การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตคอมเพรสเซอร์

วิชญาณี ฉัตรเจริญสกุล[1] ภณวิสิฏฐ์ นาถรังสรรค์[1,*]
กรกฎ เพ็ชร์หัสณะโยธิน[2]

[1]สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ
[2]สาขาวิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ
[*]Corresponding author e-mail: Pacharagrich.chopradub@gmail.com

บทคัดย่อ

บทความนี้รายงานผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดและการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แห่งหนึ่ง เพื่อรองรับการขยายปริมาณการผลิตที่ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้น การปรับปรุงกระทำโดยปรับโครงสร้างและการจัดการระบบบำบัดน้ำเสีย รวมถึงการสร้างถังปฏิกิริยาและถังพักสารเคมีเสื่อมสภาพ เพิ่มท่อส่งน้ำระหว่างถังเป็น 2 เท่า ควบคุมค่าความเร็วเกรเดียนท์ให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมต่อการบำบัด ควบคุมค่า pH ในการตกตะกอนเท่ากับ 10.8 เพื่อลดปัญหาตะกอนฟุ้งกระจาย รวมถึงการนำน้ำทิ้งจากระบบรีเวิร์สออสโมซิสมาช่วยในการเจือจางสารเคมีเสื่อมสภาพเพื่อให้ง่ายต่อการบำบัด และสร้างกับดักน้ำมันที่ผิวหน้าของน้ำเสีย ผลการปรับปรุงพบว่าระบบสามารถบำบัดน้ำเสียได้เพิ่มขึ้นจากเดิมเฉลี่ย 600 ลบ.ม./ วัน เป็น 700 ลบ.ม./ วัน น้ำทิ้งมีคุณภาพเป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งของนิคมอุตสาหกรรม ค่าไฟฟ้า ค่าสารเคมี และค่าน้ำประปาลดลง กลิ่นเหม็นหายไป ระบบบำบัดน้ำเสียหลังปรับปรุงแล้วเป็นไปตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อม มอก. 14001 และมาตรฐานอาชีวอนามัยความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม มอก. 18001 การปรับปรุงเสียค่าใช้จ่าย 30,000 บาท และคุ้มทุนภายใน 1 เดือน โดยก่อนปรับปรุงระบบมีค่าใช้จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย 1 ลบ.ม. เท่ากับ 5.05 บาท หลังปรับปรุงระบบค่าใช้จ่ายลดลงเหลือ 3.45 บาท/ลบ.ม. ทำให้บริษัทประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดได้ 410,000 บาท/ปี

คำสำคัญ: ระบบบำบัดน้ำเสีย/ เทคโนโลยีสะอาด

Improvement of a Wastewater Treatment System in a Compressor Factory

Witchayanee Chatcharoenskul[1] Phanawisittha Natchrungsunkh[1,*]
Korakoj Pethassanayothin[2]

[1]Industrial and Technology Management Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok
[2]Industrial Chemistry Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdej-chaopraya Rajabhat University, Bangkok
[*]Corresponding author e-mail: Pacharagrich.chopradub@gmail.com

Abstract

This paper reported the result of the improved wastewater treatment system with applied clean technology in a compressor factory in order to treat a larger volume of wastewater resulted from expansion of manufacturing volume. The improvement modified structures and management of system including construction a reagent tank, construction a deteriorating chemical tank, installation of pipelines between tanks to meet the appropriate velocity gradient, control of appropriate pH of 10. 8 for sedimentation to reduce the problem of sediment diffusion, recycling surplus water from the reverse osmosis system and construction an oil trap at the waste water surface. The result showed that the capacity of wastewater system has increased from 600 m^3/ day to 700 m^3/ day. The treated wastewater quality has been conformed to the Industrial Estate Authority of Thailand' s standard. Electricity, chemical and tap water cost have been reduced. The odor has been vanished. The improved system has met the environmental standard ISO 14001 and the health and safety management standard ISO 18001. The improvement has cost 30,000 Baht and has been worth of the investment in the first month. Prior to the improvement, it cost 5. 05 Baht to treat 1 m^3 of wastewater. The improved system has been operated at 3.45 Baht/m^3, which has saved the company 410,000 Baht/year.

Keywords: wastewater treatment/ cleaner technology

บทนำ

จากความต้องการคอมเพรสเซอร์ที่เพิ่มขึ้น (Allied Market Research, 2014) ทำให้โรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์สำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งเพิ่มกำลังการผลิตตามคำสั่งซื้อที่มากขึ้น เป็นผลให้มีปริมาณน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเพิ่มขึ้น จากเดิม 600 ลบ.ม./วัน เป็น 700 ลบ.ม./วัน ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียเดิมที่ออกแบบไว้ไม่สามารถบำบัดได้ การสร้างระบบบำบัดน้ำเสียเพิ่มเป็นการแก้ปัญหาที่ง่ายแต่ต้องใช้พื้นที่ เงินลงทุน และเวลาสูง วิธีการแก้ปัญหาอีกแบบหนึ่งคือปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียเดิมโดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัย (กรกฎ, 2548; ผกาวัลย์, 2540; ณรงค์ฤทธิ์, 2541; นคร, 2547; ปารณีย์, 2550) โดยมีเป้าหมายให้น้ำเสียที่บำบัดแล้วได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง ระบบเป็นไปตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อม มอก. 14001 และมาตรฐานอาชีวอนามัยความปลอดภัย และสิ่งแวดล้อม มอก. 18001 โดยบทความนี้รายงานผลการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดและการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แห่งหนึ่งเพื่อรองรับการขยายปริมาณการผลิตที่ส่งผลให้ปริมาณน้ำเสียเพิ่มขึ้น

วัตถุประสงค์และขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ให้มีความสามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 600 ลบ.ม./วัน เป็น 700 ลบ.ม./วัน

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการ ณ โรงงานสายการผลิตย่อยหนึ่ง ในโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์สำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพ มีขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโรงงานและกระบวนการผลิตมอเตอร์คอมเพรส-เซอร์ โดยการสำรวจ สัมภาษณ์ และศึกษาข้อมูลจากหลักฐานต่างๆ

2. ศึกษาคุณสมบัติและปริมาณของน้ำเสีย การบำบัดน้ำเสียก่อนปรับปรุง จากเอกสารหลักฐาน การสำรวจ การสัมภาษณ์ การวัดและวิเคราะห์ทางเคมี

3. วิเคราะห์ออกแบบการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเดิม/กระบวนการบำบัดที่เหมาะสม

4. ปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียเดิมพร้อมกับประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาด

ระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมและการอนุรักษ์พลังงาน

5. กำหนดมาตรฐานการทำงานใหม่สำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่ปรับปรุงแล้ว

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาข้อมูลพื้นฐานของโรงงาน

โรงงานย่อยที่ดำเนินงานวิจัย เป็นสายการผลิตในโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์สำหรับตู้เย็นและเครื่องปรับอากาศแห่งหนึ่งในนิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร มีพื้นที่ 66 ไร่ พนักงาน 2,200 คน ผลิตภัณฑ์ส่งออกต่างประเทศ 60% โดยประมาณกระบวนการผลิตประกอบด้วยการผลิตอะไหล่ ได้แก่ เสื้อสูบ ลูกสูบ ก้านสูบ วาล์ว ลิ้นวาล์ว ฝาสูบ ท่อด้านเข้า/ออก และสปริง การประกอบเป็นตัวมอเตอร์คอมเพลสเซอร์ การเชื่อม การทดสอบรอยรั่ว การชุบสีและอบสี การทดสอบการทำงานกับไฟฟ้า และการบรรจุหีบห่อ และมีน้ำเสียจากโรงงานเฉลี่ยวันละ 600 ลบ.ม./วัน

ผลการสำรวจระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปรับปรุง

ก่อนปรับปรุงน้ำเสียมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 600 ลบ.ม./วัน เป็น 700 ลบ.ม./วัน โดยประมาณ เนื่องจากการผลิตที่เพิ่มขึ้น ทำให้น้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดครั้งแรก มีคุณสมบัติไม่ผ่านมาตรฐานน้ำทิ้งก่อนปรับปรุงระบบ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้ากระทำโดยการสูบน้ำเสียที่ผ่านระบบบำบัดครั้งแรกวนกลับไปผ่านระบบบำบัดอีกครั้งหนึ่ง ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่าย รวมถึงมีกลิ่นเหม็นจากบ่อพักสารเคมีและน้ำมันหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพ ปัญหาต่าง ๆ ถูกสรุป และแสดงในตารางที่ 1

ระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานใช้กระบวนการบำบัดน้ำเสียทางเคมีประเภท Coagulation/ Flocculation (ใช้ใบพัดกวนให้ตะกอนแตกตัว และไปจับกับสารเคมีที่เติมลงไป ทำให้เกิดตะกอนขนาดใหญ่และหนัก ที่จะถูกแยกออกจากน้ำด้วยการตกตะกอน) จากนั้นน้ำทิ้งจะถูกส่งไปยังระบบบำบัดน้ำเสียของการนิคมอุตสาหกรรมซึ่งจะบำบัดทางชีวภาพต่อไป

กระบวนการบำบัดน้ำเสียเริ่มจากสูบน้ำจากบ่อพัก (Equalization Tank) เข้าสู่ถังปฏิกิริยา 4 ถัง (ตารางที่ 2) จากนั้นเข้าสู่ถังตกตะกอนเพื่อแยกตะกอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. น้ำเสียถูกรวมจากที่ต่างๆ เข้าบ่อพัก (Equalization Tank) และสูบออกด้วยอัตราการไหล 27 ลบ.ม./ชั่วโมง โดยเฉลี่ย เข้าสู่ถังปฏิกิริยาถังแรก (ถังปรับ pH)

2. ถังปรับค่า pH ให้อยู่ที่ 7.5- 8.0 จากนั้นส่งเข้าถังปฏิกิริยาที่ 2 เพื่อเติมปูนขาว

3. ถังปฏิกิริยาที่ 2 เติมสารละลายปูนขาวเพื่อช่วยในการตกตะกอนโดยควบคุม pH น้ำอยู่ที่ 10.5 – 11.5 จากนั้นน้ำจะถูกส่งไปยังถังปฏิกิริยาที่ 3 เพื่อเติมสารละลาย

อลูมิเนียมซัลเฟต (สารส้ม) เพื่อให้น้ำเสียเกิดตะกอนที่มีขนาดเล็ก และนอกจากนี้ยังมีการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกลงไประหว่างการเติมสารส้ม เพื่อลดการฟุ้งกระจายในถังตกตะกอนที่ 1

3. น้ำที่เริ่มก่อตัวเป็นตะกอนแล้วจะถูกส่งไปยังถังปฏิกิริยาที่ 4 เพื่อผสมกับ Anionic Polymer ในขั้นตอนนี้ตะกอนจะเริ่มจับตัวใหญ่ขึ้น และถูกส่งไปยังถังตกตะกอนที่ 1

4. ตะกอนจากถังตกตะกอนที่ 1 จะถูกแยกออกเพื่อรีดเอาน้ำออก ส่วนน้ำที่ถูกรีดออกมาจะถูกส่งมายังถังตกตะกอนที่ 2 เพื่อดักน้ำมัน และส่งน้ำมาที่ถังรับน้ำสุดท้าย เพื่อปรับ pH ให้อยู่ในช่วง 6.5-8.5 ด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริก ก่อนปล่อยสู่การนิคมเพื่อบำบัดแบบชีวภาพต่อไป

กลิ่นเหม็นเกิดจากน้ำมันหล่อเย็นเมื่อรวมกับสารเคมีที่เสื่อมสภาพ จะเกิดแก๊สไข่เน่าส่งกลิ่นเหม็นไปทั่วพื้นที่ปฏิบัติงาน

ตารางที่ 1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในระบบบำบัดน้ำเสีย

ปัญหา	รายละเอียด
ระบบบำบัดน้ำเสียไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มขึ้นมาได้	น้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดมีปริมาณที่เพิ่มมากขึ้น ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ระบบมีการทำงานตลอดทั้งวัน มีปริมาณการใช้ไฟฟ้าและสารเคมีที่เพิ่มขึ้น รวมถึงไม่สามารถทำการรีดตะกอนได้ เนื่องจากปริมาณน้ำที่อยู่ในบ่อรวมสูงตลอดเวลา
กลิ่นเหม็นบริเวณบ่อพักสารเคมีและน้ำมันหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพ	บริเวณบ่อพักสารเคมีและน้ำมันหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพมีกลิ่นเหม็น ซึ่งส่งผลต่อสภาพแวดล้อมการทำงานของผู้ปฏิบัติงานประจำระบบบำบัดและพนักงานฝ่ายผลิตที่อยู่ในหน่วยงานใกล้เคียง ซึ่งขัดแย้งกับระบบการจัดการ ISO 14001 และ ISO 18001 ที่องค์กรถือปฏิบัติ
การปิดระบบเพื่อทำการดึงน้ำจากถังตกตะกอนกลับมาบำบัดใหม่	เนื่องจากบางครั้งค่า pH ที่เข้าสู่ระบบไม่คงที่ คือบางครั้งมีค่า pH ที่ต่ำมาก หรือบางครั้งก็มีค่า pH ที่สูงมาก เนื่องมาจากมีการทิ้งสารเคมีที่มีความเข้มข้นสูงและปริมาณมากลงสู่ระบบบำบัด ทำให้ผู้ปฏิบัติงานไม่สามารถควบคุมปริมาณการใช้สารเคมีที่ใช้สำหรับกระบวนการบำบัดได้ทัน

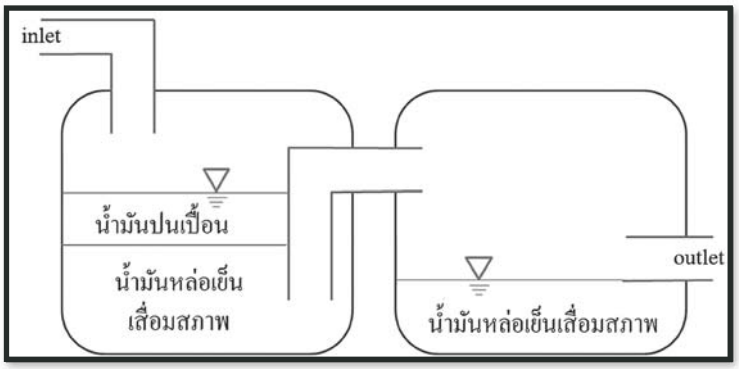
ตารางที่ 2 ปริมาตรของถังปฏิกิริยาและเวลาที่น้ำเสียอยู่ในถัง ก่อนและหลังการปรับปรุงระบบ

ถังปฏิกิริยา	ปริมาตร (ลบ.ม.)	เวลาที่น้ำเสียอยู่ในถัง (นาที)	
		ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
1. ถังปรับค่า pH	3.6	6	3
2. ถังเติมสารละลายปูนขาว	3.6	6	3
3. ถังเติมสารละลายสารส้ม	3.6	6	3
4. ถังเติมสารละลายพอลิเมอร์	11.7	25	12.5

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

จากข้อมูลที่ได้นำไปสู่การประชุมหาแนวทางแก้ไขโดยผู้วิจัย ผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำเสีย ผู้จัดการสิ่งแวดล้อม และตัวแทนฝ่ายบริหารการจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental Management Representative) ของโรงงาน มีนโยบายที่จะสร้างระบบบำบัดน้ำเสียขึ้นมาอีก 1 ระบบ เพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียที่เพิ่มมากขึ้น แต่จากการศึกษาโครงสร้างต่างๆ ของถังปฏิกิริยาและวิเคราะห์ปัญหาแล้ว ผู้วิจัยจึงเสนอการปรับปรุงโครงสร้างถัง โดยการลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาในถังต่างๆ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนหลัก ดังนี้

1. กลิ่นเหม็น เป็นผลจากการถ่ายน้ำมันหล่อเย็นและสารเคมีเสื่อมสภาพลงไปผสมกันในบ่อพัก ซึ่งการแก้ไขปัญหากลิ่นเหม็นดังกล่าวกระทำโดยแยกพื้นที่จัดเก็บสารดังกล่าว แทนการเติมจุลินทรีย์ลงในบ่อพัก และสร้างถังพักน้ำมันหล่อเย็น โดยใช้ถังพอลิเอททิลีน (Polyethylene, PE) ที่ไม่ใช้งานแล้ว 2 ถัง ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2

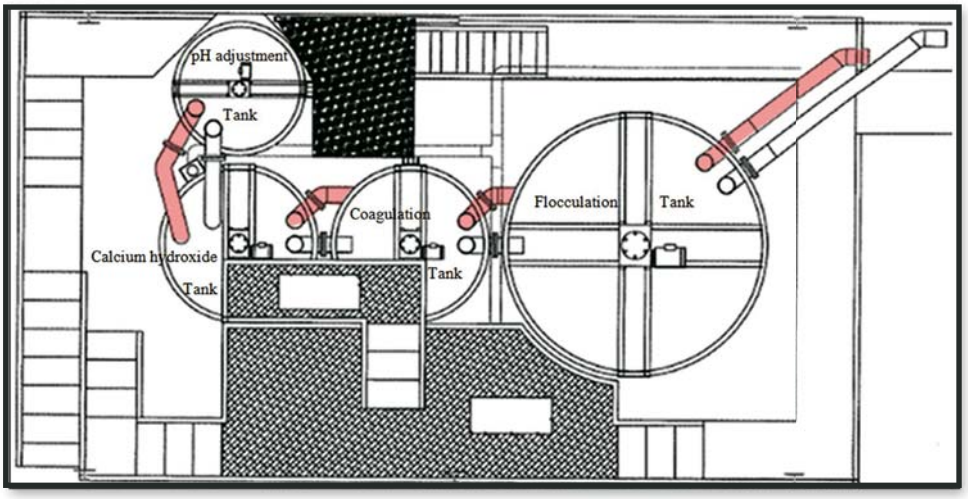


ภาพที่ 1 โครงสร้างภายในของถังพักน้ำมันหล่อเย็น

ภาพที่ 2 ถัง PE ที่ดัดแปลงให้มีลักษณะการทำงานคล้ายถังดักไขมันเพื่อเก็บน้ำมันหล่อเย็น

หลักการทำงาน คือในน้ำมันหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพจะมีตัวน้ำมันที่เกิดจากการใช้งานกับเครื่องจักรและตัวน้ำยา ดังนั้นเมื่อใส่น้ำมันหล่อเย็นลงในถังดังกล่าว ตัวน้ำมันจะลอยอยู่บนผิวหน้าทำให้น้ำยาถูกส่งไปอีกถังเพื่อรอการปรับสภาพต่อไป

2. การเพิ่มท่อส่งน้ำระหว่างถังปฏิกิริยาจาก 1 ท่อ เป็น 2 ท่อ เพื่อลดระยะเวลาน้ำที่อยู่ในถังปฏิกิริยา ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 โครงสร้างถังปฏิกิริยาเมื่อทำการปรับปรุงโดยเพิ่มท่อขนาด 6 นิ้ว (สีแดง) อีก 1 ท่อ

3. ควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ เพื่อลดการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก จากเดิมมีการใช้สารละลายกรดซัลฟิวริก 3 ตำแหน่งเพื่อ

3.1 ควบคุมน้ำเสียที่เข้าระบบให้มีค่า pH อยู่ในช่วง 7.5 – 8.5

3.2 ช่วยการตกตะกอนในถังปฏิกิริยา (Coagulation Tank) ที่เติมสารละลายสารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ เนื่องจากตะกอนไม่สามารถจับตัวได้และเกิดการฟุ้งหรือลอยตัวที่ถังตกตะกอนที่ 1 หากไม่เติมสารละลายกรดซัลฟิวริก

3.3 ปรับ pH น้ำทิ้งสู่ภายนอกให้ได้ตามมาตรฐานน้ำทิ้ง

ผู้วิจัยพบว่าการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกลงในถังปฏิกิริยา (Coagulation Tank) ที่เติมสารละลายสารส้มไม่สามารถแก้ปัญหาตะกอนไม่จับตัวและตะกอนเกิดการฟุ้งหรือลอยตัวที่ถังตกตะกอนที่ 1 ได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทดสอบหาค่า pH ที่เหมาะสมต่อการตกตะกอนของน้ำเสียจากกระบวนการผลิตในโรงงาน โดยใช้สารส้มเป็นสารโคแอกกูแลนท์ (Coagulant) ด้วยวิธีจาร์เทสต์ (Jar Test) จากผลการทดลองพบว่าค่า pH ที่เหมาะสมในการตกตะกอนอยู่ในช่วง pH 10.8

จากนั้นนำผลการทดลองที่ได้จากวิธีจาร์เทสต์มาปรับปรุงวิธีการทำงานและกำหนดเป็นมาตรฐานการทำงานใหม่ โดยควบคุม pH ที่ 10.8 ด้วยการเติมสารละลายปูนขาว ในส่วนของสารโคแอกกูแลนท์ใช้ปริมาณสารละลายสารส้มและสารละลายพอลิเมอร์คงเดิม พบว่าตะกอนจับตัวกันได้ดีและไม่เกิดการฟุ้งหรือลอยในถังตกตะกอนที่ 1 รวมถึงสามารถลดค่าใช้จ่ายของกรดซัลฟิวริกได้ 200 บาทต่อวัน

ผลการปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสีย

การเพิ่มท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 นิ้ว ทั้ง 4 ถังปฏิกิริยา พบว่าลดระยะเวลาที่น้ำอยู่ในถังปฏิกิริยา (Detention Time) เหลือเพียงครึ่งหนึ่งจากระบบก่อนปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 2 เมื่อตั้งค่าความเร็วที่เหมาะสมในการเกิดปฏิกิริยา (Gt โดย G คือ ความเร็วเกรเดียนท์ และ t คือ เวลาในการกวน) เท่ากับ 54,000 (ช่วงที่เหมาะสมคือ 30,000 – 60,000 (มั่นสิน, 2542)) ค่าความเร็วที่เหมาะสม (Gt) เท่ากับ 72,000 (ช่วงที่เหมาะสมคือ 10,000 – 100,000 (มั่นสิน, 2542) โดยระบบที่ปรับปรุงแล้วสามารถเพิ่มอัตราการบำบัดได้ถึง 48 ลบ.ม.ต่อชั่วโมง (วัดอัตราการไหลของน้ำเสียที่เข้าระบบโดยคำนวณจากสูตร (ความสูงของน้ำเหนือเวียร์ชนิด 60°)$^{2.5}$ x 0.85) (มั่นสิน, 2542)

นอกจากระบบสามารถบำบัดได้เร็วขึ้นแล้ว น้ำทิ้งก็มีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กำหนดโดยการนิคมอุตสาหกรรม ได้ผลการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงคุณลักษณะน้ำเสียก่อนและหลังบำบัด หลังปรับปรุงระบบใหม่

พารามิเตอร์	หน่วย	น้ำเสียก่อนบำบัด	น้ำทิ้ง (หลังบำบัด)	มาตรฐานน้ำทิ้ง
1. pH	-	7.35	6.93	5.5 – 9
2. Suspended Solid	มก./ล.	330	15	<50
3. Total Dissolved Solid	มก./ล.	612	574	< 3,000
4. Oil and Grease	มก./ล.	38.8	<0.2	<10

เวลาการทำงานของปั๊มที่ทำหน้าที่ส่งน้ำเสียเข้าสู่กระบวนการบำบัดหลังการปรับปรุงระบบ พบว่าปั๊มทำงานเฉลี่ย 15 ชั่วโมงต่อวัน (จากเดิมต้องทำงาน 21 ชม./วัน)

ตารางที่ 4 การใช้ไฟฟ้าและค่าสารเคมีในการบำบัดน้ำเสีย หลังการปรับปรุงระบบ (ค่าเฉลี่ย/เดือน)

รายการ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	เปลี่ยนแปลง (%)	ความหมาย
ปริมาณน้ำเสียที่บำบัด (ลบ.ม.)	19,224.26	20,842.04	+ 8.4	บำบัดน้ำเสียได้ปริมาณมากขึ้น
ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (kW.hr)	4,373	3,427	-21.6	ประหยัดไฟฟ้ามากขึ้น
ค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท)	81,347	59,020	-27.4	ประหยัดสารเคมีมากขึ้น
อัตราการใช้ไฟฟ้าในการบำบัด (kW.hr/1 ลบ.ม. ของน้ำเสีย)	0.228	0.165	-27.6	ประหยัดมากขึ้น
ค่าสารเคมีที่ใช้ในการบำบัด (บาท/1 ลบ.ม. ของน้ำเสีย)	4.23	2.86	-32.4	ประหยัดมากขึ้น

ปัญหากลิ่นเหม็นได้แก้ไขโดยสร้างถังดักกลิ่น พบว่าสามารถแก้ปัญหากลิ่นเหม็นได้ 100% การลดสารเคมีในการบำบัดและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสะอาดโดยจากการตรวจสอบบันทึกประจำวันของผู้ปฏิบัติงานประจำระบบบำบัดน้ำเสียก่อนปรับปรุง พบว่าในแต่ละเดือนมีการหยุดระบบเพื่อสูบน้ำจากถังตกตะกอนที่ 1 และ 2 ซึ่งแต่ละถังมีขนาด 60 ลบ.ม. กลับมาบำบัดเพิ่มเติมอีกครั้งหนึ่ง เนื่องจากมีการทิ้งสารเคมีปริมาณ 400 ลิตร ที่ใช้ในกระบวนการผลิตลงสู่บ่อพักน้ำของระบบ

บำบัด ทำให้ค่า pH ของน้ำที่เสียเข้าสู่กระบวนการบำบัดมีค่าที่สูงถึง 12 หรือในบางครั้งมีค่า pH ต่ำกว่า 4 ทำให้ผู้ควบคุมระบบซึ่งไม่ได้ประจำอยู่หน้างานปรับระบบได้ทัน จึงทำให้สิ้นเปลืองสารเคมีและไฟฟ้าในการบำบัด

ภาพที่ 4 น้ำเสียก่อนปรับปรุงระบบ มีตะกอนลอยและขุ่น บางครั้งมีคราบน้ำมันลอยอยู่ผิวน้ำ

ในการแก้ไขปัญหานั้นนอกจากความร่วมมือของฝ่ายผลิตแล้ว ยังนำเอาเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาช่วยในการจัดการอีกด้วย โดยการนำน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำ R/O ที่ใช้สำหรับผสมสารเคมีในกระบวนการผลิตมาช่วยในการเจือจางความเข้มข้นของสารเคมีจากแหล่งกำเนิด โดยการติดตั้งวาล์วน้ำไว้ที่บริเวณถังสารเคมี ในกรณีที่จะทำการทิ้งสารเคมีลงสู่บ่อพัก ให้พนักงานทำการเปิดน้ำ Reuse ลงในถังสารเคมีพร้อมกับการถ่ายสารเคมีสู่บ่อพัก จะทำให้ความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าวลดลง ยกเว้นน้ำยากันสนิมที่มีค่า pH อยู่ในช่วง 11 – 11.5 เมื่อคำนวณค่าใช้จ่ายในการต่อท่อนำน้ำทิ้งลงระบบบำบัดแล้วจะมีมูลค่าที่สูงเกินความจำเป็น และอาจทำให้เกิดภาวะ Shock load ด้วย จึงแก้ไขโดยการนำถังสแตนเลสที่ไม่ใช้งานแล้วมาเป็นที่พักตัวน้ำยา ดังแสดงในภาพที่ 5 และทำการปรับอัตราการไหลของน้ำยาลงสู่บ่อรวม (Equalization tank) ที่ 0.4 ลิตรต่อนาที ซึ่งอัตราการไหลเพียงเท่านี้ไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

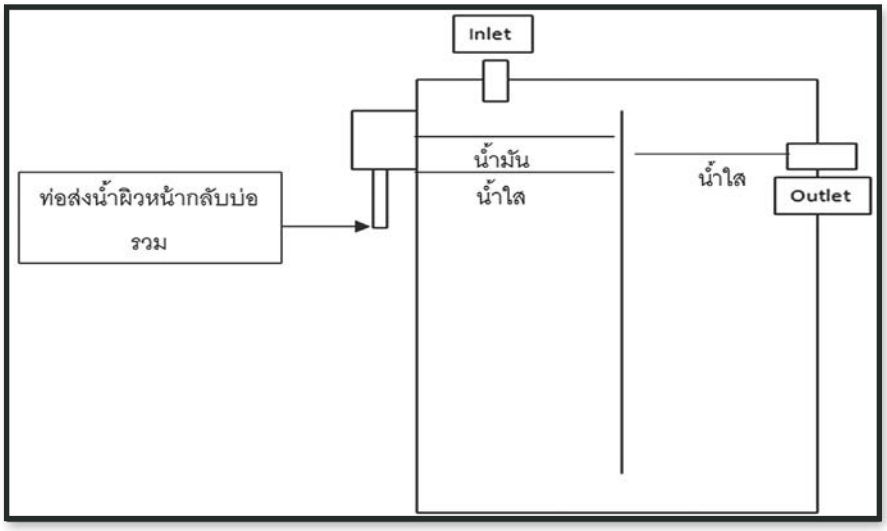
การลดเวลาในการบำบัดและลดการใช้น้ำประปาโดยในการผสมสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการผลิตนั้น จะใช้น้ำจากระบบรีเวิร์สออสโมซิส ซึ่งจะมีน้ำเสียที่ออกจาก

กระบวนการรีเวิรส์ออสโมซิส 300 ลบ.ม. ต่อวัน น้ำเสียดังกล่าวถูกนำมาใช้เป็นสารเจือจางความเข้มข้นของสารเคมีบางส่วน ส่วนที่เหลือจะถูกทิ้งลงบ่อพักน้ำที่ 3 เพื่อทำการบำบัด จากการวิเคราะห์คุณลักษณะน้ำเสียแล้วพบว่ามีเพียงแค่ค่า pH ที่เกินจากมาตรฐานที่นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบังกำหนด ไม่มีความจำเป็นที่จะต้องผ่านกระบวนการ Coagulation/Flocculation จึงได้นำน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการรีเวิรส์ออสโมซิสมาใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยนำน้ำเสียดังกล่าวมาใช้แทนน้ำประปาในกระบวนการรีดตะกอนด้วยเครื่อง Belt Press ซึ่งทำให้สามารถประหยัดการใช้น้ำประปาได้ถึงวันละ 50 ลบ.ม.ต่อวัน และน้ำเสียดังกล่าวในส่วนที่เหลือ จะถูกส่งไปยังถังปรับ pH (ถังสุดท้าย) เท่านั้น เพื่อปรับ pH ให้ผ่านมาตรฐานก่อนปล่อยสู่ภายนอก

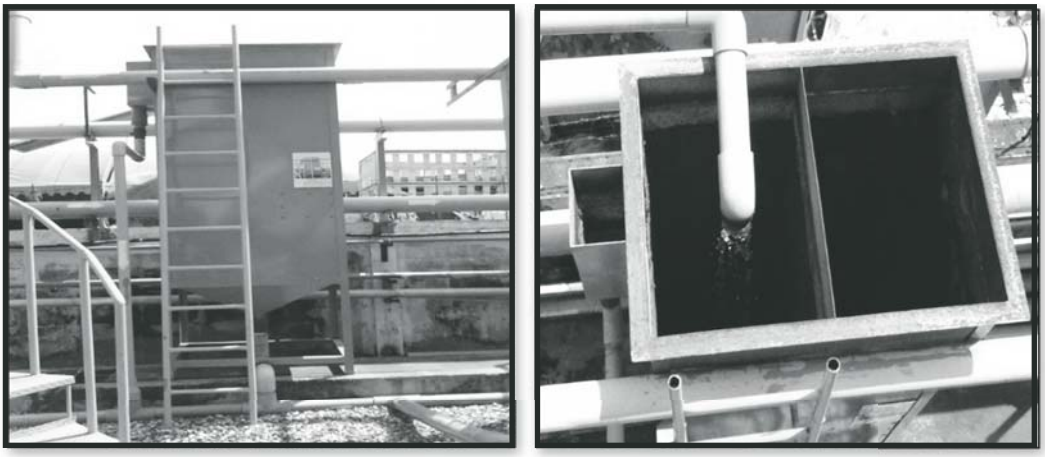
ลดการใช้สารเคมีและไฟฟ้าจากที่มีการปิดระบบและสูบน้ำในถังตกตะกอนที่ 2 ไปสู่บ่อรวม (Equalization tank) เพื่อบำบัดใหม่ พบว่าเฉพาะผิวน้ำเท่านั้นที่มีคราบน้ำมันและตะกอนที่ลอย แก้ไขโดยสร้างถังดักน้ำมันที่ผิวน้ำ (ภาพที่ 6- 8) ซึ่งจะดักเฉพาะไขมันและตะกอนที่ลอยไปบำบัดใหม่

ภาพที่ 5 ถังสแตนเลสสำหรับพักน้ำยากันสนิมที่ใช้แล้ว

ภาพที่ 6 ช่องน้ำล้นที่ทำหน้าที่ส่งน้ำผิวหน้าลงไปบำบัดใหม่



ภาพที่ 7 โครงสร้างภายในของถังดักน้ำมัน



ภาพที่ 8 ถังแยกน้ำมันที่สร้างเพื่อแยกน้ำมันหรือตะกอนลอยออกจากน้ำ

สรุปและอภิปรายผล

น้ำเสียของบริษัทผลิตมอเตอร์คอมเพลสเซอร์ซึ่งมีปริมาณที่มากขึ้นจากเดิมถึง 100 ลบ.ม/วัน ทำให้ระบบบำบัดน้ำเสียไม่สามารถรองรับปริมาณน้ำเสียที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดได้เต็มที่ และยังพบว่าสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ทำงานไม่เหมาะสม เนื่องจากกลิ่นเหม็นของบ่อพักสารเคมีและน้ำมันหล่อเย็นที่เสื่อมสภาพ รวมไปถึงการสูญเสียทรัพยากรซ้ำซ้อนหลังจากการปรับปรุงโครงสร้าง กระบวน

การ และแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้ว จึงได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้

การปรับปรุงโครงสร้างของระบบบำบัดน้ำเสียในส่วนของถังปฏิกิริยาโดยการเพิ่มท่อส่งน้ำขนาด 6 นิ้ว อีก 1 ท่อ พบว่าสามารถเพิ่มอัตราการบำบัดได้ถึง 48 ลบ.ม./ชม. จากเดิม 27 ลบ.ม./ชม. การทำงานของปั๊มที่ส่งน้ำเข้าสู่กระบวนบำบัดซึ่งลดลงเหลือ 15 ชั่วโมงต่อวัน จากเดิม 21 ชั่วโมงต่อวัน ส่งผลให้มอเตอร์และเครื่องจักรต่างมีการหยุดพัก สามารถลดความถี่และค่าใช้จ่ายในการเดินเครื่องและบำรุงรักษามอเตอร์และเครื่องจักรได้

การควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ โดยควบคุม pH ที่ 10.8 แทนการเติมสารละลายกรดซัลฟิวริกเพื่อช่วยการตกตะกอนในถังปฏิกิริยาที่ 1 เพื่อแก้ปัญหาตะกอนไม่จับตัวและเกิดการจากฟุ้ง ลอยตัวที่ถังตกตะกอน

หลังจากการปรับปรุงโครงสร้างระบบบำบัดน้ำเสียและควบคุมกระบวนการบำบัดน้ำเสียใหม่ พบว่าสามารถรับปริมาณน้ำเสียที่เข้าระบบเพิ่มขึ้นได้ 8.4% ลดค่าไฟฟ้าและสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการบำบัดได้ 21.6% และ 27.4% ตามลำดับ

ปัญหากลิ่นเหม็นที่เกิดจากน้ำมันหล่อเย็นยี่ห้อหนึ่งเมื่อรวมกับกับสารเคมีที่เสื่อมสภาพยี่ห้อหนึ่ง เกิดแก๊สไข่เน่าส่งกลิ่นเหม็นไปทั่วพื้นที่ปฏิบัติงาน หลังการปรับปรุงไม่พบกลิ่นเหม็นรบกวนในพื้นที่ทำงานอีก ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อจุลินทรีย์ได้ 51,600 บาทต่อเดือน

การลดความสูญเปล่าของสารเคมีและไฟฟ้าที่ใช้ในกระบวนการบำบัดโดยการนำเทคโนโลยีสะอาดเข้ามาช่วยในการจัดการ โดยนำน้ำที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำรีเวิร์สออสโมซิสมาช่วยในการเจือจางความเข้มข้นของสารเคมีจากแหล่งกำเนิดโดยการติดตั้งวาล์วน้ำไว้ที่บริเวณถังสารเคมี โดยเปิดน้ำที่นำกลับมาใช้ใหม่ลงในถังสารเคมีพร้อมกับการถ่ายสารเคมีที่เสื่อมสภาพสู่บ่อพัก ทำให้ความเข้มข้นของสารเคมีดังกล่าวลดลง การปรับปรุงอีกส่วนหนึ่งเป็นน้ำยากันสนิมมี pH 11 - 11.5 ซึ่งเสียค่าใช้จ่ายสูงในการบำบัดหากส่งมาบำบัดในปริมาณมาก จึงแก้ไขโดยการนำถังสแตนเลสที่ไม่ใช้งานแล้วมาเป็นถังพักน้ำยา และปรับอัตราการไหลของน้ำยาลงสู่บ่อรวมที่ 0.4 ลิตรต่อนาที ซึ่งไม่ส่งผลกระทบต่อกระบวนการบำบัดน้ำเสีย

การลดเวลาในการบำบัดและลดการใช้น้ำประปา โดยนำน้ำเสียที่ออกจากกระบวนการรีเวิร์สออสโมซิส 300 ลบ.ม./วัน ซึ่งมีเพียงค่า pH ที่เกินจากมาตรฐานที่นิคมอุตสาหกรรมกำหนด มาใช้แทนน้ำประปาในกระบวนการรีดตะกอนด้วยเครื่อง Belt Press ซึ่งทำให้สามารถประหยัดการใช้น้ำประปาได้ถึงวันละ 50 ลบ.ม./วัน และน้ำเสียดังกล่าวในส่วนเหลือจะถูกต่อท่อลงถังปรับ pH (ถังสุดท้าย)

เท่านั้น เพื่อปรับ pH ให้ผ่านมาตรฐานก่อนปล่อยสู่ภายนอก

การลดการใช้สารเคมีและไฟฟ้าโดยน้ำผิวหน้าจากถังตกตะกอนที่ 2 ที่ถูกส่งกลับไปเข้ากระบวนการบำบัดใหม่ จากการวิเคราะห์พบว่าน้ำที่ส่งกลับไปบำบัดใหม่เป็นน้ำที่มีคราบน้ำมันที่เกิดจากการเน่าเสียของตะกอนด้านล่างของถัง หรือตะกอนที่ลอยเท่านั้น การแก้ไขปัญหาโดยการนำน้ำดังกล่าวผ่านถังแยกน้ำมันที่สร้างขึ้นมาใหม่ น้ำมันที่ถูกแยกออกมาจะถูกส่งกลับไปบำบัดใหม่ ส่วนน้ำที่แยกออกมาจะถูกส่งไปที่ถังปรับ pH ก่อนปล่อยสู่ภายนอก สามารถลดปริมาณน้ำที่เข้าสู่กระบวนการบำบัดได้เฉลี่ยวันละ 5 ลบ.ม./วัน

การปรับปรุงมีค่าใช้จ่าย 30,000 บาท และคุ้มทุนภายใน 1 เดือน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำบัดได้ 410,000 บาท/ปี และสามารถกำจัดกลิ่นเหม็นไปได้ ระบบบำบัดน้ำเสียหลังปรับปรุงแล้วเป็นไปตามมาตรฐานสิ่งแวดล้อม มอก. 14001 และมาตรฐานอาชีวอนามัยความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม มอก. 18001

เอกสารอ้างอิง

กรกฎ เพ็ชร์หัสณะโยธิน. (2548). **การปรับปรุงระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณรงค์ฤทธิ์ กิ่งไทยสงค์. (2541). **การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยาปรับผ้านุ่มด้วยกระบวนการทางเคมี**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นคร เกิดผล. (2547). **การลดความสูญเสียการใช้พลังงานไอน้ำในการผลิตอวน**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปารณีย์ จิรลิขิตวงศ์. (2550). **การศึกษาความเป็นไปได้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตอวนด้วยกระบวนการโคแอกกูเลชั่น**. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

ผกาวัลย์ กมลชัยวานิช. (2540). **การบำบัดน้ำทิ้งอิมัลชันของน้ำมันหล่อเย็นโดยวิธีโคแอกกูเลชันและฟลอคคูเลชัน**. ปริญญานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล.

มั่นสิน ตัณฑุลเวศน์. (2542). **เทคโนโลยีบำบัดน้ำเสียอุตสาหกรรม เล่ม 1**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิชญาณี ฉัตรเจริญสกุล. (2557). **แนวทางการปรับปรุงและการจัดการระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานอุตสาหกรรม กรณีศึกษาระบบบำบัดน้ำเสียในโรงงานผลิตมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ นิคมอุตสาหกรรมลาดกระบัง**. สารนิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

Allied Market Research. (2014) . **Global Air Compressor Market (Type, Product Design, Lubrication Method, and Geography) Size, Share, Global Trends, Company Profiles, Demand, Insights, Analysis, Research, Report, Opportunities, Segmentation and Forecast, 2013 – 2020.** Market Research Reports, Inc.

.