การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก ด้วยการตกตะกอนเคมีร่วมกับการดูดซับ

Wastewater Treatment from Steel Pipe Joint Factory by Chemical Coagulation and Adsorption

ปารินดา สุขสบาย*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็ก ด้วยการตกตกตะกอนทางเคมีด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ โดยน้ำเสียต้องผ่านระบบการตกตะกอนด้วยปูนขาวก่อนหลังจากนั้นจึงผ่านการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ ในการทดลองได้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปริมาณปูนขาวที่ใช้ในการตกตะกอน โดยให้ปริมาณของปูนขาว เท่ากับ 1% 2% และ 3% (w/v) ผลการทดลองพบว่าปริมาณปูนขาว 3% (w/v) เป็นปริมาณที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียจากน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก โดยพบว่าประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำมันและไขมันและของแข็งแขวนลอย มีค่าสูงถึงร้อยละ 97.26 และ 82.40 ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพการบำบัด เหล็ก สังกะสี ประมาณร้อยละ 66.82 และ 56.82 ตามลำดับ ขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในขั้นตอนนี้ค่อนข้างต่ำเพียงร้อยละ 31.31 หลังจากนั้นนำน้ำเสียที่ผ่านการตกตะกอนด้วยปูนขาว 3% (w/v) เข้าบำบัดด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ โดยพบว่าระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เท่ากับ 300 นาที และความสูงของถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ที่เหมาะสมเท่ากับ 30 เซนติเมตร จึงมีประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียสูงสุด ภายใต้อัตราการไหลของน้ำเสียในคอลัมน์เท่ากับ 20 มิลลิลิตร/นาที น้ำเสียรวมของโรงงานเมื่อผ่านระบบบำบัดด้วยการตกตะกอนเคมีด้วยปูนขาวตามด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์มีประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และสังกะสี เท่ากับร้อยละ 62.23, 68.89, 98.23, 85.93, 72.06 และ 96.15 ตามลำดับ และ ค่าความเข้มข้นของซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และสังกะสี หลังบำบัดอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

คำสำคัญ: การบำบัดน้ำเสีย โรงงานอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็ก การตกตะกอนเคมี การดูดซับ

* **ผู้ประสานงานหลัก** (Corresponding Author)
email: parin_bung@yahoo.com

Abstract

This research objective is to study the wastewater treatment from steel pipe joint factory by chemical coagulation and adsorption with activated carbon in fixed bed column. The chemical coagulation experiments were conducted the effects of lime dosage at 1%, 2% , 3% w/v. The results indicated that the 3% (w/v) lime was the optimum condition in coagulation of wastewater from steel pipe joint factory. The removal efficiency of oil and grease and suspended solid (SS) were quite high at 97.26% and 82.40% , respectively. In addition, the removal efficiency of iron (Fe) and zinc (Zn) were 66.82% and 56.82%. However, COD had low removal efficiency (31.31%). After the wastewater was passed to chemical coagulation, the treated wastewater was pumped through adsorption system with activated carbon in fixed bed column. The results showed that the optimum contact time for adsorption and bed depth of activated carbon in fixed bed column were 300 minutes and 30 cm, respectively at the flow rate of 20 ml/min. The removal efficiency of wastewater by chemical coagulation and adsorption with activated carbon for COD, oil and grease, SS, Fe and Zn were 62.23%, 68.89%, 98.23%, 85.93%, 72.06% and 96.15% , respectively. The residual concentration of COD, oil and grease, SS, Fe and Zn in treated wastewater was below the industrial effluent standard set by Ministry of Science, Technology and Environmental of Thailand.

Keywords: wastewater treatment, steel pipe joint factory, chemical coagulation, adsorption

บทนำ

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กมีเป็นจำนวนมากและอุตสาหกรรมนี้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะเห็นได้จากจำนวนของโรงงานข้อต่อท่อประปาเหล็กที่เพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นโรงงานขนาดใหญ่ โรงงานขนาดกลางและโรงงานขนาดเล็ก โรงงานเหล่านี้จะมีการใช้น้ำเป็นจำนวนมากในกระบวนการผลิต เช่น กระบวนการล้างชิ้นงาน กระบวนการชุบเคลือบ และน้ำล้างในกระบวนการผลิต ทำให้มีปริมาณน้ำเสียและสารมลพิษในน้ำเสียเกิดขึ้นในปริมาณมาก เช่น ซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย โลหะหนัก เช่น เหล็ก และ สังกะสี เป็นต้น ซึ่งน้ำเสียดังกล่าวจำเป็นต้องผ่านการบำบัดต่างๆ ก่อนที่จะปล่อยน้ำเสียลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ ซึ่งโดยทั่วไปอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กจัดเป็นอุตสาหกรรมชุบโลหะชนิดหนึ่งเนื่องจากในขั้นตอนการผลิตมีการชุบชิ้นงานด้วยสังกะสี ซึ่งระบบบำบัดของอุตสาหกรรมชุบโลหะส่วนใหญ่นิยมใช้การบำบัดหลายวิธี เช่น การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) วิธีไฟฟ้าเคมี (electrochemical treatment) รีเวอร์สออสโมซิส (reverse osmosis) การตกตะกอนทางเคมี (chemical coagulation) และการดูดซับ (adsorption) (Pereira, Gurgel, & Gill, 2010; Sankararamakrishnan, Kumar, & Chauhan, 2008; Ajmal, Rao, Ahmad, & Ahmad, 2000) แต่อย่างไรก็ตามวิธีการบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีเป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายในการบำบัดต่ำ และเหมาะกับบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะหนัก สารแขวนลอยและคอลลอยด์ (Ayoub, Hamzeh, & Semerjian, 2011) ส่วนการบำบัดด้วยวิธีการดูดซับ (adsorption) เป็นวิธีการบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูง

มีค่าใช้จ่ายน้อยในการติดตั้งและการควบคุม เป็นวิธีการที่ง่ายและไม่ยุ่งยาก นอกจากนี้สามารถฟื้นสภาพตัวดูดซับนำกลับมาใช้ใหม่ได้ด้วย (Dakiky, Khamis, Manassra, & Mer'er, 2002) โดยวัสดุดูดซับที่นิยมใช้ ได้แก่ ถ่านกัมมันต์ (Chang, Tsai, Ing, & Chang, 2003; Gupta, Gupta, & Sharma, 2000) เนื่องจากมีรูพรุนจำนวนมากและมีพื้นที่ผิว (surface area) สูง (Singh, Sahu, Mahalik, Mohanty, Raj Mohan, & Meikap, 2008) จึงมีคุณสมบัติในการดูดซับสี กลิ่น และสารแขวนลอยต่างๆ รวมทั้งสารอินทรีย์และโลหะหนักได้เป็นอย่างดี (Cheremisinoff & Morresi, 1978) ซึ่งจะเห็นว่าทั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบตกตะกอนและการดูดซับ เป็นระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูงและประหยัดค่าใช้จ่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กมาบำบัดด้วยการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมให้สูงขึ้นและเพื่อให้น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

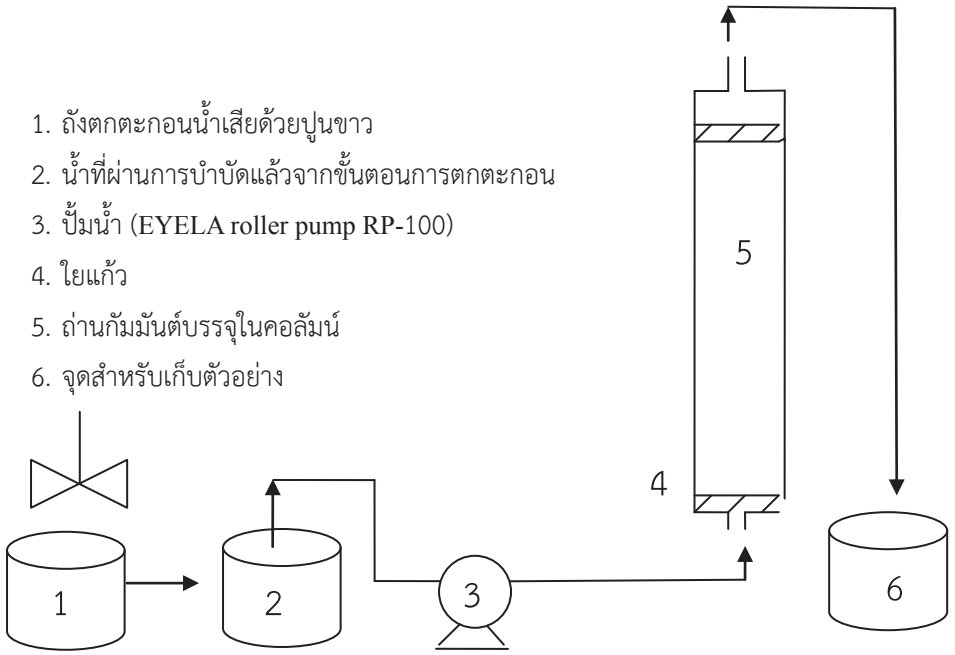
วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์
2. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนเคมีร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

1. ชุดการทดลอง

การทดลองจะทำในห้องปฏิบัติการโดยนำน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็กมาผ่านการบำบัดด้วยวิธีการตกตะกอนด้วยปูนขาว (CaO) และนำส่วนใสที่ผ่านการบำบัดจากการตกตะกอนแล้วมาผ่านการดูดซับ (adsorption) ด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ (ภาพที่ 1) โดยถังตกตะกอนที่ใช้ในการทดลองทำด้วยอคริลิกใส (acrylic) เส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร พร้อมทั้งติดตั้งใบพัดเพื่อกวนสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอน ส่วนคอลัมน์ที่ใช้ในการดูดซับน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ เป็นคอลัมน์ที่ทำจากอคริลิกใส โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และความสูงของคอลัมน์เท่ากับ 35 เซนติเมตร โดยนำถ่านกัมมันต์ใส่ในคอลัมน์โดยใช้ใยแก้วใส่ก้นคอลัมน์และด้านบนคอลัมน์เพื่อไม่ให้ถ่านกัมมันต์หลุดออกจากคอลัมน์



ภาพที่ 1 ชุดทดลองการบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนทางเคมีร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

2. การศึกษาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมในการตกตะกอนเคมีของน้ำเสีย

การทดลองนี้จะทำการศึกษาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมในการตะตะกอนของน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็ก โดยนำน้ำเสียปริมาตร 2 ลิตร ใส่ในถังตกตะกอน จากนั้นเติมปูนขาวที่ต้องการทดสอบในปริมาณต่างๆกัน คือ 1%, 2% และ 3% (w/v) กวนด้วยความเร็วรอบ 100 รอบ/นาที เป็นเวลา 3 นาที เพื่อให้น้ำตัวอย่างและปูนขาวผสมกันได้ดี ต่อมากวนช้าด้วยความเร็วรอบ 50 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นปล่อยให้ตกตะกอนเป็นเวลา 30 นาที และนำน้ำส่วนใสมาวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น พีเอช ซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแวนลอย เหล็ก และสังกะสี โดยวิธีวิเคราะห์ตาม Standard Method for Water and Wastewater (APHA, AWWA and WPCF, 1998)

3. ศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

การทดลองโดยการกำหนดระยะเวลาการดูดซับน้ำเสียในคอลัมน์ด้วยเวลาที่ต่างกัน เช่น 5 10 30 60 120 240 300 360 420 และ 480 นาที โดยป้อนน้ำเสียปริมาตร 2 ลิตรที่ได้จากการตกตะกอนด้วยปูนขาวที่เหมาะสมแล้ว จากข้อ 2 ให้ไหลแบบไหลย้อนขึ้น (upflow) ด้วยปั๊ม roller pump (EYELA Roller pump RP-1000) ด้วยอัตรา 20 มิลลิลิตร/นาที และเมื่อครบเวลาที่กำหนดก็ทำการเก็บน้ำที่จุดเก็บตัวอย่างเพื่อจะนำมาวัดค่าซีโอดี (การทดลองใช้ค่าซีโอดีเป็นค่าตัวแทนของน้ำเสีย) ในการทดลองจะมีการวนน้ำกลับเข้าไปยังคอลัมน์ซ้ำหลายๆ รอบเพื่อให้ระยะเวลาที่น้ำเสียอยู่ในคอลัมน์เพียงพอ ซึ่งการทดลองนี้กำหนดให้ความสูงของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุในคอลัมน์เท่ากับ 30 เซนติเมตร

4. การศึกษาความสูงที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุในคอลัมน์

บรรจุถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ให้มีความสูงแตกต่างกัน เช่น 10, 20 และ 30 เซนติเมตร โดยป้อนน้ำเสียปริมาตร 2 ลิตรให้ไหลแบบไหลย้อนขึ้น ด้วยปั๊ม roller pump ในอัตรา 20 มิลลิลิตร/นาที ในระยะเวลาที่เหมาะสมที่ได้จาก ข้อ3 จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำเสียจากจุดเก็บตัวอย่างเพื่อนำน้ำเสียดังกล่าวไปวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ พีเอช ซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และสังกะสี

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

1. คุณลักษณะน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะของน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหรรม (ตารางที่ 1) พบว่าปริมาณน้ำมันและไขมันค่อนข้างสูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมมาก (มาตรฐานน้ำทิ้งของน้ำมันและไขมันไม่เกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร) โดยในน้ำเสียรวมมีปริมาณน้ำมันและไขมัน 92.26 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้เนื่องจากมีการใช้น้ำมัน cutting oil ในกระบวนการทำเกลียวใน (tapping) ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดปริมาณไขมันและน้ำมันมาก ถึงแม้น้ำเสียดังกล่าวจะผ่านบ่อดักไขมันของโรงงานแล้วก็ตาม นอกจากนี้จะเห็นว่าของแข็งแขวนลอย (suspended solid, SS) ของน้ำเสียรวมของโรงงานมีค่าค่อนข้างสูงกว่ามาตรฐาน ซึ่งมีค่าเท่ากับ 270.33 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่ามาตรฐาน SS ในน้ำทิ้งไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร ทั้งนี้อาจเนื่องจากบ่อพักน้ำเสียรวมเป็นบ่อพักเกิดจากดินผสมทราย (เป็นวัสดุที่ถูกทิ้งจากขั้นตอนการผลิต) ทำให้มีปริมาณของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง ส่วนค่าซีโอดีของน้ำเสียรวมของโรงงาน สูงกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้งเล็กน้อย แต่ปริมาณโลหะหนัก เช่น เหล็ก (Fe) และ สังกะสี (Zn) อยู่ในน้ำเสียด้วยซึ่งพบว่าปริมาณสังกะสีในน้ำเสียมีค่าไม่เกินมาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม

ตารางที่ 1 คุณลักษณะของน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก

พารามิเตอร์	คุณลักษณะน้ำเสียรวมของโรงงาน	[1] ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง
พีเอช (pH)	7.3	5.5-9
ซีโอดี (COD) (mg/l)	144.00	120
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) (mg/l)	92.26	5
ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)	270.33	50
เหล็ก (Fe) (mg/l)	0.43	0.5
สังกะสี (Zn) (mg/l)	4.46	5

หมายเหตุ [1]ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

2. การศึกษาปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำทิ้ง

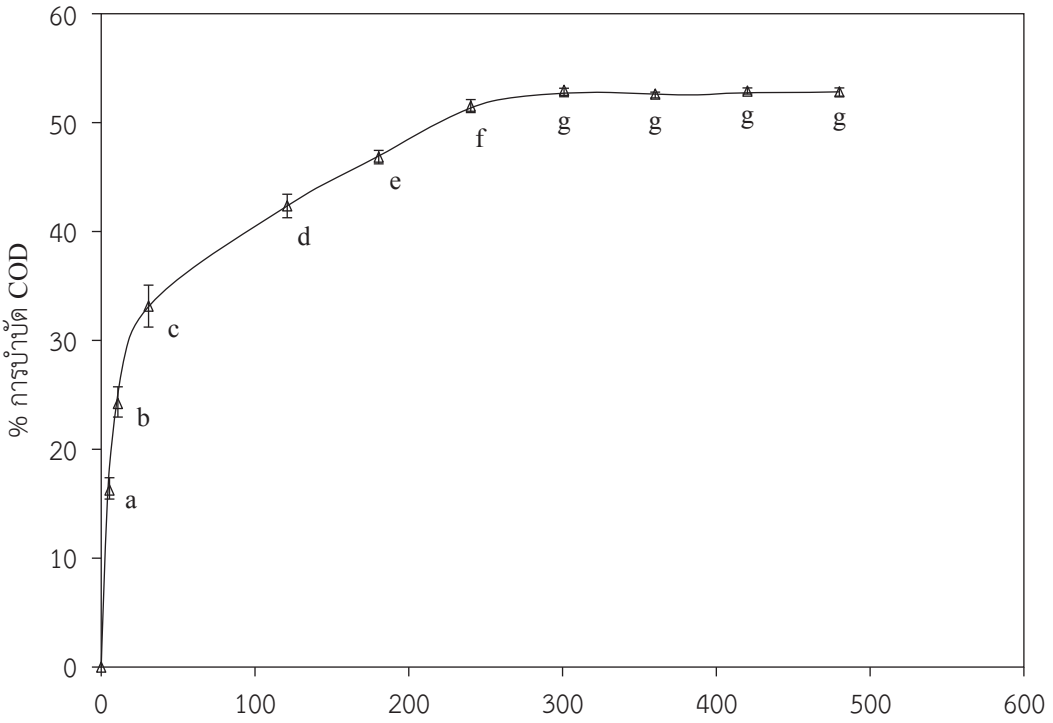
การทดลองนี้ศึกษาปริมาณของปูนขาวที่เหมาะสมในการตกตะกอนน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิต โดยใช้ปริมาณปูนขาวในปริมาณที่แตกต่างกัน คือ 1% 2% และ 3% (w/v) ซึ่งผลการทดลองแสดงดังตารางที่ 2 โดยผลการทดลองพบว่า ปริมาณความเข้มข้นของ ซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และสังกะสี มีแนวโน้มลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาวจาก 1% w/v เป็น 3% w/v ยกเว้นค่าพีเอชเมื่อใช้ปริมาณปูนขาวเพิ่มขึ้นเป็น 3% (w/v) ทำให้ค่าพีเอชเพิ่มสูงขึ้น เป็น 10.4 และจากการคำนวณประสิทธิภาพการบำบัดจะเห็นว่าการใช้ปูนขาวเป็นสารสร้างตะกอนจะทำให้สามารถบำบัดน้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอยได้ดี โดยประสิทธิภาพการบำบัดสูงถึงร้อยละ 97.26 และ 82.40 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากคอลลอยด์ที่อยู่บนผิวน้ำสามารถมารวมตัวเป็นฟลอคได้ เนื่องจากปูนขาวจะทำลายเสถียรภาพของคอลลอยด์ จากนั้นอนุภาคจะเคลื่อนที่เข้าหากันและรวมตัวกันเป็นฟลอคขนาดใหญ่ทำให้สามารถตกตะกอนได้ง่าย โดยพบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณปูนขาว เป็น 3% (w/v) จะทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันและของแข็งแขวนลอยสูงที่สุด ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี ค่อนข้างต่ำมากเพียงร้อยละ 19.95 ดังนั้นการบำบัดด้วยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาวไม่เหมาะกับการกำจัดซีโอดี ขณะที่ประสิทธิภาพการบำบัดเหล็กและสังกะสีเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปริมาณปูนขาวในการตกตะกอนเพิ่มขึ้นจาก 1% w/v เป็น 3% w/v ทั้งนี้อาจเนื่องจากพีเอชเพิ่มขึ้นทำให้เหล็กและสังกะสีมีความสามารถในการตกตะกอนเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Letchai (1991) ที่กำจัดสังกะสีในน้ำเสียโดยวิธีการตกตะกอนพบว่า พีเอชเพิ่มสูงขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการตกตะกอนได้สูงขึ้น โดยพีเอชที่เหมาะสมมีค่าสูงกว่า 9.5 ขึ้นไป

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กโดยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาวที่ปริมาณต่างๆ กัน

พารามิเตอร์	ปริมาณปูนขาว					
	1% (w/v)		2% (w/v)		3% (w/v)	
	ปริมาณ	% การบำบัด	ปริมาณ	% การบำบัด	ปริมาณ	% การบำบัด
พีเอช (pH)	9.8	-	10.1	-	10.4	-
ซีโอดี (COD) (mg/l)	140	2.78	121.25	15.79	115.27	19.95
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) (mg/l)	8.45	90.84	6.80	92.63	2.55	97.26
ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)	171	36.74	54.33	79.90	47.58	82.40
เหล็ก (Fe) (mg/l)	0.22	48.83	0.20	53.49	0.14	66.82
สังกะสี (Zn) (mg/l)	2.97	33.40	2.22	50.22	1.94	56.42

3. การศึกษาระยะเวลาที่เหมาะสมของการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

การทดลองนำน้ำเสียที่ได้ผ่านการบำบัดแล้วด้วยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาว 3% (w/v) มาบำบัดต่อด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในระบบคอลัมน์ โดยการทดลองใช้ปริมาณซีโอดีเป็นตัวแทนค่าความสกปรกของน้ำเสียในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย โดยให้ระยะเวลาการดูดซับซีโอดีที่ระยะเวลาต่างๆ กัน คือ 5 10 30 60 120 180 240 300 360 420 480 นาที ภายใต้อัตราการไหลของน้ำเสียในคอลัมน์ 20 มิลลิลิตร/นาที และความสูงของถ่านกัมมันต์ 30 เซนติเมตร ซึ่งประสิทธิภาพของการดูดซับซีโอดีของน้ำเสียรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็กของโดยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ ณ เวลาต่างๆ แสดงดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ผลของระยะเวลาต่อประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของน้ำเสียรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

จากภาพที่ 2 เมื่อระยะเวลาในการบำบัดซีโอดีของน้ำเสียที่เพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีของน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น และคงที่เมื่อถึงจุดสมดุล (equilibrium) และ จากการนำข้อมูลของการบำบัดซีโอดีของน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ที่เวลาต่างๆกันไปวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลด้วยวิธี DMRT (Duncan's new multiple range test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า ประสิทธิภาพในการดูดซับซีโอดีที่เวลา 300 นาที ถึง 480 นาที ไม่แตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญที่ 0.05 จะเห็นว่าการดูดซับซีโอดีของน้ำเสียรวมด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์เข้าสู่สภาวะสมดุลภายในเวลา 300 นาที่ (ภาพที่ 2) โดยประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีมีค่าเท่ากับร้อยละ 52.81 การที่

ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับซีโอดีได้ดี เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีลักษณะพื้นผิวเป็นรูพรุนค่อนข้างมาก ในการทดลองยังได้ศึกษาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ (surface area) ด้วยเครื่อง surface area analyzer (Quantachrome, Autosorb-1) พบว่ามีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเท่ากับ 959 ตารางเมตร/กรัม ทำให้ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับค่าซีโอดี เข้าไปในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้ดี

4. การศึกษาผลของความสูงของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุในคอลัมน์ต่อการบำบัดน้ำเสีย

การทดลองกำหนดให้ความสูงของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุในคอลัมน์ในระดับความสูงที่ต่างๆ กัน ได้แก่ 10, 20 และ 30 เซนติเมตร โดยให้ระยะเวลาการดูดซับเท่ากับ 300 นาที และอัตราการป้อนน้ำเสีย 20 มิลลิลิตร/นาที ซึ่งผลการทดลองการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ของน้ำเสียรวมแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลของความสูงของถ่านกัมมันต์ที่บรรจุในคอลัมน์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียรวมของโรงงาน

พารามิเตอร์	ความสูงของถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์					
	10 เซนติเมตร		20 เซนติเมตร		30 เซนติเมตร	
	ปริมาณ	% การบำบัด	ปริมาณ	% การบำบัด	ปริมาณ	% การบำบัด
พีเอช (pH)	10.1	-	10.3	-	10.6	-
ซีโอดี (COD) (mg/l)	81.21	29.38	72.09	37.31	54.39	53.15
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) (mg/l)	2.04	20.00	1.70	33.20	1.63	35.95
ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)	42.54	10.59	40.65	14.56	38.04	20.06
เหล็ก (Fe) (mg/l)	0.132	5.48	0.131	7.75	0.121	14.32
สังกะสี (Zn) (mg/l)	1.912	1.43	1.882	3.14	0.172	11.18

ผลการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความสูงของถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์จาก 10 เซนติเมตร จนถึง 30 เซนติเมตร ประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และ สังกะสี ในน้ำเสียรวมของโรงงานมีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากการถ่านกัมมันต์ปริมาณมากขึ้น จะทำให้มีพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับสิ่งสกปรกต่างๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Selvara, Manonmani & Pattabhi (2003) และ Garg, Gupta, Yadav & Kumar (2003) ที่กล่าวว่าเมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นพื้นที่ผิวของตัวดูดซับจะเพิ่มขึ้น จากการทดลองจะเห็นว่าความสูงของถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำเสียเท่ากับ 30 เซนติเมตร ซึ่งเมื่อพิจารณาประสิทธิภาพการดูดซับค่าซีโอดีด้วยวิธีการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์จะเห็นว่าประสิทธิภาพการดูดซับค่อนข้างสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตกตะกอนด้วยปูนขาว โดยประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีของน้ำเสียรวมมีค่าเท่ากับร้อยละ 53.15 การที่ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับค่าซีโอดีได้ดี เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างสูง โดยมีพื้นที่ผิวสูงถึง 959 ตารางเมตร/กรัม (ข้อมูลไม่ได้แสดงในผลการทดลอง) และการทดลองยังวิเคราะห์ค่าปริมาตรของรูพรุนรวม (total pore volume, V_T) ปริมาตรของรูพรุนขนาดกลาง (mesopore volume, V_{me}) และ ปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็ก (micropore volume, V_{mi}) ของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง surface area analyzer (Quantachrome, Autosorb-1) และพบว่ามีค่าเท่ากับ 0.4446 ลูกบาศก์เมตร/กรัม, 0.0309 ลูกบาศก์เมตร/กรัม และ 0.4157 ลูกบาศก์เมตร/กรัม ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่ถ่านกัมมันต์ทางการ

ค้าที่นำมาใช้ในการทดลอง ส่วนใหญ่มีปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็กสูงถึงร้อยละ 93.52 เมื่อเทียบกับปริมาตรของรูพรุนทั้งหมด (V_{mi}/V_T = 93.52%) ดังนั้นการดูดซับซีโอดีน่าจะใช้รูพรุนขนาดเล็กในการดูดซับ และจากผลการทดลองยังพบว่าประสิทธิภาพการกำจัดเหล็กและสังกะสีเมื่อบำบัดด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์มีค่าค่อนข้างต่ำ โดยมีค่าเพียงร้อยละ 14.34 และ 11.18 ในการบำบัดเหล็กและสังกะสีในน้ำเสียรวมของโรงงาน

5. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยการตกตะกอนด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

ผลรวมประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของระบบการตกตะกอนด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์สำหรับน้ำเสียรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก แสดงดังตารางที่ 4 ซึ่งผลการทดลองพบว่าเมื่อใช้วิธีตกตะกอนด้วยปูนขาวความเข้มข้น 3% (w/v) ร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์ที่มีความสูง 30 เซนติเมตร ระยะเวลาการดูดซับ 300 นาที พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำมันและไขมันและ ของแข็งแขวนลอย ค่อนข้างสูง ประมาณร้อยละ 98.23 และ 85.93 ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีไม่สูงมากนักประมาณร้อยละ 62. 23 นอกจากนี้จะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดเหล็กและสังกะสี สามารถบำบัดได้สูงถึง ร้อยละ 72.06 และ 96.15 ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองจะเห็นว่าปริมาณความเข้มข้นของ ซีโอดี น้ำมันและไขมัน ของแข็งแขวนลอย เหล็ก และสังกะสีอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม ยกเว้นค่าพีเอชที่สูงเกินกว่ามาตรฐานเล็กน้อย อย่างไรก็ตามการทดลองได้ทำการปรับพีเอชด้วย 50% กรดซัลฟูริก (v/v) โดยปรับพีเอชให้มีค่าเป็นกลางคือพีเอชเท่ากับ 7 ซึ่งเมื่อปรับค่าพีเอชแล้วไม่ทำให้ค่าพารามิเตอร์อื่นๆ เปลี่ยนแปลง

จากการทดลองแสดงว่าการตกตะกอนด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์มีศักยภาพที่จะบำบัดน้ำเสียรวมของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กได้ดี

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็กด้วยการตกตะกอนด้วยปูนขาว (3% w/v) ร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์

พารามิเตอร์	ปริมาณเริ่มต้น	ปริมาณหลังบำบัด	ผลรวมของประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทั้ง 2 ระบบ (%)	[1]ค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง
พีเอช (pH)	7.33	10.6	-	5.5-9
ซีโอดี (COD) (mg/l)	144.00	54.39	62.23	120
น้ำมันและไขมัน (Oil & Grease) (mg/l)	92.26	1.63	98.23	5
ของแข็งแขวนลอย (SS) (mg/l)	270.33	38.04	85.93	50
เหล็ก (Fe) (mg/l)	0.43	0.121	72.06	0.5
สังกะสี (Zn) (mg/l)	4.46	0.172	96.15	5

หมายเหตุ [1]ประกาศกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม ฉบับที่ 3 (พ.ศ.2539) เรื่อง กำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากแหล่งกำเนิดประเภทโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรม

สรุปผลการทดลอง

วิธีการการตกตะกอนเคมีด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์คอลัมน์เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก โดยปริมาณปูนขาวที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการตกตะกอนน้ำเสียรวมจากโรงงานอุตสาหกรรมผลิตข้อต่อท่อประปาเหล็ก มีค่าเท่ากับ 3% (w/v) ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดไขมันและน้ำมันมีค่าสูงถึงร้อยละ 97.26 และของแข็งแขวนลอยมีประสิทธิภาพการบำบัดร้อยละ 82.40 ส่วนประสิทธิภาพการบำบัดซีโอดีในขั้นตอนการตกตะกอนด้วยปูนขาวมีค่าต่ำเพียงร้อยละ 19 ขณะที่มีประสิทธิภาพการบำบัด เหล็ก สังกะสี ร้อยละ 66.82 และ 56.82 ตามลำดับ และระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์เท่ากับ 300 นาที และความสูงที่เหมาะสมของถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์มีค่าเท่ากับ 30 เซนติเมตร นอกจากนี้จะเห็นว่าประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ในคอลัมน์มีประสิทธิภาพการบำบัด น้ำมันและไขมัน และของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียมีค่าค่อนข้างสูงประมาณ ร้อยละ 98.23 และร้อยละ 85.93 ตามลำดับ

ข้อเสนอแนะ

1. ควรจะมีการศึกษาการใช้สารสร้างตะกอนอื่นๆ เช่น สารส้ม เฟอร์ริคคลอไรด์ ($FeCl_3$) โพลีอลูมิเนียมคลอไรด์ (Polyaluminium Chloride, PAC) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียกับปูนขาว
2. ควรจะศึกษาระบบ Dissolved Air Flotation (DAF) เปรียบเทียบกับการตกตะกอนด้วยปูนขาวร่วมกับการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ เนื่องจากคุณลักษณะน้ำเสียส่วนใหญ่มีสารแขวนลอยน้ำมันและไขมันเป็นจำนวนมาก
3. ควรมีการศึกษาอายุการมใช้งานของถ่านกัมมันต์ในการบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมข้อต่อท่อประปาเหล็ก

เอกสารอ้างอิง

Ajmal, M., Rao, R.A.K., Ahmad, R. & Ahmad, J. (2000). Adsorption Studies on *Citrus reticulata* (Fruit Peel of Orange): Removal and Recovery of Ni(II) from Electroplating Wastewater. *Journal of Hazardous Materials.*176, 856-863.

APHA, AWWA & WPCF. (1989). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.* New York. American Public Health Association.

Ayoub, G.M., Hamzeh, L. & Semerjian, L. (2011). Post Treatment of Tannery Wastewater Using Lime/Bittern Coagulation and Activated Carbon Adsorption. *Desalination.* 273, 359-365.

Chang, C.Y., Tsai, W.T., Ing, C.H. & Chang, C.F. (2003). Adsorption of Polyethylene Glycol (PEG) from Aqueous Solution onto Hydrophobic Zeolite. *Journal of Colloid and Interface Science,* 260, 273-279.

Cheremisinoff, P.N. & Morresi, A.C. (1978). *Carbon Adsorption Handbook.* Borough Green. Ann Arbor Science Publisher.

Dakiky, M., Khamis, M., Manassra, A. & Mer'er, M. (2002). Selection Adsorption of Chromium (VI) in Industrial Wastewater Using Low-cost Abundantly Available Adsorbents. *Advances in Environmental Research,* 6, 533-540.

Garg, V.K., Gupta, R., Yadav, A.B. & Kumar, R. (2003). Dye Removal from Aqueous Solution by Adsorption on Treated Sawdust. *Journal of Bioresource Technology,* 89, 121-124.

Gupta, V.K., Gupta, M. & Sharma, S. (2000). Process Development for the Removal of Lead and Chromium from Aqueous Solution Using Red Mud-an Aluminium Industry Waste. *Water Research,* 35, 1125-1134.

Letchai, C. (1991). Heavy Metal Removal by Chemical Coagulation and Precipitation. *Water Science and Technology,* 39, 135-138.

Pereira, F.V., Gurgel, L.V.A. & Gil, L.F. (2020). Removal of Zn^{2+} from Aqueous Single Metal Solutions and Electroplatingwastewater with Wood Sawdust and Sugarcane Bagasse Modified with EDTA Dianhydride (EDTAD). *Journal of Hazardous Materials,* 176, 856-863.

Sankararamakrishnan, N., Kumar, P. & Chauhan, V.S. (2008). Modeling Fixed Bed Column for Cadmium Removal from Electroplatingwastewater. *Separation and Purification Technology,* 63, 213-219.

Selvaraj, K., Manonmani, S. & Pattabhi. (2003). Removal of Hexavalent Chromium Using Distillery Sludge. *Bioresource Technology,* 89, 207-211.

Singh, C.K., Sahu, J.N., Mahalik, K.K., Mohanty, C.R., Raj Mohan, B. & Meikap, B.C. (2008). Studies on the Removal of Pb(II) from Wastewater by Activated Carbon Developed from Tamarind Wood Activated with Sulfuric Acid. *Journal of Hazardous Materials,* 153, 221-228.

ผู้เขียน

ดร.ปารินดา สุขสบาย

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต

email: parin_bung@yahoo.com