

การกำจัดแคดเมียมไอออน (II) ในสารละลายโดยใช้เหล็กออกไซด์ จากสเกลเหล็ก โรงงานผลิตเหล็กรีดร้อนเป็นตัวดูดซับ

Removal of Cadmium Ions (II) in Aqueous Solution by Using Iron Oxide from Rolling Mill Scale as Adsorbent

คำนำ

ปัจจุบันปัญหาผลกระทบจากการปนเปื้อนโลหะหนักในสิ่งแวดล้อม ยังคงเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง เนื่องจากโลหะหนักเป็นสารที่ย่อยสลายตามธรรมชาติได้น้อยมาก เมื่อเกิดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อมจะทำให้เกิดการตกค้างและสะสมในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตและเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยผ่านทางห่วงโซ่อาหาร ส่งผลทำให้เกิดโรคและความผิดปกติขึ้นได้ (Bailey *et al.*, 1999)

แคดเมียมเป็นโลหะหนักชนิดหนึ่ง ที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น การถลุงแร่ การเคลือบผิวหรือชุบโลหะ อุตสาหกรรมสี แบตเตอรี่ ถ่านไฟฉาย ยางรถยนต์และจักรยานยนต์ ผลิตภัณฑ์ฟอสเฟต อุตสาหกรรมการผลิตแผงวงจรไฟฟ้า เป็นต้น ดังนั้น น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้จึงมีโอกาที่จะพบแคดเมียมจากกระบวนการผลิตปนเปื้อนอยู่ ซึ่งถ้าหากโรงงานอุตสาหกรรมเหล่านี้มีการจัดการ การบำบัด รวมถึงการป้องกันการรั่วไหลหรือแพร่กระจายของแคดเมียมอย่างไม่ถูกวิธีจะส่งผลกระทบอย่างมากต่อสิ่งแวดล้อมและมนุษย์ ดังจะเห็นได้จากผลการศึกษาการปนเปื้อนของสารแคดเมียมในดินและพืชผลทางการเกษตรบริเวณห้วยแม่ดาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก ของ ดร. โรเบิร์ต ชิมมอน นักวิจัยจากสถาบันจัดการทรัพยากรนานาชาติ (International Water Management Institute: IWMI) ร่วมกับกรมวิชาการเกษตร (DOA) ภายใต้โครงการความร่วมมือ IWMI – DOA Collaborative 2541-2546 แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ระยะ โดยระยะแรก (ปี พ.ศ. 2541-2543) ศึกษาแปลงนาบริเวณตำบลพะตะ ซึ่งอยู่ใกล้บริเวณแหล่งแร่สังกะสี พบว่า สารแคดเมียมในดินมีปริมาณสูงกว่าค่ามาตรฐานที่สหภาพยุโรป (EU) กำหนดไว้ถึง 1,800 เท่า และร้อยละ 95 ของเมล็ดข้าวที่สุ่มตัวอย่างก็มีแคดเมียมปนเปื้อนในปริมาณที่มากกว่าข้าวที่ปลูกในบริเวณอื่นของประเทศไทยถึง 100 เท่า ซึ่งปริมาณสารแคดเมียมระดับนี้เทียบเคียงได้กับปริมาณการปนเปื้อนในข้าว จนกลายเป็นต้นตอของโรคอิตะ-อิตะ ใน

ประเทศญี่ปุ่นมาแล้ว ส่วนระยะที่สอง เป็นการศึกษาระหว่างปี พ.ศ. 2544-2546 โดยคณะผู้ศึกษาได้ขยายพื้นที่ศึกษาต่อเนื่องจากช่วงแรกมาตามลำห้วยแม่ดาว ในพื้นที่ตำบลแม่ดาวซึ่งเป็นบริเวณทำนน้ำ และพบว่าปริมาณการปนเปื้อนของแคดเมียมในดินมีค่าสูงถึง 72 เท่าของค่ามาตรฐานของ EU ขณะที่กว่าร้อยละ 80 ของตัวอย่างข้าว มีค่าสูงกว่าค่ามาตรฐานของญี่ปุ่นและองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ (FAO) (จิตินันท์, 2547)

วิธีการกำจัดแคดเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำและน้ำเสีย สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation) การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange) กระบวนการกรองผ่านเมมเบรน (Membrane Process) และการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon Adsorption) เป็นต้น ซึ่งวิธีเหล่านี้สามารถกำจัดโลหะหนักได้ แต่ต้องสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูง รวมทั้งต้องมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ (Brown *et al.*, 2000) ดังนั้นหากสามารถนำวิธีการกำจัดโลหะหนักที่มีประสิทธิภาพ โดยไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่มีราคาแพง โดยเฉพาะหากสามารถนำของเสียจากอุตสาหกรรมที่มีอยู่ปริมาณมากมาใช้ให้เกิดประโยชน์ ซึ่งนับว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยลดปริมาณของเสียที่จะต้องนำไปกำจัด อีกทั้งยังช่วยลดค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียอีกด้วย

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เหล็กออกไซด์ (Iron Oxide) จากสเกลเหล็ก ซึ่งเป็นของเสียจากโรงงานผลิตเหล็กที่ร้อนที่มีปริมาณร้อยละ 0.3 -1.0 ของปริมาณการผลิต และมีค่าใช้จ่ายในการกำจัดเหล็กออกไซด์ที่เกิดขึ้น ประมาณ 1,000 - 2,000 บาทต่อตัน นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการกำจัดแคดเมียมไอออน (II) โดยทำการศึกษาคูณสมบัติของเหล็กออกไซด์ทั้งทางลักษณะทางกายภาพและทางเคมีในการเป็นตัวดูดซับแคดเมียมไอออน (II) อีกทั้งยังศึกษาหาประสิทธิภาพ และสภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดแคดเมียมไอออน (II) ในสารละลาย เพื่อสามารถนำไปเป็นแนวทางประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียที่มีแคดเมียมปนเปื้อนในอนาคต

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมไอออน (II) ในสารละลายโดยใช้เหล็กออกไซด์ เป็นตัวดูดซับ
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อการดูดซับแคดเมียมไอออน (II) ในสารละลาย ได้แก่ สภาวะความเป็นกรด-ด่าง เวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับ ความสูงของชั้นตัวดูดซับ
3. เพื่อเป็นแนวทางในการนำข้อมูลที่ได้จากการวิจัยไปประยุกต์ใช้ในการทดลองกับน้ำเสีย
4. เพื่อประเมินค่าใช้จ่ายเบื้องต้น ในการกำจัดแคดเมียมไอออน (II) ของเหล็กออกไซด์

ขอบเขตการวิจัย

1. เหล็กออกไซด์ที่ใช้ในการวิจัยนำมาจากสเกลเหล็ก ของโรงงานผลิตเหล็กรีดร้อน โดยทำการคัดเลือกขนาดของเหล็กออกไซด์ โดยนำมาร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 20 และ 40 ซึ่งจะได้เหล็กออกไซด์ที่มีขนาดอนุภาค 0.4 – 0.8 มิลลิเมตร
2. ลักษณะทางกายภาพของเหล็กออกไซด์ที่ทำการศึกษาซึ่งอยู่ในรูปของเฟอร์ริกออกไซด์ หรือ ฮีมาไทต์ ซึ่งมีสูตรโมเลกุล คือ Fe_2O_3 ทั้งนี้ได้ศึกษาความหนาแน่น และลักษณะพื้นผิวของเหล็กออกไซด์ก่อนและหลังทำปฏิกิริยา
3. องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณออกไซด์ของเหล็กออกไซด์ และวิเคราะห์ธาตุที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของเหล็กออกไซด์ก่อนและหลังทำปฏิกิริยา
4. การศึกษานี้ใช้น้ำเสียสังเคราะห์ในรูปสารละลายแคดเมียมไอออน (II) ในระดับความเข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 3 มิลลิกรัมต่อลิตร

5. การทดลองแบบไม่ต่อเนื่อง (Batch Experiment) ศึกษาปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการดูดซับ ณ อุณหภูมิห้องคงที่ ได้แก่ สภาวะความเป็นกรด-ด่าง และระยะเวลาที่เข้าสู่สมดุลการดูดซับ

6. ศึกษาความสามารถในการดูดซับของเหล็กออกไซด์โดยพิจารณาจากไอโซเทอมของการดูดซับแบบฟรุนดลิค (Freundlich Adsorption Isotherm)

7. คอลัมน์ดูดซับ(Adsorption Column) ที่ใช้ในการทดลองมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 7.11 ซม. สูง 100 เซนติเมตร

8. ระดับความสูงของชั้นเหล็กออกไซด์ที่บรรจุในคอลัมน์ดูดซับที่ศึกษานี้ได้แบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ 20, 50 และ 80 เซนติเมตร และได้เลือกอัตราการกรองที่ใช้ในการทดลอง เท่ากับ 0.3 ลบ.ม / ตร.ม.-ชม เนื่องจากเป็นอัตราการกรองที่อยู่ในช่วงการกรองช้า (Slow sand filter) โดยอัตราการกรองช้าอยู่ในช่วง 0.1-0.3 ลบ.ม./ตร.ม.-ชม. และเป็นอัตราการกรองที่สามารถรองรับการกำจัดแคดเมียมไอออน (II) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดได้

9. การทดลองด้วยคอลัมน์ดูดซับแต่ละครั้งเป็นการทดลองเดินระบบแบบต่อเนื่อง ในการทดลองนี้ไม่มีการล้างย้อนและใช้ตัวดูดซับใหม่ทุกครั้ง โดยเริ่มต้นปริมาณแคดเมียมไอออน (II) ในน้ำตัวอย่างประมาณ 3 มก./ล. ทำการทดลองไปจนกระทั่งปริมาณแคดเมียมไอออน (II) ในน้ำสูงกว่า 0.03 มก./ล. (ร้อยละ 1 ของ C_0) จึงยุติการทดลอง (ประสิทธิภาพการดูดซับคิดเป็นร้อยละ 99)

10. คุณสมบัติของน้ำที่ทำการศึกษา คือ ความเข้มข้นของแคดเมียมไอออน (II) ในน้ำก่อนการดูดซับและหลังผ่านการดูดซับด้วยเหล็กออกไซด์ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)