การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปูนขาวและโซดาไฟในการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมี

Comparison on the Efficiency of Lead Removal by Chemical Precipitation with Lime and Caustic Soda

พลอยไพริล ภูมิสุทธาผล, อิสรี จิรจริยาเวช*, วรางคณา วิเศษมณี ลี
คณะสาธารณสุขศาสตร์และสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
*Email : Isaree_e@yahoo.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ โดยใช้น้ำเสียจากโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้ว โดยศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว (Pb) และซีโอดี (COD) รวมทั้งปริมาตรตะกอนและความเข้มข้นของตะกั่วในตะกอน ผลการศึกษาพบว่า การใช้ปูนขาวที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) เท่ากับ 9 มีประสิทธิภาพกำจัดตะกั่วสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 98.57 และมีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีร้อยละ 57.14 มีปริมาตรตะกอนเกิดขึ้น 550 มล./ล ส่วนการใช้โซดาไฟ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 92.59 และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 85.71 มีปริมาตรตะกอน เท่ากับ 100 มล./ล. เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและซีโอดีโดยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 โดยการทดสอบทางสถิติ Independent Samples Test พบว่า การตกตะกอนด้วยปูนขาวกับโซดาไฟมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และผลจากการศึกษาปัจจัยความเป็นกรด-ด่างที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว โดยการทดสอบทางสถิติ One Way ANOVA และ LSD พบว่าการใช้ปูนขาวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 9 และ 10 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการใช้โซดาไฟที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเริ่มต้นเท่ากับ 8, 9 และ 10 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

คำสำคัญ : ปูนขาว โซดาไฟ การตกตะกอนทางเคมี

Abstract

The objective of this research was to compare the efficiency of lead removal by chemical precipitation using lime and caustic soda for battery recycling industry wastewater. Study on the removal efficiency of lead and COD, sludge volume and lead in sludge. The result showed that the precipitation by lime at the pH 9 had the high lead and COD removal were 98.57% and 57.14%, respectively. The sludge volume was 550 ml/l. The precipitation by caustic soda at the pH 9 had the high lead and COD removal were 92.59% and 85.71%, respectively. The sludge volume was 100 ml/l. Comparison of lead and COD removal efficiency by chemical precipitation with lime and caustic soda at pH 9 by independent sampling test. The result showed that the precipitation by lime and caustic soda was significant difference statistically at the confidence level 95%. In

addition, the effect of pH on the lead removal efficiency by One Way ANOVA and LSD. The result showed that the lime precipitation at the initial pH 9 and 10 was not significantly different. The caustic soda precipitation at the initial pH 8, 9 and 10 was not significantly different.

Keywords : Lime, Caustic soda, Chemical precipitation

บทนำ

โรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้ว เป็นอุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำในกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งในกระบวนการผลิตจากขั้นตอนต่าง ๆ เช่น ขั้นตอนการผ่าแบตเตอรี่เพื่อแยกแผ่นธาตุ (ตะกั่ว) ออกจากเปลือกแบตเตอรี่ ขั้นตอนการล้างเปลือกแบตเตอรี่ก่อนที่จะส่งเข้าเครื่องบดเปลือกแบตเตอรี่ เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตในขั้นตอนดังกล่าวจะพบว่ามีปริมาณการปนเปื้อนตะกั่วในระดับสูง อีกทั้งน้ำเสียจะมีค่าความเป็นกรดอย่างรุนแรง เนื่องจากในแบตเตอรี่มีน้ำกรดเป็นองค์ประกอบสำคัญ นอกจากนี้ยังมีน้ำเสียเกิดขึ้นจากกิจกรรมการใช้น้ำเพื่อล้างเครื่องจักร อุปกรณ์ พื้นโรงงาน และล้างล้อรถที่ขนส่งซากแบตเตอรี่เก่า ซึ่งน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วดังกล่าวจำเป็นต้องได้รับการบำบัดด้วยวิธีการที่เหมาะสมเพื่อกำจัดตะกั่วให้มีค่าเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งตามประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงาน พ.ศ. 2560 ที่กำหนดให้มีค่าตะกั่วไม่เกิน 0.2 มิลลิกรัมต่อลิตร ก่อนที่จะมีการปล่อยสู่แหล่งน้ำภายนอกต่อไป

น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการปนเปื้อนตะกั่วความเข้มข้นระดับสูง สามารถบำบัดได้หลายวิธี เช่น การตกตะกอนทางเคมี (chemical precipitation) การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับ (adsorption) ด้วยถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นต้น ทั้งนี้พบว่าวิธีที่มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสม คือ วิธีการตกตะกอนทางเคมี เนื่องจากมีประสิทธิภาพสูงและใช้บำบัดน้ำเสียที่มีค่าความเป็นกรดอย่างรุนแรงได้ (Meunier, 2006; Oncel et al., 2013) โดยปฏิกิริยาของกระบวนการตกตะกอนทางเคมีจะเป็นการเปลี่ยนสถานะของโลหะหนักที่อยู่ในรูปของสารละลายให้ไปอยู่ในรูปผลึกของแข็ง และรวมเป็นตะกอนที่มีขนาดใหญ่ขึ้น จึงสามารถแยกตะกอนออกจากน้ำได้ (มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์, 2542: เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์, 2542) โดยการตกตะกอนทางเคมีสามารถแบ่งได้เป็นหลายประเภท ได้แก่ การตกตะกอนไฮดรอกไซด์ (hydroxide precipitation) และการตกตะกอนซัลไฟด์ (sulfide precipitation) (กรมโรงงานอุตสาหกรรม, 2545) ทั้งนี้การตกตะกอนไฮดรอกไซด์พบว่าจะเกิดตะกอนที่มีขนาดใหญ่ สามารถตกตะกอนได้ง่ายจึงเป็นที่นิยมในการตกตะกอน เพื่อกำจัดโลหะหนัก อีกทั้งยังไม่เกิดปัญหาเรื่องกลิ่นเหม็นของตะกอน (สรคม สันทนะ, 2546) สารเคมีที่นิยมใช้เพื่อตกตะกอนโลหะไฮดรอกไซด์ เช่น ปูนขาว โซดาไฟ เป็นต้น โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีดังนี้

ปูนขาว

ปูนขาวหรือแคลเซียมออกไซด์ (CaO) เป็นสารช่วยตกตะกอนทางเคมีได้ดี เมื่อปูนขาวทำปฏิกิริยากับตะกั่วซึ่งอยู่ในรูปสารละลาย จะเกิดเป็นตะกอนผลึกของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ดังสมการ

$$CaO\ (s) + H_2O \rightarrow Ca(OH)_2\ (s) \quad (1)$$

$$Pb^{2+} + Ca(OH)_2 \rightarrow Pb(OH)_2\ (s) + Ca \quad (2)$$

โซดาไฟ

โซดาไฟหรือโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารช่วยตกตะกอนทางเคมี มีสถานะเป็นของแข็งสีขาว สามารถละลายน้ำได้ดี เมื่อโซดาไฟทำปฏิกิริยากับตะกั่วซึ่งอยู่ในรูปของสารละลาย จะเกิดเป็นตะกอนผลึกของตะกั่วไฮดรอกไซด์ ดังสมการ

$$Pb^{2+} + 2(NaOH) \rightarrow Pb(OH)_2\,(s) + 2Na \qquad (3)$$

ทั้งนี้เนื่องจากตะกอนตะกั่วมีความสามารถในการละลายน้ำแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่าเป็นหลัก ดังนั้นการศึกษานี้จึงเปรียบเทียบประสิทธิภาพของปูนขาวกับโซดาไฟในการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมี และศึกษาปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมี

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ

สมมติฐานการวิจัย

1. ปูนขาวกับโซดาไฟมีประสิทธิภาพในการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมีแตกต่างกัน
2. ปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างมีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีตกตะกอนทางเคมี

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วมาวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย โดยมีพารามิเตอร์และวิธีการวิเคราะห์ ดังตารางที่ 1
2. ศึกษาปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างที่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวและโซดาไฟ

2.1 นำน้ำเสียปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร มาเติมปูนขาวเพื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นที่แตกต่างกันในช่วง 8-12

2.2 นำน้ำเสียที่ผ่านการปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเข้าเครื่อง Jar test โดยทำการกวนเร็ว 100 รอบต่อนาที เป็นเวลา 1 นาที และกวนช้า 30 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที

2.3 ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอน เป็นระยะเวลา 60 นาที

2.4 นำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วมาวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ ค่าความเป็นกรด-ด่างความเข้มข้นของตะกั่ว (Pb) ซีโอดี (COD) ปริมาตรตะกอน และปริมาณตะกั่วในตะกอน

2.5 ทำการทดลองเช่นเดิมตั้งแต่ 2.1-2.4 โดยเปลี่ยนจากปูนขาวเป็นโซดาไฟ

2.6 ทำการทดลองชุดควบคุม โดยเป็นชุดที่ตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนเป็นเวลา 60 นาที

ตารางที่ 1 วิธีการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสีย

พารามิเตอร์	หน่วย	วิธีวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	Electrometric โดยใช้ pH meter
ตะกั่ว (Pb)	มก./ล.	Acid digestion Atomic และวัดปริมาณโลหะด้วยวิธี Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)
ซีโอดี (COD)	มก./ล.	Potassium Dichromate Digestion

การวิเคราะห์ผลการศึกษา

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย พิจารณาจากประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและ ซีโอดี โดยใช้สูตรดังนี้

ประสิทธิภาพการกำจัด (%) = $[(C_o - C_t)/C_0] \times 100$

โดยที่ C_0 คือ ความเข้มข้นในน้ำเสียก่อนบำบัด

C_t คือ ความเข้มข้นในน้ำเสียหลังบำบัด

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผล

สถิติพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและร้อยละ

สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ การวิเคราะห์แบบ Pair sample t-test และการวิเคราะห์ความแปรปรวน One Way ANOVA และ LSD

ผลการวิจัย

1. ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้ว

คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้ว พบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 0.55 ความเข้มข้นของตะกั่วเท่ากับ 19.55 มก./ล. ซีโอดีเท่ากับ 112 มก./ล. รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้ว

พารามิเตอร์	หน่วย	ผลการวิเคราะห์
ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH)	-	0.55
ความเข้มข้นของตะกั่วในน้ำ (Pb)	มก./ล.	19.55
ซีโอดี (COD)	มก./ล.	112

1. การศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวและโซดาไฟ

2.1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่ว

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาว กับโซดาไฟ เมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเริ่มต้นให้เท่ากับ 8 ,9 ,10 ,11 และ 12 ภายหลังการบำบัด พบว่าการใช้ปูนขาวมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงกว่าโซดาไฟ เมื่อเปรียบเทียบที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 จะมีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 98.57 และ 92.59 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 1

2.2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีโดยวิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาว กับโซดาไฟ เมื่อปรับค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเริ่มต้นให้เท่ากับ 8, 9, 10, 11 และ 12 ภายหลังการบำบัด พบว่าการใช้ปูนขาวที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 และ11 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 57.14 และการใช้โซดาไฟที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 และ 10 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 85.71 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี แสดงดังรูปที่ 2 ทั้งนี้พบว่าการใช้โซดาไฟมีประสิทธิภาพกำจัดซีโอดีสูงกว่าการใช้ปูนขาว เนื่องจากโซดาไฟละลายน้ำได้ดีจึงเป็นสารสร้างและรวมตะกอนสารอินทรีย์ในน้ำเสียและตกตะกอนได้ดีกว่าปูนขาว

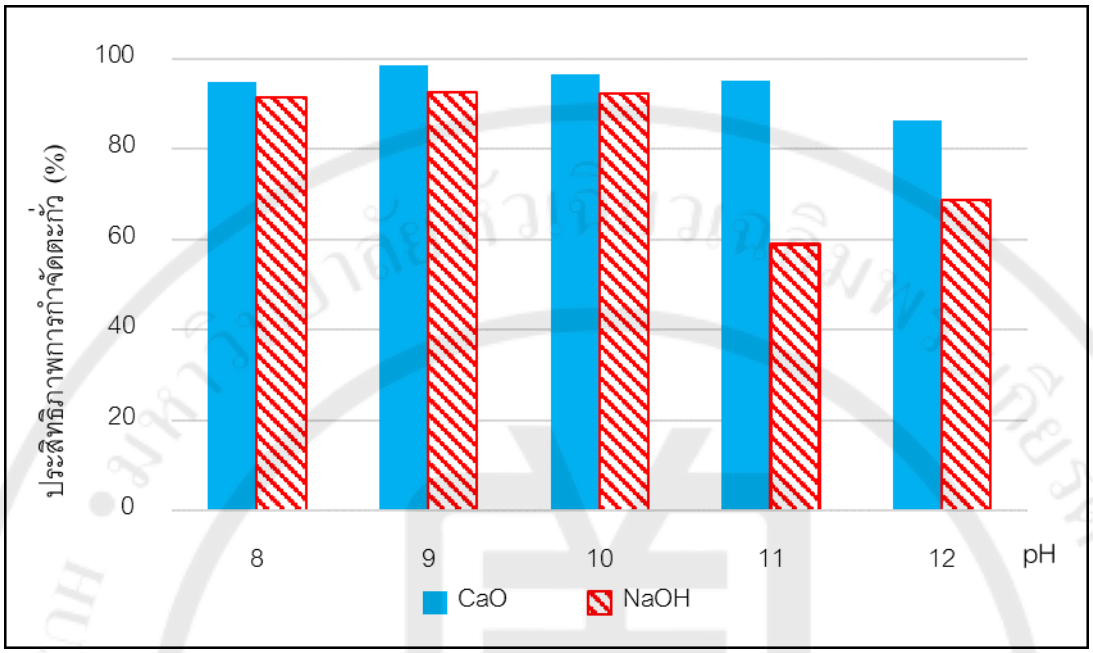
2.3 ปริมาตรตะกอนและปริมาณตะกั่วในตะกอน

ภายหลังการตกตะกอนทางเคมี พบว่าปริมาตรตะกอนจากการใช้ปูนขาวเกิดขึ้นอยู่ในช่วง 400-600 มล./ล. ส่วนการใช้โซดาไฟมีปริมาตรตะกอนอยู่ในช่วง 100-109 มล./ล. ซึ่งจะพบว่าปริมาตรตะกอนจากการใช้ปูนขาวในปฏิกิริยาตกตะกอนทางเคมีเกิดขึ้นมากกว่าการใช้โซดาไฟ เนื่องจากปูนขาวมีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยกว่าโซดาไฟ จากการศึกษาความเข้มข้นตะกั่วในตะกอน พบว่าการใช้โซดาไฟจะทำให้ตะกอนมีปริมาณของตะกั่วสูงอยู่ในช่วง 1,000-15,200 มก./กก. ส่วนการใช้ปูนขาวจะทำให้ตะกอนมีปริมาณตะกั่วต่ำกว่าอยู่ในช่วง 700-7,900 มก./กก.

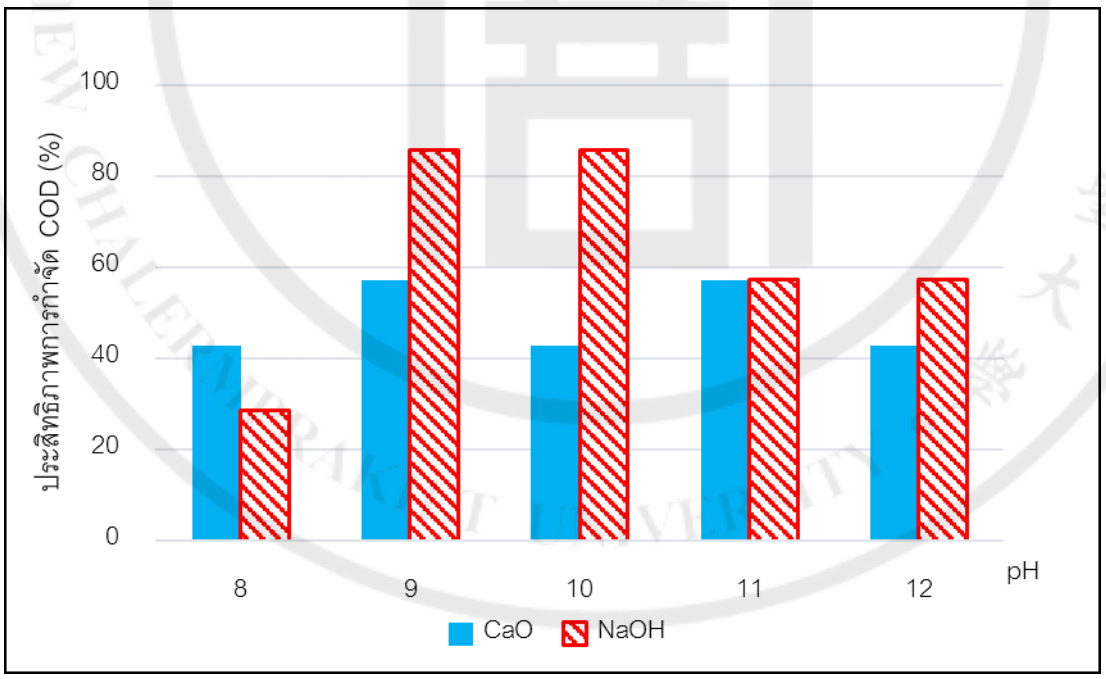
2. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมีด้วย ปูนขาวกับโซดาไฟ

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตกตะกอนทางเคมีโดยการใช้ปูนขาวกับโซดาไฟ ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 โดยพิจารณาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วและซีโอดี ผลการทดสอบทางสถิติ Independent Samples Test พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ค่า Sig. เท่ากับ 0.009 และ 0.004 ซึ่งมีค่า < 0.05)

รูปที่ 1 ประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ



รูปที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีโดยใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟ



2. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมี

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยการใช้ปูนขาวกับโซดาไฟเมื่อปรับให้น้ำเสียมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8, 9, 10, 11 และ 12 ทดสอบทางสถิติ โดยใช้ One Way ANOVA และ LSDพบว่า การใช้ปูนขาวที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 8, 11 และ 12 แต่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 ส่วนการใช้โซดาไฟที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8, 9 และ 10 มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเทียบกับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 11 และ 12

อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้ปูนขาวที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 98.57 มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 57.14 มีปริมาตรตะกอน เท่ากับ 550 มล./ล และมีความเข้มข้นของตะกั่วในตะกอน เท่ากับ 5,847.93 มก./กก. ซึ่งผลการศึกษาพบว่ามีประสิทธิภาพสูงกว่างานวิจัยของ Meunier (2006) ที่ใช้ปูนขาวและปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 8 ที่มีประสิทธิภาพกำจัดตะกั่วได้สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 80

การตกตะกอนทางเคมีโดยใช้โซดาไฟที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 มีประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 92.59 และมีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีร้อยละ 85.71 มีปริมาตรตะกอน เท่ากับ 100 มล./ล. และมีความเข้มข้นของตะกั่วในตะกอน เท่ากับ 1,335.75 มก./กก. ซึ่งผลการศึกษาพบว่า มีประสิทธิภาพต่ำกว่างานวิจัยของพรรคพงษ์ ศรีประเสริฐ (2547) ที่ใช้โซดาไฟและปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 10.5 ที่มีประสิทธิภาพกำจัดตะกั่วได้สูงสุด คิดเป็นร้อยละ 99.57

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดตะกั่วโดยการตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวกับโซดาไฟที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 9 ผลการทดสอบทางสถิติ Independent Samples Test พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้เนื่องจาก $Ca(OH)_2$ มีความสามารถในการจับกับ Pb^{2+} ได้ดีกว่า NaOH

เมื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยค่าความเป็นกรด-ด่างกับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโดยการตกตะกอนทางเคมี โดยทดสอบทางสถิติ One Way ANOVA และ LSD พบว่า การใช้ปูนขาวที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสีย เท่ากับ 9 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเป็นกรด-ด่าง 8 ,11 และ12 ส่วนการใช้โซดาไฟที่ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำเสียเท่ากับ 8 ,9 และ10 มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับค่าความเป็นกรด-ด่าง 11 และ 12 โดยผลการศึกษาพบว่าสอดคล้องกับค่าความเป็นกรด–ด่างที่เหมาะสมในการตกตะกอนตะกั่วไฮดรอกไซด์ คือ ช่วง 9-11 (William, 1994)

ข้อเสนอแนะในการนำผลไปใช้ประโยชน์ กล่าวคือ ข้อมูลผลการศึกษาสามารถนำไปใช้ในการออกแบบสภาวะของระบบตกตะกอนทางเคมีที่เหมาะสมสำหรับบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าที่ผ่านการใช้งานแล้วให้มีประสิทธิภาพและมีปริมาณตะกั่วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งฯ ได้

เอกสารอ้างอิง

กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2545). *วิธีการตกตะกอนทางเคมี.* กรุงเทพฯ: สมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย.

เกรียงศักดิ์ อุดมสินโรจน์. (2542). *กระบวนการทางเคมี.* พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สยามสเตชั่นเนอรี่ซัพพลายส์.

พรรคพงษ์ ศรีประเสริฐ. (2547). *การใช้น้ำด่างที่ใช้แล้วจากอุตสาหกรรมรมดำในกระบวนการตกตะกอนตะกั่วในน้ำเสียอุตสาหกรรมการหลอมแบตเตอรี่เก่า*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศม์. (2542). *หลักการตกตะกอนทางเคมี.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สรคม สันทนะ. (2546). *การกำจัดโลหะหนักจากน้ำเสียโรงงานหลอมตะกั่วจากแบตเตอรี่เก่าโดยการตกตะกอนด้วยซัลไฟด์.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยมหิดล.

Meunier, N., Drogui, P., Montan, C., & Hausler, R. (2006). Comparison between electrocoagulation and chemical precipitation for metals removal from acidic soil leachate. *Journal of Hazardous Materials*, *B137*, 581-590.

William. (1994). *Removing Heavy Metals from Wastewater*. Retrieved March 25, 2018, from Website: http://wilsonemi.com/removing-heavy-metals-wastewater.

Oncel, M. S., A Muhcu, Demirbas E., & Kobya, M. (2013). A comparative study of chemical precipitation and electrocoagulation for treatment of coal acid drainage wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering, 1,* 989-995.