

การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชา เคมี

คณะวิทยาศาสตร์

ปพ. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ศ/๒๕ก

ปีการศึกษา 2540

เลขหมู่..... 25A0

เลขทะเบียน..... 32021

วัน, เดือน, ปี - 8 ก.พ. 2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The Wastewater Treatment by Chemical Method

Miss Sanicha Kongsuwan

Miss Siriporn Preecha

Mr. Sonchai Thanapongpipat

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

โดย นางสาวศนิชา กงสุวรรณ
 นางสาวศิริพร ปรีชา
 นายสนชัย ธนพงศ์พิพัฒน์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย
 อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ลายเซ็นต์


(ผศ. นงนุช เกตุรานุกุลวัฒน์)

หัวหน้าภาค

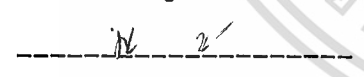
คณะกรรมการโครงการพิเศษ


(รศ. อรุณี กงศักดิ์ไพศาล)

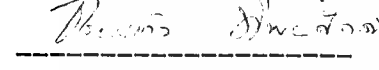
ประธานกรรมการ


(ผศ. ดร. เจริญชัย ไชยสิทธิ์)

กรรมการ


(อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

กรรมการ


(อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

หัวข้อโครงการพิเศษ	การบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี
นักศึกษา	นางสาวศนิชา คงสุวรรณ นางสาวศิริพร ปรีชา นายสนชัย ธนพงศ์พิพัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์
ภาควิชา	เคมี
ปีการศึกษา	2540

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ในส่วนการทำความสะอาดชิ้นงานที่เป็น โลหะทองแดงและทองเหลือง น้ำเสียแยกเก็บแต่ละขั้นตอน การล้างเป็น 4 ถัง นำมาวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและทางเคมี เช่น ค่าพีเอช ซีไอดี ปริมาณสลัดจ์ ไขมัน และปริมาณโลหะหนัก น้ำเสียถังที่ 1 มีฤทธิ์เป็นเบส และมีคราบไขมันสูง ในขณะที่ถังที่ 2 3 และ 4 มีฤทธิ์เป็นกรดและโลหะหนักเจือปน โดยเฉพาะถังที่ 4 มีโครเมียม(VI) สารรีดิวซ์ซิงค์เอเจนต์ที่เหมาะสมในการเปลี่ยน โครเมียม (VI) เป็น โครเมียม (III) คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ ปริมาณ 1.5 เท่า ของทางทฤษฎี ส่วนน้ำเสียถังที่ 4 หลังการรีดักชันโครเมียม นำน้ำเสียไปผสมอัตราส่วน 1:1 กับน้ำเสีย จากถังที่ 1 2 และ 3 ซึ่งผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 ปรับค่าพีเอชของน้ำเสียผสมให้อยู่ในช่วง 7 - 10 ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ พักเก็บไว้ 1 วัน ผลการทดลองพบว่า พีพีเอช 9.62 มีการบำบัดโลหะหนัก ในรูปตะกอนไฮดรอกไซด์ได้ดีที่สุด คือ มีประสิทธิภาพ 99.99% ค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีในการบำบัด ประมาณ 3.46 บาทต่อลิตร

Special Project Title The Wastewater Treatment by Chemical Method
Name Miss.Sanicha Kongsuwan
 Miss.Siriporn Preecha
 Mr.Sonchai Thanapongpipat
Special Project Advisor Pitsamai Chairat-utai
 Krongkaew Tippayasak
Department Chemistry
Academic Year 1997

Abstract

In this project , the optimum conditions for chemical treatment of industrial wastewater from cleaning copper and brass worked pieces were studied. The wastewater were collected separately each of 4 steps. The physical and chemical characters of wastewater were analyzed namely , pH , COD , amount of sludge , fat , and heavy metal quantities. The pH of wastewater from the first tank was basic and high fat scale while the other were acidic and contained heavy metal , especially chromium (VI) in the forth tank. The suitable reducing agent , for reduce Cr(VI) to Cr(III), was sodium metabisulfite. The quantities to detoxified chromium was 1.5 times of theoretical value in wastewater from tank number 4.

After chromium reduction , the wastewater were mixed with the composite water from tank 1 , 2 and 3 (ratio 1:1:1) in 1:1 ratio. The solution was adjusted pH to range 7 - 10 by sodium hydroxide. The retention time was 1 day. The result showed that at pH 9.62 the removal of heavy metal as hydroxide precipitated was the best condition with 99.99% efficiency. The cost of chemicals used in treatment was 3.46 Baht per 1 litre approximately.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากอาจารย์หลายท่าน ได้แก่ ศศ.ดร.เมธิชญชัย ชัยสิทธิ์ รศ.อรุณี คงศักดิ์ไพศาล อาจารย์พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย อาจารย์กรองแก้ว ทิพย์ศักดิ์ อาจารย์กถินสุคนธ์ สุวรรณรัตน์ และ อาจารย์นพพร สงค์อิม

ขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ห้องธุรการ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมีทุกท่าน และแม่บ้าน ที่ให้ความช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวกในทุกๆ ด้าน

สุดท้ายขอขอบพระคุณบิดา- มารดา และขบใจ เพื่อนๆ น้องๆ ที่เป็นกำลังใจให้ด้วยดีตลอดมา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ประเภทของน้ำเสีย	3
2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้บอกคุณภาพของน้ำ	4
2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย	6
2.4 เทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียทางเคมี	31
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	33
บทที่ 3 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	36
3.1 ลักษณะของน้ำเสียที่ทำการศึกษา	36
3.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย	37
3.3 วิธีการทดลอง	38
บทที่ 4 ผลการทดลอง	43
4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย	43
4.2 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียถึงที่ 1 2 และ 3 โดยการตกตะกอนผลึกทางเคมี	46
4.3 การลดความเป็นพิษของโครเมียม	50
4.4 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียทั้ง 4 ถึง	54
4.5 การประเมินค่าใช้จ่ายของสารเคมี	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง	64
5.1 สรุปผลการทดลอง	64
5.2 วิเคราะห์ผลการทดลอง	65
5.3 ข้อเสนอแนะ	65
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสีย	66
ภาคผนวก ข ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม	74
ภาคผนวก ค แสดงการคำนวณ	77
ภาคผนวก ง แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่นำมาศึกษา	80
เอกสารอ้างอิง	82



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงข้อดีและข้อเสียของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์	15
ตารางที่ 2.2 สารเคมีบางชนิดที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย	16
ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสีย ด้วยสารเคมีต่าง ๆ	18
ตารางที่ 2.4 สารออกซิไดส์ซิงเกอเนตต์ ที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี	25
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่นำมาศึกษา	44
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองหาสารสร้างตะกอนที่เหมาะสมโดยการ เติมสารสร้างตะกอนในน้ำเสีย 100 มล.	47
ตารางที่ 4.3 แสดงลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำเสียถังที่ 1 2 และ 3 หลังบำบัด	48
ตารางที่ 4.4 แสดงค่าความเข้มข้นปริมาณ โลหะหลังการบำบัด โดยผสมถังที่ 1 2 และ 3 ก่อนการบำบัด	49
ตารางที่ 4.5 การทดลองหาวิธีดีซิงเกอเนตต์ที่เหมาะสมเปรียบเทียบระหว่าง โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์และเฟอร์รัสซัลเฟต	51
ตารางที่ 4.6 แสดงผลทางกายภาพและเคมีของน้ำถัง 4 หลังการบำบัด โดยมีการ เปลี่ยนแปลงเวลากวนช้า	52
ตารางที่ 4.7 แสดงความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำถังที่ 4 โดยมีการเปลี่ยนแปลง เวลากวนช้า	53
ตารางที่ 4.8 แสดงผลทางกายภาพและทางเคมีของน้ำถังที่ 4 หลังการบำบัดที่มีการ ควบคุมพีเอชแตกต่างกัน	56
ตารางที่ 4.9 แสดงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักหลังการบำบัดน้ำถัง 4	57
ตารางที่ 4.10 แสดงผลทางกายภาพและทางเคมีของน้ำผสมทั้ง 4 ถัง ที่ใช้ปริมาณน้ำในการทดลอง 100 มล.	58
ตารางที่ 4.11 แสดงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักหลังบำบัดโดยวิธีดีซิงเกอเนตต์ 4 ก่อนผสมรวมถัง 1 2 และ 3 ปริมาตรน้ำรวม 100 มล.	59
ตารางที่ 4.12 แสดงผลทางกายภาพของน้ำผสมทั้ง 4 ถัง ที่มีปริมาณน้ำ 500 มล.	60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ตารางที่ 4.13 แสดงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักหลังการบำบัด โดยรีดิวส์น้ำถึง 4 ก่อนผสมรวมกับน้ำถึง 1 2 และ 3 ปริมาณน้ำรวม 500 มล.	62
ตารางที่ 4.14 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแบบรวมทั้ง 4 ถึง	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสามารถในการละลายน้ำของมลสารต่างๆ สำหรับพีเอชต่างๆ	8
รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสามารถในการละลายน้ำของโลหะไฮดรอกไซด์	12
รูปที่ 2.3 แสดงวิธีตกตะกอนผลึกทางเคมี	17
รูปที่ 2.4 กระบวนการสร้าง-รวมตะกอนเคมี	20
รูปที่ 2.5 ผลการทดลองการทำจาร์เทสท์	20
รูปที่ 2.6 ผลของค่าพีเอชที่มีต่อกระบวนการสร้างรวมตะกอนเคมี	21
รูปที่ 3.1 แสดงผลการทดลองโดยใช้เครื่องจาร์เทสท์	41
รูปที่ 3.2 แสดงผลการทดสอบการตกตะกอนด้วยกรวยอิมฮอฟ	42
รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียถึงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ	45
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของตะกอนหลังการบำบัด	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ประเทศไทยได้มีการพัฒนาทางอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จากสถิติปี พ.ศ. 2530 มีโรงงานจดทะเบียนประมาณ 50,000 แห่ง และพบว่าน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้ มีส่วนทำให้น้ำใต้ดินปนเปื้อนสาหร่ายน้ำเสียถึงกว่าร้อยละ 30 อีกประมาณร้อยละ 70 มาจากน้ำเสียชุมชน จนก่อให้เกิดวิกฤตสิ่งแวดล้อมขึ้น ในปี พ.ศ. 2535 รัฐบาลจึงมีการประกาศใช้ พระราชบัญญัติโรงงาน พระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติขึ้น เพื่อควบคุมคุณภาพน้ำทิ้ง (effluent) ของโรงงานให้ได้ตามมาตรฐานก่อนปล่อยทิ้ง

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมมีสารมลพิษเจือปนค่อนข้างสูง โดยมี 2 ประเภท ประเภทที่ 1 สารมลพิษหลักคือ สารอินทรีย์ เมื่อถูกปล่อยลงในแหล่งน้ำ ณ จุดใดจุดหนึ่งเป็นปริมาณมาก ก็จะทำให้น้ำขาดออกซิเจนและเกิดน้ำเสียได้ ส่วนอีกประเภทหนึ่ง สารพิษหลัก คือ โลหะหนัก สีสัน เครื่องสำอาง และสารพิษอื่นๆ ส่วนมากอยู่ในรูปละลายน้ำซึ่งจุลินทรีย์ย่อยสลายได้ยาก จึงมักตกค้างในธรรมชาติรวมทั้งสะสมในวงจรห่วงโซ่อาหาร ก่อให้เกิดอันตรายต่อสัตว์น้ำและมนุษย์

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาปริมาณสารเคมีที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักเจือปน ที่ประหยัดและมีประสิทธิภาพ
2. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด โลหะหนัก โดยใช้การตกตะกอน
3. เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด โลหะหนัก โดยใช้การออกซิเดชัน-รีดักชัน

1.3 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาลักษณะน้ำเสียโดยการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้ พีเอช (pH) สภาพการนำไฟฟ้า (conductivity) ไขมัน (fat) ซีโอดี (COD) และปริมาณโลหะหนักที่มีอยู่
2. การลดความเป็นพิษของสารเคมีบางกลุ่ม โดยการเติมรีดิวซ์จิงเอเจนต์ (reducing agent) เพื่อเปลี่ยนโครเมียม (VI) ให้อยู่ในรูปโครเมียม (III) สารเคมีที่ใช้คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) และเฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4)
3. การตกตะกอนโลหะหนัก (Precipitation) สารเคมีที่ใช้ทำการทดลองมี 2 ชนิดคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) และ ปูนขาว (CaO)

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1. น้ำเสียที่ใช้เป็นน้ำล้างชิ้นส่วนอุปกรณ์ในเครื่องทำความเย็นและชิ้นงานอื่น ๆ ในขบวนการผลิต
2. โลหะหนักหลักที่ทำการศึกษาคือ ทองแดง (Cu) โครเมียม (Cr) สังกะสี (Zn) และ ตะกั่ว (Pb)
3. พารามิเตอร์ที่วิเคราะห์ในน้ำเสียก่อนและหลังบำบัดประกอบด้วย ซีโอดี (มก./ล.) พีเอช สภาพนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์/ซม.) ไขมัน (มก./ล.) และปริมาณทองแดง โครเมียม สังกะสี และตะกั่ว (มก./ล.)

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

น้ำเสีย (Wastewater) หมายถึง น้ำที่ผ่านการใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น การชำระล้าง ร่างกาย การประกอบอาหาร การขับถ่ายของเสีย การล้างวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม การล้าง เครื่องจักร การหล่อเย็นเครื่องจักร ฯลฯ ทำให้ลักษณะของน้ำเปลี่ยนไปจากเดิม เนื่องจากมีสิ่ง สกปรกต่าง ๆ ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เจือปนอยู่ในน้ำ ปริมาณสิ่งสกปรกในน้ำเสียหรือ ความสกปรกของน้ำเสียขึ้นกับการใช้ประโยชน์ของน้ำ ดังนั้น น้ำเสียจากแต่ละแหล่งจึงมีลักษณะ ไม่เหมือนกัน

น้ำทิ้ง (Effluent) หมายถึง น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วหรือน้ำที่มีคุณภาพเหมาะสม สามารถ ปล่อยทิ้งลงลำคลอง หรือระบายน้ำโดยไม่เกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม

2.1 ประเภทของน้ำเสีย มี 2 ประเภท (แบ่งตามแหล่งกำเนิด)

2.1.1. น้ำเสียชุมชน (Sewage or Domestic Waste)

น้ำเสียจากแหล่งชุมชนมีลักษณะเป็นกลาง มีค่าพีเอชไม่ต่างจาก 7 มากนัก สิ่ง สกปรกในน้ำมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นอกจากนี้ยังมีเชื้อโรคต่าง ๆ ปนอยู่ด้วย แต่สิ่ง สกปรกที่สำคัญที่สุดได้แก่ สารอินทรีย์ที่ย่อยสลายได้ นิยมวัดรวมเป็นค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand , BOD) ซึ่งเป็นสิ่งสกปรกที่สำคัญและต้องกำจัดออกเนื่องจากเป็นสาเหตุให้น้ำ ในแม่น้ำลำคลองเน่าเสีย

2.1.2. น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม (Industrial Wastewater)

1. น้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการหล่อเย็น (Cooling water) เกิดจากการระบาย ความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ โดยปกติน้ำเสียประเภทนี้ไม่ค่อยจะมีสิ่งเจือปนมากนัก น้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิประมาณ 40 - 60 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิขนาดนี้ ถือเป็นอันตรายต่อ สิ่งมีชีวิตในน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม

2. น้ำเสียจากกระบวนการชะล้าง (Wastewater) เป็นน้ำที่เกิดจากกระบวนการ ล้างวัตถุดิบต่าง ๆ น้ำล้างเครื่องจักร น้ำล้างทำความสะอาดพื้นโรงงาน น้ำเสียจากกระบวนการ เหล่านี้มีสิ่งเจือปนมาก เช่น พวกสารอินทรีย์ สารเคมี สารตะกอนสกปรก และสารที่ละลายน้ำได้

3. น้ำเสียจากกระบวนการผลิต (Process Wastewater) เป็นน้ำที่เกิดจากกระบวนการผลิต เช่น จากโรงงานกระดาษ โรงงานน้ำตาล เป็นต้น น้ำเสียจากกระบวนการผลิตส่วนมากจะมีความสกปรกมากกว่าน้ำเสียประเภทอื่น ๆ ของโรงงานนั้น

4. น้ำเสียจากกิจกรรมอื่น ๆ จะเป็นน้ำที่เกิดจากการอาบน้ำของคนงาน น้ำจากห้องน้ำ น้ำจากหม้อน้ำ น้ำจากเครื่องคอนเดนเซอร์ และอื่น ๆ

2.2 พารามิเตอร์ที่ใช้บอกคุณภาพของน้ำ มี 3 ประเภท คือ

2.2.1 ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพ (Physical Characteristic of Wastewater)

ลักษณะน้ำเสียทางกายภาพจะประกอบไปด้วย

- ปริมาณของแข็ง (Solid)

ปริมาณของแข็งทั้งหมด จะประกอบด้วยปริมาณของแข็งที่แขวนลอยและปริมาณของแข็งละลายน้ำ ซึ่งสามารถใช้บ่งชี้ถึงความหนาแน่นของน้ำเสียว่ามีค่าสูงหรือต่ำ และใช้ในการเลือกวิธีการกำจัดความกระด้างของน้ำ

- กลิ่น (Odor)

กลิ่นจากน้ำเสียส่วนมากแล้วมาจากแก๊สที่เกิดจากการย่อยสลายของสารอินทรีย์ในน้ำเสีย แก๊สส่วนใหญ่แล้วจะเป็นแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S หรือแก๊สไข่เน่า) ซึ่งเกิดจากจุลินทรีย์ชนิดที่ไม่ต้องการออกซิเจน ได้ทำการเปลี่ยนแปลงสภาพของซัลเฟตไปเป็นซัลไฟด์

- อุณหภูมิ (Temperature)

น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมาจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยมากจะมีอุณหภูมิสูงกว่าปกติ และเมื่อปล่อยทิ้งไปยังแม่น้ำลำคลอง จะทำให้สภาพแวดล้อมในแม่น้ำลำคลองนั้น ๆ เปลี่ยนไปได้ ตัวอย่างเช่น น้ำในแม่น้ำลำคลองจะมีปริมาณของออกซิเจนลดลงกว่าปกติ เพราะค่าการอิ่มตัวของออกซิเจนลดลงเมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น

- สี (Color)

สีในน้ำเสียจะทำให้เกิดการขัดขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำ ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้การสังเคราะห์แสงลดลง และสีนั้นถ้ามีอยู่ในปริมาณที่มากเกินไปจะทำให้น้ำไม่น่าดู

- ความขุ่น (Turbidity)

คือ สารแขวนลอยที่ลอยอยู่ในน้ำ จะกั้น หรือขวางแสงแดดไม่ให้ส่องลงใต้น้ำได้มากถึง 100 เปอร์เซ็นต์เช่นเดียวกันกับสี น้ำที่มีความขุ่นมาก การนำมาใช้ต้องผ่านกระบวนการบำบัดหรือการกรองหลายขั้นตอน

-สภาพนำไฟฟ้า (Conductivity)

เป็นค่าที่บอกถึงการนำกระแสไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำ จะมากหรือน้อยขึ้นกับความเข้มข้นทั้งหมดของสารที่มีประจุที่ละลายอยู่ในตัวอย่างน้ำและอุณหภูมิขณะทำการวัด นอกจากนี้ชนิดและจำนวนประจุของสารที่มีประจุ ก็จะมีผลต่อความสามารถในการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำด้วย

2.2.2 ลักษณะน้ำเสียทางเคมี (Chemical Characteristic of Wastewater)

- สารอินทรีย์

ได้แก่ น้ำเสียที่ประกอบด้วยสารคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำมัน รวมทั้งสารลดแรงตึงผิว ฟีนอล และยาปราบศัตรูพืช

- สารอนินทรีย์

ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง และโลหะหนัก เช่น โครเมียม ทองแดง เหล็ก และสังกะสี เป็นต้น สารโลหะหนักบางชนิดอาจจำเป็นสำหรับช่วยให้มีการเจริญเติบโตของสิ่งมีชีวิต แต่ต้องมีปริมาณพอเหมาะ ได้แก่ โครเมียม ทองแดง เหล็ก แมงกานีส และสังกะสี สำหรับสารโลหะหนักบางชนิด เป็นสารที่ไม่ต้องการสำหรับสิ่งมีชีวิตและมีพิษอันตรายต่อสิ่งมีชีวิต ได้แก่ แคดเมียม ตะกั่วปรอท และนิเกิล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทราบถึงชนิดและปริมาณของสารโลหะหนักที่มีอยู่ในน้ำเสีย เพื่อใช้เป็นข้อมูลประกอบการตัดสินใจเลือกระบบบำบัดน้ำเสีย

2.2.3 ลักษณะน้ำเสียทางชีววิทยา (Biological Characteristics of Wastewater)

ได้แก่ สิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำเสีย ส่วนใหญ่จะเป็นพวกจุลินทรีย์ ที่ปนมากับอุจจาระต่าง ๆ จะมีทั้งชนิดที่ก่อให้เกิดโรค และไม่ทำให้เกิดโรค จุลินทรีย์เหล่านี้มีบทบาทอย่างมากในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่าง ๆ ในน้ำเสีย

2.3 กระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การบำบัดน้ำเสียเป็นการกำจัดสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสีย ถ้าน้ำเสียมาที่บ้านเรือนต่าง ๆ ก็จะเป็นน้ำเสียจากห้องครัว ห้องน้ำ ล้างรถ ฯลฯ ถ้าน้ำเสียมาจากโรงงานอุตสาหกรรมก็จะเป็นน้ำเสียทุกชนิดที่ไหลออกจากโรงงาน เช่น จากกระบวนการผลิต ล้างพื้น และห้องน้ำ ถ้าน้ำเสียมาจากการเกษตร ก็จะเป็นน้ำเสียที่มีการปนเปื้อนของปุ๋ยและสารฆ่าแมลง ดังนั้นการบำบัดน้ำเสียจึงจำเป็นต้องใช้หลายวิธีและหลายกระบวนการ ซึ่งจำเป็นต้องอาศัยทั้งความรู้ทางชีวเคมี ทางจุลชีววิทยา ทางเคมีและทางกายภาพ ในการเลือกกระบวนการบำบัดน้ำเสียให้ได้ถูกต้องเหมาะสมกับน้ำเสียนั้น ๆ วิธีการบำบัดมีหลายวิธี ขึ้นกับชนิดและปริมาณของสารมลพิษ รวมทั้งสมบัติของน้ำเสีย แบ่งได้เป็น

2.3.1 การบำบัดทางกายภาพ

ใช้เพื่อเป็นการบำบัดขั้นต้น ส่วนมากจะเป็นการกำจัดของแข็งขนาดใหญ่ออก เพื่อป้องกันการอุดตันต่ออุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบบำบัดน้ำเสียโดยเฉพาะเครื่องสูบน้ำ ได้แก่

ก. การกรอง (Screening) เป็นการกำจัดของแข็งที่มีขนาดใหญ่ โดยใช้ตะแกรงซึ่งมีทั้งตะแกรงหยาบและตะแกรงละเอียด

ข. การบด (Comminutor) เป็นการลดขนาดและปริมาตรของของแข็งให้เล็กลง ในกรณีที่สิ่งสกปรกที่ลอยมากับน้ำเสียเป็นสิ่งที่เน่าเปื่อยได้ทำให้เกิดกลิ่นนำไปตากหรือเผาได้ยาก ต้องใช้เครื่องตัดให้ละเอียดจนมีขนาดเล็กแล้วทำให้ตกตะกอน

ค. รางคัดกรวดทราย (Grit Chamber) เป็นการกำจัดกรวดทรายโดยลดความเร็วในน้ำลง ทำให้กรวดทรายตกตะกอนในราง

ง. บ่อดักไขมัน (Grease Trap) เป็นการกำจัดไขมันและน้ำมัน ซึ่งมักอยู่ในน้ำเสียที่มาจากครัว โรงอาหาร ห้องน้ำ โดยกักน้ำเสียไว้ในบ่อดักไขมันช่วงหนึ่ง ไขมันและน้ำมันจะลอยตัวขึ้นสู่ผิวน้ำ แล้วใช้เครื่องคัดหรือกวาดออกจากบ่อ

จ. การแยกน้ำมัน (Oil Separation) มีขั้นตอนเช่นเดียวกับบ่อดักไขมันที่อาศัยการลอยตัวของน้ำมัน ซึ่งอาจต้องใช้อากาศเป่าได้น้ำเพิ่มประสิทธิภาพการลอยตัวของน้ำมัน จากนั้นใช้เครื่องกวาด กวาดน้ำมันออกไปกำจัดต่อไป

ฉ. การตกตะกอน (Sedimentation) เป็นการกำจัดของแข็งขนาดเล็กออกจากน้ำเสีย ด้วยการเก็บไว้ในบ่อเพื่อลดความเร็ว ทำให้ของแข็งตกตะกอนสู่ก้นบ่อ อัตราการตกตะกอนของถังจะแตกต่างกันตามขนาดของตะกอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การบำบัดด้วยวิธีทางเคมี

กระบวนการทางเคมี เป็นวิธีการบำบัดน้ำเสียกระบวนการหนึ่ง โดยต้องการกำจัดหรือแยกสารต่าง ๆ ที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย วิธีนี้จะต้องใช้สารเคมีต่าง ๆ เติมลงไปลงในน้ำเสียเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมี ที่ทำให้เกิดการแยกสารปนเปื้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นความรู้ทางเคมีจะช่วยในการเลือกชนิด และปริมาณสารเคมีที่ต้องการผสมลงไป ข้อเสียของการเลือกใช้กระบวนการทางเคมีในการกำจัดน้ำเสียก็คือ เมื่อได้เติมสารเคมีลงไปลงในน้ำเสียแล้วก็จะมีปริมาณสารเคมีผสมอยู่ในน้ำเสีย ซึ่งทำให้เกิดผลกระทบในด้านอื่น ๆ เช่นจะมีตะกอนเคมีเกิดเพิ่มขึ้น เป็นต้น และจะเสียค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมีด้วย แต่ถ้าน้ำเสียไม่สามารถบำบัดด้วยวิธีทางกายภาพหรือทางชีวภาพก็จำเป็นต้องเลือกวิธีบำบัดด้วยวิธีทางเคมี เช่น น้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะที่มีสารโลหะหนัก หรือสารใด ๆ ที่ไม่สามารถถูกย่อยสลายได้ด้วยจุลชีพต่าง ๆ วัตถุประสงค์ในการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี สามารถแบ่งออกได้เป็นหัวข้อใหญ่ ๆ ดังนี้

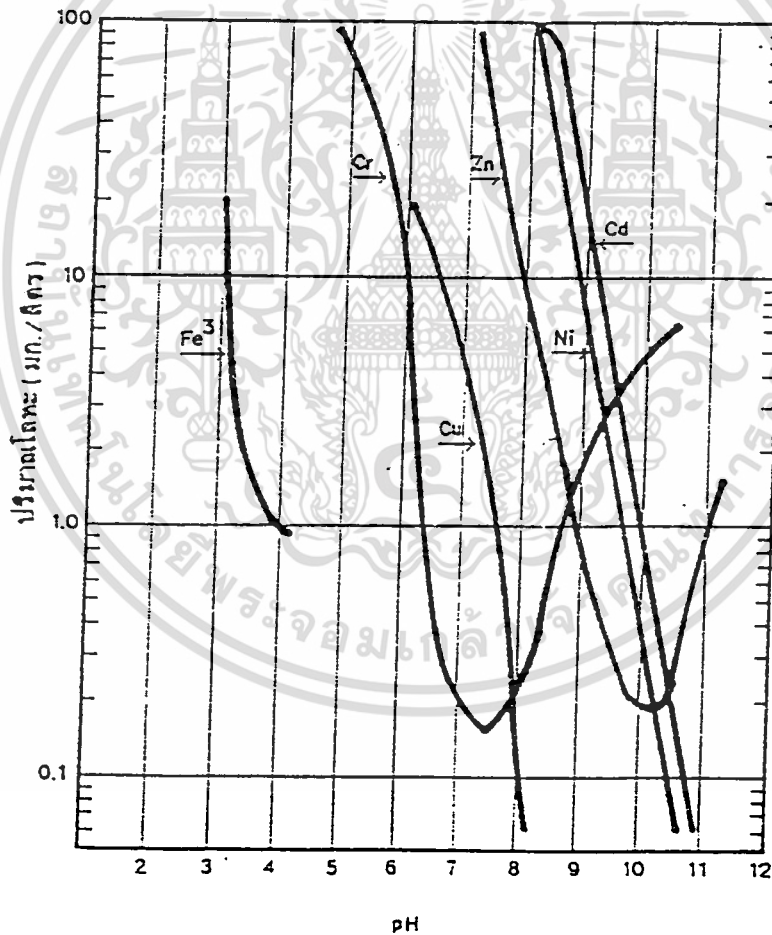
- 1) ปรับสภาพของน้ำเสียให้เหมาะสมกับความต้องการ เช่น ปรับค่าความเป็นกรด หรือเป็นด่าง เติมสารอาหารให้เหมาะสม (Nutrients) เพื่อสามารถทำการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางชีวภาพ
- 2) สร้างตะกอนเล็ก ๆ ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อให้สามารถตกตะกอนได้ง่าย (Coagulation and Flocculation)
- 3) ทำให้มลสารที่ละลายอยู่ในน้ำเสีย เช่น โลหะหนัก เป็นมลสารที่ไม่ละลายในน้ำ ซึ่งเรียกรวมกันว่า การตกตะกอนผลึก (Precipitation)
- 4) ทำให้เกิดการฆ่าเชื้อโรค (Disinfection) ในน้ำเสียก่อนปล่อยทิ้งออกสู่สิ่งแวดล้อม
- 5) เพื่อสะดวกในการบำบัดตะกอนในขั้นต่อไป

กระบวนการทางเคมีที่สำคัญประกอบด้วย

2.3.2.1 การตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation)

ก. หลักการ

การตกตะกอนผลึกทางเคมี เป็นกระบวนการทางเคมีที่เปลี่ยนสารละลายให้มาอยู่ในสถานะของแข็ง และตกตะกอนแยกออกจากน้ำได้ กระบวนการนี้ขึ้นอยู่กับสภาวะสมดุลทางเคมีในน้ำเสีย ที่มีผลต่อการละลายน้ำของสารที่เกิดการตกตะกอนผลึก รูปที่ 2.1 แสดงกราฟของความสามารถในการละลายน้ำของมลสารต่าง ๆ สำหรับพีเอชใด ๆ ซึ่งพบว่า แต่ละมลสารจะมีค่าพีเอช ที่เหมาะสมต่าง ๆ กัน



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงความสามารถในการละลายน้ำของมลสารต่าง ๆ สำหรับพีเอชต่าง ๆ
ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (2539).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

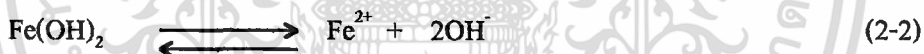
กระบวนการตกตะกอนผลึก ทำได้โดย 3 วิธี คือ

1. การตกตะกอนผลึกเนื่องจากการเติมสารเคมี เพื่อทำปฏิกิริยาโดยตรงกับสารที่ละลายในน้ำ เกิดเป็นสารประกอบที่ละลายน้ำได้น้อยลง ในการกำจัดโลหะหนักก็อาจใช้หลักการนี้ได้เช่นกัน เช่น การกำจัดซิงค์ละลายน้ำ (Zn^{2+}) จะต้องเติมโซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ซึ่งละลายน้ำได้ดี เกิดปฏิกิริยาได้สารประกอบซิงค์ซัลไฟด์ (ZnS) ซึ่งละลายน้ำได้น้อยมากดังสมการ



2. เปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของสารละลาย ทำให้ความสามารถในการละลายของสารนั้น ๆ ลดลง สารบางส่วนตกตะกอนเป็นตะกอนผลึก

3. การตกตะกอนผลึก เนื่องจากการเปลี่ยนสมดุลของการละลาย (solubility equilibrium) ในการกำจัดโลหะหนักด้วยวิธีนี้ ทำโดยการเติมสารเคมีเพื่อปรับพีเอชให้สูงขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของคาร์บอเนตและไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้นของโลหะจะต่ำลง และโลหะ ส่วนเกินอยู่ในรูปของตะกอนผลึก สามารถจับตัวได้ดี เช่น ถ้าเอาเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ ($Fe(OH)_2$) ละลายน้ำ สามารถละลายได้เล็กน้อย ดังนี้



แต่ถ้าเติมกรดลงไป ทำให้พีเอชต่ำลง เพิ่มความสามารถในการละลาย ปฏิกิริยาจะเลื่อนมาทางขวามากขึ้นเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) มีในน้ำมากขึ้น วิธีการนี้ใช้มากในการบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม ที่มีโลหะหนักโดยปรับพีเอชให้สูงมากขึ้น ทำให้โลหะหนักตกตะกอนผลึกเป็นโลหะออกไซด์ได้

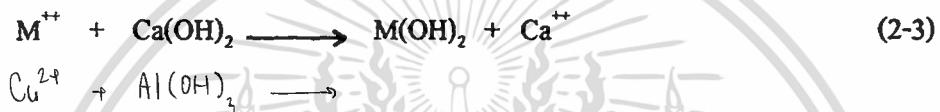
เนื่องจากตะกอนผลึกโลหะมักมีขนาดเล็ก และตกตะกอนได้ไม่ดี หลังจากปรับพีเอชแล้วต้องมีกระบวนการกวนช้า (flocculation) เพื่อช่วยให้ตะกอนเหล่านี้จับตัวกันเป็นฟล็อกขนาดใหญ่ บางครั้งก็มีการเติมสารเคมีพวกพอลิเมอร์ เพื่อช่วยให้ฟล็อกจับตัวกันได้ดีก่อนเข้าสู่ถังตกตะกอน

ข. ประเภทของการตกตะกอนผลึก

Went (1989) ได้แบ่งประเภทการตกตะกอนผลึกไว้ใน Hazardous Waste Management โดยแบ่งตามรูปแบบของตะกอนได้ดังนี้

1. การตกตะกอนผลึกในรูปของไฮดรอกไซด์ (Hydroxide Precipitation)

การตกตะกอนผลึกในรูปของไฮดรอกไซด์ เป็นการตกตะกอนผลึกโดยใช้สารเคมี ได้แก่ แคลเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการโดยใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารเคมี



โดยที่ M^{++} คือ โลหะไอออน

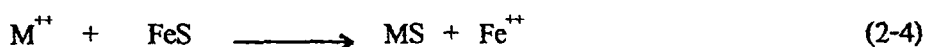
ช่วงพีเอชที่ใช้ในการตกตะกอนผลึกของไฮดรอกไซด์อยู่ในช่วง 8-11 ซึ่งโลหะส่วนใหญ่ตกตะกอนผลึกได้ดี การตกตะกอนผลึกของโลหะในรูปของตะกอนไฮดรอกไซด์แต่ละช่วงพีเอช แสดงดังรูปที่ 2.2

ความสามารถในการตกตะกอนผลึกของไฮดรอกไซด์ ขึ้นอยู่กับความสามารถของการละลายของโลหะ สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน พีเอชที่ใช้ และสารอื่นๆ ซึ่งสามารถขีดขวงการตกตะกอนผลึกได้ตามทฤษฎีแล้ว ความเข้มข้นของโลหะหลังจากผ่านการตกตะกอนผลึกด้วย ไฮดรอกไซด์จะมีความเข้มข้นน้อยกว่า 1.0 มก./ล.

2. การตกตะกอนผลึกในรูปของซัลไฟด์ (Sulfide Precipitation)

การตกตะกอนผลึกในรูปของซัลไฟด์ เป็นการตกตะกอนผลึกโดยใช้สารเคมี ได้แก่ โซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) โซเดียมไฮโดรซัลไฟด์ ($NaHS$) ซึ่งต้องละลายน้ำได้ดี และเฟอร์รัสซัลไฟด์ (FeS)

ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นขณะตกตะกอนผลึกเป็นดังนี้



โลหะซัลไฟด์มีความสามารถในการละลายน้ำได้ต่ำกว่าโลหะไฮดรอกไซด์ โลหะซัลไฟด์จึงไม่อยู่ในรูปแอมโฟเทอริก (amphoteric) และนอกจากนี้ โลหะบางชนิดเช่น โครเมียม สามารถนำมาตกตะกอนผลึกได้เลย โดยไม่ต้องผ่านขั้นตอนการรีดักชัน ดังสมการ



ข้อเสียสำหรับการตกตะกอนในรูปซัลไฟด์คือ การเกิดแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งในขณะทำการทดลองต้องควบคุม ให้มีพีเอชมีค่ามากกว่า 8 เพื่อป้องกันแก๊สที่เกิดขึ้น ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วยังคงมีซัลไฟด์หลงเหลืออยู่ในน้ำ ซึ่งก่อให้เกิดอันตราย จึงต้องมีการบำบัดเอาซัลไฟด์ออกก่อนที่จะระบายน้ำทิ้ง

3. การตกตะกอนผลึกในรูปของคาร์บอเนต (Carbonate Precipitation)

ในการตกตะกอนผลึกของโลหะเช่น แคลเซียม และ ตะกั่ว การตกตะกอนผลึกในรูปของคาร์บอเนตให้ผลดีกว่าการตกตะกอนผลึกในรูปของไฮดรอกไซด์ เนื่องจากสามารถทำได้ในพีเอชต่ำกว่า ในการตกตะกอนผลึกรูปคาร์บอเนตของแคลเซียม และตะกั่วเกิดขึ้นที่พีเอชประมาณ 7.8-8.5 ในขณะที่การตกตะกอนผลึกในรูปของไฮดรอกไซด์ ต้องควบคุม พีเอชประมาณ 10 หรือมากกว่านั้น

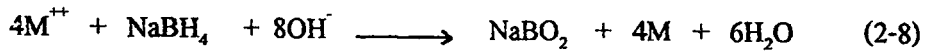
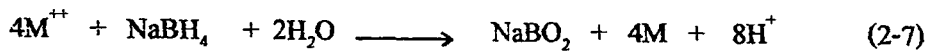
สารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนผลึกได้แก่ โซดาแอช หรือ โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ซึ่งเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



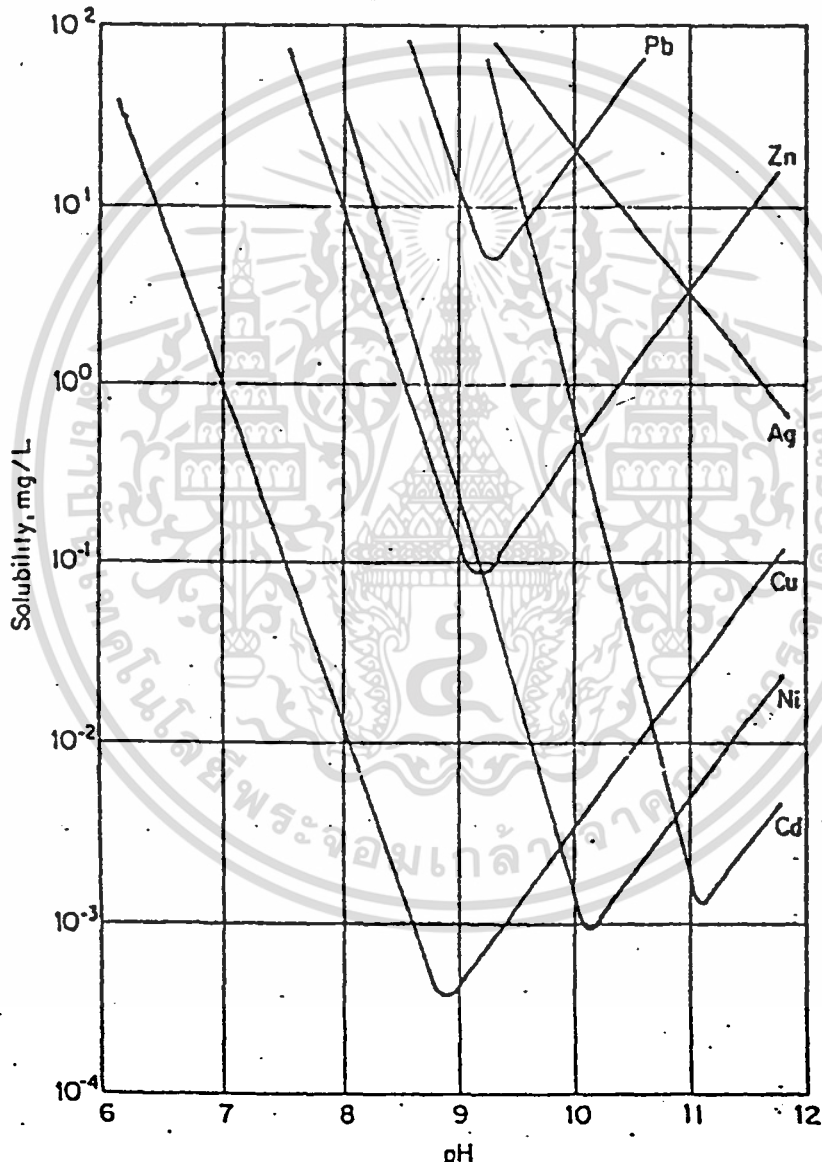
กระบวนการนี้เหมาะสมกับโลหะบางชนิดเท่านั้น เช่น แคลเซียม และ ตะกั่ว

4. การตกตะกอนผลึกในรูปของโซเดียมโบโรไฮไดรด์ (Sodium Borohydride Precipitation)

สารเคมีโซเดียมโบโรไฮไดรด์ เป็นสารเคมีที่ใช้ในการรีดิวส์ ใช้ในการตกตะกอนโลหะหนัก ให้อยู่ในรูปโลหะที่ไม่ละลายน้ำ ปฏิกริยาขึ้นอยู่กับค่าพีเอช อธิบายได้ดังสมการ



สารเคมีที่เหมาะสม คือ ช่วง 8 - 11 ถ้าพีเอชต่ำกว่า 8 ต้องเพิ่มโบโรไฮไดรด์ ทำให้เกิดการละลายน้ำ ถ้าพีเอชมากกว่า 11 ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง การตกตะกอนผลิตภัณฑ์นี้ใช้ในการกำจัดโลหะจากสารละลายในน้ำเสีย โดยเฉพาะโลหะหนัก ปรอท นิกเกิล ทองแดง ซิลเวอร์ ฯลฯ



รูปที่ 2.2 กราฟแสดงความสามารถในการละลายน้ำของโลหะไฮดรอกไซด์

ที่มา : พวงรัตน์ แก้วล้อม (2537) อ้างจาก Palmork (1980)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. ทฤษฎีการตกตะกอนผลึกในรูปไฮดรอกไซด์

การตกตะกอนผลึกในรูปไฮดรอกไซด์ สามารถอธิบายได้โดยการใช้ทฤษฎีพื้นฐานทางเคมี โดยการตกตะกอนผลึกขึ้นอยู่กับค่าความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์ ทำให้ทราบพีเอชที่ใช้ในการตกตะกอนอย่างคร่าวๆ

ให้ M^{n+} แทน โลหะไอออน

$$\text{จาก } [M^{n+}][OH]^{-n} = K_{sp} \quad (2-9)$$

โดยที่ K_{sp} แทนความสามารถในการละลายของโลหะที่เกิดตะกอน
 $[OH]^{-n}$ แทนโมลาริตีของไฮดรอกไซด์ไอออน
 $[M^{n+}]$ แทนโมลาริตีของโลหะไอออน ในหน่วยมก./ล

เมื่อแทนค่า log ลงไปในสมการ (2-9) จะได้ว่า

$$\log [M^{n+}] + n \log [OH]^{-n} = \log K_{sp} \quad (2-10)$$

จากคำจำกัดความของพีเอชว่า

$$\log [OH]^{-n} = pOH \quad (2-11)$$

$$\log [H^+] = pH \quad (2-12)$$

และที่อุณหภูมิ $20^\circ C$

$$pH + pOH = 14 \quad (2-13)$$

จากสมการที่ (2-10) เมื่อแทนค่าจะได้ว่า

$$\log [M^{n+}] + n pOH = \log K_{sp} \quad (2-14)$$

หรือ

$$pOH = \frac{1}{n} \log K_{sp} - \frac{1}{n} \log M^{n+} \quad (2-15)$$

ในเทอมของพีเอชจะได้ว่า

$$\log [M^{n+}] + n(14 - \text{pH}) = \log K_{sp} \quad (2-16)$$

หรือ

$$- \text{pH} = \frac{1}{n} \log K_{sp} - 14 - \frac{1}{n} \log M^{n+} \quad (2-17)$$

$$\text{pH} = 14 + \frac{1}{n} \log M^{n+} - \frac{1}{n} \log K_{sp} \quad (2-18)$$

จากสมการ (2-17) ถ้าทราบความสามารถในการแตกตัวของโลหะ M^{n+} และความสามารถในการละลายของโลหะไฮดรอกไซด์ จะสามารถทราบค่าพีเอชที่ใช้ในการตกตะกอนได้อย่างคร่าวๆ

ง. การตกตะกอนผลึกของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์

1. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ (hydrate lime, $\text{Ca}(\text{OH})_2$)

แคลเซียมไฮดรอกไซด์ หรือ ปูนขาวผลึกน้ำ เป็นสารเคมีที่ใช้กันมากในการตกตะกอนผลึก ความสามารถในการละลายน้ำได้น้อย ทำให้เกิดตะกอนผลึกในรูปหินปูน การเก็บรักษาจึงค่อนข้างยุ่งยาก การบดปูนขาวผลึกน้ำ จะต้องให้ในลักษณะกึ่งแข็งกึ่งเหลว (slurry) ข้อดีในการใช้ปูนขาวผลึกน้ำคือ มีราคาถูก

2. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (caustic soda, NaOH)

โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ในการตกตะกอนผลึก เนื่องจากการทำปฏิกิริยาเป็นไปโดยง่าย และสามารถทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วกว่าปูนขาว แต่จะมีราคาแพงมากกว่า การเก็บรักษาทำได้ง่ายแต่ต้องไม่ให้ได้รับความร้อน

ข้อดีและข้อเสียของการใช้แคลเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 : แสดงข้อดีและข้อเสียของแคลเซียมไฮดรอกไซด์และ โซเดียมไฮดรอกไซด์

	ปูนขาว	โซเดียมไฮดรอกไซด์
ข้อดี	1. ราคาถูก	1. ทำปฏิกิริยาได้ดีกว่า 2. การนำมาใช้งานสะดวกกว่า 3. เกิดตะกอนน้อย
ข้อเสีย	1. การเตรียมสารยุ่งยากกว่า 2. ค่าใช้จ่ายในการป้อนสารเคมีมีราคาสูงกว่า 3. ถ้าน้ำเสียมีปริมาณซัลเฟตสูงจะเกิดตะกอนมาก 4. เกิดตะกอนมาก	1. ราคาแพง 2. เสียค่าใช้จ่ายในการทำ ตะกอนให้แห้งมากกว่า 3. ตะกอนกลับมาละลายในน้ำ ได้อีก

ที่มา : พวงรัตน์ แก้วล้อม (1994).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

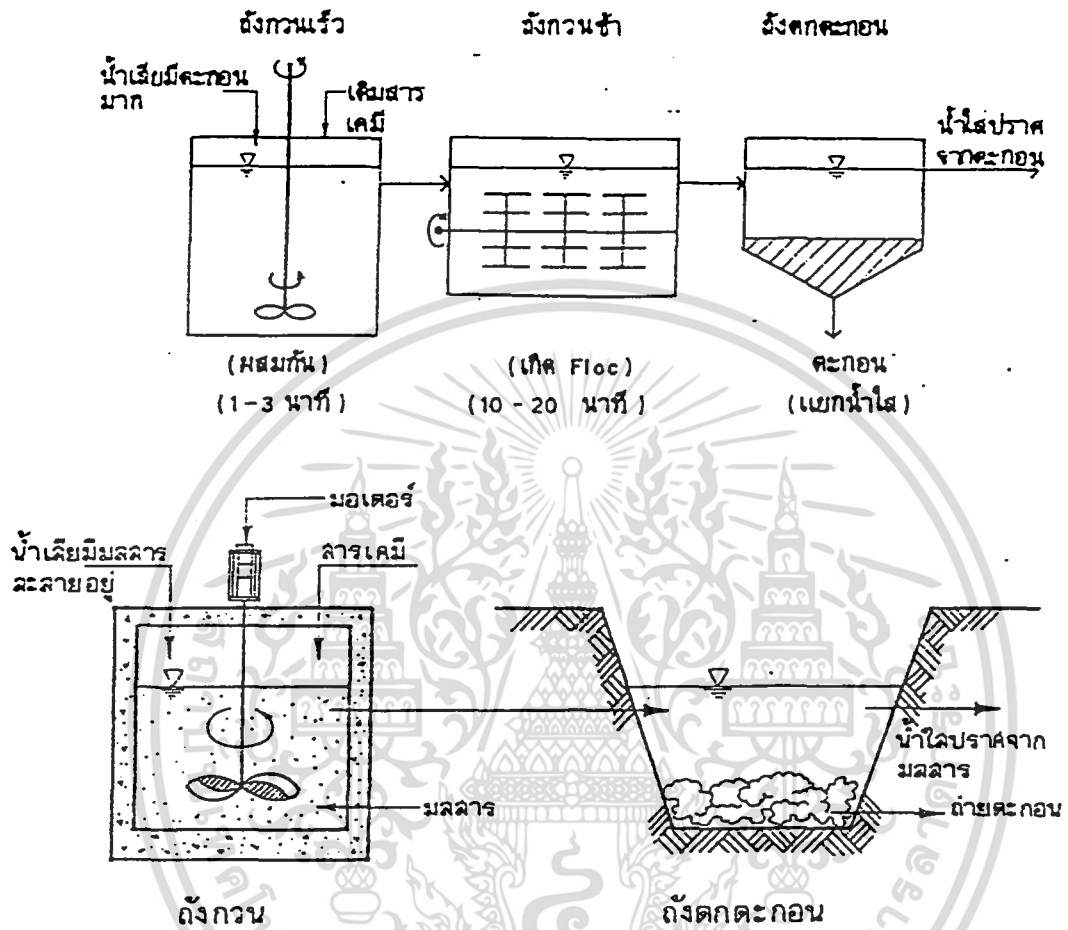
วิธีตกตะกอนผลึกทางเคมี ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 สำหรับข้อมูลสารเคมีบางชนิดที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสียได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 สารเคมีบางชนิดที่นิยมใช้ในการบำบัดน้ำเสีย

สารเคมี	น้ำหนักโมเลกุล	ความหนาแน่น (กก./ลบ.ม.)	
		ชนิดแห้ง	ชนิดเหลว
สารส้ม ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$)	666.7	961-1201	1249-1281
เฟอร์ริกคลอไรด์ ($FeCl_3$)	162.1	-	1346-1490
เฟอร์ริกซัลเฟต ($Fe_2(SO_4)_3 \cdot 3H_2O$)	454.0	-	1121-1153
เฟอร์รัสซัลเฟต (Copperas, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$)	278.0	993-1057	
น้ำปูนใส ($Ca(OH)_2$)	56 ของ CaO	561-801	

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (1996).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงวิธีตกตะกอนผลึกทางเคมี

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์ (1996).

การเกิดการตกตะกอนผลึกให้ได้ดีต้องพิจารณาค่าพีเอช หลังจากเกิดปฏิกิริยาทางเคมีแล้ว โดยทั่วไปต้องมีค่าพีเอชสูงกว่า 7 จึงจะได้ผลดี ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพีเอชที่เหมาะสม และชนิดสารเคมีที่เติมผสมลงไปเพื่อกำจัดหรือแยกมลสารออกจากน้ำเสีย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพีเอชที่เหมาะสมสำหรับการกำจัดมลสารออกจากน้ำเสียด้วยสารเคมีต่าง ๆ

มลสารที่ละลาย อยู่ในน้ำเสีย	สารเคมีที่เติม ผสมลงไป	ค่าพีเอช ที่เหมาะสม	สารเคมีที่ตก ตะกอนได้
อลูมิเนียม (Aluminium)	ปูนขาว	5	$Al(OH)_3$
อาร์เซนิก (Arsenic)	เฟอร์ริกคลอไรด์	8	$AsCl_2$
บาเรียม (Barium)	โซเดียมซัลเฟต (Sodium sulfate)	10	$BaSO_4$
แคดเมียม (Cadmium)	ปูนขาว	9-12	$Cd(OH)_2$
โครมิก (Chromic)	ปูนขาว	8.0-9.5	$Cr(OH)_2$
คูปริก (Cupric)	ปูนขาว	9-10	$Cu(OH)_2$
เหล็ก (Ferric)	ปูนขาว	7	$Fe(OH)_2$
ฟลูออไรด์ (Fluoride)	ปูนขาว	12	CaF_2
แมงกานีส (Manganese)	ปูนขาว	10	$Mn(OH)_2$
ปรอท (Mercury)	โซเดียมซัลไฟด์ (Sodium sulfide)	8.5	HgS
นิกเกิล (Nickel)	ปูนขาว	10	$Ni(OH)_2$
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	เฟอร์ริกคลอไรด์	7	$FePO_4$
พลัมบิก (Plumbic)	ปูนขาว	6-10	$Pb(OH)_2$
ซีลีเนียม (Selenium)	โซเดียมซัลไฟด์	6.5	SeS_2
เงิน (Silver)	โซเดียมคลอไรด์ (Sodium chloride)	8	$AgCl$
สแตนนิก (Stannic)	ปูนขาว	4-4.5	$Sn(OH)_3$
สังกะสี (Zinc)	ปูนขาว	5-6	$Zn(OH)_2$

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (1996).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จ. การทดลองหาปริมาณสารเคมี

การหาปริมาณสารเคมี จำเป็นอย่างยิ่งต่อการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมีเพราะจะได้ทราบแน่ชัดว่า น้ำเสียจากโรงงานแห่งนี้ต้องการเติมสารเคมีด้วยปริมาณเท่าไร การเติมสารเคมีมากเกินไปไม่ได้หมายความว่า จะสามารถกำจัดมลสารได้มาก ซึ่งเห็นได้จากรูปที่ 2.1 แล้ว ดังนั้นจึงควรนำตัวอย่างน้ำเสียมาทำการทดลองโดยใช้ปริมาตร 2 ลิตร เทใส่ลงในถ้วยทดลองหลายใบวางเรียงกัน แล้วจึงค่อยๆ เติมสารเคมีในปริมาณที่แตกต่างกัน นำมาควนให้เข้ากัน ทำการวัดพีเอช แล้วปล่อยให้ตกตะกอนจนได้น้ำใส จากนั้นนำน้ำใสมาทำการวิเคราะห์หาค่ามลสารว่ามีค่าความเข้มข้นเหลือเท่าไร ดังนั้นก็สามารถเลือกปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดได้ ซึ่งก็คือใช้ปริมาณสารเคมีที่น้อยที่สุด และกำจัดมลสาร ได้มากที่สุด

2.3.2.2 การสร้างสารรวมตะกอนเคมี (Coagulation-Flocculation)

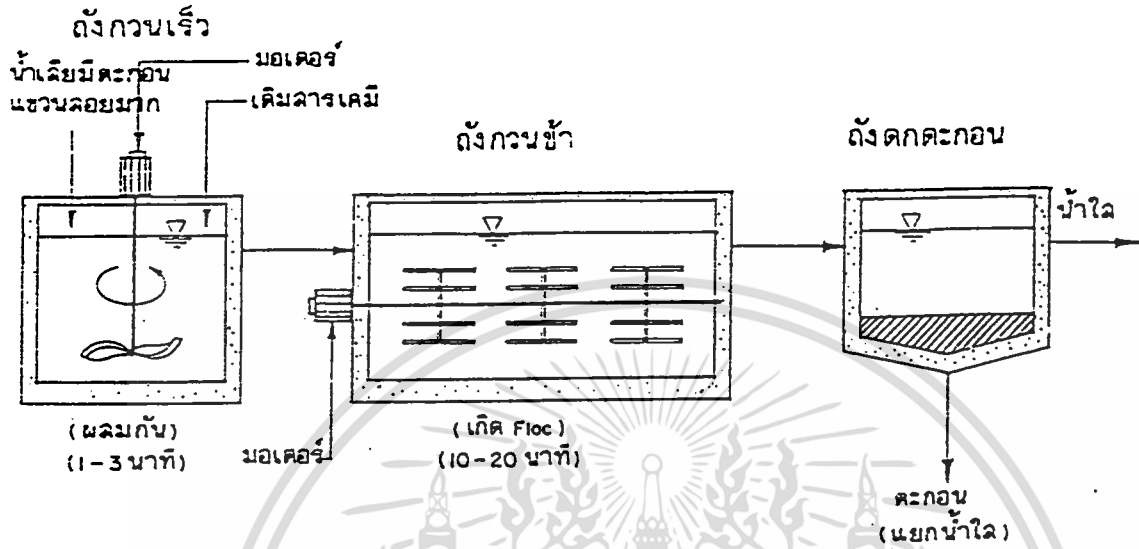
ก. หลักการ

กระบวนการนี้มี 2 ขั้นตอนใหญ่ๆ โดยขั้นตอนแรกจะทำการเติมสารเคมีพวกสารสร้างตะกอน(Coagulation)ซึ่งได้แก่ สารส้ม ปูนขาว เกลือของเหล็ก สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ (Polyelectrolytes) เป็นต้น ผสมกับน้ำเสียที่มีตะกอนแขวนลอยเล็กๆ ขั้นตอนต่อไป เป็นการควนอย่างช้าๆ เพื่อให้เกิดสภาพรวมตะกอน (Flocculation) โดยจะเกิดการเกาะกันระหว่างตะกอนแขวนลอยเล็กๆ กันสารสร้างตะกอน จนได้ตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจนสามารถตกตะกอนได้ สาเหตุที่ต้องทำการควนอย่างช้าๆ เพราะไม่ให้สภาพการเกาะตัวกันของตะกอนเล็กๆ เหล่านี้เกิดการแตกหลุดจากกัน กระบวนการนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.4 สำหรับการหาปริมาณสารเคมีที่ต้องการใช้ จำเป็นต้องทำการทดลอง ซึ่งนิยมเรียกว่า จาร์เทสต์ (Jar Test) โดยในการทดลองจะมีทั้งการควนเร็ว 100 รอบต่อนาที ประมาณ 1 นาที ตามด้วยการควนช้า 20-70 รอบต่อนาที อีกประมาณ 20 นาที ดังได้แสดงในรูปที่ 2.5

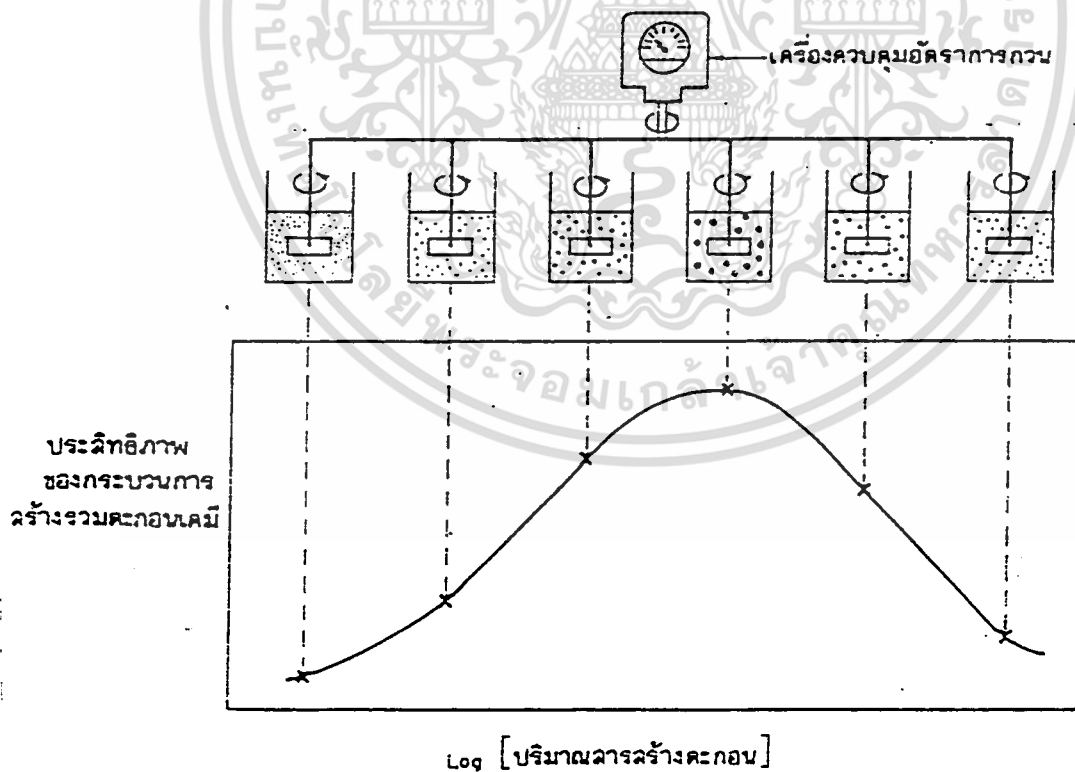
ข. สารสร้างตะกอนเคมี

สารสร้างตะกอนเคมีที่ใช้กับระบบบำบัดน้ำเสียมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่ที่นิยมใช้กัน ได้แก่ สารส้ม เพอร์รัสซัลเฟต เกลือเฟอร์ริก โซเดียมอลูมินต เป็นต้น สำหรับในการทำให้ประสิทธิภาพของการสร้างรวมตะกอนเคมีได้ดีจำเป็นต้องเติมสารช่วยสร้างตะกอน (Coagulation Aids) ได้แก่ กรด ด่าง แอคติเวทเตดซัลฟิดา พอลิอิเล็กโทรไลต์ ดินเหนียว เป็นต้น โดยปกติปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเนื่องจากสารเคมีต่างๆ ดังกล่าวข้างต้น จะมีค่าพีเอช ที่เป็นปัจจัยสำคัญปัจจัย

หนึ่ง เพราะถ้ามีพีเอช อยู่ในระดับที่เหมาะสมอาจไม่จำเป็นต้องเติมสารสร้างตะกอนเคมีมากเกินไป โดยจะต้องการปริมาณสารเคมีที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 2.6



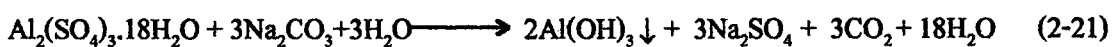
รูปที่ 2.4 กระบวนการสร้างรวมตะกอนเคมี ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (1996).



รูปที่ 2.5 ผลการทดลองจากการทำจาร์เทสต์ ที่มา: เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (1996).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าน้ำเสียไม่มีสภาพค้างอยู่ จำเป็นต้องเติมค้างผสมลงไปเพื่อเพิ่มสภาพค้างในน้ำเสียเช่นเติม ปูนขาวหรือ โซดาแอซ (Na_2CO_3) ดังแสดงในสมการ 2-20 และ 2-21

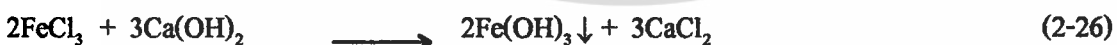
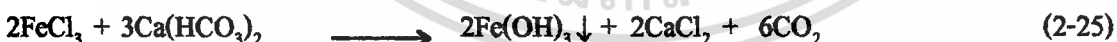
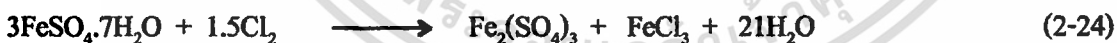


เฟอร์รัสซัลเฟต

สารเฟอร์รัสซัลเฟต หรือเรียกว่า Copperas มีลักษณะผลึกสีเขียวแห้งสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำเสียที่มีสภาพค้างได้แต่ค่อนข้างช้ามาก ทำให้จำเป็นต้องใช้ปูนขาวเติมผสมลงมาเพื่อเพิ่มค่าพีเอชขึ้น จนเกิดตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric Hydroxide) ดังแสดงตามสมการที่ 2-22 และ 2-23



ถ้านำสารเฟอร์รัสซัลเฟต มาผสมกับคลอรีนจะทำให้ได้สารเฟอร์ริกซัลเฟต และสารเฟอร์ริกคลอไรด์ หลังจากนั้นนำไปผสมกับน้ำเสียที่มีสภาพค้างอยู่แล้วหรือมีปูนขาวผสมลงไปช่วย เพื่อเพิ่มค่าสภาพค้าง ซึ่งจะได้ตะกอนของเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ (Ferric Hydroxide) ดังแสดงในสมการ 2-24 ถึง 2-26



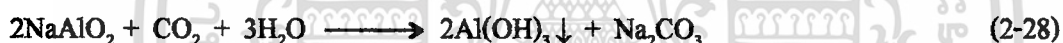
เกลือเฟอร์ริก (Ferric Salt)

เกลือเฟอร์ริกที่นิยมใช้ทั่วไปคือ สารเฟอร์ริกซัลเฟต และสารเฟอร์ริกคลอไรด์ ซึ่งเป็นสารสร้างตะกอนเคมี คังแสดงสมการเคมีไว้ในสมการ 2-25 และ 2-26 ข้อดีของการใช้เกลือเฟอร์ริกมีดังนี้

1. สามารถสร้างรวมตะกอนเคมีได้ดีในช่วงพีเอช 4 ถึง 9
2. ตะกอนเคมีของเฟอร์ริกจะมีน้ำหนักมากพอสมควรทำให้มีการตกตะกอนได้ดี
3. สามารถกำจัดสีของน้ำเสียได้ส่วนหนึ่ง

โซเดียมอลูมิเนต (Sodium Aluminate)

โซเดียมอลูมิเนตเป็นสารที่อาจใช้ผสมกับสารส้ม หรือผสมกับ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เพื่อเกิดตะกอนของอลูมินัมไฮดรอกไซด์ โดยไม่ต้องใช้ปูนขาวหรือสารอื่นๆ เพื่อเพิ่มค่าสภาพด่างในน้ำเสียดังแสดงในสมการ 2-27 และ 2-28



ด่างและกรด

ด่างและกรดเป็นสารเคมีที่ช่วยในการปรับพีเอช ให้ได้ค่าพีเอชที่อยู่ในช่วงเหมาะสมสำหรับกระบวนการสร้างรวมตะกอนเคมี ด่างที่นิยมใช้เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมซัลไฟด์เป็นต้น ส่วนกรด ได้แก่ กรดซัลฟูริก กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งจัดเป็นสารช่วยสร้างตะกอน

แอกติเวตเตดซิลิกา (Activated Silica)

แอกติเวตเตดซิลิกา มีคุณสมบัติเป็นประจุลบ ทำหน้าที่ช่วยให้ตะกอนที่ถูกสารสร้างตะกอนเคมีรวบรวมไว้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพราะแอกติเวตเตดซิลิกาจะไปเกาะติดกับพวกโลหะไฮดรอกไซด์ทำให้ตะกอนมีขนาดใหญ่และมีน้ำหนักมากขึ้น สารแอกติเวตเตดยังช่วยลดปริมาณการใช้สารสร้างตะกอนลงด้วย เนื่องจากทำหน้าที่เป็นสารช่วยสร้างตะกอนอีกชนิดหนึ่ง

พอลิอิเล็กโทรไลต์

สารพอลิอิเล็กโทรไลต์เป็นสารช่วยสร้างตะกอนที่มีอยู่ตามลักษณะด้วยกันคือ สารที่มีประจุลบ (Anionic Polyelectrolytes) สารที่มีประจุบวก (Cationic Polymers) และสารที่มีทั้งประจุลบและบวก (Polyampholytes) สาร พอลิอิเล็กโทรไลต์ทำหน้าที่ช่วยให้เกิดตะกอนเคมีได้เร็ว โดยอาศัยการดูดซับ (Adsorption) การสะเทิน (Neutralization) และการเชื่อมต่อกัน (Interparticle Bridging)

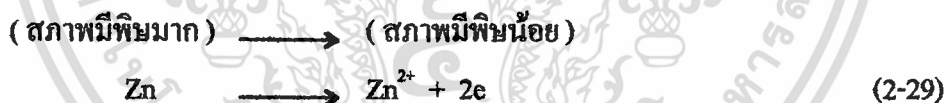
ดินเหนียว

ดินเหนียวเป็นสารช่วยสร้างตะกอนอีกชนิดหนึ่ง โดยจะช่วยเพิ่มน้ำหนักของตะกอนฟลูค (Floc) ซึ่งได้จากการใช้สารสร้างตะกอนเคมี ส่งผลให้มีการตกตะกอนเร็วขึ้น

2.3.2.3 การเกิดออกซิเดชันทางเคมี (Chemical Oxidation)

ก. หลักการ

การเกิดออกซิเดชันทางเคมี เป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการสูญเสียอิเล็กตรอนของอะตอม กระบวนการบำบัดน้ำเสีย ด้วยวิธีนี้ จึงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของมลสาร ที่อยู่ในน้ำจากประเภทที่มีพิษมากไปเป็นมลสารมีพิษน้อยหรือไม่มี ดังสมการ



ข. สารพิษที่สามารถถูกกำจัดด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี

สารพิษที่มีในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ มีหลายชนิด แต่สารพิษที่สามารถถูกกำจัดด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมีได้แก่ โลหะสังกะสี ไซยาไนต์ (CN⁻) เฟอร์รัส (Fe²⁺) ซัลไฟด์ (S²⁻) ซัลไฟต์ (SO₃²⁻) แมงกานีส (Mn²⁺) ฟีนอล เอไมด์ และ กรดฮิวมิก เป็นต้น

ค. สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี

ในการเลือกชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี มีข้อควรพิจารณาดังต่อไปนี้

1. ประสิทธิภาพของการกำจัดสารพิษ
2. ราคาของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษ
3. ความยากง่ายในการจัดเตรียมสารเคมี
4. ประสิทธิภาพของผู้ควบคุมระบบกำจัดสารพิษ
5. ลักษณะของน้ำเสียที่ต้องการกำจัดสารพิษ เช่น พีเอช ปริมาณของแข็งแขวนลอย และความกระด้าง เป็นต้น

สำหรับสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษดังกล่าวข้างต้นมีอยู่ด้วยกันหลายชนิด แต่สารเคมีที่เหมาะสมกับข้อควรพิจารณาข้างต้นมีดังนี้

1. อากาศ หรือ ออกซิเจน
2. โอโซน
3. โพตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO_4)
4. คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)

ตารางที่ 2.4 สารออกซิไดส์ซิงเกิลที่ใช้ในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี

สารออกซิไดส์ซิงเกิล	สารปนเปื้อนที่ต้องการกำจัดออก
อากาศ หรือ ออกซิเจน	ซัลไฟด์ ซัลไฟด์ เฟอร์รัส
แก๊สคลอรีน	ซัลไฟด์
แก๊สคลอรีนและด่าง	ไซยาไนด์
คลอรีนไดออกไซด์	ไซยาไนด์ สารกำจัดแมลง
โซเดียมไฮโปคลอไรท์ (NaOCl)	ไซยาไนด์ ตะกั่ว
แคลเซียมไฮโปคลอไรท์ (Ca(OCl)_2)	ไซยาไนด์
โพตัสเซียมเปอร์แมงกาเนต	ไซยาไนด์ ตะกั่ว กลิ่นจากสารอินทรีย์
เปอร์แมงกาเนต	แมงกานีส
ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2)	ฟีนอล ไซยาไนด์ สารประกอบซัลเฟอร์ ตะกั่ว

ที่กล่าวถึงเป็นเอกสารที่ส่งมอบมาจากการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา

ที่มา : เกรียงศักดิ์ อุคมสินโรจน์ (1996).

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง. สมการเคมีที่เกิดขึ้นจากการกำจัดสารพิษด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี

ในการเลือกสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี จำเป็นต้องเข้าใจถึงสมการเคมีที่เกิดขึ้นดังนี้คือ

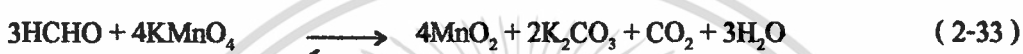
1. ใช้คลอรีน (Cl_2) ในการกำจัดสาร Fe^{2+}



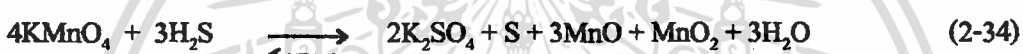
2. ใช้ไอโอดีน (I_2) ในการกำจัดสาร S^{2-}



3. ใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในการกำจัดสารอินทรีย์ของ HCHO



4. โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในการกำจัดสาร ไฮโดรเจนซัลไฟด์



2.3.2.4 การเกิดรีดักชันทางเคมี (Chemical Reduction)

ก. หลักการ

การเกิดรีดักชันทางเคมี เป็นกระบวนการที่เกิดปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มอิเล็กตรอนของอะตอม กระบวนการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีนี้ จึงเป็นกระบวนการที่เปลี่ยนสภาพของมลสารที่อยู่ในน้ำจากมลสารประเภทมีพิษมาก ไปเป็นมลสารที่มีพิษน้อย หรือ ไม่มีดังสมการ

(สภาพมีพิษมาก) \longrightarrow (สภาพมีพิษน้อย)



โครเมียมที่ปล่อยมากับน้ำทิ้งจะอยู่ในรูปโครเมียม (VI) เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการบำบัดโครเมียม (VI) เสียก่อน ทั้งนี้โดยกำจัดโครเมียม (VI) ด้วยปฏิกิริยารีดักชันให้ค่าพีเอชของปฏิกิริยามีค่าเท่ากับ 2-3 ด้วยกรดซัลฟูริก เพื่อให้โครเมียม (VI) เปลี่ยนอยู่ในรูปโครเมียม (III)

การรีดิวซ์โครเมียม (VI) ว่าการรีดิวซ์โครเมียม (VI) ไปเป็นโครเมียม (III) ประสิทธิภาพการรีดิวซ์เกิดไม่ถึง 100% เพราะยังมีโครเมียม (VI) บางส่วนตกค้างอยู่ ซึ่งการตก

ค่าของโครเมียม (VI) ที่เหลืออยู่นั้นขึ้นกับ เวลาในการเกิดปฏิกิริยา ค่าพีเอชของปฏิกิริยาและชนิดของสารรีดิวซ์อีกด้วย

ข. สารพิษที่สามารถถูกกำจัดด้วยวิธีรีดักชันทางเคมี

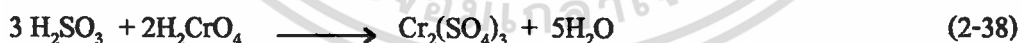
สารพิษที่มีในน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ มีหลายชนิด แต่สารพิษที่สามารถถูกกำจัดด้วยวิธีรีดักชันทางเคมี ได้แก่ โครเมียม ทองแดง โปรท และเงิน เป็นต้น

ค. สารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษด้วยวิธีรีดักชันทางเคมี

ในการเลือกชนิดของสารเคมีที่ใช้ในการกำจัดสารพิษด้วยวิธีรีดักชันทางเคมีจะมีข้อควรพิจารณาเหมือนกับการกำจัดสารพิษด้วยวิธีออกซิเดชันทางเคมี ตัวอย่างสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อกำจัดมลสารในน้ำเสีย

1. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO₂)
2. สารประกอบซัลไฟด์
3. เฟอร์รัสซัลเฟต

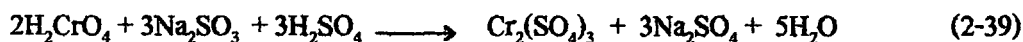
1. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ นิยมใช้เพราะราคาถูก แต่พบว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำอันตรายต่อร่างกายของมนุษย์ เนื่องจากเป็นแก๊สพิษซึ่งสามารถรั่วซึมออกมาสู่ภายนอกได้ เมื่อใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดเป็นกรด จึงไม่จำเป็นต้องเติมกรดอีกเมื่อใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นสารรีดิวซ์จะทำปฏิกิริยากับน้ำเกิดกรดซัลฟูรัส (H₂SO₃) ดังสมการ



2. สารประกอบซัลไฟด์ เนื่องจากซัลเฟอร์ไดออกไซด์สามารถรั่วไหลออกมาได้ จึงมีการใช้สารประกอบซัลไฟด์แทน ที่นิยมใช้คือ

- 2.1 โซเดียมไบซัลไฟด์ (Na₂SO₃)
- 2.2 โซเดียมไฮโครซัลไฟด์ (NaHSO₃)
- 2.3 โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์

การใช้สารประกอบซัลไฟท์ เป็นสารรีดิวซ์ จะทำให้เกิดค่าสูงขึ้น ฉะนั้นจึงต้องเติมกรดเพื่อปรับค่าพีเอชให้เท่ากับ 2-3 ดังนั้นปฏิกิริยารีดักชันระหว่างโครเมียมกับสารประกอบซัลไฟท์ และ กรดซัลฟูริก เป็นดังสมการ



3. เฟอร์รัสซัลเฟต อยู่ในรูปของแข็ง หรืออาจเตรียมเป็นสารละลายก่อนใช้รีดิวซ์โครเมียม (VI) โดยใช้ร่วมกับกรดซัลฟูริกที่พีเอช 2-3 แต่การใช้เฟอร์รัสซัลเฟต จะทำให้เกิดตะกอนมากกว่าการใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ หรือสารประกอบซัลไฟท์ เนื่องจากเหล็ก (II) จะออกซิไดซ์เป็นเหล็ก (III) เมื่อทำปฏิกิริยากับ โครเมียม (VI) และเกิดได้เร็วกว่าที่พีเอชต่ำกว่า 3 ดังนั้นเมื่อกำจัดโครเมียม ที่ผ่านการรีดิวซ์ด้วยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วยสารประกอบไฮดรอกไซด์จะเกิดเฟอร์ริกไฮดรอกไซด์ ($\text{Fe}(\text{OH})_3$) มาก ปฏิกิริยารีดักชันระหว่างเฟอร์รัสซัลเฟตกับ โครเมียม (VI) และกรดซัลฟูริก ดังสมการ



2.3.2.5 การปรับพีเอช (pH Adjustment)

ก. หลักการ

การปรับพีเอชในน้ำเสียมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีทางเคมี เพื่อทำน้ำที่แยกมลสารออกจากน้ำได้ ซึ่งต้องมีพีเอชอยู่ในช่วงเหมาะสม โดยจำเป็นต้องทำการทดลองและใช้ความรู้ทางเคมีเข้าช่วย โดยทั่วไปการปรับพีเอช จะใช้สารเคมี 2 ประเภท คือ ประเภทกรด และประเภทด่าง ซึ่งแล้วแต่ความต้องการในการปรับพีเอช ถ้าต้องการปรับค่าพีเอชให้สูงขึ้นจำเป็นต้องเติมสารประเภทด่าง แต่ถ้าต้องการปรับพีเอชให้ต่ำลงต้องเติมสารประเภทกรด และถ้าต้องการปรับพีเอชให้เป็นกลาง จำเป็นต้องเติมสารใดสารหนึ่งแล้วแต่ค่าพีเอชของน้ำเสียที่ไหลเข้ามา ซึ่งนิยมเรียกรูปแบบนี้ว่า การสะเทิน (Neutralization)

ข. สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับพีเอชให้สูงขึ้น (หรือให้เป็นด่าง) ได้แก่

แคลเซียมคาร์บอเนต	ปูนขาว	น้ำปูนใส (Ca(OH) ₂)
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Mg(OH) ₂)	
โดโลมิติก ควิกไลม์ (Dolomitic quicklime)		โซเดียมไฮดรอกไซด์
โดโลมิติก ไฮเดรตเตด ไลม์ (Dolomitic hydrateed lime)		โซเดียมคาร์บอเนต

ค. สารเคมีที่นิยมใช้ในการปรับพีเอชให้ต่ำลง (หรือให้เป็นกรด) ได้แก่

กรดซัลฟูริก	กรดไฮโดรคลอริก (HCl)
กรดไนตริก (HNO ₃)	แก๊สคาร์บอน ไดออกไซด์ (CO ₂)

ง. ระบบปรับพีเอชของน้ำเสียสภาพกรด

น้ำเสียสภาพกรดสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นกลาง หรือเป็นด่างเล็กน้อยด้วยสารต่าง ๆ ซึ่งสารต่างที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับราคา ความสามารถในการปรับพีเอช อัตราเร็วของปฏิกิริยา การเก็บรักษา และความเหมาะสมในการนำกากตะกอนเคมีไปทิ้ง ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้เช่น

-การใช้ปูนขาว

การใช้ก้อนหินปูนในการปรับปรุงพีเอช ของน้ำเสียที่มีสภาพกรด จะมีปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องดังนี้ คือ



-การใช้น้ำปูนขาว (Lime Slurry Treatment)

ในการปรับพีเอชของน้ำเสียที่มีสภาพกรดจะมีปฏิกิริยาเคมีเหมือนๆ กับการใช้ก้อนปูนขาว วิธีนี้อาจใช้ระบบเพิ่มความร้อน หรือระบบเติมอากาศเข้าไป เพื่อให้ประสิทธิภาพของการปรับพีเอชได้สูงขึ้น

-การใช้ โซเดียมคาร์บอเนต

ในการใช้โซเดียมคาร์บอเนต หรือเรียกว่า Caustic - Soda เคมีผสมลงไปใต้น้ำเสีย ที่มีสภาพกรด จะมีประสิทธิภาพในการปรับพีเอชได้รวดเร็วกว่าและใช้ปริมาณน้อยกว่า แต่จะมีราคาค่อนข้างแพงกว่าปูนขาว และข้อดีของสารเคมีนี้อีกประการคือ ผลของปฏิกิริยาจะมีสภาพละลาย และไม่ก่อให้เกิดการเพิ่มขึ้นของปริมาณความกระด้างแก่แหล่งรองรับน้ำเสีย

จ. ระบบปรับพีเอชของน้ำเสียสภาพต่าง

น้ำเสียสภาพต่างสามารถถูกเปลี่ยนเป็นกลาง หรือเป็นด่างเล็กน้อยด้วยกรดต่างๆ ซึ่งกรดที่จะเลือกใช้ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังที่กล่าวไว้แล้วสำหรับการปรับพีเอชด้วยด่าง สารเคมีที่นิยมใช้ในระบบนี้ได้แก่

- แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
- กรดซัลฟูริก

2.3.3 การบำบัดทางชีวภาพ

กรรมวิธีนี้ใช้น้ำขุ่นน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ หรือสารอนินทรีย์ที่ละลายอยู่โดยอาศัยหลักการ ทำงานของจุลินทรีย์ เช่น แบคทีเรีย สาหร่าย หรือ โปรโตซัวชนิดต่างๆ เป็นต้น โดยจุลินทรีย์ต่างๆ เหล่านี้จะใช้สารอินทรีย์ สารอนินทรีย์ในน้ำเสียเป็นอาหารเพื่อการดำรงชีวิต กรรมวิธีทางชีวภาพที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. การบำบัดแบบใช้ออกซิเจน (Aerobic treatment) โดยใช้แบคทีเรียชนิดใช้ออกซิเจน (Aerobic Bacteria) เพื่อย่อยสลายและเผาผลาญสารอาหารในน้ำเสีย สารประกอบที่ได้จากการบำบัดนี้จะเป็นสารคงตัวและไม่มีกลิ่นเหม็น เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ

ข. การบำบัดแบบไร้ออกซิเจน (Anaerobic Treatment) ใช้แบคทีเรียที่ไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Bacteria) ใช้ในขบวนการบำบัด สารประกอบที่เกิดขึ้นจะมีสารที่ไม่คงตัวและมีกลิ่นเหม็น เช่น แก๊สมีเทน และ แก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นต้น

2.4 เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียทางเคมี

ในการบำบัดน้ำเสียซึ่งมีโลหะหนักอยู่นั้น สามารถทำได้โดยอาศัยกระบวนการอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกันดังต่อไปนี้

1. การตกตะกอนผลึก เป็นการเปลี่ยนรูปโลหะหนักที่ละลายน้ำให้อยู่ในรูปโลหะของแข็ง (Solid) สามารถทำได้ โดยการทำอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้

1.1 การเติมสารละลายเคมีเพื่อไปทำปฏิกิริยากับโลหะหนักโดยตรง เกิดเป็นสารประกอบที่มีความสามารถในการละลายน้ำต่ำ

1.2 การเปลี่ยนสมดุลของปฏิกิริยาเคมี โดยการเติมสารที่ทำให้ความเข้มข้นของโลหะหนักที่ละลายน้ำมีค่าลดลง ได้แก่ การปรับค่าพีเอช

1.3 การเปลี่ยนอุณหภูมิ เป็นการปรับเพื่อให้สารประกอบของโลหะนั้นมีค่าความสามารถในการละลายน้ำลดลง

2. การรวมตะกอน เป็นกระบวนการในการทำให้ตะกอนรวมตัวมีขนาดใหญ่ขึ้น สามารถตกตะกอนได้เร็วขึ้น

3. การตกตะกอน เป็นกระบวนการที่ใช้ในการแยกของแข็งออกจากน้ำ โดยสารประกอบโลหะหนักที่มีความหนาแน่นมากกว่าน้ำ สามารถตกตะกอนได้เร็ว โดยกระบวนการนี้มักจะต่อจากกระบวนการตกตะกอนผลึก และการรวมตะกอน

4. การกรอง เป็นกระบวนการแยกของแข็งออกจากน้ำ เนื่องจากตะกอนบางส่วนที่มีขนาดเล็ก และแขวนลอย ไม่สามารถแยกได้โดยการตกตะกอนเพียงอย่างเดียว

5. ออกซิเดชันและรีดักชัน เป็นกระบวนการทางเคมีที่เปลี่ยนค่าเลขประจุเพื่อให้มีความเป็นพิษน้อยลง และสามารถกำจัดได้ง่ายขึ้น เช่น โครเมียม (VI) เป็น โครเมียม (III)

6. กระบวนการแลกเปลี่ยนประจุ (ion exchange) เป็นกระบวนการทางเคมี น้ำเสียที่มีโลหะหนักที่มีประจุบวกหรือสารประกอบที่มีประจุลบ เมื่อผ่านเรซิน ก็จะถูกจับไว้ในเรซิน ทำให้น้ำทิ้งมีคุณภาพดี แต่หลังจากใช้งานซักระยะหนึ่งประสิทธิภาพจะต่ำลง ต้องมีการฟื้นฟูประสิทธิภาพ (regeneration) และได้น้ำที่มีความเข้มข้นของโลหะหนัก หรือสารประกอบสูงมาก อาจนำกลับมาใช้ใหม่หรือกำจัดด้วยวิธีอื่น

7. การระเหย (evaporation) เป็นการให้ความร้อนในการระเหยน้ำออกไป ทำให้ความเข้มข้นของน้ำเสียสูงขึ้น หรือกลายเป็นกากตะกอน พลังงานที่ใช้มาจากเชื้อเพลิง (fuel) การถ่ายเทความร้อน (heat exchanger) หรือใช้พลังงานแสงอาทิตย์

8. รีเวอร์ส ออสโมซิส (reverse osmosis) เป็นกระบวนการแยกน้ำออกจากน้ำเสีย โดยการยอมให้แรงดันอัดน้ำเสียน้ำผ่านเยื่อ semipermeable membrane ซึ่งเยื่อนี้มีคุณสมบัติยอมให้น้ำและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบางอย่างผ่านไปได้ ดังนั้นจะได้น้ำที่มีความสะอาด และน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูง กระบวนการนี้ต้องใช้พลังงานมาก และต้องมีการควบคุมคุณภาพของน้ำเสียเข้า

9. การดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ถ่านกัมมันต์มีรูพรุนมากมีพื้นที่ผิวต่อน้ำหนักสูง เมื่อมีการสัมผัสกับน้ำเสียทำให้โลหะหนักต่างๆ ในน้ำถูกจับไว้ในช่องรูพรุนต่างๆ ทำให้น้ำทิ้งสะอาด แต่ถ่านกัมมันต์ที่ใช้งานแล้วไม่ควรกำจัด โดยการเผา

หลักในการเลือกใช้กระบวนการต่างๆ อย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างนั้น จะต้องพิจารณาความเหมาะสมต่างๆ ในหัวข้อต่อไปนี้

1. ลักษณะของน้ำเสียก่อนบำบัด
2. คุณภาพของน้ำที่ต้องการ
3. พื้นที่ที่ต้องใช้ทั้งหมด
4. ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสียและตรวจสอบคุณภาพ
5. ความยากง่ายในการเดินระบบและความปลอดภัย
6. ความเป็นไปได้ในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ หรือกากที่ต้องกำจัด

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Chen และคณะ (1988) ศึกษาการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรม ประกอบด้วยโครเมียม ทองแดง นิกเกิล และสังกะสี โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ปรับค่าความเป็นกรด-เบส ของน้ำเสียให้อยู่ในช่วง 1.5-2.5 และผสมเหล็กให้มีพีเอช มากกว่า 5.4

2. ออกซิไดซ์กับออกซิเจนหรืออากาศในภาชนะปิดเป็นเวลา 3-10 นาที แล้วเติมสารละลายต่าง เพื่อปรับค่าความเป็นกรด-เบส การทดลองให้อยู่ในช่วง 8-9

3. ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลามากกว่า 10 นาที แล้วกรองส่วนใส

การทดลองครั้งนี้ทำกับน้ำเสียที่มีโครเมียม (VI) โดยใช้กรดซัลฟูริก ปรับพีเอช 2.4 ผสมกับผงเหล็กนาน 10 นาที ทำให้ค่าความเป็นกรด-เบสไม่ขึ้นเป็น 5.4 เป่าอากาศนาน 3-10 นาที ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ปรับค่าความเป็นกรด-เบส ให้เป็น 8-9 แล้วกรองนำส่วนใสไปวิเคราะห์ พบว่าไม่มีโครเมียม (VI) และมีโครเมียม (III) 0.0006 ส่วนในล้านส่วน

Nuhmanov, Kovalenko and Firsova (1988) ศึกษาปริมาณการใช้ต่างในปฏิกิริยาออกซิเดชันเหล็ก (II) เพื่อตกตะกอนโครเมียม (VI) จากการศึกษาพบว่า ปริมาณการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ มีความสัมพันธ์กับการกำจัดโครเมียม (VI) ออกจากน้ำเสียจากการชุบเคลือบโลหะหนักเมื่อเพิ่มโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันเฟอร์รัสไฮดรอกไซด์ ไปเป็น Fe_3O_4 เพิ่มขึ้น เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาได้ผลิตภัณฑ์เป็นสไปเนลเฟอไรท์

มงคล ปริญญาปริวัฒน์ (1989) อ้างจาก Kreye et al. ได้ศึกษาและปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานชุบสติกเคลือบด้วยสังกะสี พบว่า น้ำเสียที่มีโครเมียม สามารถกำจัดได้โดยการปรับพีเอชที่ 2.5 โดยกรดซัลฟูริก แล้วใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์เป็นสารรีดิวซ์ ความเข้มข้นโครเมียม (VI) เริ่มแรก 20 มก./ล ลดลงเหลือ 0 มก./ล โดยใช้เวลาการทำปฏิกิริยา 30 นาที น้ำเสียของโรงงานจากบ่อชุบและบ่อล้างต่างๆ รวมทั้งน้ำเสียที่ผ่านการรีดิวส์นำมาบำบัดรวมกัน โดยใช้โซดาไฟ เป็นสารปรับพีเอชและตกตะกอนโลหะหนักที่พีเอช 9.5 รวมทั้งมีการเติมสารพอลิเมอร์ประจุลบที่ความเข้มข้น 1 มก./ล อัตราน้ำล้นผิว 2.0 ม./ชม. ผลปรากฏว่า ตะกอนโลหะหนักตกตะกอนได้ดีมาก ของแข็งแขวนลอยถูกกำจัดได้ถึง 96 % ความเข้มข้นของสังกะสีลดลงจาก 52.0 มก./ล เหลือ 0.23 มก./ล ความเข้มข้นของโครเมียมที่ผ่านการรีดิวส์แล้วลดลงจาก 5.5 มก./ล เหลือ 0.43 มก./ล และความเข้มข้นของเหล็กลดลงจาก 14.5 มก./ล เหลือ 0.31 มก./ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

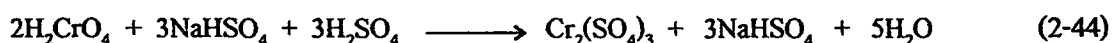
Lin, Zhao and Yan (1990) ศึกษาปฏิกิริยาที่มีโครเมียม พบว่าความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ขึ้นกับค่าพีเอช กล่าวคือในตัวอย่างที่เป็นต่างโครเมียม (VI) อยู่ในรูปของโครเมต (CrO_4^{2-}) ในตะกอนโครเมียม (VI) ควรทำให้ตัวอย่างมีค่าความเป็นกรด-เบส มากกว่า 8 เพราะว่าไดโครเมต ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) มีค่าความต่างศักย์ออกซิเดชัน-รีดักชัน สูงกว่าโครเมต ปฏิกิริยาเปลี่ยนโครเมียม (VI) ไปเป็นโครเมียม (III) เกิดในตัวอย่างที่เป็นกรด ซึ่งพบสารหลายตัวที่สามารถเปลี่ยนไดโครเมตไปเป็นโครเมียม (III) ในการศึกษาครั้งนี้ใช้ตกตะกอนที่ค่าความเป็นกรด-เบส 6.7 เป็นค่าความเป็นกรดเบสที่เหมาะสมคือ สามารถกำจัดออกจากน้ำเสียได้มากที่สุด

จงรักษ์ ผลประเสริฐ และคณะ (1994) ทดลองนำน้ำเสียจากห้องปฏิบัติการที่เก็บไว้ในถังขนาด 1000 ลิตร ผ่านเข้าถังปฏิกรณ์แบบไหลอย่างต่อเนื่องทำการบำบัดแบบ conventional chemical reduction / precipitation พบว่าปูนขาวเหมาะสำหรับการตกตะกอนโลหะหนักโดยใช้ปริมาณมากกว่าน้ำเสีย 4-25 เท่า ส่วนโซเดียมไฮดรอกไซด์ ใช้เพียง 0.5-1.0 เท่าของปริมาณน้ำเสีย ปริมาณของสารตัวรีดิวซ์ ($\text{NaHSO}_4 / \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) ที่ใช้คือ 3 กรัม / น้ำเสีย 50 มิลลิลิตร อัตราการเกิดตะกอนจากการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ปริมาณตะกอนแห้งต่อปริมาณน้ำเสีย) พบว่าเท่ากับ 0.07 ซึ่งน้อยกว่าใช้สารละลายปูนขาว ซึ่งมีอัตราการเกิดเท่ากับ 1.56-1.80

พวงรัตน์ แก้วล้อม (1994) อ้างจาก Yuan (1990) ทดลองนำน้ำเสียที่ผ่านการทดลองวิเคราะห์ค่าซีโอดีมาบำบัด เพื่อให้โลหะหนักอยู่ในรูปตะกอน จากนั้นนำตะกอนของโลหะที่ได้ไปบำบัดโดยใช้หลักการ cementation ซึ่งทำจาก portland cement และ lime-rice husk ash

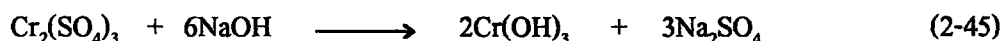
วิธีในการบำบัดน้ำเสียจากการทดลองหาค่าซีโอดี ทำได้โดย

1. นำน้ำเสียมาวัดปริมาณ โครเมียมและปรอท
2. วัดพีเอช และปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าน้อยกว่า 2 เพื่อให้เหมาะสมกับการรีดักชันโครเมียมจากประจุบวกหก เป็นโครเมียมประจุบวกสาม เพื่อให้สามารถตกตะกอนได้ดีในรูปของไฮดรอกไซด์
3. เติมโซเดียมไบซัลเฟตอย่างช้าๆ ใช้เวลาผสมสารเคมีประมาณ 10 นาที เพื่อให้เกิดการรีดักชันตามสมการ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. เดิมโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยใช้เกรดการค้า (commercial grade) เพื่อปรับพีเอชจนมีค่าประมาณ 8.5 ซึ่งจะเกิดการตกตะกอน โลหะหนักอยู่ในรูปของตะกอนไฮดรอกไซด์ ตามสมการ



5. ตั้งทิ้งไว้ให้เกิดการตกตะกอน จากนั้นแยกตะกอนโลหะหนักออกจากร้าน้ำเสีย

6. วัดความเข้มข้นของโครเมียมและปรอท ในน้ำใสที่ผ่านการบำบัดและในตะกอนของโลหะ นำตะกอนที่ได้ของโลหะไปทำ cementation

ผลการทดลองพบว่า ตะกอนโลหะหนักจะอยู่ในรูปของตะกอนไฮดรอกไซด์และปริมาณปรอทที่อยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมีปริมาณน้อยและเป็นไปตามมาตรฐาน คือน้อยกว่า 0.005 มก./ล

ดร. เพ็ชรพร เขวกิจเจริญ และคณะ (1994) การบำบัดโลหะหนักด้วยวิธีการตกตะกอนในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยทดลองใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ กับโซเดียมไฮดรอกไซด์ กำจัดโครเมียม (VI) ให้เป็นโครเมียม (III) พบว่าช่วงพีเอชที่เหมาะสมคือ 9-11 แต่ที่ดีที่สุดคือ 9.0 จะได้น้ำใส (effluent) ได้ตามมาตรฐานน้ำเสีย แต่ต้องผ่านการกรองอีกครั้งหนึ่ง

การกำจัดโลหะสังกะสี ใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ช่วงพีเอช คือ 9-11 แต่ที่ดีที่สุดคือ 9.0 เช่นเดียวกันจะได้ น้ำใส ที่ใสโดยไม่ต้องกรอง

การกำจัดโลหะทองแดง นิกเกิล และ สังกะสี อยู่รวมกัน จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่ช่วงพีเอช 9-11 แต่ที่เหมาะสมที่สุดคือ 9.0 แต่ต้องผ่านการกรองก่อนเช่นเดียวกัน แต่หากต้องการใช้ สารละลายปูนขาวในการกำจัดควรใช้พีเอชในช่วง 9.56-11 หรือที่ 9.5 โดยไม่ต้องผ่านการกรอง

บทที่ 3

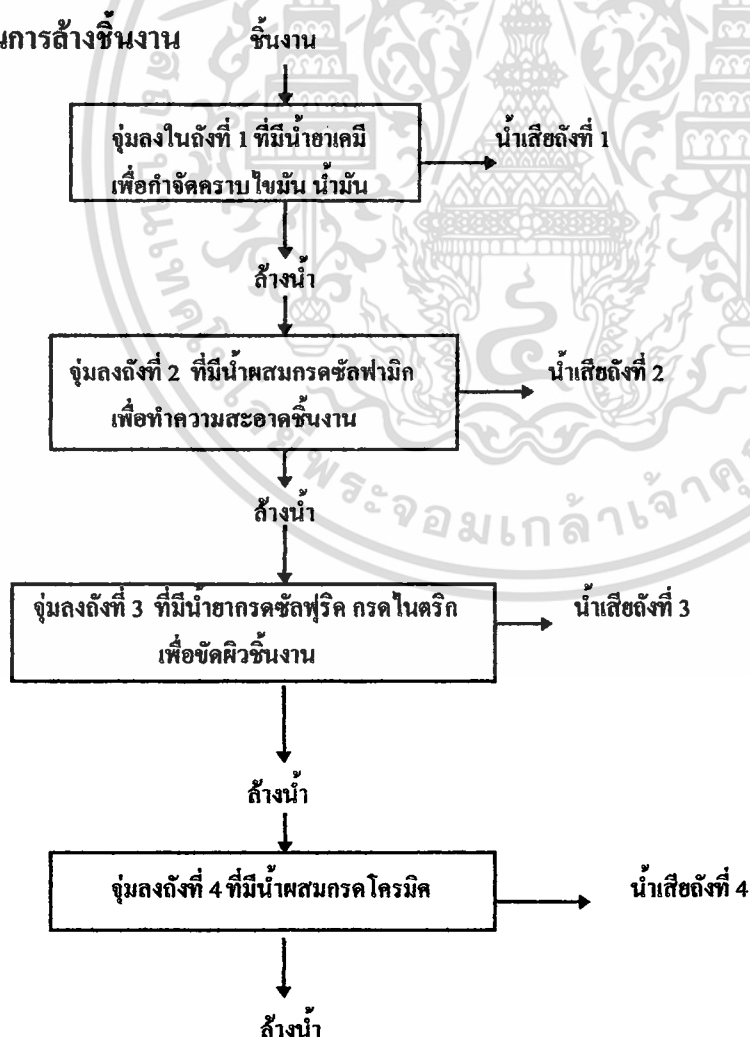
ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน

3.1 ลักษณะของน้ำเสียที่ทำการศึกษา

3.1.1 แหล่งที่มาของน้ำเสีย

น้ำเสียที่นำมาศึกษานี้มาจากโรงงานที่มีการล้างชิ้นส่วนวัสดุด้วยน้ำยา หรือสารเคมี จากโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตชิ้นส่วนขดลวดทองเหลืองและทองแดง โดยการล้างชิ้นงานจะแบ่งออกเป็น 4 จุดใหญ่ ๆ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้จะทำการศึกษาน้ำเสียทั้ง 4 จุด โดยใช้การบำบัดทางเคมี ซึ่งก่อนทำการบำบัดได้มีการศึกษาถึงขั้นตอนการล้างชิ้นงานซึ่งได้ผ่านกระบวนการต่าง ๆ ดังนี้

ขั้นตอนการล้างชิ้นงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังพบว่า น้ำเสียมีลักษณะที่สำคัญ คือ ด่างที่ 1 จะมีปริมาณไขมันอยู่มากที่สุด และค่าพีเอชค่อนข้างเป็นด่าง อยู่ที่ 2, 3, และ 4 มีค่าพีเอชค่อนข้างต่ำกว่า 1 น้ำเสียมีสภาพเป็นกรด และจากการวิเคราะห์เชิงคุณภาพ (ภาคผนวก ก) หาชนิดของโลหะที่เจือปนในน้ำเสียพบว่า มีโลหะหนัก ทองแดง สังกะสี โครเมียม และตะกั่ว ในปริมาณค่อนข้างสูง

3.2 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสีย

1. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียแต่ละจุด เพื่อให้มีค่าพีเอชและปริมาณโลหะหนักได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม

น้ำเสียตั้งแต่ 1 2 และ 3 นำมารวมกันแล้วจึงทำการบำบัดในบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มล. ซึ่งน้ำเสียตั้งแต่ 1 มีสภาพเป็นด่างสามารถไปลดสภาพกรดของน้ำเสียตั้งแต่ 2 และ 3 ลงได้ โดยอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้ไขมันที่เจือปนในน้ำเสียตั้งแต่ 1 มีผลต่อการรวมตัวของตะกอนเบา (Floc) ทำให้ตะกอนตกลงมาจนถึงได้ยากคือ 1 : 1 : 1 จากนั้นใช้การตกตะกอนผลึกในการกำจัดโลหะหนัก ซึ่งในขณะนี้โลหะหนักส่วนมากเป็นทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ช่วงพีเอชที่ศึกษาคือ 8-12 สารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชคือ ปูนขาว และโซเดียมไฮดรอกไซด์

น้ำเสียตั้งแต่ 4 นำมาลดความเป็นพิษของโครเมียมที่มีประจุบวก 6 ให้เป็นประจุบวก 3 ด้วยวิธีการรีดักชัน สารเคมีที่เลือกใช้คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ และเฟอร์รัสซัลเฟต จากนั้นใช้การตกตะกอนผลึกในการกำจัดโลหะโครเมียม สารเคมีที่ใช้ในการปรับพีเอชคือ ปูนขาว และโซเดียมไฮดรอกไซด์

2. ศึกษาวิธีการบำบัดน้ำเสียแบบรวม โดยนำน้ำเสียจากทุกจุดมารวมกันแล้วจึงทำการบำบัด โดยการบำบัดจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอนคือ

- น้ำเสียตั้งแต่ 4 ลดความเป็นพิษของโครเมียมที่มีประจุบวก 6 ให้เป็นประจุบวก 3 ด้วยวิธีการรีดักชัน

- ผสมน้ำเสียตั้งแต่ 4 ที่ผ่านการรีดักชันแล้วเข้ากับน้ำเสียตั้งแต่ 1 2 และ 3 ในอัตราส่วน 1 : 1 จากนั้นทำการตกตะกอนผลึกเพื่อกำจัดโลหะหนัก

การทดลองเพื่อศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียม ทองแดง สังกะสี และ ตะกั่ว จากน้ำเสียในโรงงานผลิตชิ้นส่วนขดลวดทองเหลือง และทองแดง โดยมีเงื่อนไขที่ศึกษาค้าง นี้

1. ปริมาณรีดิวต์ซิงเจนต์ ที่ใช้ (โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ และเฟอร์รัสซัลเฟต) โดยจะ เปลี่ยนแปลงในแต่ละสภาวะเงื่อนไข โดยใช้ในปริมาณ 1.5 และ 2 เท่าของการคำนวณทางทฤษฎี
2. ปริมาณสารสร้างตะกอนผลึกที่ใช้ (โซเดียมไฮดรอกไซด์และปูนขาว) เพื่อให้ได้คุณภาพ น้ำหลังบำบัด (Effluent) มีปริมาณโลหะ โครเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ไม่เกินมาตรฐาน น้ำทิ้งของกรมโรงงานอุตสาหกรรม (ภาคผนวก ข)

3.3 วิธีทำการทดลอง

3.3.1 การศึกษาลักษณะทางเคมีของน้ำเสีย

พารามิเตอร์

วิธีวิเคราะห์

หมายเหตุ

พีเอช (pH)

พีเอชมิเตอร์

METROHM 654

สภาพการนำไฟฟ้า

เครื่องวัดการนำไฟฟ้า

SCHOTT รุ่น CG-855

ซีโอดี

รีฟลักซ์ด้วยโคโครเมต

น้ำมันและไขมัน

การสกัดด้วยซอกซ์เลต

โลหะหนักทั้งหมด

อะตอมมิกแอบซอร์ปชัน

SHIMADZU รุ่น AA-680

(โครเมียม สังกะสี

สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ตะกั่ว ทองแดง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 ขั้นตอนการทดลองการลดความเป็นพิษของโครเมียมด้วยวิธีการรีดักชัน

1. นำบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มล. จำนวน 8 ใบ แต่ละใบเติมน้ำเสียถึงที่ 4 จำนวน 100 มล.
2. เติมสาร ริควิสต์ซิงเอนต์ (ซึ่งในการทดลองนี้คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์) บีกเกอร์ใบที่ 1 - 4 โดยเติมลงไป 1.5 เท่า และใบที่ 5-8 จำนวน 2 เท่าของปริมาณที่ต้องใช้ตาม ทฤษฎี
3. นำบีกเกอร์แต่ละชุดมาวางบนเครื่องจาร์ทเอสท์ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที แล้วกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. ตรวจวัดค่าพีเอช เติมสารสร้างตะกอนผลึก (ซึ่งในการทดลองนี้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์) ในน้ำเสียที่เติมสาร ริควิสต์ซิงเอนต์ แล้วของแต่ละชุด จนได้ค่าพีเอชเป็น 8 9 10 11 และ 12 ตามลำดับ
5. ใช้เครื่องจาร์ทเอสท์กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
6. ตรวจวัดค่าพีเอช แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมงในกรวยอิมฮอฟ (Imhoff cone) เพื่อบันทึกผลปริมาณตะกอนผลึกในหน่วยมิลลิลิตร จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำส่วนใสเพื่อใช้ในการวัดปริมาณ โลหะหนักในน้ำ ส่วนตะกอนผลึกนำไปอบแห้งเพื่อชั่งน้ำหนัก และตั้งเกสลิ
7. ตรวจวัดค่าพีเอชและสภาพการนำไฟฟ้าของ น้ำหลังบำบัด แล้วนำมาเก็บรักษาโดยการเติมกรดให้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 เพื่อนำไปวิเคราะห์โลหะหนักได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอนาไลเซอร์รุ่น สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น AA680 ของบริษัท Shimadzu

3.3.3 ขั้นตอนการตกตะกอนผลึก

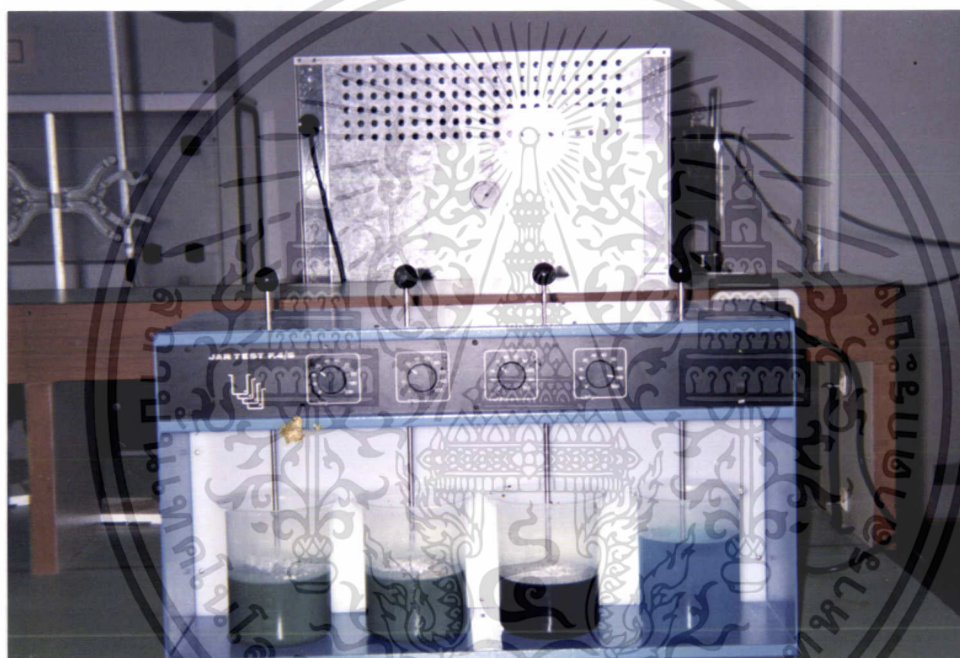
1. นำบีกเกอร์ขนาด 500 มล. จำนวน 4 ใบ เติมน้ำเสียถึงที่ 1 2 และ 3 ที่ผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 : 1 บีเปตมา 100 มล. ใส่บีกเกอร์แต่ละใบ
2. เติมสารสร้างตะกอนผลึก (ซึ่งสารที่ใช้ในการทดลองนี้คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์) ในน้ำเสียจนได้ค่าพีเอช 8 9 10 11 และ 12 ตามลำดับ
3. นำบีกเกอร์แต่ละชุดมาวางบนเครื่องจาร์ทเอสท์ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาที เป็นเวลา 5 นาที แล้วกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตรวจวัดค่าพีเอช แล้วนำไปตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในกรวยอิมฮอฟ (Imhoff cone) เพื่อบันทึกผลปริมาณตะกอนผลึกในหน่วยมิลลิลิตร จากนั้นเก็บตัวอย่างน้ำส่วนบนไว้เพื่อใช้ในการวัดปริมาณโลหะหนักทั้งหมด ส่วนตะกอนผลึกนำไปอบแห้งเพื่อชั่งน้ำหนักและสังกะสี
5. ตรวจวัดค่าพีเอชและสภาพการนำไฟฟ้าของน้ำหลังบำบัด แล้วนำมาเก็บรักษาโดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้นให้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนัก ได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง

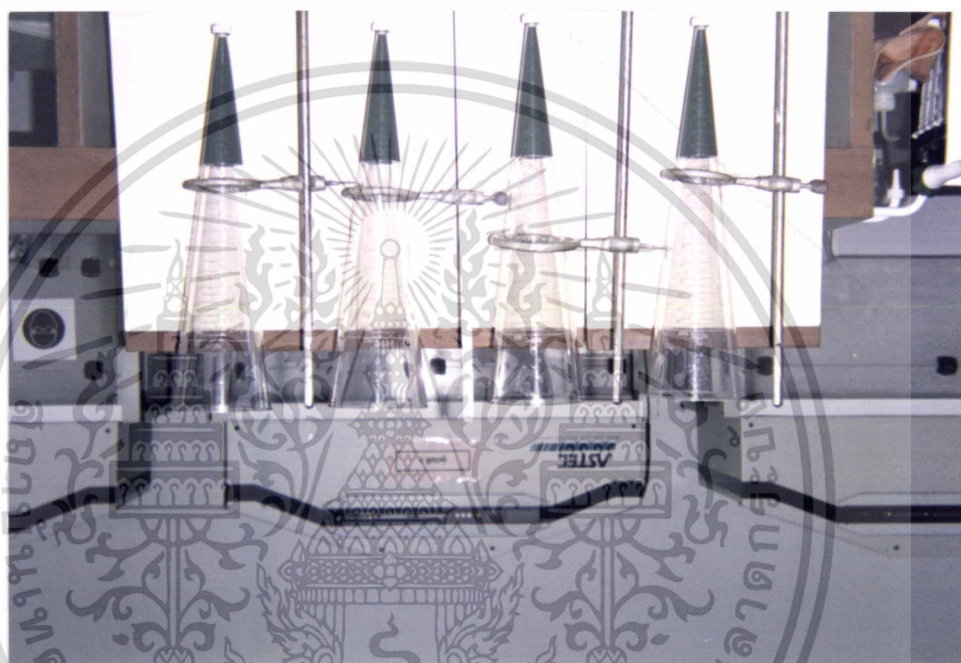
3.3.4 ขั้นตอนการบำบัดน้ำเสียรวมทั้ง 4 ถัง

1. นำบีกเกอร์พลาสติกขนาด 500 มล. เติมน้ำเสียถังที่ 4 เป็นจำนวน 100 มล.
2. เติมนสารรีคิวส์ซิงเอเจนต์ (ในการทดลองนี้ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์) 1.5 เท่าของความต้องการทางทฤษฎี
3. นำบีกเกอร์วางบนเครื่องจาร์เทสท์ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 1 นาที แล้วกวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที
4. ตรวจวัดค่าพีเอช แล้วแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนละ 50 มล. แล้วนำไปผสมอัตราส่วน 1 : 1 กับน้ำเสียถังที่ 1 2 และ 3 (ซึ่งผสมกันในอัตราส่วน 1 : 1 : 1) ให้มีปริมาตรรวม 100 มล.
5. เติมนสารสร้างตะกอนผลึก (ซึ่งสารที่ใช้ในการทดลองคือ โซเดียมไฮดรอกไซด์) จนได้ค่าพีเอชในช่วง 8 -12 นำบีกเกอร์มาวางบนเครื่องจาร์เทสท์ กวนเร็วที่ความเร็วรอบ 150 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 5 นาที กวนช้าที่ความเร็วรอบ 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที
6. ตรวจวัดค่าพีเอช แล้วทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ในกรวยอิมฮอฟ (Imhoff cone) เพื่อบันทึกผลปริมาณตะกอนผลึกในหน่วยมิลลิลิตร เก็บตัวอย่างน้ำส่วนบนเพื่อใช้ในการวัดปริมาณโลหะหนัก ส่วนตะกอนผลึกนำไปอบแห้งเพื่อชั่งน้ำหนักและสังกะสี
7. ตรวจวัดค่าพีเอชและสภาพการนำไฟฟ้าของตัวอย่างน้ำส่วนบน แล้วนำมาเก็บรักษาโดยการเติมกรดไนตริกเข้มข้นให้มีค่าพีเอชต่ำกว่า 2 เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักทั้งหมด ได้แก่ โครเมียม ตะกั่ว สังกะสี และทองแดง
8. ใช้น้ำเสียปริมาตรมากขึ้น โดยนำน้ำเสียจากถังที่ 1 2 และ 3 (ซึ่งผสมกันแล้วในอัตราส่วน 1 : 1 : 1) จำนวน 250 มล. มาผสมกับน้ำเสียถังที่ 4 ที่ผ่านการรีคิวส์โครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) แล้ว จำนวน 250 มล. ไปทำการทดลองตามขั้นตอน 4 - 7



รูปที่ 3.1 แสดงการทดลองโดยใช้เครื่องจาร์เทสท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงการทดสอบการตกตะกอนด้วยกรวยอิมฮอฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสีย

ในการทดลองได้ทำการศึกษาหาลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสีย โดยการวัดค่าความเป็นกรด-เบส ค่าการนำไฟฟ้า ซีโอดี ปริมาณไขมัน และปริมาณโลหะหนักรวม พบว่า

น้ำเสียถังที่ 1 ซึ่งเป็นน้ำที่ชะล้างคราบไขมันออกจากชิ้นงาน จึงทำให้น้ำมีค่าพีเอชค่อนข้างเป็นด่างอยู่ในช่วง 10.70 - 11.36 ปริมาณไขมันเฉลี่ย 122.7 มก./ล. และมีปริมาณโลหะหนักค่อนข้างน้อย พบ โครเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว 0.078 1.94 2.04 และ 2.11 มก./ล. ตามลำดับ

น้ำเสียถังที่ 2 ได้จากการนำชิ้นงาน ซึ่งได้แก่ ขดลวดทองแดงและขดลวดทองเหลือง มากำจัดคราบสกปรกด้วยกรดซัลฟามิก จึงทำให้น้ำมีค่าพีเอชต่ำ อยู่ในช่วง 0.87 - 1.56 และมีปริมาณโลหะ โครเมียม ทองแดง สังกะสี และ ตะกั่ว 1.24 2,928 170 และ 21.4 มก./ล. ตามลำดับ

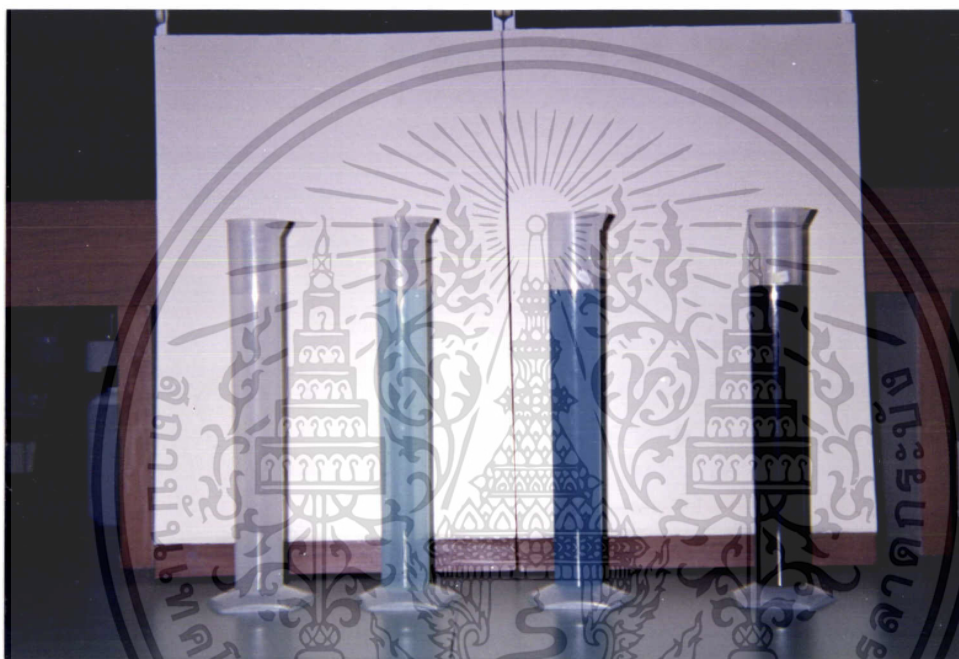
น้ำเสียถังที่ 3 ได้จากการขัดผิวชิ้นงานด้วยสารละลายกรดซัลฟูริกและกรดไนตริก จึงมีค่า พีเอชต่ำกว่า 0 และมีปริมาณโลหะหนักค่อนข้างมากพบโครเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว 55.2 27,286 13,855 และ 99.0 มก./ล. ตามลำดับ

น้ำเสียถังที่ 4 ได้จากการนำชิ้นงาน มาล้างด้วยกรดโครมิก มีค่าพีเอชต่ำกว่า 0 นอกจากนี้ยังมีปริมาณโลหะหนักค่อนข้างมากพบ โครเมียม ทองแดง สังกะสี และตะกั่ว 42,275 17,920 2,571 และ 34.7 มก./ล. ตามลำดับ

ค่าความเป็นกรด-เบส การนำไฟฟ้า ซีโอดี ปริมาณไขมัน และปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียที่นำมาศึกษา ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวอย่างน้ำ แสดงในรูปที่ 4.1

ตาราง 4.1 แสดงผลการวิเคราะห์ลักษณะน้ำเสียที่นำมาศึกษา

พารามิเตอร์	น้ำถังที่1		น้ำถังที่2		น้ำถังที่3		น้ำถังที่4	
	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย	ช่วง	ค่าเฉลี่ย
1. พีเอช	10.70-11.36	10.98	0.870-1.560	1.28	<0-0.290	0.09	<0-0.600	0.24
2. สภาพการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/เซนติเมตร)	17.65-23.30	20.83	37.74-132.9	74.18	2210-3382	2,947.00	89.00-165.0	121.7
3. ซีโอดี (มก.ออกซิเจน/ลิตร)	3469-7632	5,137	176.0-295.0	237.8	968.2-2065	1544	1730-1955	1,849
4. ไนมัน(มก./ลิตร)	98.07-165.9	122.7	-	14.40	-	48.60	-	29.20
5. โลหะหนัก(ppm)								
โครเมียม	0.03-0.13	0.08	0.44-2.03	1.24	46.6-63.8	55.2	36420-48130	42,275
ทองแดง	0.08-3.80	1.94	2478-3379	2,928	20625-33948	27,287	12370-23570	17,920
สังกะสี	0.90-3.18	2.04	142-197	170	6330-21380	13,855	1777-3365	2,571
ตะกั่ว	2.06-2.16	2.11	19.8-23.0	21.4	94.5-104	99.0	30.2-39.2	34.7



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะทางกายภาพของน้ำเสียถึงที่ 1 2 3 และ 4 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียถังที่ 2 และถังที่ 3 โดยการตกตะกอนผลึกทางเคมี

เนื่องจากน้ำเสียถังที่ 2 และถังที่ 3 มีค่าพีเอช ต่ำกว่า 0 จึงนำมาผสมกับน้ำเสียถังที่ 1 ซึ่งมีค่าพีเอชเป็นค่าคง ในอัตราส่วน 1:1:1 ปริมาตรรวม 100 มล. พบว่าค่าพีเอช ยังคงต่ำกว่า 0 จึงทำการตกตะกอน เปรียบเทียบระหว่าง การใช้ปูนขาว และ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

การคำนวณทางทฤษฎี

ปริมาณปูนขาวที่ต้องใช้ในการปรับพีเอชและตกตะกอนโลหะหนัก คือ 44.943 กรัม ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 13.63 นอร์มัล จะใช้ 117.6 มล. ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหาสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม ซึ่งแสดงในตารางที่ 4.2 ได้ผลดังนี้

- เมื่อใช้ปูนขาวจำนวน 7.14 กรัม หรือ 1.59 เท่า เติมน้ำลงในน้ำเสีย 100 มล. พบว่าค่าพีเอชเพิ่มจากต่ำกว่า 0 เป็น 1 แต่ไม่เกิดตะกอน

- เมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาณ 18 มล. หรือ 1.53 เท่า เติมน้ำลงในน้ำเสีย 100 มล. พบว่าค่าพีเอชเพิ่มจากต่ำกว่า 0 เป็น 2 และเมื่อเพิ่มปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็น 23 มล. หรือ 1.96 เท่า ค่าพีเอชเพิ่มเป็น 4.98 และเริ่มเกิดการตกตะกอนของโลหะหนัก

ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงเลือกใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นสารสร้างตะกอน

4.2.1 ผลการใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 13.63 นอร์มัล ในการตกตะกอนผลึก

ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ เริ่มตั้งแต่ 21 ถึง 24 มล. ค่อน้ำเสียผสม ปริมาตร 100 มล. จะทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 4.3 โดยค่าพีเอชของน้ำเสียเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 5.76 - 13.35 และทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.4 โดยค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้งหมดคือ 9.10 โดยให้คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนดังนี้ ปริมาณโครเมียม 0.85 มก./ล. ทองแดง 1.06 มก./ล. สังกะสี 1.12 มก./ล. และตะกั่ว 0.27 มก./ล.

ตาราง 4.2 แสดงผลการทดลองหาสารสร้างตะกอนที่เหมาะสม โดยการเติมสารสร้างตะกอนในน้ำเสีย 100 มล.

สารสร้างตะกอน	ปริมาณที่ใช้		พีเอช	การเกิดตะกอน
	หน่วย	อัตราส่วน		
น้ำเสียก่อนบำบัด	-	-	<0	-
ปูนขาว (กรัม)	3.08	0.69 เท่า	ประมาณ 1	ไม่เกิด
	5.13	1.14 เท่า	ประมาณ 1	ไม่เกิด
	7.14	1.59 เท่า	ประมาณ 1	ไม่เกิด
โซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)	14.0	1.19 เท่า	ประมาณ 1	ไม่เกิด
	18.0	1.20 เท่า	ประมาณ 2	ไม่เกิด
	23.0	1.96 เท่า	4.98	เริ่มเกิดตะกอน

ตาราง 4.3 แสดงผลลักษณะทางกายภาพและเคมีของน้ำถัง 1, 2 และ 3 หลังบำบัด

น้ำตัวอย่าง ถังที่	พีเอช	สภาพการนำ ไฟฟ้า(ไมโคร ซีเมนต์/ซม.)	สีของน้ำหลัง บำบัด	สีตะกอน เปียก	สีตะกอนแห้ง	ปริมาตร ตะกอน (มล.)
1, 2 และ 3	5.76	244.67	ฟ้าใส	เขียวเข้ม	ฟ้ามเขียว	74
	6.57	369.67	ใสเหลืองจาง	เขียวขี้ม้า	เทา	78
	8.74	308.33	ใส	เขียวฟ้า	เขียวเข้ม	74
	9.10	390.00	ใสเหลืองจาง	เขียวขี้ม้า	ดำ	50
	10.00	411.33	ใสเหลืองจาง	เขียวขี้ม้า	น้ำตาล	51
	13.35	289.67	ใสเขียวอ่อน	เขียวแก่	น้ำตาล	36

ตาราง 4.4 แสดงค่าความเข้มข้นปริมาณโลหะหลังการบำบัด

น้ำตัวอย่าง ถังที่	พีเอช	ปริมาณโลหะหนักก่อนบำบัด(มก./ล.)				ปริมาณโลหะหนักหลังบำบัด(มก./ล.)				มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน(มก./ล.)			
		โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1,2 และ 3	5.76	22.0	8002	2176	43.0	1.27	578	2060	1.83	≤05	≤ 1.0	≤5.0	≤0.2
	6.57					0.24	11.4	820	NIL				
	8.74					2.12	2.28	2.32	0.19				
	9.10					0.85	1.06	1.12	0.27				
	10.00					1.64	1.52	2.50	0.00				
	13.35					0.11	27.6	27.6	5.44				

หมายเหตุ อัตราส่วนน้ำที่ทดสอบ 1:1:1 ปริมาตร 100 มล.

NIL หมายถึง ตรวจไม่พบปริมาณโลหะหนัก

4.3 การลดความเป็นพิษของโครเมียม

จากผลการทดลองโดยใช้รีดิวต์ซิงเอเจนต์ 2 ชนิด คือ เพอร์รัสซัลเฟต และ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ พบว่าโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ มีความสามารถในการเปลี่ยนโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) ได้ดีที่สุด โดยได้มีการทดลองหารีดิวต์ซิงเอเจนต์ ที่เหมาะสมดังนี้

การคำนวณทางทฤษฎี

- ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) ที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) คือ 32.003 กรัม ต่อ น้ำเสีย 1 ลิตร

- ปริมาณเพอร์รัสซัลเฟต ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) ที่ต้องใช้ในการเปลี่ยนโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) คือ 187.20 กรัม ต่อ น้ำเสีย 1 ลิตร

จากการทดลองหา รีดิวต์ซิงเอเจนต์ ที่เหมาะสมซึ่งแสดงในตารางที่ 4.5 ได้ผลดังนี้

- ใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์เป็น รีดิวต์ซิงเอเจนต์ พบว่า เมื่อเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ ในปริมาณ 6.4098 กรัม หรือ 1 เท่าทางทฤษฎี ในน้ำเสีย 200 มล. ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเสียจะลดลงจาก 0.2244 โมล/ล. เป็น 0.0300 โมล/ล. และเมื่อเพิ่มโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ เป็น 9.4582 กรัม หรือ 1.48 เท่า ความเข้มข้นของโครเมียมลดลงเป็น 0.0013 โมล/ล.

- ใช้เพอร์รัสซัลเฟตเป็น รีดิวต์ซิงเอเจนต์ พบว่า เมื่อเติมเพอร์รัสซัลเฟตในปริมาณ 37.5019 กรัม หรือ 1 เท่าทางทฤษฎี ในน้ำเสีย 200 มล. ความเข้มข้นของโครเมียมในน้ำเสียจะลดลงจาก 0.2244 โมล/ล. เป็น 0.1111 โมล/ล. และเมื่อเพิ่มปริมาณเพอร์รัสซัลเฟตเป็น 57.5202 กรัม หรือ 1.53 เท่า ความเข้มข้นของโครเมียมลดลงเป็น 0.0915 โมล/ล.

จากผลการศึกษาจึงเลือกใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ เป็น รีดิวต์ซิงเอเจนต์ ในการทดลองต่อไป

4.3.1 การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ในการเปลี่ยนโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III)

นำน้ำเสียถึงที่ 4 ปริมาณ 100 มล. เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ปริมาณ 1.5 เท่าทางทฤษฎี ทำการกวนเร็ว 150 รอบ ต่อ นาที เป็นเวลา 1 นาที และกวนช้า 30 รอบต่อนาทีเป็นเวลา 30 45 และ 60 นาที โดยจะทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 4.6 และทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.7 ระยะเวลากวนช้าที่เหมาะสมคือ 45 นาที จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้ดีที่สุด โดยให้คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนดังนี้ ปริมาณโครเมียม 35.71 มก./ล. ทองแดง 1.58 มก./ล. สังกะสี 0.61 มก./ล. และตะกั่ว 0.09 มก./ล.

ตาราง 4.5 การทดลองหา ริควีร้ซิงเอเจนต์ ที่เหมาะสม เปรียบเทียบระหว่าง โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์และเฟอร์ริสซัลเฟต
 ในน้ำเสีย 200 มิลลิลิตร

ริควีร้ซิงเอเจนต์	ปริมาณที่ใช้		ความเข้มข้นของโครเมียม(VI) ไมล/ลิตร
	กรัม	อัตราส่วน	
น้ำเสียก่อนบำบัด	-	-	0.2244
โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์	6.4098	1 เท่า	0.0300
	9.4582	1.48 เท่า	0.0013
เฟอร์ริสซัลเฟต	37.5019	1 เท่า	0.1111
	57.5202	1.53 เท่า	0.0915

ตาราง 4.6 แสดงผลทางกายภาพและเคมีของน้ำถัง 4 โดยมี การเปลี่ยนแปลงเวลาการกวนซ้ำ

น้ำ ตัวอย่าง ถังที่	เวลาการ กวนซ้ำ (นาที)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₃	พีเอช	สภาพการนำ ไฟฟ้า(ไมโคร ซีเมนต์/ซม.)	สีของน้ำหลัง บำบัด	สีตะกอน เปียก	สีตะกอน แห้ง	ปริมาณตะกอน (มล.)
4	30	1.5 เท่า	13.24	333.67	เขียวอ่อนใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	98
	45	1.5 เท่า	13.22	386.00	ใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	84
	60	1.5 เท่า	13.27	374.50	ใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	84

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง 100 มล.

ตาราง 4.7 แสดงความเข้มข้นของโลหะหนักในน้ำถังที่ 4 โดยมีการเปลี่ยนแปลงเวลาการวนซ้ำ

น้ำตัวอย่าง ถังที่	เวลาการกรวน ซ้ำ (นาที)	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₅	ปริมาณโลหะก่อนบำบัด (มก./ล.)				ปริมาณโลหะหลังบำบัด (มก./ล.)				ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน			
			โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
4	30	1.5 เท่า	36420	12270	3365	30.2	72.1	9.62	3.99	0.24	≤0.5	≤1.0	≤5.0	≤0.2
	45	1.5 เท่า					35.7	1.58	0.67	0.09				
	60	1.5 เท่า					40.2	1.98	4.68	0.06				

4.3.2 การปรับพีเอชของน้ำขณะเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

นำน้ำเสียถึงที่ 4 ปริมาณ 100 มล. เติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ปริมาณ 1.5 เท่าทางทฤษฎี ทำการควบคุมค่าพีเอชขณะกวนให้ต่ำกว่า 2.5 โดยเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 95.5 % ปริมาณ 0.6 มล. พบว่าการเปลี่ยนโครเมียม (VI) เป็นโครเมียม (III) โดยเติมโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1.5 เท่า พร้อมทั้งควบคุมค่าพีเอชด้วยนั้น ให้ผลดีกว่าการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ ในปริมาณ 2 เท่าโดยจะทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 4.8 และทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.9 โดยให้คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนดังนี้ ปริมาณโครเมียม 30.9 มก./ล. ทองแดง 12.6 มก./ล. สังกะสี 2.57 มก./ล. และตะกั่ว 2.02 มก./ล.

4.4 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียทั้ง 4 ถัง

4.4.1 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียแบบรวม 4 ถัง โดยใช้ปริมาณน้ำรวม 100 มล.

นำน้ำเสียถึงที่ 4 ที่ผ่านการลดความเป็นพิษของโครเมียมด้วย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์แล้วปริมาตร 50 มล. มาผสมกับน้ำเสียจากถังที่ 1 ถึงที่ 2 และถังที่ 3 ซึ่งผสมกันด้วยอัตราส่วน 1:1:1 ปริมาตร 50 มล. จะมีปริมาตรรวม 100 มล. และทำการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 16 -17 มล. ได้ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.26 - 10.65 จะทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 4.10 และทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.11 โดยพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้งหมดคือ 9.40 โดยให้คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนดังนี้ ปริมาณโครเมียม 9.42 มก./ล. ทองแดง 11.4 มก./ล. สังกะสี 1.24 มก./ล. และตะกั่ว 1.94 มก./ล.

4.4.2 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียแบบรวม 4 ถัง โดยเพิ่มปริมาณน้ำเป็น 500 มล.

นำน้ำเสียถึงที่ 4 ที่ผ่านการลดความเป็นพิษของโครเมียม ด้วย โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์แล้ว ปริมาตร 250 มล. มาผสมกับน้ำเสียจากถังที่ 1 ถึงที่ 2 และถังที่ 3 ซึ่งผสมกันด้วยอัตราส่วน 1:1:1 ปริมาตร 250 มล. จะมีปริมาตรรวม 500 มล. และทำการเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร 70 - 80 มล. ได้ค่าพีเอชอยู่ในช่วง 7.20 - 10.44 จะทำให้ลักษณะทางกายภาพและทางเคมีของน้ำเสียเปลี่ยนแปลงไปดังตารางที่ 4.12 และรูปที่ 4.2 และทำให้ปริมาณโลหะหนักในน้ำเสียลดลงดังแสดงในตารางที่ 4.13 โดยพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักทั้งหมดคือ 9.62 ซึ่งที่สภาวะพีเอชดังกล่าวจะมีการแยกชั้นของตะกอนชัดเจน สามารถดึงตะกอนออกจากชั้นน้ำใสได้ และให้คุณภาพน้ำหลังการตกตะกอนดังนี้ ปริมาณโครเมียม 0.62 มก./ล. ทองแดง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.14 มก./ล. สังกะสี 1.95 มก./ล. และตะกั่ว 0.44 มก./ล. และมีประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนักสูงสุดคือ 99.99 % ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ซึ่งปริมาณสังกะสีที่เหลือมีน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 1.95 มก./ล. ส่วนโลหะหนักอีก 3 ชนิดมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย (โครเมียม ทองแดง และตะกั่ว ไม่มากกว่า 0.5 มก./ล. 1.0 มก./ล. 0.2 มก./ล. ตามลำดับ) ต้องทำการบำบัดต่อก่อนปล่อยทิ้ง โดยนำน้ำหลังผ่านการตกตะกอนโลหะหนักไปกักเก็บไว้ในสระแล้วใช้ผักตบชวาช่วยดูดซับโลหะหนัก

4.5 การประเมินค่าใช้จ่ายของสารเคมี

สภาวะที่เหมาะสม คือ การใช้สารรีดิวซ์ซิงเอเจนต์ คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟท์ เท่ากับ 1.5 เท่าของความต้องการทางทฤษฎี และการปรับพีเอชเท่ากับ 9.62 โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 14.62 นอร์มัล ปริมาณ 0.84 เท่า ของความต้องการทางทฤษฎี ซึ่งที่สภาวะดังกล่าวสามารถลดปริมาณโลหะหนักเหลือต่ำที่สุด

ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลิตร เท่ากับ 3.46 บาท แบ่งเป็น

สารรีดิวซ์ซิงเอเจนต์	ปริมาณ 45.8419 กรัม	ราคาต่อหน่วย 20 บาท/กิโลกรัม
สารตกตะกอน	ปริมาณ 97.5 กรัม	ราคาต่อหน่วย 26 บาท/กิโลกรัม

ตาราง 4.8 แสดงผลทางกายภาพและเคมีของน้ำถึง 4 หลังบำบัด ที่มีการควบคุมพีเอชแตกต่างกัน

น้ำ ตัวอย่าง ถึงที่	การคุมพีเอช ขณะรีติวล์	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	พีเอช	สภาพการนำ ไฟฟ้า(ไมโคร ซีเมนต์/ซม.)	สีของน้ำ หลังบำบัด	สีตะกอน เปียก	สีตะกอน แห้ง	ผลการตกตะกอน (มล.)
4	ไม่คุมพีเอช	1.5 เท่า	13.24	333.67	เขียวอ่อนใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	98
	คุมพีเอช	1.5 เท่า	11.75	351.33	ใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	97
	ไม่คุมพีเอช	2.0 เท่า	12.42	386.83	เขียวอ่อนใส	เขียวเข้ม	เขียวเข้ม	97

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่ใช้ในการทดลอง 100 มล.

ตาราง 4.9 แสดงค่าความเข้มข้นโลหะหนักหลังการบำบัดในน้ำถึง 4

น้ำตัวอย่าง ถังที่ 4	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$	ปริมาณ NaOH 13.63 N (มล.)	พีเอช	ปริมาณโลหะหนักก่อนบำบัด(มก./ล.)				ปริมาณโลหะหนักหลังบำบัด(มก./ล.)				ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง(มก./ล.)			
				โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
ก	1.5 เท่า	18	11.75	36420	12270	3365	30.2	30.9	12.6	2.57	2.02	≤ 0.5	≤ 0.1	≤ 5.0	≤ 0.2
ข	1.5 เท่า	18	13.24					72.1	9.62	3.99	0.24				
ค	2.0 เท่า	18	12.42					45.2	30.5	2.98	1.35				

หมายเหตุ ก หมายถึง ควบคุมพีเอชขณะเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

ข หมายถึง ไม่ควบคุมพีเอชขณะเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

ค หมายถึง ไม่ควบคุมพีเอชขณะเติม $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$

ปริมาณน้ำที่ทำการทดสอบ 100ml.

ตาราง 4.10 แสดงผลทางกายภาพและเคมีของน้ำผสมทั้ง 4 ถัง ที่ใช้ปริมาณน้ำในการทดลอง 100 มล.

น้ำ ตัวอย่าง ถังที่	ปริมาณ Na ₂ S ₂ O ₅	พีเอช	สภาพการนำ ไฟฟ้า(ไมโคร ซีเมนต์/ซม.)	สีของน้ำหลัง บำบัด	สีตะกอน เปียก	สีตะกอนแห้ง	ปริมาณตะกอน (มล.)
1,2,3 และ 4	1.5 เท่า	7.26	278.33	ใสเหลืองจาง	เขียวเข้ม	เขียวสด	92
	1.5 เท่า	9.40	294.33	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	96
	1.5 เท่า	10.22	304.33	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	94
	1.5 เท่า	10.65	310.33	ใส	เขียวเข้ม ปนเหลือง	น้ำตาลปน เขียว	95

หมายเหตุ อัตราส่วนผสมน้ำที่ใช้ในการทดลอง (1:2:3):4 = 50:50 มล.

ตาราง 4.11 แสดงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักหลังบำบัด โดยวิธีดีเอสน้ำถึง 4 ก่อนผสมรวมถึง 1, 2 และ 3

น้ำตัวอย่าง ถังที่	พีเอช	ปริมาณโลหะหนักก่อนบำบัด(มก./ล.)				ปริมาณโลหะหนักหลังบำบัด(มก./ล.)				มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน(มก./ล.)			
		โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1,2,3 และ 4	7.26	18220	10136	2770	36.54	11.7	17.3	7.65	1.71	≤05	≤ 1.0	≤5.0	≤0.2
	9.40					9.42	11.4	1.24	1.95				
	10.22					17.2	22.5	1.21	NIL				
	10.65					35.8	27.4	3.32	1.48				

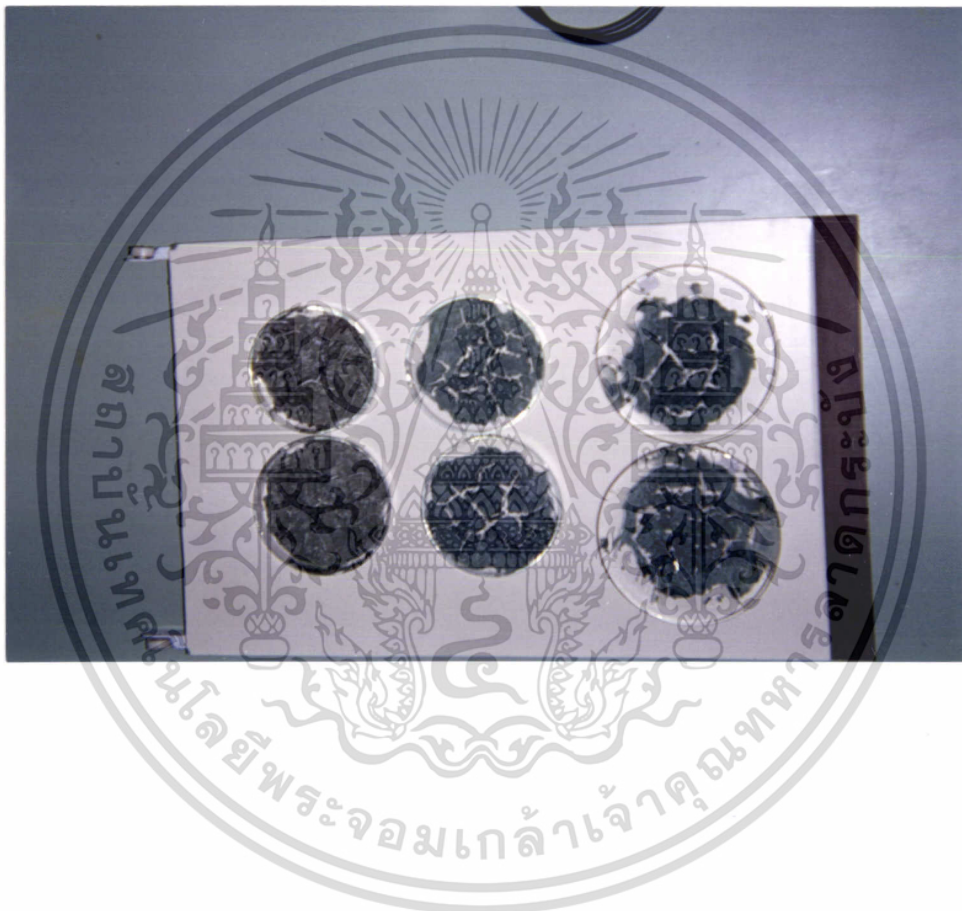
หมายเหตุ อัตราส่วนผสมน้ำถึง (1:2:3) : 4 = 50:50 มล. ปริมาณน้ำรวมเท่ากับ 100 มล.

NIL หมายถึง ตรวจไม่พบปริมาณโลหะหนัก

ตาราง 4.12 แสดงผลทางกายภาพของน้ำผสมทั้ง 4 ถัง ที่ปริมาณน้ำ 500 มล.

น้ำตัวอย่าง ถึงที่	ปริมาณ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ (กรัม)	ปริมาณ NaOH (มล.)	พีเอช	สภาพการนำ ไฟฟ้า (ไมโคร ซีเมนต์/ซม.)	สีของน้ำ หลังบำบัด	สีตะกอน เบี่ยง	สีตะกอน แห้ง	ปริมาตร ตะกอน (มล.)
1,2,3และ4	1.5 เท่า	70	7.20	280	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	360
	1.5 เท่า	76	7.96	304	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	400
	1.5 เท่า	78	9.62	318	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	390
	1.5 เท่า	80	10.44	320	ใส	เขียวเข้ม	เขียวสด	390

หมายเหตุ อัตราผสมน้ำเป็น(1:2:3):4 = 250:250 รวมปริมาตรน้ำ 500 มล.



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของตะกอนหลังการบำบัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 4.13 แสดงค่าความเข้มข้นของโลหะหนักหลังการบำบัด โดยวิธีวัดน้ำถึง 4 ก่อนผสมรวมกับน้ำถึง 1,2 และ 3

น้ำตัวอย่าง ถึงที่	พีเอช	ปริมาณโลหะหนักก่อนบำบัด(มก./ล.)				ปริมาณโลหะหนักหลังบำบัด(มก./ล.)				มาตรฐานน้ำทิ้งโรงงาน(มก./ล.)			
		โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว	โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว
1,2,3 และ 4	7.20	21148	12961	2374	38.8	2.13	3.60	16.5	NIL	≤05	≤ 1.0	≤5.0	≤0.2
	7.96					1.97	1.80	3.60	0.08				
	9.62					0.62	1.14	1.95	0.44				
	10.44					1.32	0.27	153	0.18				

หมายเหตุ อัตราส่วนน้ำที่ทำการทดลอง (1:2:3):4 = 250:250 ปริมาณน้ำรวมเท่ากับ 500 มล

NIL หมายถึง ตรวจไม่พบปริมาณโลหะหนัก

ตาราง 4.14 แสดงประสิทธิภาพการบำบัดแบบรวม 4 ถึง

น้ำตัวอย่าง ถึงที่	พีเอช	ปริมาณโลหะหนักก่อนบำบัด(มิล/ลิตร)				รวม	ปริมาณโลหะหนักหลังบำบัด(มิล/ลิตร)				รวม	ประสิทธิภาพ (%)
		โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว		โครเมียม	ทองแดง	สังกะสี	ตะกั่ว		
1,2,3และ4	7.20	0.41	0.20	0.04	1.87×10^{-4}	0.65	4.10×10^{-5}	5.66×10^{-5}	2.52×10^{-4}	NIL	3.50×10^{-4}	99.94
	7.96						3.79×10^{-5}	2.83×10^{-5}	5.50×10^{-6}	3.86×10^{-7}	1.22×10^{-4}	99.98
	9.62						1.19×10^{-6}	1.79×10^{-6}	2.98×10^{-6}	2.12×10^{-6}	6.17×10^{-5}	99.99
	10.44						2.54×10^{-5}	4.25×10^{-6}	2.34×10^{-3}	8.69×10^{-7}	2.37×10^{-3}	99.63

หมายเหตุ ปริมาณน้ำที่ใช้ทำการทดลอง 500 มล.

NIL หมายถึง ตรวจไม่พบปริมาณโลหะหนัก

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

การศึกษาหาวิธีการบำบัดน้ำเสียของน้ำเสียทั้ง 4 ถังจากกระบวนการล้างผิวชิ้นงานขดลวดทองแดงและขดลวดทองเหลืองของโรงงาน พบว่า วิธีที่เหมาะสม คือ การลดความเป็นพิษของโครเมียม (VI) ให้อยู่ในรูป โครเมียม (III) ในน้ำถังที่ 4 ด้วยสารรีดิวซ์ซิงเอเจนต์ จากนั้นจึงนำมาผสมกับน้ำผสมของถังที่ 1 2 และ 3 (อัตราส่วน 1:1:1) ด้วยอัตราส่วน 1:1 แล้วทำการตกตะกอนผลึกทางเคมี ก่อนนำบัตตรวจพบปริมาณโลหะหนัก ทองแดง สังกะสี โครเมียม และ ตะกั่ว ตกค้างอยู่ในปริมาณเฉลี่ย 12,961 2,374 21,148 และ 38.8 มก./ล. ตามลำดับ และเมื่อบำบัดแล้วจะมีปริมาณโลหะหนักในน้ำเหลืออยู่ 1.14 1.95 0.62 0.44 มก./ล. ตามลำดับ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนักโดยรวมสูงสุดคือ 99.99 % (คำนวณในหน่วยโมล/ลิตร) ซึ่งปริมาณสังกะสีที่เหลือมีน้อยกว่าค่ามาตรฐานคือ 1.95 มก./ล. ส่วนโลหะหนักอีก 3 ชนิดมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานเล็กน้อย (ค่ามาตรฐานของโครเมียม ทองแดง และตะกั่วไม่มากกว่า 0.5 มก./ล. 1.0 มก./ล. และ 0.2 มก./ล. ตามลำดับ) จึงต้องทำการบำบัดก่อนปล่อยทิ้งวางระบายน้ำสาธารณะ โดยนำน้ำหลังผ่านการตกตะกอนโลหะหนักไปกักเก็บไว้ในบ่อ แล้วใช้ผักตบชวาช่วยดูดซับโลหะหนัก ต่อไป

จากผลการทดลองทั้งหมดสามารถสรุปได้ดังนี้

1. วิธีการบำบัดที่ใช้คือ การรีดักชันทางเคมี (Chemical Reduction) ร่วมกับการตกตะกอนผลึกทางเคมี (Chemical Precipitation)
2. ปริมาณสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 14.62 นอร์มัล ที่ใช้เท่ากับ 78 มล. ค่อน้ำเสีย 500 มล. หรือ 0.84 เท่าของความต้องการทางทฤษฎี
3. ปริมาณการใช้ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์เป็นสาร รีดิวซ์ซิงเอเจนต์ ที่เหมาะสม ร่วมกับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ 22.9210 กรัม ค่อน้ำเสีย 500 มล.
4. เวลาที่ใช้ในการกวนช้าเพื่อลดค่าความเป็นพิษของโครเมียม เมื่อเติมสารรีดิวซ์ซิงเอเจนต์ คือ 30 นาที

5.2 วิจารณ์ผลการทดลอง

เนื่องจากปริมาณโลหะหนักเริ่มต้นในน้ำเสียค่อนข้างสูงและมีค่าพีเอชต่ำมากๆ ดังนั้นในขั้นตอนการตกผลึก จึงใช้ค่าที่มีความเข้มข้นสูงถึง 14.62 นอร์มัล ซึ่งปริมาณค่าที่เพิ่มขึ้น 0.001 มล. จะทำให้ค่าพีเอชของน้ำ 1 ลิตร เปลี่ยนแปลงจาก 7 เป็น 8 ทำให้การบันทึกผลการเปลี่ยนแปลงพีเอชไม่ละเอียด รวมทั้งเมื่อพีเอชสูงกว่า 11 ค่าที่อ่านได้จากพีเอชมิเตอร์จะมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้ เนื่องจากเกิดอัลคาไลน์เออเรอร์ (Alkaline Error)

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองนี้ได้มีการใส่สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ช่วยในการสร้างตะกอน และพบว่าจะทำให้การตกตะกอนเกิดได้เร็วขึ้น แต่เนื่องจากไม่ได้หาปริมาณสารพอลิอิเล็กโทรไลต์ที่เหมาะสม จึงไม่ได้แสดงผลการทดลองในบทที่ 4 ดังนั้นสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาการบำบัดน้ำเสียที่มีลักษณะคล้ายกับการทดลองนี้ ควรมีการทดลองใส่สารพอลิอิเล็กโทรไลต์ช่วยในการสร้างตะกอนด้วย จะทำให้ประหยัดเวลาในการบำบัดน้ำเสียแต่ละครั้ง

2. การบำบัดด้วยวิธีทางเคมี จะก่อให้เกิดปัญหาการตกตะกอนที่เป็นพิษ ดังนั้นควรลดปริมาณน้ำเสียในแต่ละขั้นตอนการดำเนินงานให้น้อยที่สุด รวมทั้งก่อนเปลี่ยนถ้าน้ำยาเคมี ควรมีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของน้ำยา

3. ศึกษาหาทางเลือกต่างๆ ในการสกัดโครเมียม สังกะสี ทองแดง กลับมาใช้ใหม่ หรือทำการแลกเปลี่ยนของเสียกับโรงงานที่มีน้ำเสียสภาพต่าง เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านสารเคมี



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ของตัวอย่างน้ำ

1. พีเอช

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดความเป็นกรด - เบส (654 pH meter บริษัท Metrohm)
2. บีกเกอร์

วิธีการวัด

1. ใช้น้ำกลั่นชนิดล้างอิเล็กโทรดและคาโลเมลอิเล็กโทรดให้สะอาด โดยใช้กระดาษทิชชูชนิดเนื้อละเอียดซับน้ำให้แห้ง
2. ปรับเครื่องมือให้ได้ค่ามาตรฐานตามคำแนะนำในคู่มือของเครื่องนั้น ๆ ด้วยสารละลายมาตรฐานที่มีค่าพีเอช ใกล้เคียงกับค่าของน้ำเสียตัวอย่างที่จะวัด
3. ใช้น้ำกลั่นชนิดล้างอิเล็กโทรดอีกครั้ง ซับน้ำให้แห้ง
4. วัดค่าพีเอชของน้ำตัวอย่าง (โดยตัวอย่างที่นำมาวัดต้องมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิของสารละลายมาตรฐานในข้อ 2)

หมายเหตุ รายละเอียดคนนอกเหนือจากที่กล่าวนี้ ศึกษาได้จากคู่มือประจำเครื่อง

2. สภาพการนำไฟฟ้า

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. เครื่องวัดการนำไฟฟ้า รุ่น CG 855 บริษัท SCHOTT
2. เทอร์โมมิเตอร์
3. เซลล์การนำไฟฟ้า (conductivity cell)

สารเคมี

1. น้ำกลั่นซึ่งมีความนำไฟฟ้าจำเพาะ (specific conductance) น้อยกว่า 1 ไมโครซีเมนส์/ซม.
2. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 โมลาร์/ลบ.คม.

วิธีวัด

1. หาความคงที่ของเซลล์ (cell constant)

ล้างเซลล์การนำไฟฟ้าด้วยสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 โมล/ลบ.ซม. อย่าง

น้อย 2 ครั้ง ปรับอุณหภูมิของเครื่องให้เท่ากับอุณหภูมิของสารละลายให้มีอุณหภูมิไม่ต่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า ± 0.1 องศาเซลเซียส วัดความต้านทานของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์และจดอุณหภูมิไว้

C = ความคงที่ของเซลล์มีหน่วย cm^{-1} ที่ t องศาเซลเซียส

R = ความต้านทานของสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ 0.01 โมล/ลบ.ซม. ที่วัดได้มีหน่วยเป็น โอห์ม

t = อุณหภูมิของสารละลายเป็นองศาเซลเซียส

2. วิธีวัดค่าสภาพนำไฟฟ้า ณ อุณหภูมิห้อง

2.1 วัดอุณหภูมิของตัวอย่างน้ำก่อน

2.2 ปรับ Temp Knob ให้ได้อุณหภูมิในข้อ 1.

2.3 วัดสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิในข้อ 1.

3. การคำนวณค่าสภาพนำไฟฟ้าที่ 25 องศาเซลเซียส

เมื่อ G_t = สภาพนำไฟฟ้าที่วัดเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างน้ำมีค่าเท่ากับ t องศาเซลเซียส

K = ค่าคงที่มีค่าประมาณ 0.015-0.024

วิธีหาค่า K คำนวณได้จากค่าสภาพนำไฟฟ้าที่อุณหภูมิแตกต่าง 2 ค่า

เมื่อ G_{t1} = สภาพนำไฟฟ้าที่วัด ณ อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ t_1

G_{t2} = สภาพนำไฟฟ้าที่วัด ณ อุณหภูมิของน้ำเท่ากับ t_2

หมายเหตุ : G_{t1} อาจหาได้จากตัวอย่างน้ำ ณ อุณหภูมิห้อง ส่วน G_{t2} หาได้โดยอุ่นน้ำให้ร้อนขึ้น และรีบวัด t_2 และ G_{t2}

3. การหาค่าซีโอดีด้วยวิธีการรีฟลักซ์แบบเปิด (OpenReflux Method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ขวดเออร์เลนเมเยอร์ หรือขวดก้น แบบขนาดความจุ 250-500 มล. ปากขวดเป็นแบบ Ground - Glass Joint ขนาด 24/40 (ใช้เป็นขวดรีฟลักซ์)
2. เครื่องควมแน่นหรือคอนเดนเซอร์ซึ่งมี Jacket ขนาด 300 มม. และต่อได้พอดีกับขวดเออร์เลนเมเยอร์
3. เตาแผ่น (Hot Plate) ซึ่งสามารถให้ความร้อนได้อย่างน้อย 1.4 วัตต์ / ตร.ซม. ที่ผิวหน้าเตา
4. บิวเรต ขนาด 50 มล.

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโพแทสเซียม ไดโครเมต (Standard Potassium Dicromate Solution) 0.25 นอร์มัล
ละลายโพแทสเซียมไดโครเมต ($K_2Cr_2O_7$) ซึ่งอบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชม. หนัก 12.259 กรัม ในน้ำกลั่นแล้วเติมกรดซัลฟามิก 120 มก. ละลายให้เข้ากัน เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 1,000 มล. ในขวดดวง
2. กรดซัลฟูริกและซิลเวอร์ซัลเฟต
ซึ่งซิลเวอร์ซัลเฟต (Ag_2SO_4) 8.8 กรัม ใส่ลงในกรดซัลฟูริกเข้มข้น 1 ลิตร ตั้งทิ้งไว้ 1-2 วัน เพื่อให้ซิลเวอร์ซัลเฟตละลายได้ทั้งหมดก่อนนำไปใช้ต่อไป
3. สารละลายเฟอร์โรอินดิเคเตอร์ (Ferroin Indicator Solution)
ละลาย 1,10-ฟีแนนโทรีน โมโนไฮเดรต ($1,10\text{-Phenanthroline Monohydrate}$, $C_{12}H_8N_2 \cdot H_2O$) 1.485 กรัม และเฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate , $FeSO_4 \cdot 7H_2O$) 695 มก. ในน้ำกลั่นแล้วเจือจางเป็น 100 มล.
4. สารละลายมาตรฐานเฟอร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต (Standard FAS) 0.05 นอร์มัล
ละลายเฟอร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 19.6 กรัม ในน้ำกลั่นเติมกรดซัลฟูริกเข้มข้น 20 มล. แล้วเจือจางเป็น 1,000 มล. ด้วยน้ำกลั่นเนื่องจากความเข้มข้นของเฟอร์รัสแอม โมเนียมซัลเฟต (FAS) ไม่คงที่และจะลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นต้องหาคความเข้มข้นที่แน่นอนทุกวันที่ใช้ โดยเทียบกับสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต ดังนี้ ปิเปตสารละลายมาตรฐานโพแทสเซียมไดโครเมต 5.0 มล. ใส่ในขวดรูปกรวย เติมน้ำกลั่น 50 มล. แล้วค่อยๆเติมกรดซัลฟูริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้มข้น 15 มล. ทิ้งให้เย็น ไตเตรตด้วยเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินเป็นอินดิเคเตอร์ จุดยุติเป็นสีน้ำตาลแดงจดปริมาณ FAS ที่ใช้

$$\text{ความเข้มข้นของ FAS, นอร์มัล (N)} = \frac{5.0 \times 0.25}{\text{มล. ของ FAS ที่ใช้}}$$

5. เมอคิวริกซัลเฟต (Mercuric Sulfate, HgSO_4) เป็นผลึกหรือผง
วิธีวิเคราะห์

1. เติมตัวอย่างน้ำที่จะวิเคราะห์ 10 มล. หรือใช้ตัวอย่างน้ำน้อยกว่า แต่เติมน้ำกลั่นให้เป็น 10 มล. ลงในขวดรีฟลักซ์ เติมเมอร์คิวริกซัลเฟต 0.2 กรัม ใส่ลูกแก้วขนาดจิว 5-6 เม็ด แล้วจึงเติมสารละลายมาตรฐาน โปแตสเซียมไดโครเมต 5.0 มล. เขย่าให้เข้ากัน

2. นำขวดรีฟลักซ์ในข้อ 1. ต่อเข้ากับเครื่องรีฟลักซ์ เปิดน้ำหล่อเย็น เติมกรดซัลฟูริกซัลเฟอร์ซัลเฟต 15 มล. ลงที่ปากคอนเดนเซอร์ ซึ่งกรดจะไหลไปยังขวดรีฟลักซ์เอง เปิดไฟแล้วรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง นำขวดรีฟลักซ์ออกและทำให้เย็น

3. ทำแบลนด์พร้อมด้วยตัวอย่างน้ำโดยใช้น้ำกลั่น 10 มล. ใช้สารเคมีต่างๆ เหมือนกับตัวอย่างน้ำ ทำการรีฟลักซ์เช่นเดียวกับตัวอย่างน้ำทุกประการ

4. เมื่อรีฟลักซ์ครบ 2 ชม. แล้วปิดไฟทิ้งให้เย็น แล้วเติมน้ำกลั่นลงที่ปากเครื่องรีฟลักซ์ 40 มล. เพื่อล้างไอสาร ภายในคอนเดนเซอร์ แล้วจึงปิดน้ำหล่อเย็น

5. นำขวดรีฟลักซ์มาไตเตรดหาปริมาณโปแตสเซียมไดโครเมตที่เหลือด้วยสารละลายเฟอร์รัสแอมโมเนียมซัลเฟต โดยใช้เฟอร์โรอินประมาณ 2-3 หยด เป็นอินดิเคเตอร์ ควรใช้ปริมาณอินดิเคเตอร์เท่าๆ กันทุกตัวอย่าง จุดยุติจะมีการเปลี่ยนแปลงจากเหลืองเป็นฟ้าอมเขียว และเป็นสีน้ำตาล จดปริมาณ FAS ที่ใช้ไตเตรต

การคำนวณ

$$\text{ซีไอดี, มิลลิกรัม } \text{O}_2 / \text{ลิตร} = \frac{(A-B) \times N \times 8000}{\text{มล. ตัวอย่างที่ใช้}}$$

มล. ตัวอย่างที่ใช้

เมื่อ A = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตแบลนด์

B = มล. ของ FAS ที่ใช้ในการไตเตรตตัวอย่าง

N = ความเข้มข้นของ FAS เป็นนอร์มัลลิตี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การวิเคราะห์ไขมันและน้ำมันในน้ำเสียแบบสกัดด้วยซอกซ์เลต(Soxhlet Method)

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดสกัดซอกซ์เลต
2. เครื่องดูดสุญญากาศ (Vacuum pump)
3. กรวยบุนเนอร์ เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 ซม.
4. เครื่องอังน้ำ
5. ขวดสกัด (Extraction flask) 250 มล.
6. เครื่องชั่งละเอียด
7. ตู้อบ
8. กระจกกรองเบอร์ 40 ขนาด 7 ซม.
9. เอกซ์แทรคชันทิมเบิล (Extraction thimble paper)
10. ลูกแก้ว

สารเคมี

1. กรดเกลือเข้มข้น
2. เฮกเซน (n-Hexane) หรือ ฟรีออน
3. Diatomaceous - Silica filta Aid Suspension ความเข้มข้น 10 กรัมต่อน้ำกลั่น 1 ลิตร
4. สำลี

วิธีวิเคราะห์

1. เก็บตัวอย่างน้ำ 1 ลิตร (หรือปริมาณน้อยกว่า) ปรับพีเอช ด้วยกรดเกลือเข้มข้นให้น้อยกว่า 2 (ใช้ประมาณ 5 มล. ต่อน้ำตัวอย่าง 1 ลิตร)
2. เตรียมแผ่นกรองดูดซับน้ำมัน โดยวางกระจกกรองในกรวยบุนเนอร์แล้วเทสารแขวนลอย Diatomaceous Silica เข้มข้น 10 กรัม/ลิตร จำนวน 100มล. ลงไป ใช้เครื่องดูดสุญญากาศดูดน้ำออก แล้วล้างด้วยน้ำกลั่นประมาณ 1 ลิตร ดูดน้ำออกจนแห้ง
3. กรองตัวอย่างน้ำที่เตรียมจากข้อ 1. ผ่านบนกระจกกรองที่มีแผ่นกรองดูดซับน้ำมันอยู่ (ข้อ 2.) ดูดน้ำออกจนแห้ง
4. ใช้คีมคีบกระจกกรองนำไปใส่ในทิมเบิล ใช้สำลีชุบเฮกเซน เช็ดไขมันที่ติดด้วยบุนเนอร์ให้หมดแล้วนำสำลีใส่ในทิมเบิลด้วย
5. นำทิมเบิล ไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ไล่เม็ด แก้วให้เต็มทิมเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

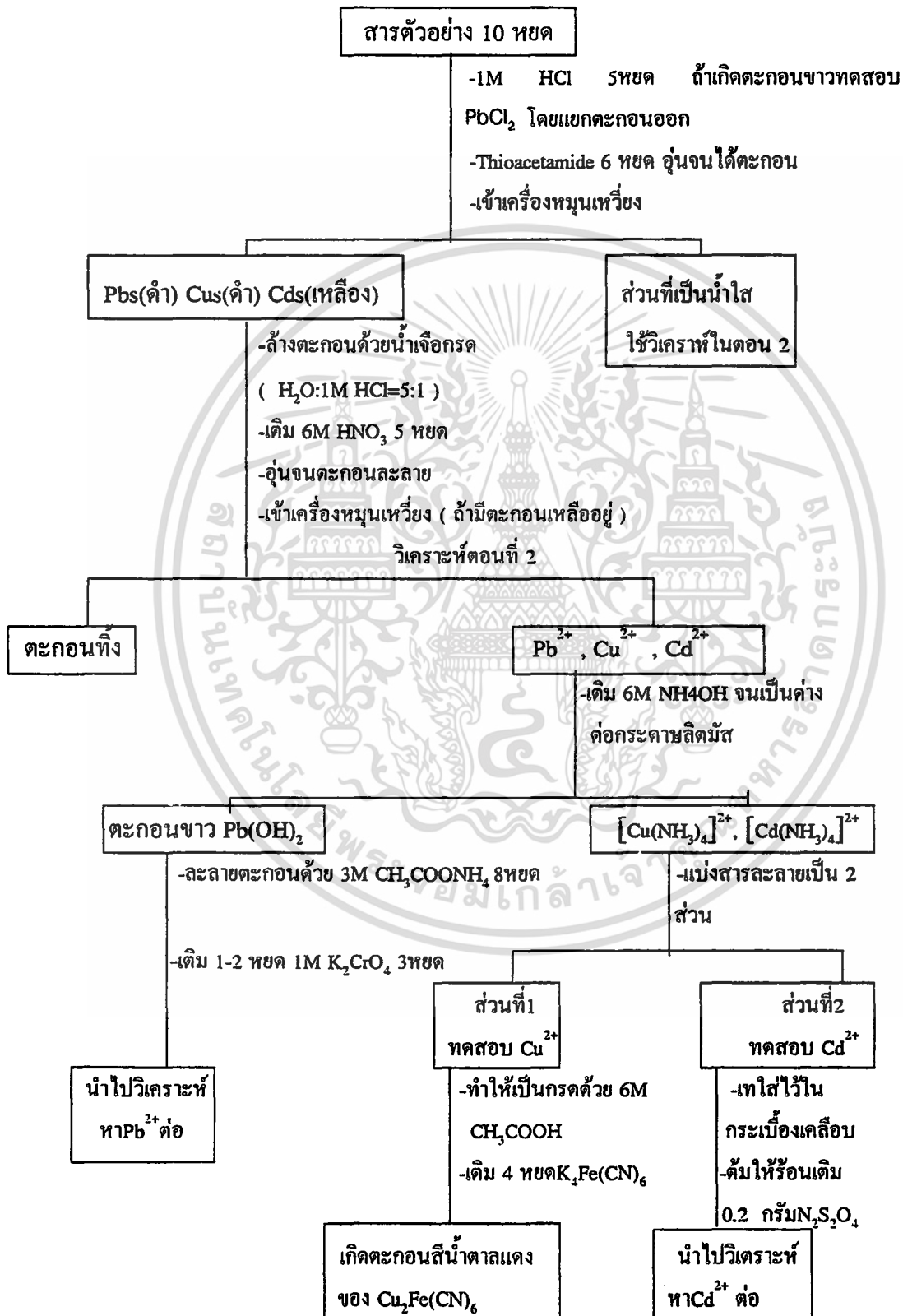
6. ชั่งน้ำหนักขวครีฟลักซ์ที่ใช้สกัด ซึ่งได้ทำให้แห้งและมีน้ำหนักคงที่ (อบแห้งที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส) สมมติเท่ากับ A กรัม ใส่เฮกเซนลงในขวครีฟลักซ์สกัด 200 มล.
7. นำทิมเบิลใส่ในชุดชอกกเกลตซ์ ทำการสกัดโดยใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายด้วยอัตรา 20 รอบ/ชั่วโมง เป็นเวลา 4 ชม. โดยนับจากเริ่มสกัดรอบแรกโดยทำการต่อเครื่องมือ
8. กลับเฮกเซนจากขวคสกัดในเครื่องอังน้ำที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ออกจนแห้ง (สามารถนำเฮกเซนกลับไปใช้ได้ใหม่)
9. ปล่อยให้ขวครีฟลักซ์สกัดให้เย็นในโถทำแห้ง 30 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนัก สมมติเป็น B กรัม

การคำนวณ

ไขมันและน้ำมัน (มก./ล.)	=	$(B-A) \cdot 10^6$
		ปริมาณตัวอย่าง (มิลลิกรัม)

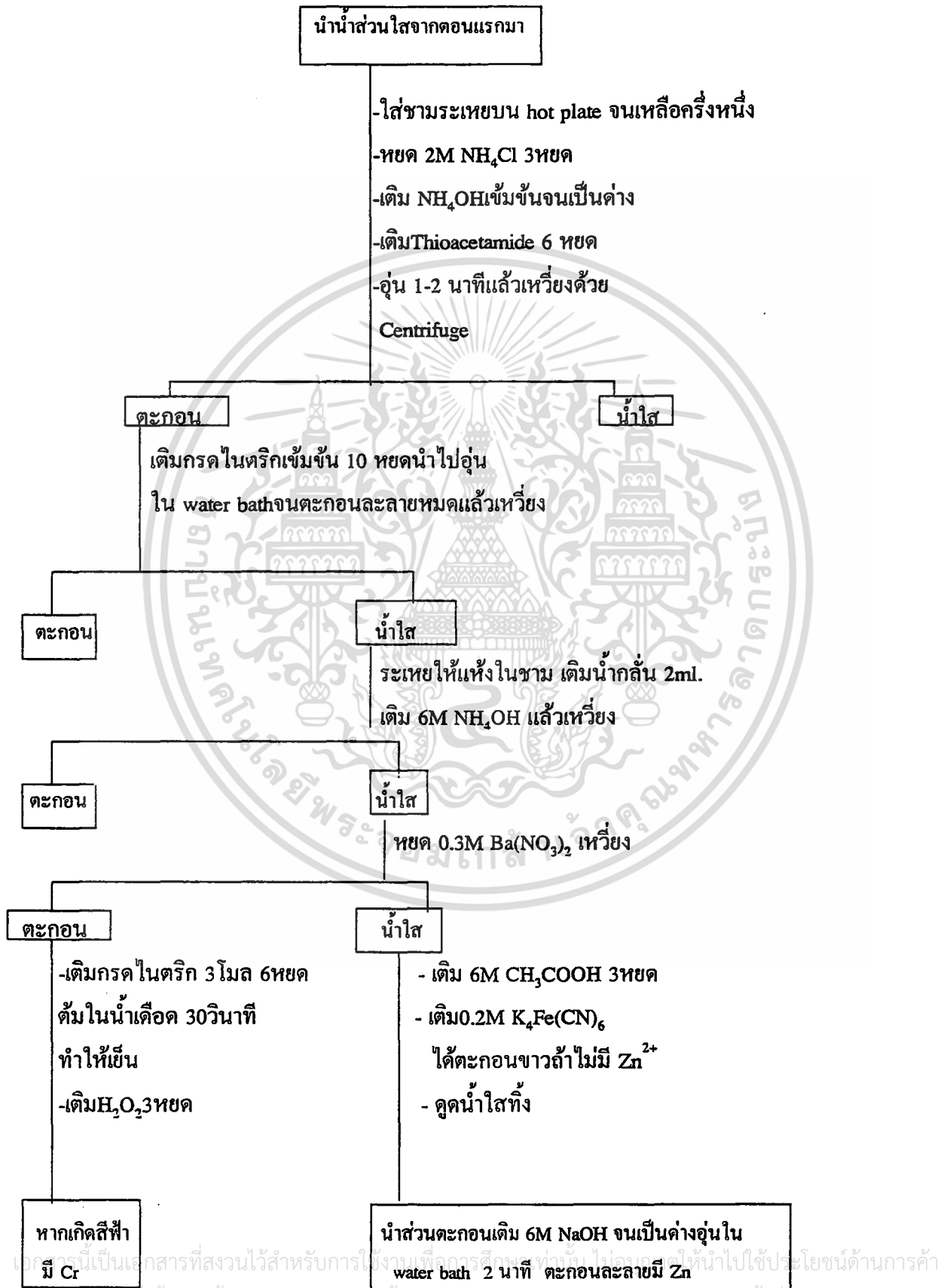
5. การตรวจวัดไอออนของโลหะ (Cu^{2+} , Cr^{6+} , Zn^{2+})

สามารถทำการตรวจวัดได้โดยทำตาม flow chart ตามข้างล่างดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **สรุปว่ามี Cu^{2+}** เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตเห็นาเบ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอนที่ 2



ภาคผนวก ข

มาตรฐานน้ำทิ้ง

มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ก) ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ลักษณะน้ำทิ้ง	หน่วย	ค่ามาตรฐาน	หมายเหตุ
1) ความเป็นกรด - ด่าง (pH)	-	5 - 9	
2) โลหะหนัก - สังกะสี (Zn) - โครเมียม (Cr) - ทองแดง (Cu) - ปรอท (Hg) - ตะกั่ว (Pb) - นิกเกิล (Ni)	มก. / ล (mg / l)	> 5.0 > 0.5 > 1.0 > 0.005 > 0.2 > 0.2	โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 3.0 มก./ล โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 0.2 มก./ล โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 0.002 มก./ล โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 0.02 มก./ล โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 0.2 มก./ล
3) น้ำมันและ ไขมัน (Oil & Grease)	มก./ล (mg / l)	> 5.0	- โรงกลั่นน้ำมันและโรงงานผสม น้ำมันหล่อลื่นและจาระบี ไม่มาก กว่า 15.0 มก. / ล - โรงงานเกี่ยวกับการถลุงโลหะ สังกะสี ไม่มากกว่า 5 มก. / ล
4) สารแขวนลอย (Suspended Solids)	มก./ล (mg / l)	ขึ้นอยู่กับอัตราส่วน ผสมระหว่างน้ำทิ้ง กับน้ำในลำน้ำ สาธารณะ	อัตราส่วนผสม 1/8 ถึง 1/150 ไม่มากกว่า 30 มก./ ล 1/151 ถึง 1/300 ไม่มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			60มก./ล 1/301 ถึง 1/500 ไม่มากกว่า 150 มก./ล
5) บีโอดี (5 วัน) ที่อุณหภูมิ 20 °ซ (BOD 5 days, at 20 °C	มก./ล (mg / l)	> 20	ค่าของบีโอดี อาจแตกต่างกันไปได้ แล้วแต่ภูมิประเทศหรือลักษณะ การระบายตามที่พนักงานเจ้าหน้าที่ ที่เห็นสมควรแต่ต้อง ไม่มากกว่า 60 มก./ล ยกเว้น 1. โรงงานทำอาหารจากสัตว์น้ำ และบรรจุในภาชนะที่ผนึกและ อากาศเข้าไม่ได้ ไม่มากกว่า 100 มก./ล 2. โรงงานหมัก ฟอกหนังสัตว์ ไม่มากกว่า 100 มก./ล 3. โรงงานผลิตแป้งมันสำปะหลัง - โดยวิธีเหวี่ยงแยกแป้งแล้วทำ ให้แห้งด้วยลมร้อน ไม่มากกว่า 60 มก./ล - โดยวิธีแยกแป้งด้วยการตก ตะกอนแล้วทำให้แห้งบนพื้น อังไฟ ไม่มากกว่า 100 มก./ล 4. โรงงานผลิตอาหารจากแป้ง เป็นเส้นหรือจีน(ประเภท ก๋วยเตี๋ยว , ขนมจีน , เส้นหมี่ เป็นต้น) ไม่มากกว่า 100 มก./ล 5. โรงงานผลิตเยื่อกระดาษจาก ไม้ซ่านอ้อย หญ้า เศษผ้า ฯลฯ ไม่มากกว่า 100 มก./ล 6. โรงงานห้องเย็นชนิดแกะล้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

			แล้วแช่แข็งสัตว์น้ำ ไม่มากกว่า 100 มก./ล
6) อุณหภูมิ (Temp.)	$^{\circ}\text{ซ} (^{\circ}\text{C})$	> 40	
7) สี หรือ กลิ่น (Color & Odor)	-	ไม่เป็นที่น่ารังเกียจ	

หมายเหตุ : $>$ = ไม่มากกว่า

แหล่งที่มาของข้อมูล : ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ออกตามความในพระราชบัญญัติ
โรงงาน พ.ศ. 2512 ฉบับที่ 12 (2525) เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงาน
ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 99 ตอนที่ 33 (ฉบับพิเศษ) ลงวันที่ 5 มีนาคม 2525 และ ฉบับ
ที่ 10 (2518) เรื่อง หน้าที่ของผู้รับใบอนุญาตประกอบกิจการ โรงงานเฉพาะประเภทลู่โลหะ
สังกะสี ตีพิมพ์ในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 95 ตอนที่ 132 ลงวันที่ 28 พฤศจิกายน 2521 (ภาค
ผนวก ง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

การคำนวณ

การคำนวณปริมาณสารเพื่อใช้บำบัดน้ำเสียแบบผสมรวม 4 ถัง ซึ่งมีปริมาตรน้ำเป็น 500 มล.

1. การหาปริมาณรีดิวส์ซิงเจนต์

ความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ในน้ำเสียจากการไทเทรตกับสารละลายมาตรฐาน โซเดียมไทโอซัลเฟต คือ 0.4286 โมล/ลิตร

จาก



กรดโครมิกจำนวน 4 โมล ทำปฏิกิริยาพอดีกับ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 3 โมล

ดังนั้นกรดโครมิก 0.4286 โมล จะทำปฏิกิริยาพอดีกับ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์

$$(0.4286 \times 3) / 4 = 0.3214 \text{ โมล}$$

น้ำหนักโมเลกุลของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ คือ 190.14 ปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ต้องใช้เท่ากับ $0.3214 \times 190.14 = 61.11$ กรัม ค่อน้ำเสีย 1 ลิตร

1 เท่าของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ = 61.11 กรัม

1.5 เท่าของโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ = 91.66 กรัม

ในการทดลองใช้น้ำถังที่ 4 ปริมาณ 250 มล. เพราะฉะนั้นปริมาณโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ที่ใช้ คือ 22.92 กรัม

2. การหาปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการตกตะกอนโลหะหนัก

2.1 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ในการปรับพีเอช

- น้ำผสมถังที่ 1 2 3 และ 4 มีค่าพีเอชประมาณศูนย์

$$\text{pH} = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$0 = -\log [\text{H}_3\text{O}^+]$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 10^0$$

$$= 1 \text{ โมล / ล.}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนมิลลิโมลของ H_3O^+ ที่มีอยู่ในน้ำเสีย 500 มล. = 500 มล.*1 มิลลิโมล/มล.
= 500 มิลลิโมล

โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้เพื่อปรับพีเอชเป็น 7 คือ 500 มิลลิโมล

ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 14.62 โมล/ล. ที่ใช้ = 500 มิลลิโมล/14.62 มิลลิโมล/มล.
= 34.20 มล.

- ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ปรับพีเอชเป็น 9.62

$$\text{pH} + \text{pOH} = 14$$

จะได้ $\text{pOH} = 4.38$

$$\text{pOH} = -\log [\text{OH}^-]$$

$$4.38 = -\log [\text{OH}^-]$$

$$[\text{OH}^-] = 10^{-4.38}$$

จาก $M_1V_1 = M_2V_2$

จะได้ $V_{\text{OH}} * 14.62 = (534.20 + V_{\text{OH}}) * 10^{-4.38}$

$$V_{\text{OH}} = 0.0015 \text{ มล.}$$

ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ปรับพีเอชจากศูนย์เป็น 9.62 = 34.20 + 0.0015
= 34.2015 มล.

2.2 ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ตกตะกอนโลหะหนัก

$$\text{ความเข้มข้นของโครเมียม (III)} = 21.148 \text{ กรัม/ล.}$$

$$= 21.148/51.996$$

$$= 0.407 \text{ โมล/ล.}$$

ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการตกตะกอน = 0.407*3

$$= 1.221 \text{ โมล/น้ำเสีย 1 ลิตร}$$

$$\text{ความเข้มข้นของทองแดง (II)} = 12.961 \text{ กรัม/ล.}$$

$$= 12.961/63.546$$

$$= 0.204 \text{ โมล/ล.}$$

ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการตกตะกอน = 0.204*2

$$= 0.408 \text{ โมล/น้ำเสีย 1 ลิตร}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสังกะสี (II)} &= 2.374 \text{ กรัม/ล.} \\ &= 2.374/65.390 \\ &= 0.036 \text{ โมล/ล.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการตกตะกอน} &= 0.036 * 2 \\ &= 0.072 \text{ โมล/น้ำเสีย 1 ลิตร} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของตะกั่ว(II)} &= 0.0388 \text{ กรัม/ล.} \\ &= 0.0388/207.19 \\ &= 1.873 * 10^{-4} \text{ โมล/ล.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการตกตะกอน} &= 1.873 * 10^{-4} * 2 \\ &= 3.746 * 10^{-4} \text{ โมล/น้ำเสีย 1 ลิตร} \end{aligned}$$

$$\text{ต้องใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในการตกตะกอน โลหะหนักทั้งหมด} = 1.701 \text{ โมล}$$

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 14.62 โมล/ล. ที่ใช้} &= 1.701 * 1000 / 14.62 \\ &= 116.35 \text{ มล.} \end{aligned}$$

$$\text{ถ้าใช้ตัวอย่างน้ำ 500 มล. จะใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์} = 58.17 \text{ มล.}$$

$$\text{ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ปรับพีเอชและตกตะกอนโลหะหนัก} = 92.37$$

$$\text{ปริมาณโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้จริง} = 78/92.37 = 0.84 \text{ เท่าทางทฤษฎี}$$

ภาคผนวก ง

น้ำครั้งที่ 1 วันที่ 14 ต.ค. 2540

พารามิเตอร์	ถึง1	ถึง2	ถึง3	ถึง4
1. พีเอช	11.36	1.560	0.290	0.130
2. สภาพการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/ซม.)	21.54	37.74	3382	111.2
3. ซีโอดี (มก.ออกซิเจน/ล.)	7632	295.0	2065	1955
4. ไนมัน(มก./ล.)	104.0	-	-	-
5. โลหะหนัก (มก./ล.)				
โครเมียม	-	-	-	-
ทองแดง	-	-	-	-
สังกะสี	-	-	-	-
ตะกั่ว	-	-	-	-

- หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวัด

น้ำครั้งที่ 2 วันที่ 10 พ.ย. 2540

พารามิเตอร์	ถึง1	ถึง2	ถึง3	ถึง4
1. พีเอช	10.87	0.870	<0	<0
2. สภาพการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์/ซม.)	23.30	132.9	3250	89.00
3. ซีโอดี (มก.ออกซิเจน/ลิตร)	4312	176.0	1599	1862
4. ไนมัน(มก./ล.)	98.07	14.40	48.60	29.20
5. โลหะหนัก (มก./ล.)				
โครเมียม	0.13	0.44	46.6	48130
ทองแดง	0.08	2478	33948	23570
สังกะสี	0.90	142	21380	1777
ตะกั่ว	2.07	19.8	94.5	39.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำครั้งที่3 วันที่ 3ก.พ. 2541

พารามิเตอร์	ถึง1	ถึง2	ถึง3	ถึง4
1. พีเอช	10.70	1.40	<0	0.60
2. สภาพการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนส์/ซม.)	17.65	51.90	2210	165
3. ซีไอดี (มก. ออกซิเจน/ลิตร)	3469	242.3	968.2	1730
4. ไนมัน(มก./ล.)	165.9	-	-	-
5. โลหะหนัก (มก./ล.)				
โครเมียม	0.03	2.03	63.9	36420
ทองแดง	3.81	3379	20625	12270
สังกะสี	3.18	197	6330	3365
ตะกั่ว	2.16	23.0	104	30.2

- หมายถึง ไม่ได้ทำการตรวจวัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. วรรณิการ์ สิริสิงหะ, เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์ พิมพ์ครั้งที่ 2
มหาวิทยาลัยมหิดล , 2525
2. เกรียงศักดิ์ อุดมสิน โรจน์, ดร. การบำบัดน้ำเสีย มิตรนราการพิมพ์ , 2539
3. จงรักษ์ ผลประเสริฐ อุทกัม มานันดา ชรรมรัตน์ กุศตะเทพ และสาการิกา เสรัท
“ แนวทางการจัดการและเทคโนโลยีการบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนักจากห้องปฏิบัติการ ”
(กรณีศึกษา) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม, คณะสิ่งแวดล้อม ทรัพยากรและการพัฒนา ,
สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย , 2537
4. เพ็ชรพร เขาวงกตเจริญ,ดร. วงศ์พันธ์ ติมปเสนีย์,รศ. และสาโรช บุญยกิจสมบัติ “ กรณี
ตัวอย่าง เปรียบเทียบการบำบัดน้ำเสียในโรงงานกับการใช้บริการ โรงบำบัดน้ำเสียกลาง ”
(กรณี ศึกษา) วิทยานิพนธ์ (วท.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม , คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2539
5. พรทิพย์ ศัพทอนันต์, ปฏิบัติการเคมีอินทรีย์ โครงการตำราคณะวิทยาศาสตร์ สถาบัน
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2533
6. พวงรัตน์ แก้วล้อม , “ แนวทางการกำจัดน้ำเสียซีโอดีในเขตกรุงเทพมหานคร ” วิทยานิพนธ์
(วท.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม , คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2537
7. มงคล ปริญญาปรีวัฒน์ , “ การจัดการและบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตแผ่นเหล็กอบสังกะสี”
วิทยานิพนธ์ (วท.ม.) ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม , คณะวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2532
8. มั่นสิน ตันจุลเวศม์, ดร. คู่มือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย , 2538
9. American Public Association. “ Standard Methods for the Examination of Water and
Wastewater.” American public Health Association Inc., Washington D.C., 1975.
10. Chen, Chuyan; Lu, Kai; Ma, Yali; et al. “ Treatment of Wastewater containing heavy metals
with magnetic cast iron powder.” Chemical Abstract No.236331 D. 109(1988).
11. Wentz, C.A. “ Hazardous Waste Management “ Mc Graw Hill, Singapore , 1989.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้