

การกำจัดโครเมียมโดยใช้ซีลาลอย



นางสาว นันทิยา ชาติประทีป
นางสาว อภิรดี นามมีฤทธิ์

เลขาม.....
เลขทะเบียน... 43897
วัน, เดือน, ปี 17 มี.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

Removal of Chromium on Fly Ash



**A Special Project submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement of the Degree of Bachelor Science**

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การกำจัดโครเมียมโดยใช้เชื้อถ้ำลอย

โดย นางสาวนันทิยา ชาติประทีป

 นางสาวอภริดี นามมีฤทธิ์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....
(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

หัวหน้าภาค

คณะกรรมการโครงการพิเศษ

.....
(รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

ประธานกรรมการ

.....
(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษศิริกุล)

กรรมการ

.....
(ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การกำจัดโครเมียมโดยใช้ซีเถ้าลอย

นักศึกษา นางสาว นันทิยา ชาติประทีป

นางสาว อภิรดี นามมีฤทธิ์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการนำซีเถ้าลอยมาปรับปรุงคุณภาพโดยการนำมารีฟลักซ์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์ นำซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ มาศึกษาโดยแบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก ศึกษาสมบัติทางกายภาพและเคมีโดยการวัดพีเอช พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ย(BET) เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกชัน(XRD) และค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวก (CEC) พบว่า สมบัติทางกายภาพและเคมีของซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเปลี่ยนไป พีเอชสูงขึ้นจากพีเอช 10.73 เป็นพีเอช 11.26 พื้นที่ผิวเฉลี่ยจำเพาะสูงขึ้นจาก 30.66 ตารางเมตรต่อกรัมเป็น 104.7 ตารางเมตรต่อกรัม ค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มจาก 6.8 มิลลิอิกควาเลนซ์ต่อสาร 100 กรัมเป็น 105 มิลลิอิกควาเลนซ์ต่อสาร 100 กรัม ขั้นตอนที่สอง ศึกษาการกำจัดโครเมียมประจุ+3(Cr^{3+}) และประจุ+6(Cr^{6+}) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง สภาวะที่ศึกษาคือ พีเอช และเวลาที่ใช้ พบว่า ในการกำจัด Cr^{3+} ด้วยซีเถ้าลอยที่พีเอชของสารละลายเป็น 3, 5, 7 และ 9 เปอร์เซนต์การกำจัดใกล้เคียงกันมีค่าระหว่าง 99.32 ถึง 99.92 % ในขณะที่ Cr^{6+} เปอร์เซนต์การกำจัดสูงที่สุดที่พีเอช 7 เท่ากับ 11.17% เมื่อใช้ซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมากำจัด Cr^{3+} ที่พีเอชของสารละลายเป็น 3, 5, 7 และ 9 เปอร์เซนต์การกำจัดใกล้เคียงกันมีค่าระหว่าง 92.49 ถึง 98.60 % ในขณะที่ Cr^{6+} จะมีเปอร์เซนต์การกำจัดสูงที่สุดที่พีเอช 5 เท่ากับ 19.98% และเวลาที่เหมาะสมในการกำจัด Cr^{6+} ดีที่สุดที่เวลา 1 ชั่วโมงเท่ากับ 19.98% ขณะที่ Cr^{3+} เปอร์เซนต์การกำจัดสูงตั้งแต่เวลา 10 นาที เท่ากับ 93.14%

Project Title	Removal of Chromium on Fly ash	
Author	Miss Nanthiya	Chartpratheep
	Miss Apiradee	Nammeerit
Advisor	Asst.Prof. Pitsamai	Chairat-utai
Academic year	2001	

Abstract

This special project studied a use of treated fly ash for chromium removal. Fly ash was refluxed with sodium hydroxide 1 molar. Synthetic wastewater was used as wastewater contained Cr^{3+} and Cr^{6+} . The study was divided into 2 step. Firstly, physical and chemical characteristics of treated fly ash were investigated in terms of pH, CEC, XRD and BET. It was found that pH varied from 10.73 to 11.26, CEC varied from 6.80 to 105 meq/100 g and BET varied from 30.66 to 104.7 m^2/g . Secondly, effects of pH and contact time for removal of Cr^{3+} and Cr^{6+} were studied. pH for removal of Cr^{3+} was 3, 5, 7 and 9 and % removal was within the rang of 99.32 and 99.92 for untreated fly ash. Whilst pH for removal of Cr^{6+} was 3, 5, 7 and 9 and % removal was within the rang of 92.49 and 98.60 for treated fly ash. pH for removal of Cr^{6+} was 7 and % removal was 1117 for untreated fly ash. Whereas pH for removal of Cr^{6+} was 5 and %removal was 19.98 for treated fly ash. The contact time for removal of Cr^{6+} was 1 hour and % removal was 19.98. While the contact time for removal of Cr^{3+} was 10 minutes and % removal was 93.14.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้เป็นอย่างดีด้วย การดูแลเอาใจใส่ในการทำโครงการพิเศษอย่างใกล้ชิด ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ ของ ผศ.พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอบพระคุณ รศ. อรุณี กงศักดิ์ไพศาล และ ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล ที่เสียสละเวลาในการเป็นกรรมการคุมสอบและข้อเสนอแนะต่างๆซึ่งทำให้โครงการฉบับนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอบพระคุณ อ.อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล และ ผศ.ดร. ตะวัน สุขน้อย ที่ให้คำปรึกษา และให้ข้อมูลจนโครงการพิเศษฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์

ขอบพระคุณ คุณ สุรินทร์ คุณสุภัทร คุณกัญญา และคุณปราณี ตลอดจนเจ้าหน้าที่ท่านอื่นในภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่อำนวยความสะดวกเรื่องอุปกรณ์ สารเคมีที่ใช้ และการดำเนินงานอื่นๆในการทำโครงการพิเศษฉบับนี้

ขอบพระคุณ พ่อ แม่ พี่ น้องและเพื่อนๆที่เป็นกำลังใจและช่วยสนับสนุนในการทำโครงการฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นันทิยา ชาติประทีป
อภิรดี นามมีฤทธิ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินโครงการพิเศษ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 โครเมียม	3
2.2 ความเป็นพิษของโครเมียม	3
2.3 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียด้วยการดูดซับ	4
2.4 จีเถ้าลอย	9
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย	
3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์	12
3.2 ตัวอย่างและสารเคมี	12
3.3 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของจีเถ้าลอย	13
3.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของจีเถ้าลอยและ จีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	13
3.5 การศึกษาการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+} ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์	
4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของซีดีถ้ำลอยและซีดีถ้ำลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	15
4.2 การศึกษาการดูดซับของCr ³⁺ และCr ⁶⁺	18
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลการวิจัย	23
5.2 ข้อเสนอแนะ	23
เอกสารอ้างอิง	24
ภาคผนวก	
ก. การวิเคราะห์โครเมียมโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์	25
ข. วิธีวิเคราะห์การแลกเปลี่ยนแคทไอออน	27



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติทางเคมีของจีไถ่ลอย	10
4.1 แสดงผลของพีเอชที่เวลาต่างๆของจีไถ่ลอยและ จีไถ่ลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	15
4.2 แสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของจีไถ่ลอยและ จีไถ่ลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	16
4.3 แสดงค่า CEC ของจีไถ่ลอยและ จีไถ่ลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	18
4.4 ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของ Cr^{3+} และเปอร์เซ็นต์การกำจัดที่ พีเอชต่างๆ โดยการดูดซับด้วยจีไถ่ลอยและ จีไถ่ลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	19
4.5 ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของ Cr^{6+} และเปอร์เซ็นต์การกำจัดที่ พีเอช ต่างๆ โดยการดูดซับด้วยจีไถ่ลอยและ จีไถ่ลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	20
4.6 แสดงองค์ประกอบของจีไถ่ลอย	21
4.7 แสดงเวลาของการกำจัด Cr^{3+} และ Cr^{6+}	22

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์	6
4.1 XRD-pattern ของซีเถ้าลอย	17
4.2 XRD-pattern ของซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ	17
4.3 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของ Cr^{3+} ที่ พีเอชต่างๆ	19
4.4 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของ Cr^{6+} ที่ พีเอชต่างๆ	20



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการพิเศษ

เนื่องจากการขยายตัวของอุตสาหกรรมต่างๆในปัจจุบัน ก่อให้เกิดมลพิษที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งต่ออากาศ แหล่งน้ำ และพื้นดิน โดยเฉพาะการปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำกำลังเป็นปัญหาสำคัญและควรให้ความสนใจมากในปัจจุบัน แม้จะมีการสร้างระบบบำบัดและกำหนดมาตรฐานน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมแล้ว ก็ยังพบปริมาณ โลหะหนักปะปนอยู่ในน้ำเสีย เช่น ทองแดง ตะกั่ว สังกะสี โครเมียม พรอท นิกเกิล เหล็ก ฯลฯ โดยจะพบในน้ำเสียของอุตสาหกรรมประเภท ชุบโลหะ ฟอกย้อม ผลิตเหล็กกล้า ผลิตแบตเตอรี่ เป็นต้น เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารอนินทรีย์ที่ไม่สามารถย่อยสลายได้และมีความเป็นพิษสูง เมื่อปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสามารถทำลายกระบวนการบำบัดทางชีวภาพ นอกจากนั้นยังเป็นอันตรายต่อมนุษย์และเป็นสารก่อมะเร็ง จึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาแนวทางในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียอุตสาหกรรม เทคนิคที่ใช้ในปัจจุบันบางวิธีไม่สามารถลดความเข้มข้นของโลหะให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมีและบางวิธีมีค่าใช้จ่ายสูง เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน การสกัดด้วยไฟฟ้า

การดูดซับเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมมากเนื่องจากการนำวัสดุธรรมชาติมาประยุกต์ใช้เป็นตัวดูดซับ เช่น สาหร่าย เฟิร์น เปลือกถั่ว เปลือกไข่ ขี้เถ้า เป็นต้น ซึ่งเป็นวัสดุที่สามารถหาได้ง่ายและราคาถูก อีกทั้งหากมีการนำของเสียที่เกิดขึ้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ก็นับว่าเป็นการช่วยจัดการกับของเสียเหล่านั้นอีกทางหนึ่ง ขี้เถ้าลอยเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์เพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ซึ่งมีปริมาณมากกว่า 10000 ตันต่อวัน โดยองค์ประกอบของขี้เถ้าลอย คือ ซิลิกอน อะลูมินา โพแทสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม แร่เหล็ก และโบรอน ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียด้วยกระบวนการดูดซับ โดยใช้ขี้เถ้าลอยที่ปรับปรุงคุณภาพและขี้เถ้าลอยธรรมดาเป็นตัวดูดซับ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการพิเศษ

1. เพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ปล่อยให้มีความสามารถในการดูดซับโครเมียม
2. ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงการพิเศษ

1. ทำการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ปล่อยโดยการรีฟลักซ์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์
2. ทำการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+} ในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง
3. ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+} ได้แก่ พีเอช และเวลา

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและดำเนินงานโครงการพิเศษ

1. การปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ปล่อยด้วยการรีฟลักซ์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์
2. ศึกษาลักษณะทางกายภาพ และทางเคมีของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ
3. หาค่าพีเอช และเวลา ที่เหมาะสมในการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+} ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง
4. สรุปผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในการนำขี้เถ้าลอยซึ่งเป็นของเสียจากโรงไฟฟ้ากลับมาใช้ประโยชน์
2. ได้ตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพในการดูดซับโครเมียม
3. ทราบสถานะที่เหมาะสมในการดูดซับโครเมียมและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมที่มีโครเมียมได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โครเมียม

โครเมียม(Cr)เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 ในธรรมชาติโครเมียมปรากฏอยู่ในรูปของสารประกอบโครเมียมออกไซด์กับเหล็กในสินแร่โครไมต์ ที่มีอยู่ประมาณ 0.037%ของเปลือกโลก โครเมียมมักอยู่ในสภาพไตรวาเลนซ์และมักมีลูมิเนียม และแมกนีเซียมออกไซด์ รวมทั้งอาจมีไททาเนียมและวานาเดียมออกไซด์ปะปนอยู่ในปริมาณต่าง ๆ กันด้วย สารประกอบโครเมียมที่นำมาใช้กันมากในทางอุตสาหกรรมซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ในรงควัตถุ(pigment)ร้อยละ33ของการใช้โครเมียมแบบพื้นผิวโลหะ(metal surface plating)ร้อยละ25 ทำสีหนัง(leather tanning)ร้อยละ25และการผลิตสิ่งทอ(textile)ร้อยละ10 นอกจากนี้มีการใช้ในกระบวนการถ่ายรูปและการผลิตสารตัวเร่งปฏิกิริยาด้วย

โครเมียมมีน้ำหนักโมเลกุล 52 โดยทั่วไปมักอยู่ในสภาพของแข็ง ยกเว้นในรูปโครมิลคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารประกอบโครเมียมเฮกซะวาเลนซ์อยู่ในสภาพระเหิดของเหลว(fuming liquid) ลักษณะทางเคมีและการเป็นพิษของโครเมียมแตกต่างกันอย่างมาก ขึ้นอยู่กับสภาพวาเลนซ์ของโลหะ โครเมียมอาจปรากฏอยู่ในสภาพโลหะ(วาเลนซ์ 0) และในสภาพวาเลนซ์+2 ถึง +6 แต่ในสภาพไตรวาเลนซ์(+3)และเฮกซะวาเลนซ์(+6) เท่านั้นที่พบได้บ่อยโครเมียมในสภาพวาเลนซ์+2มักถูกออกซิไดซ์อย่างรวดเร็วเป็นสภาพ+3 และในสภาพ+4 และ+5 มักพบเฉพาะเป็นสารระหว่างกลางในการเปลี่ยนสภาพระหว่าง+3 และ +6 เท่านั้น

2.2 ความเป็นพิษของโครเมียม

1. ผลจากพิษโครเมียมเนื่องจากการสะสมของฝุ่นละอองโครเมียมซึ่งโดยมากจะเริ่มเป็นรอยถลอกที่ผิวหนังและจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บมือตามข้อที่นิ้วมือหรือหลังเท้ามีลักษณะเป็นแผลวงกลมขอบค่อนข้างเรียบ นุ่มลึกลงไปปกติมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรหรือเล็กกว่าซึ่งจะมองดูคล้ายถูกเจาะด้วยตะปู ถึงแม้ว่าแผลนี้จะไม่เจ็บปวดแต่จะคันมากเวลากลางคืนต่อไปอาจเกิดการติดเชื้อขึ้นและอาจ ทำให้ลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียงซึ่งอาจทำให้ต้องตัดนิ้วทิ้ง ฝุ่นของเกลือ

โครเมียมหรือควันทองกรดโครมิก อาจตกลงบนหลังตาหรือที่ปลายจมูกซึ่งอาจทำให้เกิดแผลขึ้นได้ใกล้เคียงกัน

2 ผิวหนังอักเสบ บริเวณที่เกิดการอักเสบ ได้แก่ มือ แขน ขา ใบหน้า และหน้าอก อาจเกิดเมื่อสัมผัสโครเมียมมาแล้ว 6 เดือน ในรายที่รุนแรงใบหน้าจะมีสีแดงเข้มและบวม ส่วนที่อักเสบจะคันมากและอาจเจ็บแสบด้วย

3. ผื่นก้นในโพรงจมูกอาจถูกเจาะทะลุ คนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับโครเมียม จะได้รับควันทองกรดโครมิกหรือฝุ่นละอองของโครเมียมเป็นประจำจะทำให้ผื่นก้นในจมูกถูกทำลายจนเป็นรูทะลุ ซึ่งการทะลุนี้จะไม่รู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างใด จะรู้ตัวก็ต่อเมื่อมีเสียงอู้อี้หรือดั่งจุมกบี่เบนลง

4. มะเร็งปอดอาจเกิดกับผู้ที่สูดเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายอยู่เป็นประจำและเป็นเวลานาน ซึ่งจะเป็อันตรายนมาก

2.3 วิธีการกำจัดโลหะในน้ำเสียด้วยการดูดซับ

2.3.1 หลักการ

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ในการบำบัดทั้งน้ำดีและน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ ที่อยู่ในของเหลวหรือแก๊ส ให้มาเกาะจับและติดบนผิวของมัน ซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจาก ของเหลวหรือแก๊สมายังผิวของของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่าตัวถูกดูดซับ(Adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า ตัวดูดซับ(Adsorbent)

การดูดซับมีความสามารถในการกำจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำเสียที่เป็น ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยอาศัยกลไกทางกายภาพและเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น กลิ่น บีโอดี ซีโอดี ยาฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุมมีประสิทธิภาพที่ดีและระบบมีความทนทานต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพ คือต้องการพื้นที่น้อย ไม่มีกลิ่นน่ารังเกียจ

การดูดซับที่สำคัญมี 2 แบบ คือการดูดซับทางกายภาพ(Physical sorption)และการดูดซับทางเคมี(Chemical sorption)การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้เกิดขึ้นเมื่อ โมเลกุลในชั้นของเหลวเข้าใกล้และยึดติดกับผิวของแข็งซึ่งเป็นผลมาจากกิริยา(Action)ของแรงวันเดอร์วาล์ว(Van der Waals Force)ซึ่งเกิดจากการรวมกันของแรง 2 ชนิด คือ แรงกระจายลอนดอน(London Dispersion Force)และแรงไฟฟ้าสถิตย์(Electrostatic Force)โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับจะถูกยึดติดแบบกายภาพกับ โมเลกุลของสารดูดซับ การดูดซับแบบนี้เป็นแบบหลายชั้น(Multilayer)ซึ่งแต่ละชั้นของ โมเลกุลจะติดอยู่บนชั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โมเลกุลก่อนหน้านี้ โดยจำนวนของชั้นเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลาย ซึ่งจำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย

การดูดซับแบบกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การย้อนกลับของกระบวนการดูดซับทางกายภาพ ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับ ถ้าแรงมีค่าน้อยการหลุดออกของสารถูกดูดซับสามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมี เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาระหว่างสารถูกดูดซับและสารดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบทางเคมี ซึ่งแตกต่างจากการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว(Monolayer)และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับเองได้(Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพสามารถที่จะผันกลับได้(Reversible) การดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิสูงเนื่องจากปฏิกิริยาทางเคมีจะกระทำอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิสูงมากกว่าที่อุณหภูมิต่ำ

2.3.2 กลไกการดูดซับและอัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล(Rate of Molecule Transfer)

2.3.2.1 กลไกการดูดซับ

กลไกการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้

1.การแพร่ภายนอก(External Diffusion)การแพร่ภายนอกเป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าถึงสารดูดซับ ซึ่งพื้นผิวของสารดูดซับมีของเหลวห่อหุ้มโดยโมเลกุลแทรกตัวผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าสารดูดซับ

2.การแพร่ภายใน(Internal Diffusion)เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างสารดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดซับ

3.ปฏิกิริยาพื้นผิว(Surface Reaction)ปฏิกิริยาพื้นผิวเป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายติดที่ผิวของสารดูดซับซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมาก เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นความต้านทานจากกระบวนการนี้จึงละเลยได้

2.3.2.2 อัตราการเคลื่อนย้ายโมเลกุล(Rate of Molecule Transfer)

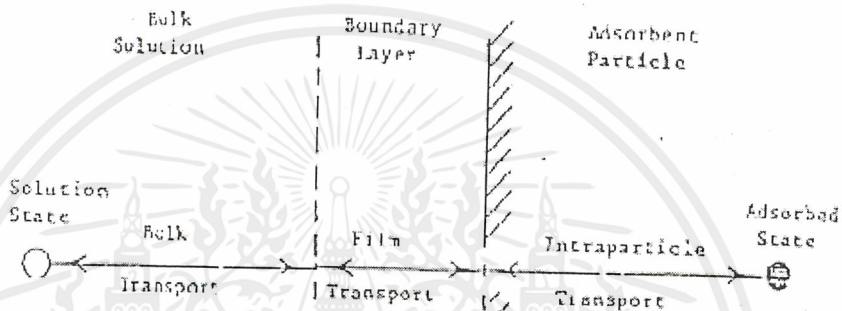
อัตราการดูดซับมีความสำคัญอย่างมาก อัตราการดูดซับที่รวดเร็วจะทำให้ระบบเข้าสู่สภาวะสมดุลได้เร็วขึ้น อัตราการดูดซับจะถูกควบคุมโดยขั้นตอนที่มีความต้านทานมากที่สุดในการเคลื่อนย้ายโมเลกุล ซึ่งขั้นตอนที่ช้าที่สุดจะเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับ ขั้นตอนในการดูดซับของสารละลายมี 3 ขั้นตอนคือ

1.การขนส่งทั้งก้อน(Bulk Transport)เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเร็วที่สุด โมเลกุลของตัวถูกละลายในของเหลวจะถูกส่งไปที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆที่ห่อหุ้มสารดูดซับ

2. การขนส่งชั้นฟิล์ม (Film Transport) เป็นขั้นตอนที่โมเลกุลที่ผิวหน้าของชั้นของเหลวบางๆ แทรกตัวเข้าสู่ผิวหน้าของสารดูดซับ การขนส่งชั้นฟิล์มเป็นกระบวนการที่ทำให้เกิดการแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion) จัดเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับขั้นต้นหนึ่ง

3. การขนส่งภายในอนุภาค (Intraparticle Transport) เป็นการแพร่ของโมเลกุลตัวถูกละลายเข้าสู่โพรงหรือรูพรุนของสารดูดซับ (Pore Diffusion) และทำให้เกิดการดูดซับภายในชั้นขั้นต้นนี้ เป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราการดูดซับเช่นกัน

ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของสารถูกดูดซับมายังสารดูดซับ แสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการเคลื่อนย้ายโมเลกุลของการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

2.3.4 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ

2.3.4.1 ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ (Size and Surface Area)

ความสามารถในการดูดซับของสารดูดซับ มีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะและอัตราการดูดซับเป็นส่วนผกผันกับขนาดของสารดูดซับ และพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) อัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารดูดซับ เมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุนสำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนเข้าสู่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่า การขนส่งชั้นฟิล์ม (Film Transport) ดังนั้นอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนกับเส้นผ่าศูนย์กลางของสารดูดซับ

ในทางกลับกันถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาคเป็นตัวควบคุมอัตราการดูดซับ การดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่าศูนย์กลาง

2.3.4.2 ลักษณะของสารดูดซับ(Nature of Adsorption)

สิ่งที่สำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายจากสารละลายอย่างหนึ่ง คือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลายนอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับอีกด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรง เป็นอัตราที่ควบคุมกลไกการดูดซับ ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผันกับอัตราการดูดซับ

2.3.4.3 ความเร็วในการผสม(Mixing Speed)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการขนส่งโมเลกุลของระบบ ซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม(Film Diffusion)และการแพร่เข้าสู่โพรง(Pore Diffusion)ซึ่งแล้วแต่ความปั่นป่วนของระบบ ถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามาก และเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับ ทำให้การแพร่ผ่านฟิล์มเป็นตัวกำหนดอัตราการเร็วการดูดซับ ในทางตรงข้ามถ้าน้ำมีความปั่นป่วนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มจะลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาสารดูดซับได้เร็ว ดังนั้นการแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นปัจจัยกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

2.3.4.4 เวลาสัมผัส(Contact Time)

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ ในการบำบัดน้ำเสียระยะเวลาสัมผัสที่ ใช้จะต้องเหมาะสมที่ทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดดีที่สุด ทั้งนี้ก็จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารดูดซับและสารถูกละลาย ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริง

2.3.4.5 ค่าพีเอช(pH)

ค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยที่สำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรงค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายน้ำของสารต่างๆดังนั้นจึงมีผลต่อการดูดซับ

2.3.4.6 อุณหภูมิ(Temperature)

ในกรณีการดูดซับเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic)พบว่าเมื่ออุณหภูมิลดลงความสามารถในการดูดซับจะสูงขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน(Endothermic)

กระบวนการการดูดซับเป็นเทคนิคหนึ่งที่ยิยมใช้ในการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย โดยใช้ตัวดูดซับ เช่น อนุมินา ซิลิกา และถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นสารที่มีความสามารถในการดูดซับโลหะหนักได้ดีแต่มีราคาค่อนข้างแพงจึงได้มีการศึกษาสารชนิดอื่นๆเป็นตัวดูดซับแทน

ในงานวิจัยนี้ได้นำถ้ำลอย ซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานผลิตกระแสไฟฟ้า จังหวัดลำปาง และมืองค์ประกอบคล้ายตัวดูดซับที่ใช้ในการดูดซับโลหะหนักมาใช้แทนสารดูดซับดังกล่าว

ความจุการแลกเปลี่ยนแคทไอออน (Cation Exchange Capacity ,CEC)

ความจุการแลกเปลี่ยนแคทไอออน (Cation Exchange Capacity ,CEC) หมายถึง ปริมาณของประจุบวกของธาตุด่างๆ ซึ่งอยู่ในรูปที่แลกเปลี่ยนได้ของสาร โดยคิดเทียบจากน้ำหนักของสาร 100 กรัม หน่วยของ CEC คือ มิลลิอิกวาเลนต่อสาร 100 กรัม (meq/100g)

การวิเคราะห์หาค่า CEC ของสารสามารถทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่ยิยมแพร่หลายคือ การทำให้อิ่มตัวด้วยประจุบวก เช่น การใช้ 1 N Ammonium Acetate pH 7, 1N Sodium Acetate pH 8.2 และ 0.5 N Barium Chloride + 0.2 N Triethanolamine pH 8.0 ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีที่นำไปใช้ในการทดลอง คือ วิธีการทำให้อิ่มตัวด้วย 1 N Ammonium Acetate (NH_4OAc) เนื่องจากเป็นวิธีที่ยิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยหลักการสำคัญแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.ขั้นตอนการชะ (Leaching Step) ทำให้อิ่มตัวด้วย NH_4^+ โดยการชะตัวอย่างด้วย 1 N Ammonium Acetate (NH_4OAc) pH 7 เพื่อให้ NH_4^+ เข้าไปแทนที่ประจุบวกต่างๆเช่น Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ และ Na^+ ที่อยู่ที่ผิวของอนุภาคให้ออกมาใน Leachate
- 2.ขั้นตอนการล้าง (Washing Step) ทำให้อย่างอิ่มตัวด้วย NH_4^+ โดยใช้แอลกอฮอล์
- 3.ขั้นตอนการแทนที่ (Replacing Step) ทำการแทนที่ NH_4^+ ที่ถูกดูดซับด้วยสารละลาย 10% Acidified NaCl
- 4.ขั้นตอนการวิเคราะห์ (Analyzing Step) วิเคราะห์ NH_4^+ ที่ถูกแทนที่ออกมาใน Leachate ค่าที่ได้จะมีค่าเท่ากับปริมาณประจุบวกที่สารตัวอย่างสามารถดูดซับและแลกเปลี่ยนได้ ซึ่งได้แก่ CEC ของสารตัวอย่างนั่นเอง

2.4 ขี้เถ้าลอย(Fly Ash)

ขี้เถ้าลอย เป็นของเสียที่ได้จากการเผาไหม้ของถ่านหิน ซึ่งในการทดลองนี้เป็นขี้เถ้าลอยที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า จากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง จากการจำแนกถ่านหินตาม Rank(Rank เป็นการกำหนดชั้นของถ่านหินโดยวิธีมาตรฐานของอเมริกา, American Society for Testing Material :ASTMD388)พบว่าถ่านหินในเหมืองแม่เมาะนี้เป็นลิกไนต์ และบางส่วนเป็นซับทูนินัส ซึ่งถ้าจะแบ่งโครงสร้างโมเลกุลของถ่านหินตามสมบัติทางเคมีสามารถแบ่งได้เป็นโครงสร้างเคมี(Organic Structure)และส่วนที่เป็นสารประกอบแร่ธาตุ(Inorganic Compound หรือ Mineral Matter)โดยโครงสร้างอินทรีย์ของถ่านหินประกอบด้วยคาร์บอนประมาณ 70-79 ส่วน ไฮโดรเจน 3-5 ส่วน ออกซิเจน 1-2 ส่วน กำมะถันและไนโตรเจน 1-2 ส่วน และสำหรับส่วนประกอบที่เป็นแร่ธาตุจะมีซิลิกาเป็นองค์ประกอบหลัก และนอกจากนั้นยังมีอะลูมิเนียม เหล็ก แคลเซียม แมกนีเซียม ดิเคเนียม โซเดียม และ โพตัสเซียม

ถ่านหินลิกไนต์เมื่อถูกบดละเอียดและส่งเข้าไปในเตาเผาไหม้ที่อากาศเพียงพอ จะเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ความร้อนในเตาเผาจะช่วยให้ปฏิกิริยาทางเคมีเปลี่ยนสภาพของแร่ธาตุในรูปของออกไซด์ของโลหะหลายชนิดที่ซับซ้อน เถ้าลิกไนต์ที่เหลืออยู่ประกอบด้วย

1. เถ้าหนัก(Bottom Ash หรือ Wet Ash) เป็นเถ้าที่ได้จากการปะทะกันของอนุภาคเถ้าในบริเวณที่เกิดการสันดาป อุณหภูมิบริเวณนี้สูงพอที่จะหลอมเถ้าที่เป็นเม็ดหรือก้อนตกลงสู่ก้นเตา บางส่วนของเถ้าจะปะทะกับผนังเตาและหลอมติดกันรวมตัวเป็นก้อนขนาดใหญ่ เรียก Slag เมื่อน้ำหนักรวมกันมากขึ้นจนเกาะติดผนังไม่ไหวก็จะหล่นสู่ก้นเตา
2. เถ้าลอย(Fly Ash หรือ Pulverized Fuel หรือ Dry Ash)เป็นเถ้าที่มีขนาดเล็กและเบาสามารถแยกออกโดยใช้เครื่องดักฝุ่น(Electrostatic Precipitation)

สมบัติทางเคมีและทางกายภาพของเถ้าลอยแต่ละแหล่งไม่เหมือนกัน ขึ้นอยู่กับธรรมชาติแหล่งกำเนิด ความละเอียดการบด (Degree of Pulverized)และขบวนการเผา

2.5.1 สมบัติทางกายภาพของขี้เถ้าลอย

เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าที่ได้จากการเผาไหม้จะมีสีเทาอมแดง เมื่อปล่อยให้เย็นลงจะมีสีเทาเข้มขึ้น มีลักษณะละเอียด จากการวิเคราะห์เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะโดยใช้กล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยาย 100 เท่า พบว่ารูปร่างของเถ้าลอยมีลักษณะค่อนข้างกลม และมีขนาดตั้งแต่ 0.03-0.42 มิลลิเมตร ความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่าง 2.23-2.48

2.5.2 สมบัติทางเคมีของซีเมนต์

จากการวิเคราะห์หาธาตุของซีเมนต์โดยวิธี X-ray Fluorescence Spectroscopy ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2.1(1)

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
SiO ₂	40.3
Al ₂ O ₃	24.0
Fe ₂ O ₃	15.0
CaO	11.2
MgO	2.8
SO ₃	3.1
Na ₂ O	1.0
K ₂ O	2.6
Loss on ignition	0.64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล และคณะ(1) ศึกษาการดูดซับโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และซีเถ้าลอย พบว่า พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับโครเมียมคือ พีเอช 3 และ 5 ตามลำดับ อุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 องศาเซลเซียส ไอโซเทอมการดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอมแลงเมียร์ และพบว่าถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดโครเมียมได้ 98.41 เปอร์เซ็นต์และซีเถ้าลอยสามารถกำจัดโครเมียมได้ 15.86 เปอร์เซ็นต์

ชุตินา เสพธรรม(2) ศึกษาประสิทธิภาพของซีเถ้าลอยที่ปรับปรุงคุณภาพโดยการรีฟลักซ์ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่า ค่าความจุการแลกเปลี่ยนแคทไอออนสูงกว่าซีเถ้าลอยที่ไม่ได้ปรับปรุงคุณภาพถึง 24 เท่า และพบว่าซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีลักษณะเป็นรูพรุนมีความเป็นผลึกมากขึ้นมีปริมาณ Na_2O มากกว่าซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ 6 เท่า

การกำจัดตะกั่วใช้ปริมาณซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพคือ 0.5 กรัมต่อลิตรและนิกเกิลกับแคดเมียมเท่ากับ 1.25 กรัมต่อลิตร ค่าพีเอชที่เหมาะสมคือ 5 ประสิทธิภาพการกำจัดโลหะหนักพบว่า ซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพสามารถกำจัดตะกั่วได้สูงสุด รองลงมาคือ นิกเกิลและแคดเมียม

K.K.Panday และคณะ(3) ศึกษาการนำซีเถ้ามาผสมกับดินชนิด Wollastonite แล้วนำมาทำการดูดซับ Cr^{6+} ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง พบว่าเวลาในการกำจัด Cr^{6+} ที่ดีที่สุดคือ 80 นาที พีเอชที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่ 3-5 เพราะปริมาณ Ca^{2+} และ Al^{3+} จะเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับ Cr^{6+} ในรูป CrO_4^{2-}

Roberto Leyva-Romos และคณะ(4) ศึกษาการกำจัด Cr^{3+} พบว่า การดูดซับของ Cr^{3+} ขึ้นอยู่กับสปีซีเมื่อพีเอชเปลี่ยนไปที่พีเอชต่ำกว่า 2 Cr^{3+} จะไม่ถูกดูดซับ ที่พีเอช 5 เกิดการดูดซับและที่พีเอชมากกว่า 6.4 จะเกิดการตกตะกอนอยู่ในรูป $\text{Cr}(\text{OH})_3$

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และการดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer Shimadzu รุ่น AA-680
2. เครื่องเขย่า (Shaking Machine) Heto รุ่น Hetofrig CB60VS
3. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) Metromh รุ่น 713 pH meter
4. เครื่อง X-ray Diffractometer
5. เครื่องกลั่น Kjeldahl Buchi รุ่น B-323
6. เครื่องวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ (Autosorb 1)
7. เครื่องปั่นเหวี่ยงและหลอดปั่นเหวี่ยง
8. เตาแผ่นความร้อน (Hot Plate)
9. ชุดรีฟลักซ์

3.2 ตัวอย่างและสารเคมี

1. ตัวอย่างซีเมนต์ลดยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จังหวัดลำปาง โดยเก็บตัวอย่างจากถ้ำลดยที่ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินจากเครื่องดักฝุ่น (Electrostatic Precipitation) เมื่อเดือน กันยายน 2544 และทำการเก็บรักษาตัวอย่างโดยเก็บใส่ถุงพลาสติก ที่ปิดมิดชิดเพื่อป้องกันความชื้น
2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์
3. โปแทสเซียม ไดโครเมต
4. กรดไนตริก
5. โครเมียมไนเตรต
6. แอมโมเนียมอะซิเตต
7. แอลกอฮอล์
8. โซเดียมคลอไรด์
9. กรดซัลฟูริก
10. Mix Indicator: Bromocresol Green และ Methyl Red

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของขี้เถ้าลอย

ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพของเถ้าลอย โดยชั่งขี้เถ้าลอย 20 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 โมลาร์จำนวน 160 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันใส่แท่งแม่เหล็กคน วางบนเตาแผ่นให้ความร้อน ต่อคอนเดนเซอร์เข้ากับขวดรูปชมพู่ทำการรีฟลักซ์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์เท่ากับ 1.0 โมลาร์ ใช้ระยะเวลาในการรีฟลักซ์เป็น 24 ชั่วโมง หลังจากรีฟลักซ์เสร็จแล้วตั้งทิ้งไว้ให้ตะกอนนอนกัน เติสารละลายทิ้งไปและล้างตะกอนที่เหลือด้วยน้ำกลั่นจนสารละลายมีพีเอชประมาณ 10 แล้วจึงนำไปอบแห้ง จะได้ตัวอย่างที่เรียกขี้เถ้าลอยที่ปรับปรุงคุณภาพ (treated fly ash)

3.4 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

3.4.1 การหาพีเอชของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ศึกษาพีเอชของขี้เถ้าลอย และขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยนำขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาใส่น้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร แล้ววัดพีเอชที่เวลา 0, 10, 25, 45, 60, 120, 180 และ 240 นาที

3.4.2 การศึกษาลักษณะรูปร่างของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ศึกษาลักษณะรูปร่างของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ วัดที่ห้อง 501 ตึกจุฬารัตนวลัยลักษณ์ 1

3.4.3 การศึกษาความเป็นผลึกของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

การศึกษาลักษณะความเป็นผลึกของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้เครื่อง X-ray Diffractometer

3.4.4 การศึกษาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

การศึกษาศามารถ ในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการหาค่า CEC

3.5 การศึกษาการดูดซับโครเมียมประจุ+3(Cr^{3+})และโครเมียมประจุ+6(Cr^{6+}) ในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยวิธีแบบไม่ต่อเนื่อง

3.5.1 ศึกษาผลของพีเอชในการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+}

1. เตรียมสารละลายโครเมียมเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากสารสกัดโครเมียมเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1. เทใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นปรับพีเอชของสารละลายให้เป็น 3, 5, 7 และ 9 ตามลำดับด้วยกรดไนตริก
3. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 2 มาเติมขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้จำนวน 5 กรัม
4. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3 ไปตั้งในเครื่องเขย่าและควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส
5. นำสารละลายที่ได้ไปทำการหาค่าปริมาณโครเมียมที่เหลือ โดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

3.5.2 ศึกษาผลของเวลาในการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+}

1. เตรียมสารละลายโครเมียมเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จากสารสกัดโครเมียมเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1. เทใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 500 มิลลิลิตร จากนั้นปรับพีเอชของสารละลายให้เป็น 5 ด้วยกรดไนตริก
3. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 2 มาเติมขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้จำนวน 5 กรัม
4. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 3 ไปตั้งในเครื่องเขย่าและควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เก็บตัวอย่างเป็นเวลา 10, 25, 45, 60, 120, 180 และ 240 นาที
5. นำสารละลายที่เหลือจากการดูดซับไปทำการหาค่าปริมาณโครเมียมที่เหลือโดยเทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

บทที่ 4

ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การศึกษาลักษณะทางกายภาพและเคมีของขี้เถ้าลอย

4.1.1 การหาพีเอชของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ศึกษาพีเอชของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยการนำขี้เถ้าลอย (untreated fly ash) และขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ (treated fly ash) มา 5 กรัม เติมน้ำกลั่น 250 มิลลิลิตร นำไปหย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส แล้วนำมาวัด พีเอชที่เวลา 0, 5, 10, 25, 45, 60, 120, 180 และ 240 นาที ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงผลของพีเอชที่เวลาต่างๆของขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

เวลา(นาที)	pHของ Untreated Fly Ash	pHของ Treated Fly Ash
0	10.73	11.26
10	11.14	11.54
25	11.45	11.56
45	11.50	11.55
60	11.22	11.55
120	11.16	11.51
180	11.19	11.57
240	11.22	11.51

จากตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าที่เวลา 0 นาที พีเอชของขี้เถ้าลอยมีค่าเท่ากับ 10.73 และเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อเวลา 10 นาทีขึ้นไปพีเอชจะเริ่มคงที่อยู่ในช่วงพีเอช 11 ในขณะที่ 0 นาทีพีเอชของขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงมีค่าเท่ากับ 11.26 และเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่อเวลาผ่านไป

4.1.2 การศึกษาลักษณะรูปร่างของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ศึกษาลักษณะรูปร่างของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้เครื่องวัดพื้นที่ผิวจำเพาะ ที่ห้อง 501 ตึกจุฬารัตนวิทยาลัยลักษณะที่ 1

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

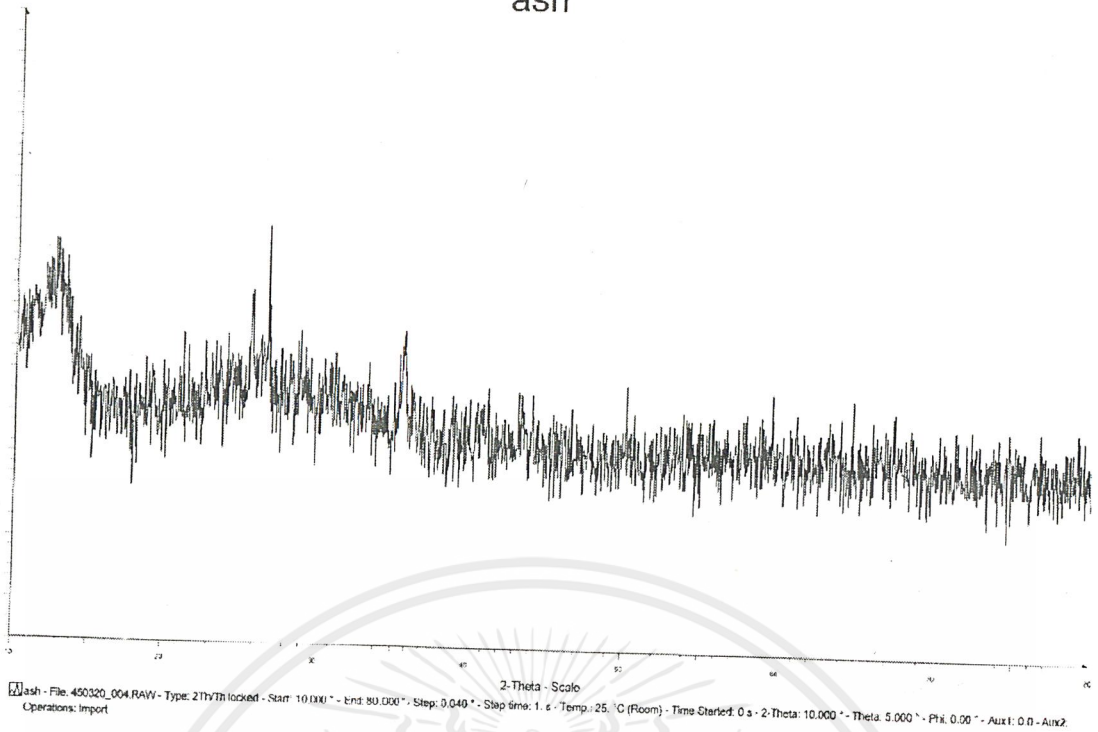
ตัวอย่าง	พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ย(ตารางเมตร ต่อ กรัม)
Untreated Fly Ash	30.66
Treated Fly Ash	104.7

จากตารางที่ 4.2 แสดงค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพพบว่า เมื่อทำการรีฟลักซ์ซีเถ้าลอยด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลาร์เวลา 24 ชั่วโมง พื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเพิ่มขึ้นจากซีเถ้าลอยถึง 3.41 เท่า ซึ่งจะเห็นว่าการรีฟลักซ์ซีเถ้าลอย ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์จะทำให้ขนาดอนุภาคของซีเถ้าลอยมีอนุภาคเล็กมากขึ้น ส่งผลให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับเพิ่มขึ้น

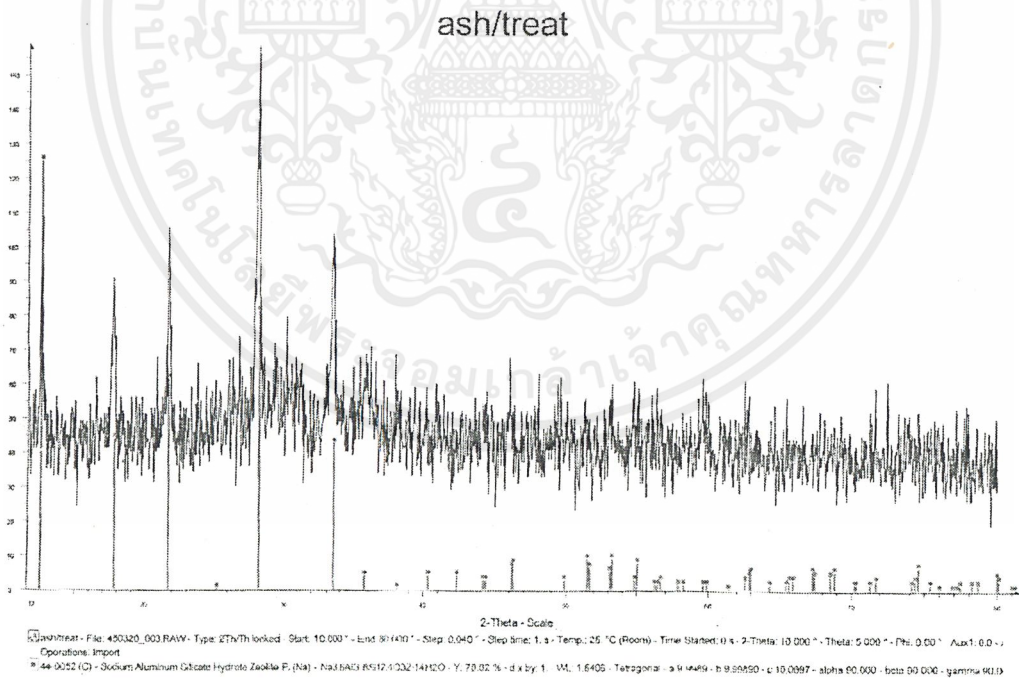
4.1.3 การศึกษาความเป็นผลึกของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

จากการศึกษาลักษณะความเป็นผลึกของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพโดยใช้เครื่อง X-ray Diffractometer จะปรากฏ XRD- pattern ที่มีความเป็นผลึกน้อยดังแสดงในรูปที่ 4.1 เมื่อทำการรีฟลักซ์ซีเถ้าลอยด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์พบว่า ซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพสามารถเปลี่ยนเฟสไปเป็นเฟสอื่นที่มีผลึกเป็นองค์ประกอบ

ash



รูปที่ 4.1 XRD- patternของขี้เถ้าลอย



รูปที่ 4.2 XRD- patternของขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 การศึกษาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก

การศึกษาความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของซีเถ้าลอย และซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยการหาค่า CEC

ตารางที่ 4.3 แสดงค่า ความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกของซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ค่า CEC(meq/100g)	Untreated Fly Ash	Treated Fly Ash
	6.8	105

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าค่าความจุการแลกเปลี่ยนประจุบวกของซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีค่าสูงขึ้นจาก 6.8 มิลลิอิควิวเลนซ์ต่อสาร 100 กรัม เป็น 105 มิลลิอิควิวเลนซ์ต่อสาร 100 กรัม จะเห็นว่าค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้นถึง 15.44 เท่า แสดงว่าซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจะสามารถแลกเปลี่ยนประจุบวกได้มากกว่าซีเถ้าลอย 15.44 เท่า

4.2 การศึกษาการดูดซับของ Cr^{3+} และ Cr^{6+}

จากการทดลองการดูดซับ Cr^{3+} และ Cr^{6+} มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ซึ่งได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับคือ ค่าพีเอช และ เวลา ที่เหมาะสม

4.2.1 ผลของพีเอชที่มีต่อ Cr^{3+}

ในการทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของ Cr^{3+} เท่ากับ 40 พีพีเอ็ม ปั่นกวนเป็นเวลา 60 นาทีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการทดลองที่สภาวะพีเอช 3, 5, 7 และ 9 โดยใช้ซีเถ้าลอยและซีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ จำนวน 5 กรัม ได้ผลการกำจัดดังตารางที่ 4.4

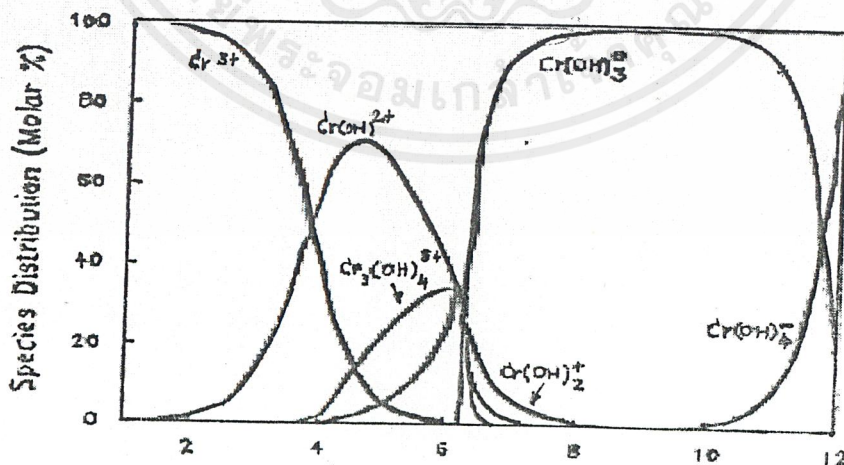
ตาราง 4.4 ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของ Cr^{3+} และเปอร์เซ็นต์การกำจัดที่ พีเอชต่างๆ โดยการดูดซับด้วย จีเถ้าลอยและจีเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

pH	Untreated Fly ash		Treated Fly ash	
	*C _f (มก/ล)	**%การกำจัด	* C _f (มก/ล)	**%การกำจัด
3	0.271	99.32	2.148	94.63
5	0.061	99.85	0.061	98.60
7	0.087	99.77	1.394	96.51
9	0.026	99.92	3.002	92.49

*C_f = ความเข้มข้นของ โลหะที่เหลืออยู่(มก/ล)

$$**\% \text{การกำจัด} = \frac{[C_f \text{ ที่เวลาเริ่มต้น} - C_f \text{ ที่เวลาสุดท้าย}]}{C_f \text{ ที่เวลาเริ่มต้น}} \times 100$$

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นว่าพีเอชไม่มีผลต่อการกำจัด Cr^{3+} เนื่องจาก Cr^{3+} จะเกิดการตกตะกอนได้ง่ายเมื่อใส่ Cr^{3+} ที่อยู่ในรูปสารละลายลงในจีเถ้าที่มีพีเอชสูง Cr^{3+} จะตกตะกอนในรูป $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ดังนั้นการกำจัด Cr^{3+} จึงมีประสิทธิภาพที่สูงถึง 99% เนื่องจากเกิดการตกตะกอน ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของ Cr^{3+} ที่ พีเอชต่างๆ(4)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.3 จะเห็นว่า ที่ พีเอช ต่ำๆ (พีเอช 2-5) CrOH^{2+} เป็นสปีชีส์ที่เด่นที่ พีเอช มากกว่า 6 Cr^{3+} จะตกตะกอนในรูป $\text{Cr}(\text{OH})_3$

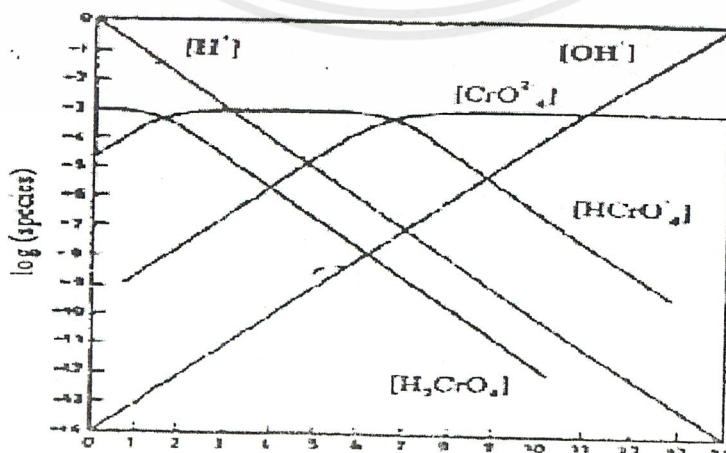
4.2.2 ผลของพีเอชที่มีต่อ Cr^{6+}

ในการทดลองใช้น้ำเสี้ยวสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของ Cr^{6+} เท่ากับ 40 พีพีเอ็ม ปั่นกวนเป็นเวลา 60 นาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการทดลองที่สภาวะพีเอช 3, 5, 7 และ 9 โดยใช้ขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจำนวน 5 กรัม ได้ผลการกำจัดดังตารางที่ 4.5

ตาราง 4.5 ความเข้มข้นที่เหลืออยู่ของ Cr^{6+} และเปอร์เซ็นต์การกำจัดที่ พีเอช ต่างๆเมื่อใช้ขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

pH	Untreated Fly ash		Treated Fly ash	
	Cf (มก/ล)	%การกำจัด	Cf (มก/ล)	%การกำจัด
3	38.77	3.07	35.68	10.80
5	36.87	7.82	32.01	19.98
7	35.53	11.17	34.40	14.00
9	36.10	9.75	34.32	14.20

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นว่าเมื่อใช้ขี้เถ้าลอยมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสูงสุดที่ พีเอช 7 เท่ากับ 11.17% ในขณะที่ ขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีเปอร์เซ็นต์การกำจัดสูงสุดที่ พีเอช 5 เท่ากับ 19.98 % เนื่องจากขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์นั้น หลังจากทำการรีฟลักซ์แล้ว องค์ประกอบของขี้เถ้าลอยเปลี่ยนไปมากคือ พื้นที่ผิว ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวกเพิ่มขึ้น ความเป็นผลึกมากขึ้น(แสดงผลในตารางที่ 4.2, 4.3 และรูปที่ 4.1 4.2)



รูปที่ 4.4 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของ Cr^{6+} ที่ พีเอชต่างๆ(3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

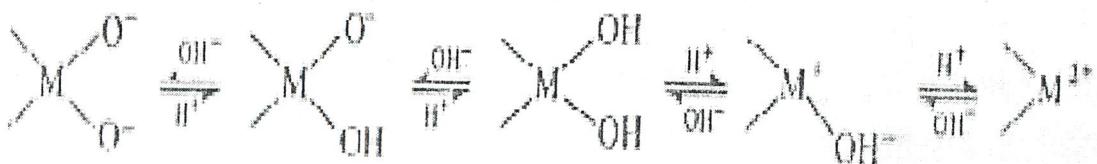
และจากรูปที่ 4.4 ในช่วงที่ พีเอช ต่ำๆ (pH2-5)สปีชีส์ที่เด่นและมีปริมาณมากคือ HCrO_4^- และหลังจากนั้นจะลดลง เมื่อ พีเอช สูงขึ้น CrO_4^{2-} จะเป็นสปีชีส์ที่เด่น

จากผลการทดลองและรูปที่4.3,4.4แสดงให้เห็นว่า พีเอช มีผลอย่างมากต่อการดูดซับรวมทั้ง ลักษณะของตัวดูดซับด้วย จีเถ้าลอยมาจากกระบวนการเผาไหม้ของถ่านหินโดยธาตุนิทรียที่ไม่ ถูกเผาไหม้จะเปลี่ยนไปอยู่ในรูปออกไซด์โดยมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ซิลิกอนและอลูมิเนียม เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แคลเซียมออกไซด์ นอกจากนี้จะประกอบไปด้วย แมกนีเซียมออกไซด์ โซเดียมออกไซด์และโพแทสเซียมออกไซด์อยู่ปริมาณเล็กน้อย ดังนั้นที่พื้นที่ผิวของจีเถ้าจะประกอบไปด้วยออกไซด์ของธาตุเหล่านี้(1)ดังตาราง 4.6

ตาราง 4.6 แสดงองค์ประกอบของจีเถ้าลอย(1)

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
SiO_2	40.3
Al_2O_3	24.0
Fe_2O_3	15.0
CaO	11.2
MgO	2.8
SO_3	3.1
Na_2O	1.0
K_2O	2.6
Loss on ignition	0.64

เนื่องจากที่ผิวของ โลหะออกไซด์จะแสดงพฤติกรรมได้ทั้งกรดและเบสบนผิวจีเถ้าลอย (Amphoteric) ขึ้นอยู่กับสภาพกรดและเบสของสารละลาย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M แทน Al, Ca, Si และธาตุอื่นๆ(3) จากปฏิกิริยาจะเห็นว่าเมื่อซีลีลลอยอยู่ในสถานะที่เป็นกรดสูง ประมาณพีเอช 3 ผิวนของซีลีลลอยจะอยู่ในรูป ที่เป็นบวกและมีไฮดรอกไซด์ไอออนที่เป็นลบอยู่ดังนั้น Cr^{6+} ในรูป $HCrO_4^-$ สามารถเข้าไปเกาะที่ผิวของซีลีลลอยได้

4.2.3 ผลของเวลา

ในการทดลองใช้น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้นของ Cr^{3+} และ Cr^{6+} เท่ากับ 40 พีพีเอ็ม ปั่นกวนเป็นเวลา 10, 25, 45, 60, 120, 180 และ 240 นาทีที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำการทดลองที่สถานะพีเอช 5 โดยใช้ซีลีลลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพจำนวน 5 กรัม ได้ผลการกำจัดดังตาราง

ตารางที่ 4.7 แสดงเวลาของการกำจัดโครเมียม Cr^{3+} และ Cr^{6+}

เวลา(นาที)	Cf. (Cr^{3+})	%การกำจัด	Cf. (Cr^{6+})	%การกำจัด
10	2.743	93.14	37.96	5.1
25	3.675	90.81	36.70	8.25
45	2.644	93.39	33.976	15.06
60	0.56	98.60	32.008	19.98
120	0.42	98.96	37.38	6.55
180	0.7	98.28	40.00	0
240	0.74	98.15	40.00	0

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์การกำจัด Cr^{3+} ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละเวลา ในขณะที่เปอร์เซ็นต์การกำจัด Cr^{6+} จะสูงขึ้นเรื่อยๆจนถึง 1 ชั่วโมงเปอร์เซ็นต์การกำจัดจะสูงที่สุดคือ 19.98 จากนั้นที่ 2 ชั่วโมงเปอร์เซ็นต์การกำจัดจะลดลงเป็น 6.55 และจะลดลงจนไม่สามารถกำจัดได้ (เปอร์เซ็นต์การกำจัดเป็น 0) เนื่องจากเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น การเขย่านานขึ้นแรงดูดซับระหว่างสารดูดซับและสารถูกดูดซับมีค่าน้อยอาจเกิดการหลุดออกของสารถูกดูดซับขึ้นได้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณภาพตัวอย่างขี้เถ้าลอยจากโรงไฟฟ้าแม่เมาะ จ. ลำปาง โดยทำการรีฟลักซ์ขี้เถ้าลอยด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 โมลาร์ จากนั้นนำขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ ทำการศึกษาสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี แล้วจึงนำขี้เถ้าลอยและขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมาศึกษาการกำจัด Cr^{3+} และ Cr^{6+} โดยใช้ น้ำเสียสังเคราะห์ที่มีความเข้มข้น 40 พีพีเอ็ม ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกำจัด Cr^{3+} และ Cr^{6+} โดยแปรค่า พีเอช และเวลา ที่เหมาะสม สรุปได้ดังนี้

1. ขี้เถ้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีสมบัติทางเคมีและกายภาพเปลี่ยนไป คือ ค่าพีเอช ค่าความสามารถในการแลกเปลี่ยนประจุบวก พื้นที่ผิวเฉลี่ยจำเพาะสูงขึ้นและมีความเป็นผลึกมากขึ้น
2. เมื่อใช้ขี้เถ้าลอย พีเอช ไม่มีผลต่อการกำจัด Cr^{3+} ในขณะที่ Cr^{6+} พีเอชที่เหมาะสมต่อการกำจัด คือ พีเอช 7 เท่ากับ 11.17%
3. เมื่อใช้ขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ พีเอช ไม่มีผลต่อการกำจัด Cr^{3+} ในขณะที่ Cr^{6+} มีพีเอชที่เหมาะสมต่อการกำจัด คือ พีเอช 5 เท่ากับ 19.98%
4. ขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีประสิทธิภาพในการกำจัด Cr^{6+} มากกว่าขี้เถ้าลอย
5. ขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีประสิทธิภาพในการกำจัด Cr^{3+} ใกล้เคียงกับขี้เถ้าลอย

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาการกำจัดสารอินทรีย์โดยใช้ขี้เถ้าที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ
2. ศึกษาการปรับปรุงคุณภาพขี้เถ้าลอยโดยเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็น 3.5 โมลาร์ เพื่อให้ขี้เถ้าลอยเปลี่ยนเฟสไปเป็น โซดาไลต์ เพื่อให้ขี้เถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพมีความสามารถในการดูดซับ โครเมียมประจุ + 6 ได้

เอกสารอ้างอิง

1. ชูติมา เสพย์ธรรม 2543. "การกำจัดโลหะหนักในน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วยเถ้าลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. อำนาง เพิ่มทรัพย์สกุล และคณะ 2543. "การดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และเถ้าลอย" วิทยานิพนธ์ สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. K.K.Panday, Gur Prasad, and V.N.Singh. 1984. "Removal of Cr(VI) from Aqueous Solution by Adsorption on Fly Ash-Wollastonite" **J.Chem.Tech.Biotechnol.**34A (1984)367-4.
4. Leyva-Ramos, R., Fuentes-Rubio, L., Guerrero-Coromada, R., and Mendoza-Barron, J., 1995. "Adsorption of Trivalent Chromium from Aqueous Solution onto Activated Carbon" **J.Chem.Tech.Biotechnol.**51:47-60.

ภาคผนวก

ก. การวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมโดยใช้เทคนิคอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตเมตรี

ก. 1 การเตรียมสารเคมี

1. การเตรียมสารละลาย Cr^{6+} 40 พีพีเอ็ม

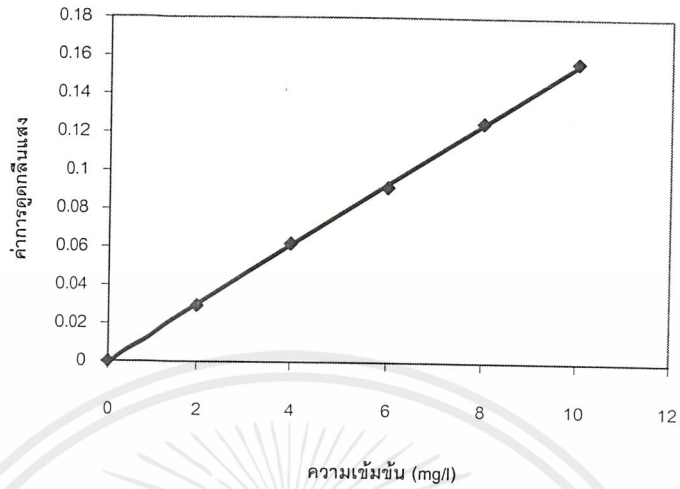
- 1.1 ชั่งโปแตสเซียมไดโครเมต 143.27 มิลลิกรัมละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโครเมียมเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม
- 1.2 ตวงสารละลายในข้อ 1.1 มา 400 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโครเมียมเข้มข้น 40 พีพีเอ็ม

2. การเตรียมสารละลาย Cr^{3+} 40 พีพีเอ็ม

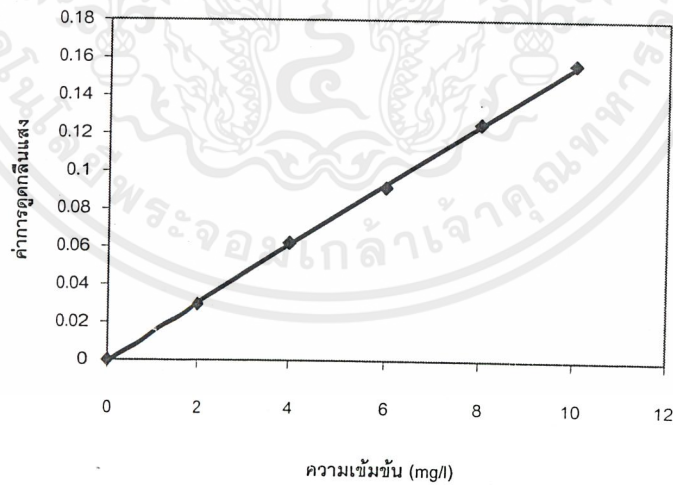
- 2.1 ชั่งโครเมียมไนเตรตมา 368.4 มิลลิกรัมละลายในน้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร ได้สารละลายโครเมียมเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม
- 2.2 ตวงสารละลายในข้อ 2.1 มา 400 มิลลิลิตรใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 1000 มิลลิลิตร จะได้สารละลายโครเมียมเข้มข้น 40 พีพีเอ็ม

3. การเตรียมกราฟมาตรฐานของสารละลาย Cr^{3+} และ Cr^{6+}

เตรียมสารละลายมาตรฐานโครเมียมให้มีความเข้มข้น 2, 4, 6, 8 และ 10 พีพีเอ็มโดยปิเปตสารละลายในข้อ 1.1 และ 2.1 มาอย่างละ 2, 4, 6, 8 และ 10 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร



รูปแสดงกราฟมาตรฐานของ Cr^{3+}



รูปแสดงกราฟมาตรฐานของ Cr^{6+}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การตั้งสภาวะสำหรับวิเคราะห์โครเมียมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ตั้งสภาวะสำหรับวิเคราะห์ โครเมียมได้แก่

HC lamp current	=	8	mA
Slit width	=	0.2	nm
Wavelength (λ)	=	357.9	nm
Fuel gas flow rate	=	2.6	l/min

ข. วิธีการวิเคราะห์ค่าความจุการแลกเปลี่ยนแคทไอออน(CEC)

1. ชั่งตัวอย่างซีเถ้าลอย 5 กรัม ใส่ลงในหลอดเซนตริฟิวขนาด 50 มิลลิลิตร เติม 1 N แอมโมเนียมอะซิเตท ลงไป 30 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันตั้งทิ้งไว้ค้างคืน
2. นำไปเซนตริฟิว 5 นาทีรินสารละลายใสออกไป ตะกอนซีเถ้าลอยที่เหลือนำไปเติม 1 N แอมโมเนียมอะซิเตท 30 มิลลิลิตร เขย่า และเซนตริฟิวเช่นเดียวกับการทำครั้งแรก ทำเช่นนี้ซ้ำอีกครั้ง
3. นำตะกอนซีเถ้าลอยที่เหลืออยู่ในหลอดเซนตริฟิวล้างด้วยแอลกอฮอล์ 3 ครั้งแต่ละครั้งที่ล้างจะใช้แอลกอฮอล์ 30 มิลลิลิตร เขย่า 5 นาที แล้วเซนตริฟิวเพื่อรินสารละลายใสทิ้งไป
4. ตะกอนซีเถ้าลอยในหลอดเซนตริฟิวจะถูกนำไปเขย่ากับสารละลาย 10% acidified NaCl จำนวน 30 มิลลิลิตร เขย่า 5 นาที และเซนตริฟิวเก็บสารละลายใสไว้ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ทำซ้ำ 3 ครั้ง สารละลายใสที่รินได้จะมีปริมาตรรวมกันได้ประมาณ 90 มิลลิลิตรปรับปริมาตรด้วยสารละลาย 10% acidified NaCl
5. บีบเปิดสารละลายที่ได้จากข้อ 4.จำนวน 20 มิลลิลิตรใส่ลงใน Kjeldahl Flaskของชุดกลั่น เติม 1 N NaOH ลงใน Kjeldahl Flask 2-3 มิลลิลิตร ในส่วนปลายก้านของคอนเดนเซอร์จะจุ่มอยู่ในสารละลาย 2% Mix Indicator จำนวน 5 มิลลิลิตร ซึ่งบรรจุไว้ในขวดรูปชมพู่ กลั่นเป็นเวลา 2 นาทีนำไปไทเทรตด้วย 0.1 N H_2SO_4 จนกระทั่งสีเขียวของสารละลายเปลี่ยนไปเป็นสีม่วงแดง บันทึกปริมาตรของกรดที่ใช้จากนั้นนำไปคำนวณหาค่า CECของซีเถ้าลอยต่อไป จะต้องทำแบบลงค์ด้วยทุกชุดของการกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาค่า CEC

$$\text{CEC}(\text{meq}/100\text{g}) = \frac{(\text{A}-\text{B}) \times \text{N} \times 100}{\text{X}}$$

A = ปริมาตรของกรด H_2SO_4 มาตรฐานที่ใช้ไทเทรตตัวอย่าง

B = ปริมาตรของกรด H_2SO_4 มาตรฐานที่ใช้ไทเทรตเบลงค์

N = ความเข้มข้นของกรด H_2SO_4 มาตรฐาน (นอร์มอล)

X = น้ำหนักเป็นกรัมของตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้