

## ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ด้วยโอโซน

## Evaluation of the efficiency of ozone treatment on wastewater in the battery plant.

ไพโรจน์ หอมอ่อน และมงคล จงสุพรรณพงศ์

บัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

**บทคัดย่อ**

น้ำเสียที่ปล่อยออกจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ซึ่งได้ผ่านกระบวนการบำบัดน้ำเสียและค่าการปนเปื้อนของ สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ถึงแม้ว่าค่าการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) จะผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด แต่จะยังมีการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) อยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียด้วยสารเคมี ไม่สามารถที่จะลดค่าการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ให้หมดจนเป็นศูนย์ได้ กล่าวคือน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ มีค่าการปนเปื้อนของสารมลพิษ หลักๆ 2 อย่าง คือ มีการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) และมีการปนเปื้อนของกรดกำมะถัน ( $H_2SO_4$ ) มากับน้ำเสีย ดังนั้นระบบการบำบัดน้ำเสียจึงต้องใช้สารเคมีที่มีสภาพค่าความเป็นด่างที่สูง เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เพื่อปรับค่า p H ของน้ำเสียและทำให้เกิดการตกตะกอนด้วยกระบวนการอื่นๆต่อไป แต่ เนื่องจากน้ำที่ผ่านกระบวนการบำบัดด้วยเคมียังมีค่าการปนเปื้อนของ สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) อยู่ค่าหนึ่ง แสดงว่าระบบบำบัดแบบเคมียังไม่สามารถแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียได้ 100 %

โอโซน ( $O_3$ ) เมื่อเกิดการสลายตัว จะมีออกซิเจนหนึ่งอะตอม ซึ่งไม่เสถียรตามสมการ  $O_3 \rightarrow O_2 + 2e$  และจะมีความไวในการทำปฏิกิริยาออกซิไดซ์อย่างรุนแรงกับสารละลายไอออนของโลหะหนักต่างๆ ได้ดี ด้วยคุณสมบัติดังกล่าว ผู้วิจัยจึงได้นำโอโซนมาทำการทดลองในการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย เพื่อให้ค่าการปนเปื้อนสารมลพิษที่ปนมากับน้ำเสียให้เป็นศูนย์ หรือให้เหลือน้อยที่สุด เป็นการช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม จากการที่ได้ทำการทดลองพบว่าโอโซนมีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ได้ดี โดยเปลี่ยน  $Pb^{2+}$  เป็น  $PbO_{(s)}$  สามารถช่วยลดค่าการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากโรงงานได้ จากผลการทดลองทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโอโซน ที่เวลาคงที่ คือ 30 นาที พบว่า ปริมาณสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ลดลงแปรผกผันกับการเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน ค่า  $R^2 = 0.840$  และการเพิ่มเวลาโอโซนสัมผัสกับน้ำเสีย ที่ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนคงที่ คือ 300  $mgO_3/hr$  ปริมาณสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ลดลงแปรผกผันกับการเพิ่มเวลาสัมผัส ค่า  $R^2 = 0.872$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โอโซนสามารถออกซิไดซ์สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) เป็น  $PbO_{(s)}$  อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เห็นได้จากค่า  $R^2$  ของทั้งสองผลการทดลองถือว่าอยู่ในระดับที่ดี

### Abstract

Wastewater discharge battery manufacturing plant, the process of water treatment and the contamination of ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) does not exceed the standards act. Although the contaminations of ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) will pass a standard by law. But there will also be the contamination of ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ). Wastewater treatment by chemicals cannot to reduce the contamination of ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) up until the zero. The contamination of the main pollutants 2 as there is contamination of ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) and the contamination of sulfuric acid ( $H_2SO_4$ ) with water. Therefore, the system wastewater treatment to use chemical with high alkalinity condition, such as sodium hydroxide (NaOH) to adjust the value pH of wastewater and cause precipitation with other processes. But because the water through the treatment process with chemical also value the contamination of ion solution's lead ( $Pb^{2+}$ ) is one of the values, that a chemical treatment system cannot reduce ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) up until the zero. Ozone ( $O_3$ ) when dissolution is one oxygen atom, which is unstable according to equation  $O_3 \rightleftharpoons O_2 + 2e^-$ . Oxygen ionization is sensitive to react violently with oxidizing solution ion heavy metals. Therefore, the ozone to experiment in optimization of wastewater treatment. So the contamination pollutant mixed with wastewater to zero, or to a minimum to help protect the environment. The experiment showed that the ozone has the ability to oxidize lead ions in solution ( $Pb^{2+}$ ) Change is  $PbO_{(s)}$ . So wastewater treatment by ozone can help to reduce contamination of ion solution lead. ( $Pb^{2+}$ ) in released from the factory. The results from the experiment to test the relationship between. Increasing the amount of ozone concentration, and time constant 30 min. Quantity ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) reduced translation inversion with increasing the concentration of ozone.  $R^2 = 0.840$  and adding time ozone contact with wastewater concentration at ozone constant 300  $mgO_3/hr$  quantity ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) reduced translation inversion follow increase to contact time.  $R^2 = 0.872$  which show that ozone can oxidize ion solution lead ( $Pb^{2+}$ ) is  $PbO_{(s)}$  very good, seen from the value  $R^2$  of results from the experiment of a good level.

### 1. บทนำ

จากการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมในประเทศไทย เป็นไปอย่างรวดเร็ว สิ่งที่เกิดขึ้นตามมาคือ เรื่องปัญหามลพิษด้านสิ่งแวดล้อม เช่น ปัญหามลพิษทางด้านอากาศเสีย กากอุตสาหกรรม และโดยเฉพาะปัญหามลพิษน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งบางอุตสาหกรรมมีการนำแร่โลหะหนักมาใช้ในกระบวนการผลิต อาทิ เช่น โรงงาน

ชุบโลหะ โรงงานผลิตแบตเตอรี่ และโรงงานผลิตแผงวงจรไฟฟ้า เป็นต้น โรงงานเหล่านี้มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิตจำนวนมาก และได้มีการปล่อยน้ำเสียออกจากโรงงานจำนวนมากเช่นกัน ส่งผลให้แหล่งน้ำมีคุณภาพเสื่อมโทรมลง โรงงานบางแห่งมีโลหะหนักที่ปนเปื้อนออกจากกระบวนการผลิต เช่น โครเมียม ทองแดง สังกะสี ดีบุก และตะกั่ว เป็นต้น โดยเฉพาะน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ จะมีการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ที่มีอยู่ในน้ำเสียในปริมาณที่สูง ซึ่งการบำบัดมลพิษน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ปัจจุบัน ใช้การบำบัดด้วยระบบเคมีบำบัด (Chemical Treatment) ซึ่งในการบำบัดมลพิษน้ำเสียด้วยระบบดังกล่าว จะมีค่าใช้จ่ายด้านสารเคมีในการบำบัดมลพิษน้ำเสียสูง โรงงานผลิตแบตเตอรี่ จะต้องแบกรับภาระทางด้านต้นทุน ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย และที่สำคัญการบำบัดด้วยระบบเคมีไม่สามารถลดค่าการปนเปื้อนของ สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสียได้ 100 % การลดปริมาณการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสียจากโรงงานผลิตแบตเตอรี่ หรือการจัดการน้ำเสียที่มีโลหะหนักต่างๆ จากข้อมูลการวิจัย “การผลิตโอโซนในระบบพลาสมาความดันสูง สำหรับบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน” ของ [มงคล จงสุพรรณพงศ์ ] เรื่องคุณสมบัติของโอโซนในการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสีย ซึ่งมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำบัดที่ถูกกว่าการใช้ระบบบำบัดมลพิษน้ำเสียด้วยระบบเคมีบำบัด (Chemical Treatment) ดังนั้นเพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย ในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย โครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาคุณสมบัติของโอโซนในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตแบตเตอรี่ เนื่องจากโอโซนมีคุณสมบัติในการออกซิไดซ์สารละลายไอออนของโลหะหนักได้ แล้วจึงทำให้เกิดการตกตะกอนและทำการแยกตะกอนโลหะหนักออกจากน้ำเสีย (2) เพื่อเป็นการลดต้นทุนด้านค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อสารเคมีในการบำบัดมลพิษน้ำเสีย และป้องกันผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม

## 2.วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

### 2.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ด้วยโอโซน
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของ ปริมาณความเข้มข้นของโอโซน กับเวลาที่โอโซนสัมผัสกับน้ำเสีย ในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่

### 2.2 ขอบเขตงานวิจัย

1. ออกแบบ และสร้างเครื่องผลิตโอโซน , ระบบผสมโอโซนกับน้ำเสียด้วยความดันสูง เพื่อประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย
2. ศึกษาประสิทธิภาพการใช้โอโซนในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตของโรงงานผลิตแบตเตอรี่
3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปริมาณโอโซน เทียบกับ เวลาในการจ่ายโอโซน และปริมาณน้ำเสีย ในการบำบัดมลพิษน้ำเสีย ของโรงงานผลิตแบตเตอรี่

### 2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถลดต้นทุนการใช้สารเคมีในการบำบัดน้ำเสียโรงงานผลิตแบตเตอรี่ด้วยโอโซน
2. สามารถลดปริมาณสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสีย ให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานของกรมโรงงานอุตสาหกรรม
3. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้โอโซนในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียของโรงงานผลิตแบตเตอรี่

### 3. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

#### 3.1 การกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย

กระบวนการที่ใช้ในการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียมีอยู่หลายวิธี การพิจารณาจะเลือกใช้วิธีใดนั้นขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแง่ต่าง ๆ ดังนี้คือ คุณสมบัติของน้ำเสียก่อนเข้ารับการบำบัด คุณภาพของน้ำที่ต้องการหลังการผ่านระบบบำบัด พื้นที่ที่ต้องการใช้ในการบำบัด ค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย และความเป็นไปได้ในการนำของเสียกลับมาใช้ใหม่ ซึ่งการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียที่พบในปัจจุบัน มีอยู่ 7 วิธี

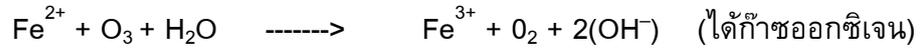
1. การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange, IE)
2. ออกซิเดชันและรีดักชัน (Oxidation and reduction)
3. รีเวิร์ส ออสโมซิส (Reverse osmosis)
4. การระเหย (Evaporation)
5. อิเล็กโตรไดอะไลซิส (Electro dialysis)
6. การดูดซับ (Adsorption)
7. การตกตะกอนทางเคมี (Chemical precipitation)

#### 3.2 คุณสมบัติของโอโซน (2)

1. ย่อยสลายสารอินทรีย์ โดยการสลายพันธะ Carbon-Nitrogen ซึ่งเป็นส่วนประกอบของสารอินทรีย์ต่างๆ
2. ลดค่า COD, BOD, TKN, SS เพิ่มค่า DO
3. กำจัดสีของน้ำเสียเช่นจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ
4. ออกซิไดซ์เหล็ก ( $Fe^{+2}$ ) และแมงกานีส ( $Mg^{+2}$ ) ในรูปที่ละลายน้ำ ให้ตกตะกอนกลายเป็น  $Fe^{+3}$ ,  $Mg^{+4}$
5. สลายโครงสร้างทางเคมีของสารพิษ เช่น Cyanides, Arsenic เป็นต้น
6. กำจัดกลิ่นเน่าเหม็นของน้ำเสีย
7. กำจัดเชื้อโรคต่างๆ ทั้งแบคทีเรีย ไวรัส Protozoa และพยาธิ

#### 3.3 การประยุกต์นำโอโซนมาใช้งาน

การทำปฏิกิริยากับสารต่างๆ เกิดปรากฏการณ์ที่แตกต่างกันไปตามชนิดของสาร สภาพของโอโซนที่อยู่ในอากาศหรือสารละลาย สารที่มีตัวอิเล็กตรอนมากหรือตัวรีดิวซ์ เช่น ซัลไฟด์ (H<sub>2</sub>S) ซัลไฟต์ (HSO<sub>3</sub>) ไนไตรต์ (NO<sub>2</sub>) โบรไมต์ (Br) ไอโอดีน (I) ไซยาไนต์ (CN) ไธโอไซยาไนต์ (SCN) และธาตุทุกชนิดยกเว้นฟลูออไรต์ในตารางธาตุ ก็เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอย่างตรงไปตรงมามีการเติมออกซิเจนเข้าไปและมักจะได้ออกซิเจนเกิดขึ้นมา เช่น



ออกซิเจน)

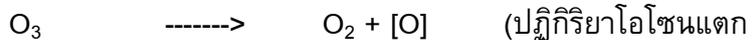


ออกซิเจน)

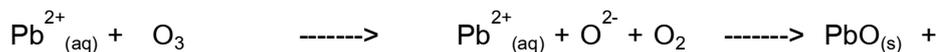


ออกซิเจน)

### ปฏิกิริยาโอโซน



ตัว)

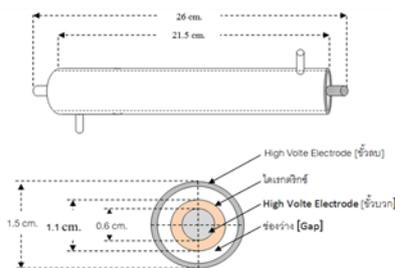


O<sub>2</sub>

## 4. วิธีการดำเนินการวิจัย

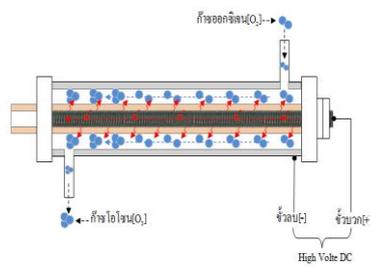
### 4.1 สร้างเครื่องบำบัดน้ำเสีย และอุปกรณ์

แบบโครงสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน



ลักษณะหลอดโอโซน

เกิดโอโซน



รูปแบบการ

ระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน

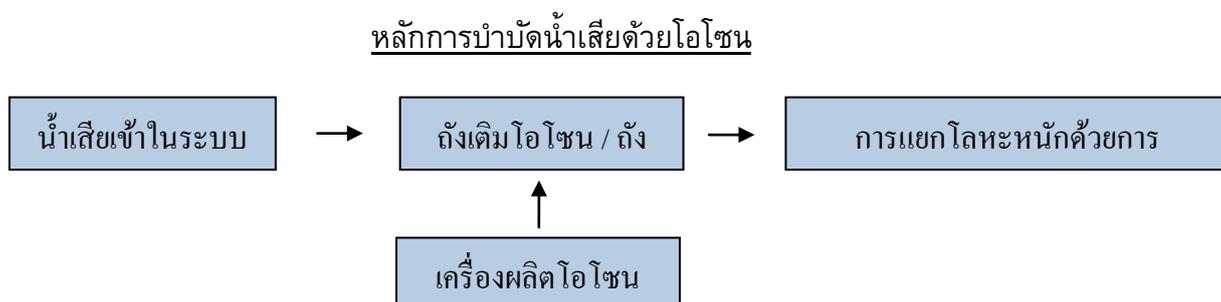


## ตารางที่ 4.1 รายการอุปกรณ์ในระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน

A	เครื่องผลิตโอโซน	E	การกรองผ่านชั้นทราย
B	ถังผสมโอโซนกับน้ำเสีย NO.1	F	ถังเก็บน้ำดี [น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว]
C	ถังผสมโอโซนกับน้ำเสีย NO.2	G	อุปกรณ์ปรับอัตราการไหลของน้ำเสีย
D	หัวฉีดน้ำแรงดันสูง	H	ปั๊มสูบน้ำแรงดันสูง

## 4.2 วิธีการทดลอง

1. ออกแบบเครื่องผลิตโอโซนที่สามารถปรับเปลี่ยนปริมาณการจ่ายโอโซนได้และเครื่องบำบัดน้ำเสีย
2. สร้างเครื่องผลิตโอโซน และสร้างเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน ตามที่ออกแบบไว้
3. ดำเนินการทดสอบหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน
4. ตรวจวัดและวิเคราะห์น้ำเสียจากกระบวนการผลิตแบตเตอรี่ ค่าพารามิเตอร์ที่ควบคุมในน้ำเสีย
5. ดำเนินการทดลอง เพื่อทดสอบคุณสมบัติของโอโซนในการบำบัดโลหะหนัก ในน้ำเสีย ด้วยการออกซิไดซ์สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสีย ทดสอบหาความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณโอโซน และเวลาในการสัมผัส ในการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) และหาประสิทธิภาพของโอโซนในการแยกโลหะหนัก (ตะกั่ว) ออกจากน้ำเสียด้วยกระบวนการแลกเปลี่ยนประจุระหว่าง  $Pb^{2+}_{(aq)} + O^{2-} \rightarrow PbO_{(s)}$  โดยการพิสูจน์ การเพิ่มปริมาณโอโซน และการเพิ่มเวลาในการสัมผัส มีผลอย่างไรกับการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน



6. เก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านระบบบำบัดด้วย เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน แล้วนำตัวอย่างน้ำ ไปตรวจวัดและวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ ทางห้องปฏิบัติการ (เครื่อง ICP) เพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพในการบำบัดโลหะหนัก (ตะกั่ว)

7. เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ ควบคุมในน้ำเสีย p H ,  $Pb^{2+}$  , Conductivity , TDS ก่อนการทดลอง และหลังการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน

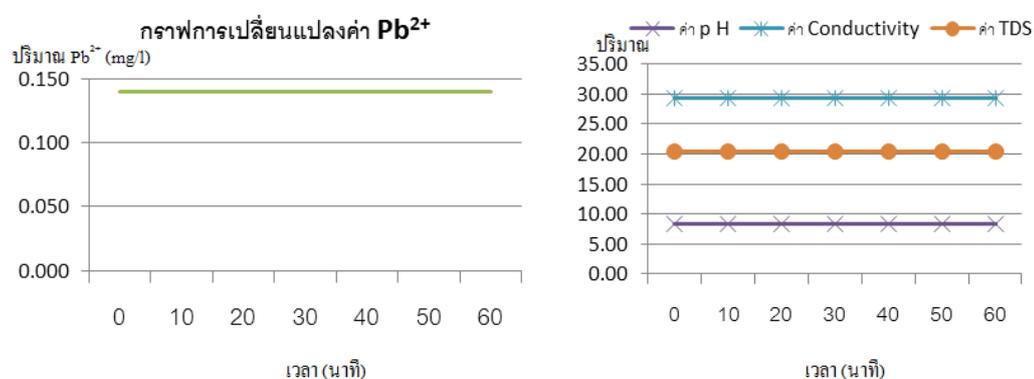
### 5.สรุปผลการทดลอง

การแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสียด้วยการใช้โอโซน ( $O_3$ ) ในการออกซิไดซ์ (แลกเปลี่ยน) ตามสมการ  $Pb^{2+}_{(aq)} + O^{2-} \rightarrow PbO_{(s)}$  แล้ว  $PbO_{(s)}$  จะตกตะกอน และทำการกรองด้วยการผ่านชั้นทราย และเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซนส่งเข้าตรวจวิเคราะห์ค่า สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ที่เหลือเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ เครื่องบำบัดน้ำเสียด้วย โอโซน โดยมีการทดลอง 3 ขั้นตอน โอโซนสามารถช่วยลด ค่าการปนเปื้อนของสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากโรงงานได้ เห็นได้จากผลการทดลอง การทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง การเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโอโซน ที่เวลาคงที่ คือ 30 นาที พบว่า ปริมาณสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ลดลงแปรผกผันกับการเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน ค่า  $R^2 = 0.840$  และการเพิ่มเวลาโอโซนสัมพันธ์กับน้ำเสีย ที่ปริมาณความเข้มข้นของโอโซนคงที่ คือ 300  $mgO_3/hr$  ปริมาณสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ลดลงแปรผกผันกับการเพิ่มเวลาสัมผัส ค่า  $R^2 = 0.872$  ซึ่งแสดงให้เห็นว่า โอโซนสามารถออกซิไดซ์สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) เป็น  $PbO_{(s)}$  อยู่ในเกณฑ์ที่ดี เห็นได้จากค่า  $R^2$  ของทั้งสอง ผลการทดลอง ถือว่าอยู่ในระดับที่ดี และผลการทดลอง เป็นดังนี้

การทดลองที่ 1 : เก็บข้อมูลประสิทธิภาพเครื่องบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน โดยไม่มีการจ่ายโอโซน เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของเครื่อง สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการบำบัดโลหะหนัก (ตะกั่ว) ในน้ำเสียผลการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองที่ 1

ลำดับที่	ปริมาณโอโซน (mgO <sub>3</sub> /hr)	เวลาสัมผัสโอโซน (นาที)	ผลการตรวจสอบ			
			ค่า Pb <sup>2+</sup>	ค่า pH	ค่า Conductivity	ค่า TDS
1	-	0	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
2	-	10	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
3	-	20	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
4	-	30	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
5	-	40	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
6	-	50	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
7	-	60	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51



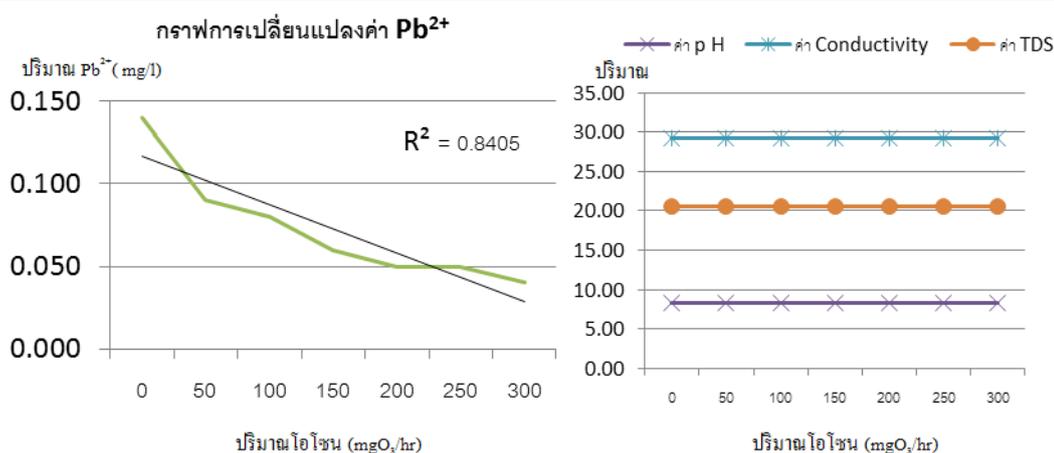
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงค่า (Pb<sup>2+</sup>) ขณะทำการทดลองที่ไม่มีการจ่ายโอโซน

จากรูปที่ 5.1 การเดินระบบบำบัดน้ำเสียโดยไม่มีการจ่ายโอโซนเข้าในระบบ ค่าสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือไม่เกิดการออกซิไดซ์ระหว่างโอโซนกับสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) แสดงว่าระบบที่ออกแบบไว้ไม่มีผลกับพารามิเตอร์ที่จะทำการศึกษา

การทดลองที่ 2 : พิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณการเพิ่มความเข้มข้นของโอโซน สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสีย

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองที่ 2

ลำดับที่	ปริมาณโอโซน (mgO <sub>3</sub> /hr)	เวลาสัมผัสโอโซน (นาที)	ผลการตรวจสอบ			
			ค่า Pb <sup>2+</sup>	ค่า pH	ค่า Conductivity	ค่า TDS
1	0	30	0.140 ± 0.00	8.30	29.30	20.51
2	50	30	0.090 ± 0.01	8.50	22.00	15.40
3	100	30	0.080 ± 0.02	8.30	22.00	15.39
4	150	30	0.060 ± 0.02	8.31	22.00	15.37
5	200	30	0.050 ± 0.01	8.30	21.40	14.97
6	250	30	0.050 ± 0.01	8.06	22.80	15.98
7	300	30	0.040 ± 0.01	8.10	21.80	15.24



รูปที่ 5.2 ประสิทธิภาพปริมาณความเข้มข้นของโอโซนต่อการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย

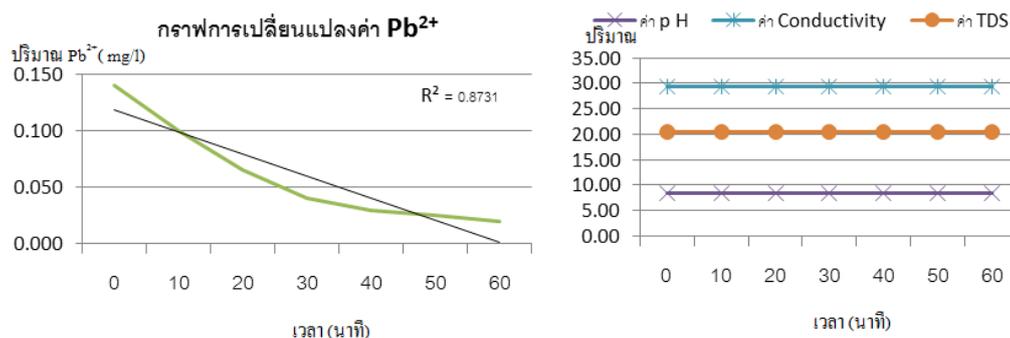
จากรูปที่ 5.2 การเดินระบบบำบัดน้ำเสียโดยมีการปรับเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของโอโซน และจ่ายโอโซนเข้าในระบบ ค่าสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) มีการเปลี่ยนแปลง หรือเกิดการออกซิไดซ์ระหว่างโอโซนกับสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) โดยเมื่อเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของโอโซน จะทำ

ให้ค่าสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสียลดลง แสดงว่าปริมาณความเข้มข้นของโอโซนมีผลต่อการออกซิไดซ์ไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) เป็น  $PbO_{(s)}$  และเกิดการตกตะกอน

การทดลองที่ 3 : พิสูจน์ความสัมพันธ์ระหว่างการเพิ่มเวลาโอโซนสัมผัสกับน้ำเสีย สัมพันธ์กับประสิทธิภาพการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย

ตารางที่ 5.3 ผลการทดลองที่ 3

ลำดับที่	ปริมาณโอโซน ( $mgO_3/hr$ )	เวลาสัมผัส โอโซน (นาที)	ผลการตรวจสอบ			
			ค่า $Pb^{2+}$	ค่า pH	ค่า Conductivity	ค่า TDS
1	300	0	$0.140 \pm 0.00$	8.30	29.30	20.51
2	300	10	$0.100 \pm 0.01$	8.40	22.00	15.45
3	300	20	$0.065 \pm 0.02$	8.30	22.00	15.32
4	300	30	$0.040 \pm 0.01$	8.10	21.80	15.23
5	300	40	$0.030 \pm 0.01$	8.30	21.40	15.87
6	300	50	$0.025 \pm 0.01$	8.03	21.25	15.50
7	300	60	$0.020 \pm 0.01$	8.02	21.80	15.40



รูปที่ 5.3 ประสิทธิภาพเวลาในการสัมผัสของโอโซนต่อการแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย

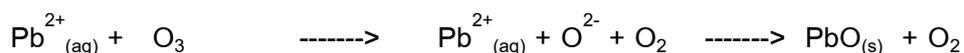
จากรูปที่ 5.3 การเดินระบบบำบัดน้ำเสียโดยไม่มีการปรับเปลี่ยนปริมาณความเข้มข้นของโอโซน แต่มีการเปลี่ยนแปลงเวลาในการสัมผัส หรือ เวลาในการออกซิไดซ์ระหว่างโอโซนกับสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) โดยเมื่อเพิ่มเวลาในการสัมผัสโอโซน จะทำให้ค่าสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสียลดลง แสดงว่าเวลาในการสัมผัสโอโซนมีผลต่อการออกซิไดซ์  $Pb^{2+}$  เป็น  $PbO_{(s)}$

### อภิปราย และสรุปผลการวิจัย

การแยกสารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ออกจากน้ำเสีย ด้วยวิธี การใช้โอโซนในการออกซิไดซ์ กล่าวคือเมื่อโอโซนเกิดการแตกตัว จะมีออกซิเจนหนึ่งอะตอมที่มีประจุ  $2-$  ( $O^{2-}$ ) ซึ่งไม่เสถียรตามสมการ



เมื่อน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบเคมีบำบัดซึ่งยังมี สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) เหลืออยู่บางส่วนและเมื่อนำตัวอย่างน้ำเสียที่ผ่านกระบวนการบำบัดมาทำการจ่ายโอโซนเพิ่ม เพื่อให้ ออกซิเจนหนึ่งอะตอมที่มีประจุ  $2-$  ( $O^{2-}$ ) ซึ่งไม่เสถียรเข้าทำปฏิกิริยาออกซิเดชัน กับ สารละลาย ไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) จะทำให้ สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) เปลี่ยนไปเป็น  $PbO_{(s)}$  ซึ่งมีสถานะเป็น ของแข็งและตกตะกอน ทำให้การปนเปื้อนของ สารละลายไอออนตะกั่ว ( $Pb^{2+}$ ) ในน้ำเสียลดลง เป็น การเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตแบตเตอรี่ ตามสมการ



จากผลการวิจัยสามารถนำระบบบำบัดน้ำเสียด้วยโอโซน เข้ามาระยুক্তใช้งานร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบเคมี ที่ใช้งานปัจจุบันของโรงงานผลิตแบตเตอรี่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียและลดการส่งชื่อสารเคมีในการบำบัดน้ำเสียลงได้เป็นการช่วยลดต้นทุนและรักษาสิ่งแวดล้อม

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.มงคล จงสุพรรณพงศ์ ที่คอยให้คำปรึกษา ให้ความรู้ความเข้าใจ คำแนะนำ ข้อคิดต่าง ๆ เกี่ยวกับงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม ที่ให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ ที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

1. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พ.ศ.2552) เทคโนโลยีและการปรับสภาพน้ำด้วยโอโซน โครงการสาธิตเทคโนโลยีเชิงลึกเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน
2. มงคล จงสุพรรณพงศ์ (พ.ศ.2550) การผลิตโอโซนในระบบพลาสมาความดันสูง สำหรับบำบัดน้ำเสียในบ่อเลี้ยงกุ้งและชุมชน
3. Mongkol Jongsuphaphong and Suntud Sirianuntapiboon (พ.ศ.2551) Design and application of new type of oxygen supplier for water and wastewater treatment.
4. Mongkol Jongsuphaphong<sup>1</sup>, Suntud Sirianuntapiboon<sup>1\*</sup> and Bundit Limmeechokchai<sup>2</sup> (พ.ศ.2553)  
Evaluation of a pilot scale high pressure plasma ozonizer for use in wastewater treatment.
5. นางสาวเมธิณี บุญชูเปลื้อง (พ.ศ.2549) ผลของ  $P^{b2+}$  และ  $N^{i2+}$  ต่อประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบเอสบีอาร์