนิดประเภทของการป้องกันและความเข้มข้นของการสังเคราะห์ ซึ่งจากการคำนวณค่าใช้จ่ายคร่าวๆ ในการทำถ่านกัมมันต์ใช้เองต่อ 1 ชันจะมีต้นทุนอยู่ระหว่าง 10-15 บาท ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ผลิต

2. อภิปรายผล

การบำบัดไอตะกั่วที่ได้จากถ่านกัมมันต์ ที่ทำมาจากกะลามะพร้าว ชนิดมะพร้าวห้าว และมะพร้าวกะทิ มีประสิทธิภาพที่ไม่แตกต่างกัน และถ้าพิจารณาจากโครงสร้างของมะพร้าวเอง จากลักษณะของเปลือกที่ทำการปอกออกแล้วล้างให้สะอาด พบว่ามีเส้นใยและโครงสร้างที่ไม่แตกต่างกันมากนัก ซึ่งอาจจะมีข้อจำกัดด้านความแตกต่างของต้นมะพร้าว และอายุของผลมะพร้าว เป็นต้น แต่โดยภาพรวมแล้วกล่าวได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จากกะลามะพร้าวทั้ง 2 ชนิด สามารถใช้แทนหรือใช้ร่วมกันได้ อย่างไรก็ตามการวิจัยเชิงทดลองนี้ไม่ได้นำกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวน้ำหอมมาร่วมในการทดลอง ซึ่งก็น่าจะนำมาศึกษาต่อไป เพราะถ้าค่าประสิทธิภาพไม่แตกต่างกัน การพิจารณาหาวัตถุดิบเพื่อแปรรูปเป็นวัสดุกรองก็ยังสามารถทำได้ง่ายและสะดวกมากขึ้น

วัสดุที่ใช้เป็นโครงสร้างส่วนใหญ่เป็นโลหะปัมขึ้นรูปและเจาะรูตรงกลาง ซึ่งมักจะเป็นวัสดุที่มีราคาแพง แต่มีความคงตัวดี ไม่เปลี่ยนรูป และภายในก็บรรจุเม็ดถ่านกัมมันต์อัดแน่น แต่ถ้าเป็นวัสดุราคาถูกมากกว่า 5 - 7 เท่า วัสดุนั้นจะมีโครงสร้างเป็นพลาสติก แต่ก็สามารถคงตัวได้ดี โดยไม่เปลี่ยนรูป ส่วนการอัดเรียงตัวภายในก็มีค่าความหนาแน่นเช่นเดียวกัน และจากการเก็บตัวอย่างของชุดกรองทั้ง 2 ประเภท หลังจากใช้งานแล้วประมาณ 4 เดือน ณ จุดทำงานในแหล่งที่มีมลพิษต่างๆ จะสังเกตเห็นได้ว่าโครงสร้างที่เป็นโลหะและพลาสติกจะมีการขยายตัวขึ้นในทุกทิศทาง ในทางตรงกันข้ามวัสดุประเภทพลาสติกจะมีความยืดหยุ่นดีกว่า อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพในการบำบัดจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาเป็นถ่านกัมมันต์และกรรมวิธีการผลิต ซึ่งถือเป็นกลยุทธ์ทางการผลิตของแต่ละบริษัทไม่เปิดเผย แต่ก็เห็นจุดน่าสนใจที่จะต้องทำการทดลองต่อไปโดยกำหนดให้มีวัสดุที่เป็นโครงสร้างเดียวกัน แต่มีตัวแปรที่ประกอบด้วย วัสดุกรองราคาถูก วัสดุกรองราคาแพง และวัสดุกรองที่เราทำขึ้นเอง แล้วจึงนำไปหาค่าประสิทธิภาพในการบำบัด ไอตะกั่วอีกครั้ง จึงจะสามารถนำผลการศึกษาทดลองไปเป็นแนวทางในการพัฒนาหรือผลิต ในเชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

ในการทดลองหาจุดอิ่มตัวหรือจุด Saturation Point ในที่นี้จากการทดลองต่อเนื่อง

9 ชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่าประสิทธิภาพลดลงตามลำดับและมากที่สุด ณ ชั่วโมงที่ 9 และข้อจำกัดด้าน วัตถุประสงค์ เวลา และค่าใช้จ่ายจึงออกแบบในเบื้องต้นไว้ที่ 9 ชั่วโมง ซึ่งจะทำให้การทดลองต่อไป จนกระทั่ง ค่าตะกั่วที่วัดได้หลังจากชุดกรอง มีค่าใกล้เคียงกับความเข้มข้นตะกั่วที่แหล่งมลพิษมากที่สุด จึงจะได้ ค่าที่แท้จริง ซึ่งเมื่อพิจารณาจากค่าที่ลดลงแล้วพออนุมานได้ว่า ณ ชั่วโมงที่ 15 ขึ้นไปน่าจะมีค่าของ ประสิทธิภาพในการบำบัดต่ำที่สุด และจากการศึกษาตัวกรองของยี่ห้อต่างๆ ในเชิงเปรียบเทียบอายุการใช้งาน ก็มีได้มียี่ห้อใดระบุชัดเจนว่าควรจะเปลี่ยนที่อายุการใช้งานเท่าไร? เพียงแต่กล่าวโดยทั่วไป ยกตัวอย่างเช่น คู่มือการใช้งานหน้ากากแบบตลับกรองเดี่ยว รุ่น 3M 3100/3200 ได้กล่าวถึงคุณสมบัติเฉพาะ ของหน้ากาก ดังนี้

ตารางที่ 5.3 ประสิทธิภาพการทำงานของหน้ากากรุ่น 3M

รายการ	หน่วย	ประสิทธิภาพการทำงาน	
		3M 3100	3M 3200
แรงดันการหายใจเข้า	มม.น้ำ	น้อยกว่า 1.5	น้อยกว่า 1.5
แรงดันการหายใจออก	มม.น้ำ	น้อยกว่า 8	น้อยกว่า 8
ปริมาตรภายในหน้ากาก	ซม. ³	น้อยกว่า 205	น้อยกว่า 210
น้ำหนัก	กรัม	น้อยกว่า 58	น้อยกว่า 60

จะเห็นได้ว่าค่าที่แสดงในตารางไม่ได้กล่าวถึงประสิทธิภาพในกรองแต่อย่างใด แต่ กลับกล่าวถึงปริมาตรและแรงดันอากาศ ในขณะที่หน้ากากยังไม่ได้ใส่ชุดกรองได้ระบุถึงอายุการใช้งาน แต่ก็ยังคงกล่าวแบบกว้างๆ ดังต่อไปนี้

“อายุการใช้งานของตลับกรองสารเคมีจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมของผู้สวมใส่ (อัตราการหายใจ) ชนิดหรือรูปแบบความสามารถในการระเหย และความเข้มข้นของสารอันตรายรวมทั้งสภาพแวดล้อมอื่นๆ เช่น ความชื้นและอุณหภูมิ ตลับกรองสารเคมีจะหมดอายุลงและต้องเปลี่ยนอันใหม่ทันที เมื่อผู้สวมใส่ได้กลิ่นหรือได้รับรสของสารอันตรายหรือเกิดอาการระคายเคืองขึ้นมา”

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

3.1.1 การหาค่าจุดอิมพัลส์ควรเพิ่มขนาดของช่วงเวลามากขึ้น จากทุก 1 ชั่วโมงอาจ จะเป็น 3 ชั่วโมง และทำต่อเนื่องจนกระทั่งถึงจุดอิมพัลส์

3.1.2 การทดลองควรใช้วัสดุอื่นประกอบในการดูดซับ เช่น โยต่างๆ หรือผ้าที่มีความหนาแน่นสูงหรือใยที่สามารถกรองโลหะหนักได้ เช่น ของ 3M เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดไอตะกั่ว

3.1.3 ควรทำการทดลองหาความสัมพันธ์และความเหมาะสม ทั้งในส่วนของชั้นความหนา ประสิทธิภาพในการบำบัด ความเข้มข้นอากาศเข้าออกชั้นกรอง ความดันภายในระบบโดยสัมพันธ์กับผู้ใช้และการใช้งาน เพราะในความเป็นจริงถึงแม้ประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าสูงมากเพียงใดก็ตาม แต่เมื่อนำมาใช้งานแล้ว อากาศเคลื่อนที่ยาก เกิดอาการฮีตอัค การใช้งานก็จะไม่สะดวก และผู้ใช้งานก็จะปฏิเสธการใช้งานทันที

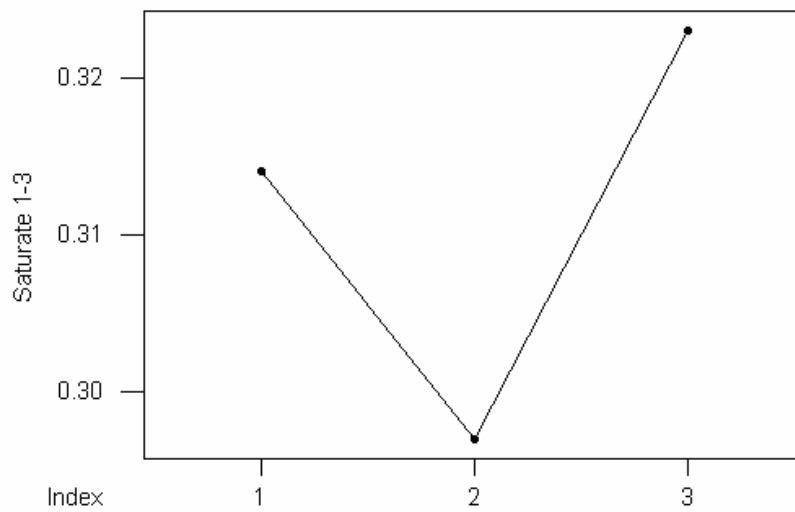
3.2 ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

จากผลการศึกษาวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงวิธีการเตรียมถ่านปลุกฤทธิ์จากกะลามะพร้าวซึ่งเป็นวัสดุที่เหลือใช้และหาได้ง่าย แต่จากผลการหาประสิทธิภาพการดูดซับไอตะกั่วโดยใช้วัสดุกรองที่ทำจากกะลามะพร้าวยังมีประสิทธิภาพไม่สูงพอที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในทันที เมื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกาและสหภาพยุโรป ที่จะต้องมีประสิทธิภาพการกรองต่ำสุดที่ 95% และ 94% ตามลำดับประกอบกับการทดลองยังมีข้อผิดพลาดและข้อจำกัดอีกหลายประการ ดังนั้นในการศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงถือได้ว่าเป็นการวิจัยขั้นต้นและเป็นแนวทางที่จะทำการ ศึกษาเพื่อให้ได้ชั้นกรองที่ทำจากวัสดุทางธรรมชาติต่อไป

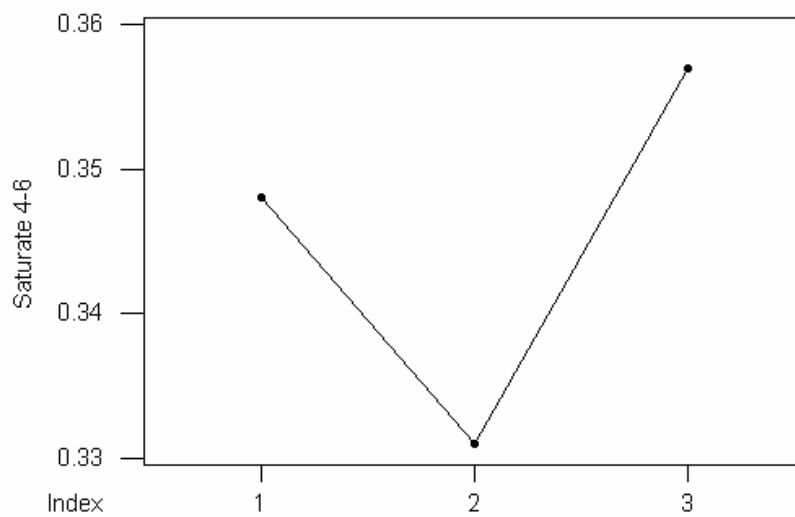
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

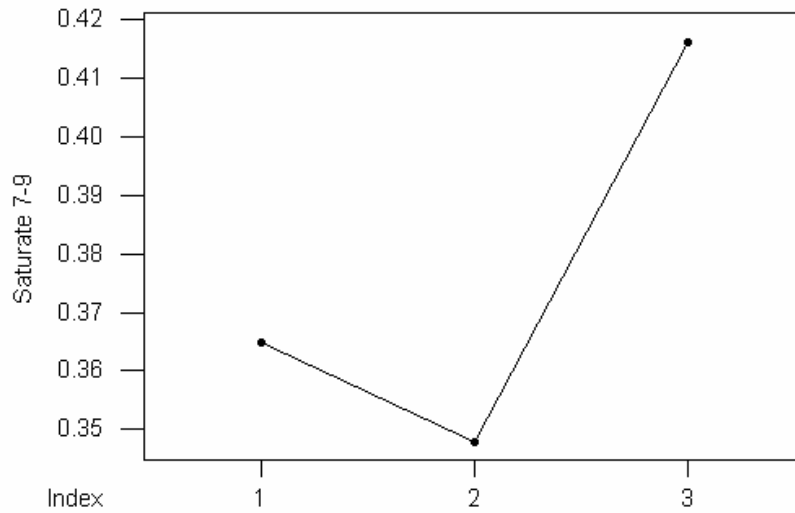
การวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นไอตะกั่ว



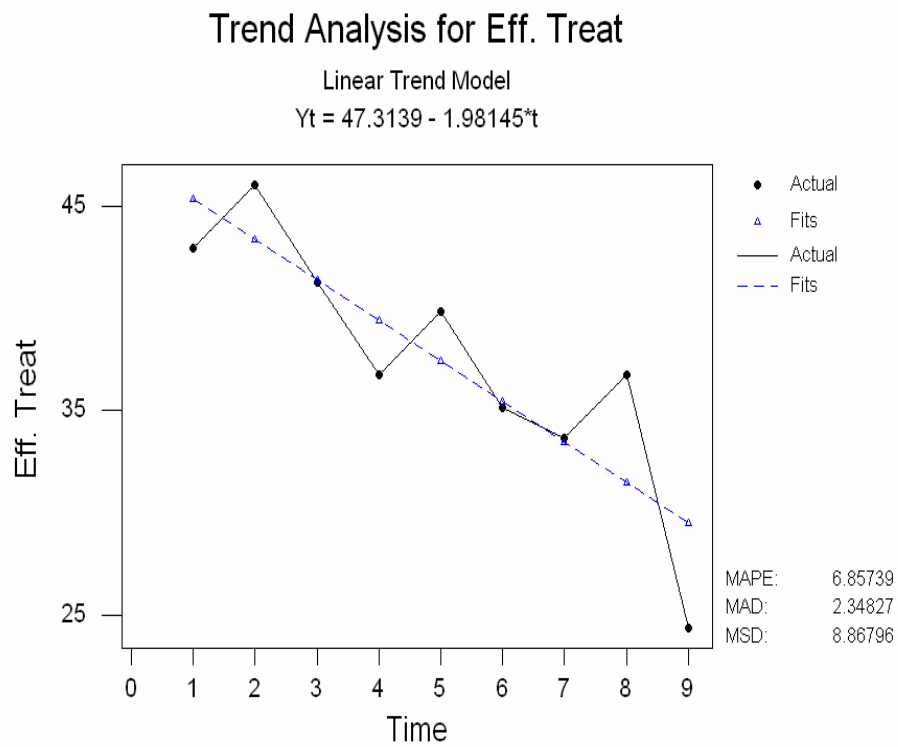
กราฟที่ 1 แนวโน้มของความเข้มข้นตะกั่ว ณ ชั่วโมงที่ 1 - 3



กราฟที่ 2 แนวโน้มของความเข้มข้นตะกั่ว ณ ชั่วโมงที่ 4 - 6



กราฟที่ 3 แนวโน้มของความเข้มข้นตะกั่ว ณ ชั่วโมงที่ 7-9



กราฟที่ 4 ค่าร้อยละของประสิทธิภาพที่ลดลงในการลดความเข้มข้นไอตะกั่ว ณ ชั่วโมงที่ 1-9

ภาคผนวก ข

รูปแสดงการเตรียมวัสดุในการทดลอง



ภาพที่ 1 แสดงชิ้นส่วนที่เป็นข้อต่อสายยาง ที่จะใช้ต่อเข้ากับชุดกรอง



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะของข้อต่อที่เป็นพลาสติก



ภาพที่ 3 แสดงตัว Adhesive ที่ใช้ในการยึดตามจุดที่ต้องการ



ภาพที่ 4 แสดงภาชนะเปล่าก่อนนำมาเตรียมเป็นชุดกรอง



ภาพที่ 5 แสดงภาชนะพร้อมฝาปิดหลังจากที่ล้างทำความสะอาด



ภาพที่ 6 แสดงภาชนะในสภาพที่ปิดสนิท



ภาพที่ 7 แสดงถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวกะทิ



ภาพที่ 8 แสดงถ่านกะลามะพร้าวชนิดมะพร้าวห้าว



ภาพที่ 9 แสดงสายยางที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 10 แสดงการใช้ใบมีดคัทเตอร์ทำการกรีดและทพให้เกิดรูตรงกลาง



ภาพที่ 11 แสดงฝาปิดที่เจาะรูด้านบนแล้ว



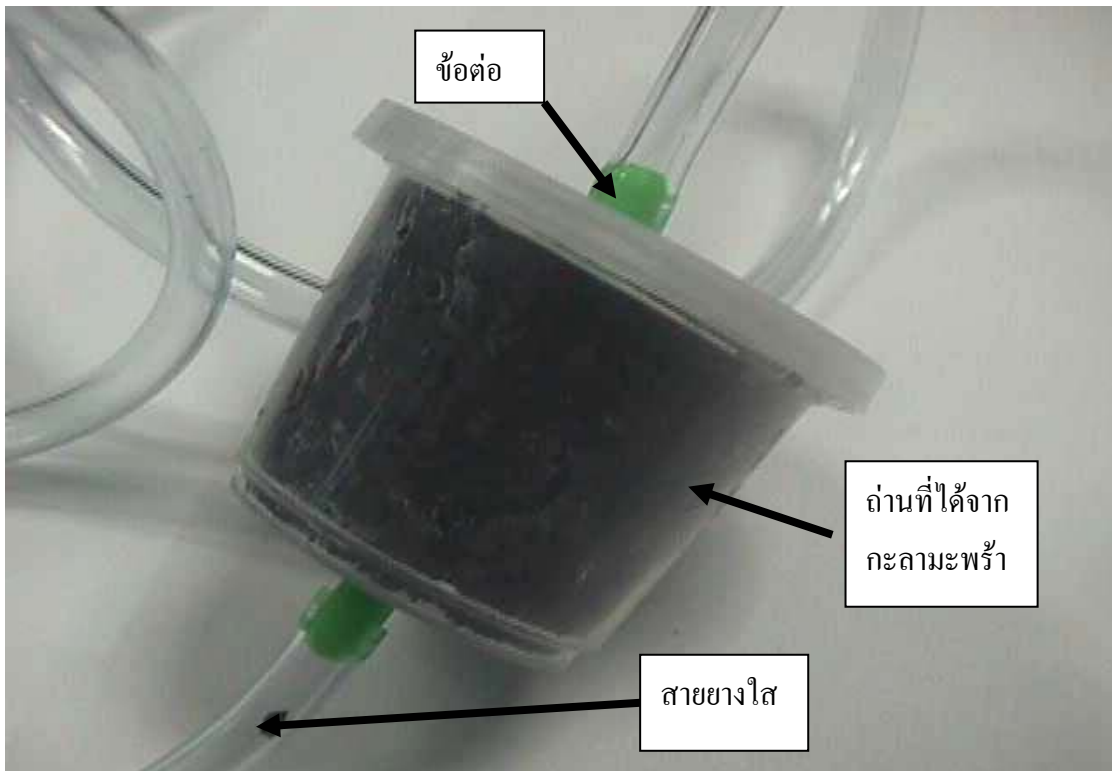
ภาพที่ 12 แสดงการใช้ใบมีดตัดปลายในส่วนของข้อต่อให้สั้นลง



ภาพที่ 13 แสดงการใช้ตัว Adhesive หยดตรงขอบโดยรอบ



ภาพที่ 14 แสดงการใช้ใบมีดเจาะรูตรงก้นภาชนะ



ภาพที่ 15 แสดงชุดกรองที่ประกอบเสร็จเรียบร้อยแล้วพร้อมนำไปใช้งาน



ภาพที่ 16 แสดงชุดกรองที่มีขนาด 1.0 cm.



ภาพที่ 17 แสดงชุดกรองที่ขนาด 1.5 cm.



ภาพที่ 18 แสดงชุดกรองที่ขนาด 2.5 cm.



ภาพที่ 19 แสดงชุดกรองที่ขนาด 2.5 cm.



ภาพที่ 20 แสดงการเตรียมเครื่องชั่งเพื่อทำการหาน้ำหนักของชุดกรอง



ภาพที่ 21 แสดงการชั่งน้ำหนักของถ้วยพลาสติกเปล่า



ภาพที่ 22 แสดงการชั่งน้ำหนักของวัสดุทองที่ขึ้นความหนา 1.5 cm.



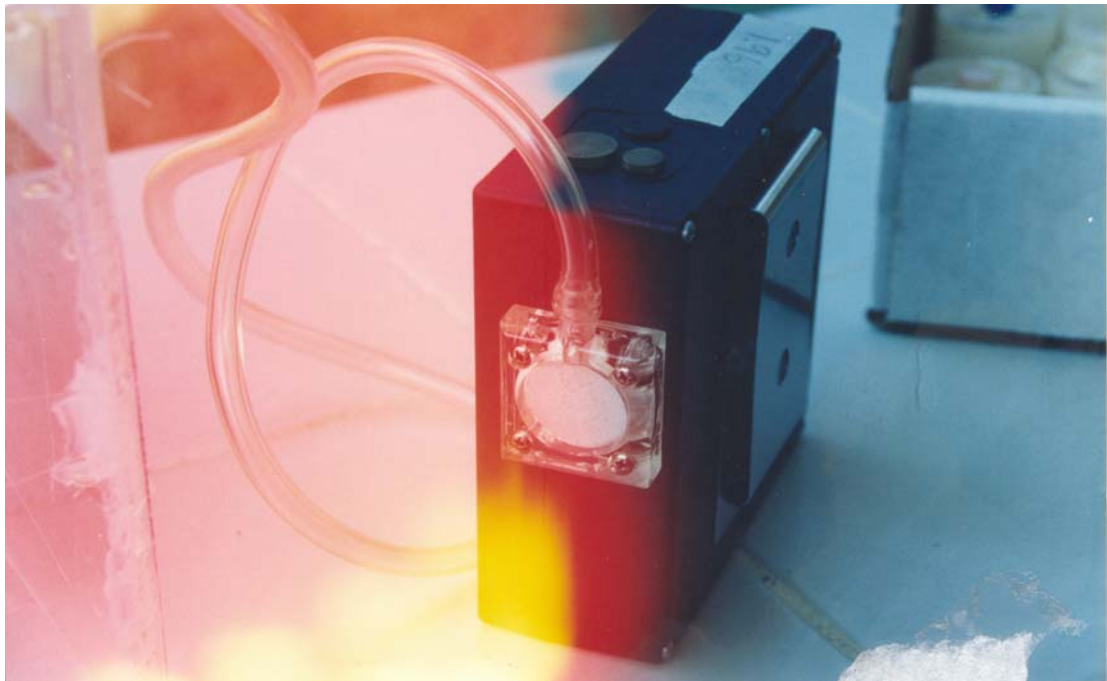
ภาพที่ 23 แสดงการชั่งน้ำหนักของวัสดุรองที่ชั้นความหนา 2.5 cm.



ภาพที่ 24 แสดงเครื่องหลอมตะกั่วที่สามารถควบคุมอุณหภูมิได้



ภาพที่ 25 แสดง Personal Pump ที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างเพื่อเขียนแบบการหายใจของคน



ภาพที่ 26 แสดงการต่อสายขงนำอากาศจากเข้ากับชุด Personal Pump



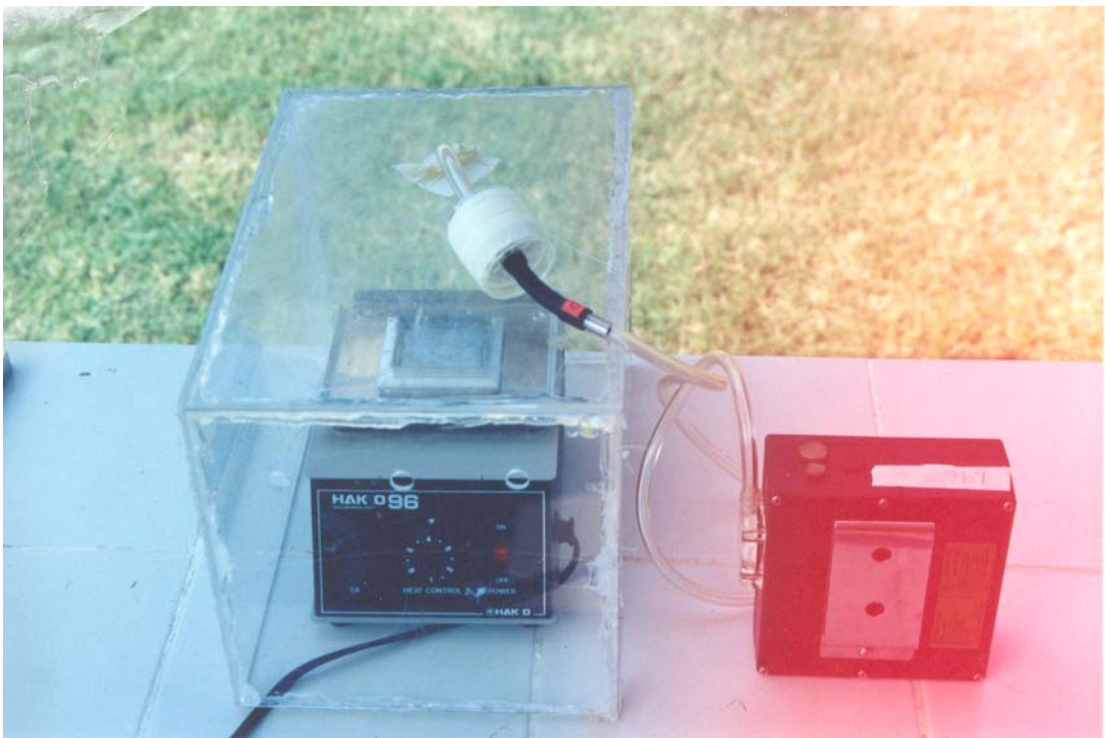
ภาพที่ 27 แสดงการปรับค่าไว้ที่ 1.96 ลิตร / นาที ซึ่งเป็นอัตราเดียวกับการหายใจของคน



ภาพที่ 28 แสดงตลับที่บรรจุกระดาษที่ใช้ในการเก็บตัวอย่างซึ่งต่ออยู่หลังจากชุดกรอง



ภาพที่ 29 แสดงตะกั่วแท่ง ชนิด 60/40 ขนาด 680 กรัม ที่ใช้ในการทดลอง



ภาพที่ 30 แสดงการเก็บตัวอย่างของไอตะกั่วจากชุดจำลองการเกิดไอตะกั่ว

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม (ประมวลผลด้วย Minitab)* เล่ม 1 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2545
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ *สถิติสำหรับงานวิศวกรรม (ประมวลผลด้วย Minitab)* เล่ม 2 สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) 2545
- วิโชติ บุญเปลี่ยน *ประสิทธิภาพของการใช้ถ่านจากกะลามะพร้าวเก็บตัวอย่างไอระเหยของตัวทำละลายอินทรีย์* สาขานาอมัยสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล 2524
- Burnett, Ronald D. : *Evaluation of Charcoal Sampling Industrial Environs.* Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 36:278 (1975).
- Frank L.S. *A step-by-step approach to process evaluation and application.* Adsorption Technology Marcell Dekker. New York.,1985.
- Haug C.P and Bowers A.R *The use of activated carbon for Cr(VI) removal.* Progr.water Technol.,1978.
- Roy A.H *New Method Simplifies Design of Activated Carbon Systems.* Chemical Engineering. August,1973.
- Severs, L.W. and Skory, L.K.: *"Monitoring Personal Exposure to Vinylidens Chloride and Methyl Chloride in An Industrial Work Environment"*. An. Ind. Hyg. Assoc. J. 36:669 (1975).
- TAN T.C and Teo W.K *Combined effect of carbon dosage and initial adsorbate concentration on the adsorption isotherm of heavy metals on activated carbon.* Water Res.,1987.
- U.S. Department of Health, Education, and Welfare, PHS, CDC, NIOSH. *The Industrail Environment-its Evaluation & Control.* Washington D.C: U.S. Government Printing Office.,1973.
- U.S. Department of Health, Education, and Welfare: *Second NIOSH Solid Sorbents Roundtable.* National Institute for Occupational Safety and Health HEW Publication No. NIOSH 76-193 (1976).

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายกิตติธร คุปตาภิวัฒน์
วัน เดือน ปีเกิด	25 สิงหาคม 2510
สถานที่เกิด	อำเภอยานนาวา จังหวัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	วิศวกรรมไฟฟ้าสื่อสาร (อิเล็กทรอนิกส์-คอมพิวเตอร์) วช.เทเวศน์ พ.ศ.2532 M.B.A. (การตลาด) มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต พ.ศ.2542
สถานที่ทำงาน	บริษัท อินโนเว็กซ์ (ประเทศไทย) จำกัด ต.บ้านกลาง อ.เมือง จ.ลำพูน
ตำแหน่ง	Sr. Operation & OHSE Manager