

การศึกษาการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียโดยใช้เบนโทไนท์

A Study of Removal of Chromium and Zinc from Wastewater by Bentonite

กฤษณ์ เทียรพประสิทธิ์ และ นุชจรียา อรัญศรี

ภาควิชาวิศวกรรมสุขาภิบาล คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

บทคัดย่อ

โครเมียมและสังกะสี เป็นโลหะหนักที่ใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมและก่อให้เกิดปัญหามลพิษในแหล่งน้ำ การศึกษานี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะโดยใช้เบนโทไนท์เพียงอย่างเดียวและใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต โดยศึกษาผลของพีเอชเริ่มต้น และ ปริมาณเบนโทไนท์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัด จากผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมเมื่อใช้เบนโทไนท์กำจัดโครเมียมและสังกะสีคือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัมต่อลิตร ณ ระดับพีเอช 10 โดยสามารถกำจัดโครเมียมและสังกะสีได้ 99.84% และ 99.72% ตามลำดับ ในขณะที่สภาวะที่เหมาะสมเมื่อใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต (7.023 กรัมต่อลิตร) คือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัมต่อลิตร ณ ระดับ พีเอช 9 โดยสามารถกำจัดโครเมียมและสังกะสีได้ 99.88% และ 99.64% ตามลำดับ

Abstract

Chromium and Zinc are heavy metals widely used in industries and cause water pollution. The objective of this research was to study the efficiency of chromium and zinc removal from metal plating industry wastewater using bentonite and bentonite with ferrous sulfate. The measurements included initial pH level and the amount of bentonite effective to the removal of chromium and zinc. The findings revealed that 99.84% of chromium and 99.72% of zinc were removed when 0.8 gm/L of bentonite was used at pH of 10. When used with 7.023 gm/L of ferrous sulfate at pH of 9, bentonite of 0.8 gm/L could remove 99.88% of chromium and 99.64% of zinc.

1. บทนำ

ปัญหามลพิษจากโลหะหนักในแหล่งน้ำ จัดเป็นปัญหาที่สำคัญที่ประเทศไทยกำลังประสบอยู่ สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการระบายน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ โดยมิได้ผ่านการบำบัดให้สะอาดเสียก่อน โรงงานที่มีสารพิษประเภทโลหะหนักเป็นส่วนประกอบอยู่ด้วย เช่น โรงงานชุบโลหะ โรงงานประกอบรถยนต์ โรงงานฟอกหนัง และโรงงานฟอกย้อมที่ใช้สีย้อมที่มีโลหะหนัก โลหะหนักที่ปล่อยออกมาเช่น ตะกั่ว นิกเกิล ทองแดง แคดเมียม อาร์เซนิก โดยเฉพาะโครเมียมและสังกะสี จัดเป็นโลหะหนักที่ใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรม เพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากโลหะหนักทั้งสอง

ชนิดนี้ที่จะปะปนอยู่ในแหล่งน้ำ กระบวนการอุตสาหกรรมจึงได้กำหนดมาตรฐานโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสีย คือน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีโครเมียมเวเลนซ์ 6 ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร โครเมียมเวเลนซ์ 3 ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสีไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความในพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน (1) จากการสำรวจโรงงาน 20 โรงงานในกรุงเทพมหานคร พบว่า ปริมาณโครเมียมรวมอยู่ในช่วง 0.05-447.9 มิลลิกรัมต่อลิตร และสังกะสีมีความเข้มข้นในช่วง 0.28-467 มิลลิกรัมต่อลิตร (2)

การกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียมีหลายวิธี เช่น การตกตะกอน (สำหรับโครเมียมต้องทำการรีดิวซ์ก่อน) การแลกเปลี่ยนไอออน การระเหยกลายเป็นไอ และการใช้สารดูดซับ เป็นต้น โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้เบนโทไนท์ (เนื่องจากเบนโทไนท์ ราคาถูกและเป็นแร่ดินเกิดตามธรรมชาติ) เป็นตัวช่วยในการตกตะกอนและดูดซับโลหะหนักที่ปนอยู่ในน้ำเสีย ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำตัวอย่าง และประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีโครเมียม สังกะสี หรือโลหะหนักชนิดอื่นๆ ต่อไป

2. วิธีการทดลอง

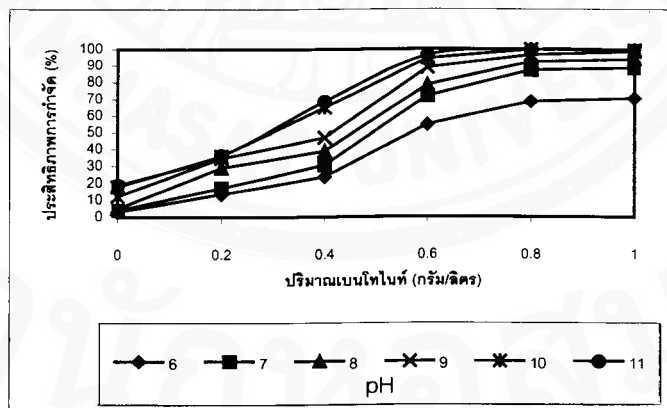
2.1 การศึกษาผลของปริมาณเบนโทไนท์และพีเอชเริ่มต้นที่มีผลต่อการกำจัดโครเมียมและสังกะสี

นำน้ำเสียที่มีปริมาณโครเมียมทั้งหมด 180.63 มิลลิกรัมต่อลิตร และ สังกะสีทั้งหมด 50.05 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยเริ่มทำการทดลองปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 6 ตวงน้ำเสียที่ทำการปรับพีเอชแล้วลงในบีกเกอร์ จำนวน 6 ใบ ปริมาตรใบละ 500 มิลลิลิตร แล้วจัดวางบนเครื่องทดสอบการตกตะกอน (Jar Test) เติมน้ำเบนโทไนท์ปริมาณต่างๆ ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ โดยบีกเกอร์ใบแรกไม่เติมน้ำเบนโทไนท์ ส่วนที่เหลือเติมน้ำเบนโทไนท์ให้มีความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ

ทำการกวนเร็วที่ความเร็วรอบ 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที จากนั้นทำการกวนช้าที่ความเร็วรอบ 40 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที ทั้งไว้ให้ตกตะกอนในสภาวะสงบนิ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บน้ำใสตอนบน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมทั้งหมดและสังกะสีทั้งหมดจำนวน 30 ตัวอย่าง ด้วย Atomic Absorption Spectrophotometer (3) ทำการทดลองซ้ำขั้นตอนทั้งหมด โดยเปลี่ยนแปลงระดับพีเอชเป็น 7, 8, 9, 10 และ 11 ตามลำดับ

2.2 การศึกษาผลของปริมาณเบนโทไนท์ร่วมกับ เพลอร์สซัลเฟตและพีเอชเริ่มต้นที่มีผลต่อการกำจัดโครเมียมและสังกะสี

นำน้ำเสียมาปรับพีเอชให้มีค่าเท่ากับ 3 (ค่าจากผลการศึกษาของ สุรพล ผดุงชีวิต (4)) เติมน้ำเพลอร์สซัลเฟตให้มีความเข้มข้น 7.023 กรัมต่อลิตร (3 เท่าของปริมาณที่คำนวณได้จากสมการเคมี) กวนเร็วเพื่อให้เกิดการรีดิวซ์ เป็นเวลา 3 นาที ปรับพีเอชของน้ำเสียให้มีค่าเท่ากับ 6 เติมน้ำเบนโทไนท์ปริมาณต่างๆ ลงในบีกเกอร์แต่ละใบ โดยบีกเกอร์ใบแรกไม่เติมน้ำเบนโทไนท์ ส่วนที่เหลือเติมน้ำเบนโทไนท์ให้มีความเข้มข้น 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 และ 1 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทำการกวนเร็ว 1 นาที จากนั้นทำการกวนช้าเป็นเวลา 30 นาที ทั้งไว้ให้ตกตะกอนในสภาวะสงบนิ่งเป็นเวลา 1 ชั่วโมง เก็บน้ำใสตอนบน นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมทั้งหมดและสังกะสีทั้งหมด



รูปที่ 1 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมโดยใช้เบนโทไนท์และระดับพีเอชของน้ำเสียต่างกัน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

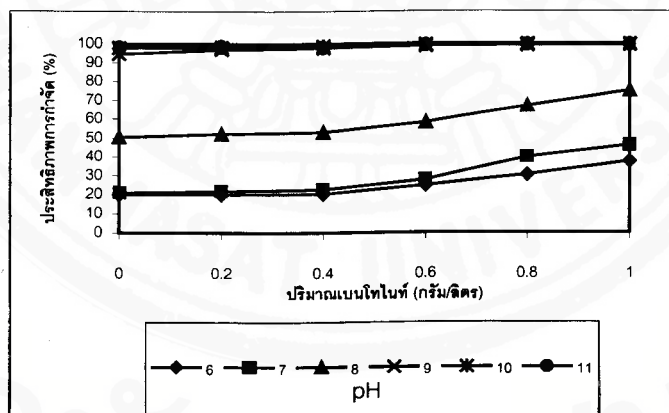
จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมและสังกะสีโดยใช้เบนโทไนท์ และ เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟต สามารถแสดงผลได้ดังนี้

3.1 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีด้วยเบนโทไนท์

จากการศึกษาผลของปริมาณเบนโทไนท์และระดับพีเอชที่มีต่อการกำจัดโครเมียม จากรูปที่ 1 จะเห็นว่า เมื่อใช้เบนโทไนท์เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมจะเพิ่มสูงขึ้น และเมื่อใช้พีเอชแตกต่างกันจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมแตกต่างกันไปด้วย โดยพบว่า ในช่วงพีเอช 10 และ 11 จะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมค่อนข้างใกล้เคียงกัน และจากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดโครเมียม ที่ระดับพีเอช 10 และ 11 ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ และเป็นช่วงพีเอชที่สามารถกำจัดโครเมียมได้ดีที่สุด นั่นคือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณ 0.8 กรัมต่อลิตร ในแต่ละระดับพีเอช 10 และ 11 จะให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดโครเมียมได้ดีไม่แตกต่างกัน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถ

กำจัดโครเมียมได้ดี คือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณ 0.8 กรัมต่อลิตร ที่พีเอช 10 ซึ่งสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.84%

จากการศึกษาผลของปริมาณเบนโทไนท์และระดับพีเอชที่มีต่อการกำจัดสังกะสี พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีจะเพิ่มสูงขึ้นเมื่อใช้เบนโทไนท์เพิ่มขึ้น และเมื่อปรับพีเอชแตกต่างกันจะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีแตกต่างกันไปด้วย (รูปที่ 2) จากการทดสอบทางสถิติ พบว่า ปริมาณเบนโทไนท์กับระดับพีเอชมีปฏิสัมพันธ์กัน ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีแตกต่างกัน และจะเห็นว่า ที่ระดับพีเอช 9, 10 และ 11 ประสิทธิภาพในการกำจัดสังกะสีค่อนข้างใกล้เคียงกัน โดยผลจากการทดสอบทางสถิติ พบว่า เมื่อใช้ปริมาณเบนโทไนท์ที่ศึกษาทุกระดับ ที่ระดับพีเอช 10 และ 11 จะให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสังกะสี ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อใช้เบนโทไนท์ 0.4 กรัมต่อลิตรขึ้นไป จะให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสังกะสี ที่ระดับพีเอช 9-11 ไม่แตกต่างกัน ดังนั้น สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสังกะสีได้ดีคือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ 0.4 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 9 โดยสามารถกำจัดสังกะสีได้ 97.93%



รูปที่ 2 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีโดยใช้เบนโทไนท์และระดับพีเอชของน้ำเสียต่างกัน

จากการที่ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีเพิ่มขึ้น เมื่อใช้เบนโทไนท์เพิ่มมากขึ้นนั้น สามารถอธิบายได้ว่า เมื่อปริมาณเบนโทไนท์เพิ่มขึ้น จำนวนประจุลบจะเพิ่มขึ้นตามไป

ด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับประจุบวกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของกรองกาญจน์ (5) ซึ่งใช้เบนโทไนท์กำจัดพาราควอตที่มีประจุบวกออกจากน้ำเสีย โดยประสิทธิ

ภาพในการกำจัดฟาราควอดจะเพิ่มขึ้นเมื่อใช้เบนโทไนท์เพิ่มมากขึ้น

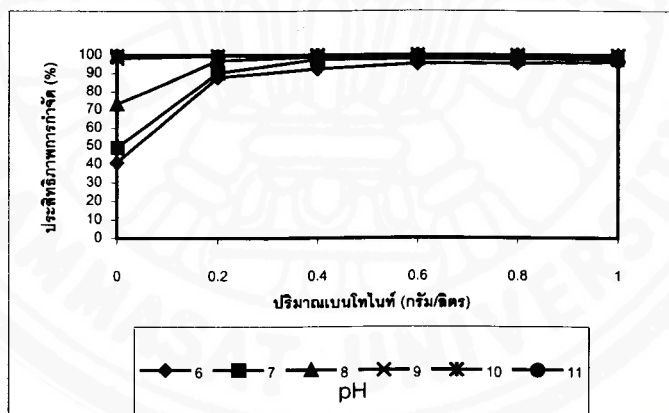
ส่วนการที่เมื่อน้ำเสียมีระดับพีเอชเท่ากับ 10-11 แล้วทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีไม่แตกต่างกันนั้น เนื่องจากในช่วงพีเอชดังกล่าวเป็นช่วงที่เหมาะสมในการตกตะกอนโครเมียมและสังกะสี ซึ่งผลการศึกษาใกล้เคียงกับการศึกษาของสาโรช (6) ซึ่งรายงานไว้ว่า ค่าพีเอชที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักของโซดาไฟและปูนขาวใกล้เคียงกัน การกำจัดโครเมียมค่าพีเอชอยู่ในช่วง 9-11 และการกำจัดสังกะสีค่าพีเอชอยู่ในช่วง 9.5-11 และในการกอบทุกปริมาณของเบนโทไนท์ที่ใช้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ทั้งนี้ เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดทั้งโครเมียมและสังกะสี พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งสองชนิดได้ดี คือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณ 0.8 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 10 โดยสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.84% และสามารถกำจัดสังกะสีได้ 99.72% ขึ้นไป ทั้งนี้สามารถกำจัด

สังกะสีจนเหลือปริมาณสังกะสี 0.143 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม (1) (สังกะสีไม่มากกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร โครเมียมวาเลนซ์ 6 ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัมต่อลิตร และโครเมียมวาเลนซ์ 3 ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัมต่อลิตร) สำหรับโครเมียมต้องปรับระดับพีเอชให้เท่ากับ 11 จึงจะสามารถกำจัดโครเมียมจนมีปริมาณโครเมียมที่เหลือเท่ากับ 0.143 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดโดยกระทรวงอุตสาหกรรม

3.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสีด้วยเบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟต

จากการศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมเมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณต่างๆร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟต ที่พีเอชระดับแตกต่างกันไป จากรูปที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณ 0.6 กรัมต่อลิตรขึ้นไป ที่ระดับพีเอช 10 และเบนโทไนท์ปริมาณ 0.4 กรัมต่อลิตรขึ้นไป ที่พีเอช 11 โดยใช้ร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟต สามารถกำจัดโครเมียม



รูปที่ 3 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมโดยใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟตและระดับพีเอชของน้ำเสียต่างกัน

ได้สูงสุด และเมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียม คือ สภาวะที่ใช้เบนโทไนท์ 0.4 กรัมต่อลิตรร่วมกับเฟอร์รอสัลเฟต ที่พีเอช 7 ขึ้นไป จะให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดที่ดี แต่ในทางปฏิบัติ ต้องใช้ปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมด้วย ดังนั้น จึง

ต้องใช้ซัลเฟตร่วมกับเบนโทไนท์ 0.6 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 9 ขึ้นไป จึงจะสามารถกำจัดโครเมียมจนเหลือ 0.22 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสี จากรูปที่ 4 จะพบว่า สภาวะที่ให้ประสิทธิภาพสูงที่สุดในการกำจัดสังกะสี

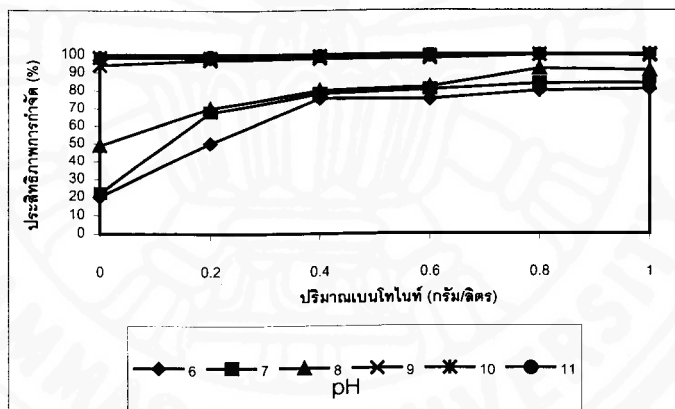
คือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ปริมาณ 1 กรัมต่อลิตรร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต ที่ระดับพีเอช 11 โดยให้ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสังกะสี 99.98% เมื่อวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดสังกะสีด้วยเบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต คือ สภาวะที่ใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัมต่อลิตร ที่ พีเอช 9 ขึ้นไป ซึ่งทางสถิติถือว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยไม่แตกต่างจากสภาวะที่ใช้เบนโทไนท์ 1 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 11 เมื่อใช้ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต

เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม และสังกะสีด้วยเบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถกำจัดโลหะหนักทั้ง 2 ชนิดได้ดีที่สุด คือ เมื่อใช้เบนโทไนท์ 0.8 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 9 ขึ้นไป ซึ่งสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.88% และสังกะสี 99.64% ขึ้นไป โดยสามารถกำจัดโลหะหนักทั้งสองชนิดจนเหลือปริมาณโครเมียมและสังกะสี 0.19 และ 0.183 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งอยู่

ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่ประกาศโดยกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม

3.3การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและสังกะสี ระหว่างการใช้เบนโทไนท์อย่างเดียวกั การใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมเมื่อใช้เบนโทไนท์อย่างเดียว กับ ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดโครเมียมด้วยเบนโทไนท์ มีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดโครเมียมเมื่อใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต โดยมีประสิทธิภาพแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 36.65% ในทำนองเดียวกัน



รูปที่ 4 แสดงประสิทธิภาพการกำจัดสังกะสีโดยใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟตและระดับพีเอชของน้ำเสียต่างกัน

เมื่อพิจารณาการกำจัดสังกะสีโดยการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสังกะสีด้วยเบนโทไนท์ มีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพเฉลี่ยในการกำจัดสังกะสีเมื่อใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต โดยมีประสิทธิภาพแตกต่างกันโดยเฉลี่ย 15.97% ทั้งนี้ขอขยายได้ว่า การใช้เบนโทไนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต เพื่อกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสีย ทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีกว่าการใช้เบนโทไนท์เพียงอย่างเดียว เพราะโครเมียมที่มีวาเลนซ์ 6 (Cr^{6+}) ถูกรีดิวซ์ด้วยเฟอร์รัสซัลเฟต

(FeSO_4) ให้เป็นโครเมียมชนิดที่มีวาเลนซ์ 3 (Cr^{+3}) ทำให้การตกตะกอนด้วยโซดาไฟ (NaOH) ในรูปของ $\text{Cr}(\text{OH})_3$ ได้มากกว่า เมื่อใช้เบนโทไนท์อย่างเดียว นอกจากนั้น เมื่อโครเมียมชนิดที่มีวาเลนซ์ 6 (Cr^{6+}) ถูกรีดิวซ์เป็นโครเมียมชนิดที่มีวาเลนซ์ 3 (Cr^{+3}) จะทำให้ประจุบวกโดยรวมที่อยู่ในน้ำเสียลดลง ดังนั้น ปริมาณโครเมียมที่เหลือจึงลดลงมากกว่า และการที่ประจุบวกโดยรวมลดลง ประจุลบที่เหลือบนดินเบนโทไนท์จึงมีที่ว่างพอที่จะดูดซับ

สังกะสีได้มากกว่าเมื่อใช้เบนโทโนท์อย่างเดียวก่าจัด จึงมีผลทำให้สังกะสีลดลงได้มากขึ้น

4. สรุปผลการทดลอง

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะโดยใช้เบนโทโนท์เพียงอย่างเดียวและใช้เบนโทโนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟต โดยศึกษาผลของพีเอช และ ปริมาณเบนโทโนท์ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด เมื่อใช้เบนโทโนท์อย่างเดียวก่าจัด คือ เมื่อใช้เบนโทโนท์ 0.8 กรัม/ลิตร ที่ระดับพีเอช 10 โดยสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.84% และสังกะสีได้ 99.72% ขึ้นไป ทำให้มีปริมาณโครเมียมและสังกะสีเหลืออยู่ในน้ำเสีย 0.29 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.143 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณสังกะสีที่เหลือมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ประกาศโดยกรมโรงงาน กระทรวงอุตสาหกรรม (สังกะสีไม่มากกว่า 5.0 มิลลิกรัม/ลิตร โครเมียมที่มีวาเลนซ์ 3 ไม่มากกว่า 0.75 มิลลิกรัม/ลิตร โครเมียมที่มีวาเลนซ์ 6 ไม่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร) สำหรับปริมาณโครเมียมที่เหลือมีค่าต่ำกว่า 0.75 มิลลิกรัม/ลิตร แต่มากกว่า 0.25 มิลลิกรัม/ลิตร ต้องทำการปรับสภาพพีเอชของน้ำเสียให้เท่ากับ 11 ซึ่งสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.92% จนมีปริมาณโครเมียมที่เหลือเท่ากับ 0.143 มิลลิกรัม/ลิตร

สำหรับการใช้เบนโทโนท์ร่วมกับเฟอร์รัสซัลเฟตในการกำจัดโครเมียมและสังกะสี พบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่สามารถกำจัดโลหะหนักทั้งสองชนิดได้ดีที่สุด คือ เมื่อใช้เบนโทโนท์ 0.8 กรัมต่อลิตร ที่ระดับพีเอช 9 โดยสามารถกำจัดโครเมียมได้ 99.88% และสังกะสี 99.64% ขึ้นไป ทำให้มีปริมาณโครเมียมและสังกะสีเหลืออยู่ในน้ำเสีย 0.197 มิลลิกรัม/ลิตร และ 0.183 มิลลิกรัม/ลิตร ตามลำดับ ซึ่งปริมาณโครเมียมและสังกะสีที่เหลือมีค่าต่ำกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งที่ประกาศโดยกระทรวงอุตสาหกรรม ข้อเสนอแนะสำหรับการที่จะนำผลการทดลองครั้งนี้ไปใช้ในทางปฏิบัติในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานชุบโลหะจะต้องคำนึงถึงลักษณะสมบัติของน้ำเสียแต่ละแห่งด้วย เพราะนอกจากเบนโทโนท์จะสามารถกำจัดโครเมียมและสังกะสีในน้ำเสียได้แล้ว ยัง

สามารถกำจัดโลหะตัวอื่นหรือสารอื่นๆ ที่อยู่ในน้ำเสียได้ด้วย ดังนั้น ปริมาณของการใช้เบนโทโนท์ที่ย่อมแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะสมบัติของน้ำเสียแต่ละแห่ง และหลังจากทำการบำบัดน้ำเสียด้วยเบนโทโนท์แล้ว ควรพิจารณาระดับพีเอชของน้ำเสียหลังการบำบัดด้วย ซึ่งหากพบว่าระดับพีเอชของน้ำทิ้งไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม จะต้องทำการปรับพีเอชให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม.

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม ฉบับที่ 2 (พ.ศ.2539) ออกตามความพระราชบัญญัติโรงงาน พ.ศ.2535 เรื่องกำหนดคุณลักษณะของน้ำทิ้งที่ระบายออกจากโรงงาน.
- [2] Thailand Institute of Scientific and Technology Research, TISTR., "Recovery of Heavy Metals from Electroplating Waste" Report Submitted to UNEF, 1982.
- [3] APHA, AWWA and WPCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater 18th ed. New York: APHA, 1992.
- [4] สุรพล ผดุงชีวิต. การกำจัดโครเมียมในน้ำทิ้งจากการชุบโลหะด้วยเฟอร์รัสซัลเฟตและปูนขาว. วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม) บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, 2524.
- [5] กรองกาญจน์ ภูระรัตน์. การศึกษาประสิทธิภาพของการกำจัดพาราควอตโดยวิธีการตกตะกอนด้วยสารเคมีและการดูดซับด้วยถ่าน. วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต(วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม). บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2530.
- [6] สาโรช บุญกิจสมบัติ. การบำบัดน้ำเสียโดยวิธีทางเคมีในโรงงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าขนาดกลางและขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมสุขาภิบาล). บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2535.