การศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหลและสนามแม่เหล็กถาวร ต่อการบำบัดน้ำใช้ในอุตสาหกรรม

A Study of the influence of Flow characteristic and permanent magnetic field on water treatment for industrial use

ไพโรจน์ แสนสินรังสี[1], สมคิด ทิพย์ประเสริฐ[1], สุทธิพงษ์ สวัสดี[1], อนุสรณ์ สิงห์ไพศาล[1] และ ชวลิต กิตติชัยการ[2]
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
50 ถ.พหลโยธิน แขวงจตุจักร เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร 0-2942-8555 โทรสาร 0-2579-4576 E-mail: oclkt@ku.ac.th

Piroj Sansinrungsee[1], Somkid Tipprasert[1], Suthipong Sawasdee[1], Anusorn Singpisa[1]l and Chawalit Kittichaikarn[2]
Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University
50 Phaholyothin Rd. Chatujak Bangkok 10900 Thailand
Tel: 0-2942-8555 Fax: 0-2579-4576 E-mail: oclkt@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กโดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีสนามแม่เหล็กในการบำบัดน้ำ โดยที่การศึกษานี้ได้ครอบคลุมไปถึงอิทธิพลของลักษณะการไหลของน้ำเมื่อผ่านสนามแม่เหล็กเพื่อให้การบำบัดน้ำมีประสิทธิภาพมากขึ้น การทดลองจะทำในท่อส่งน้ำระบบปิดที่มีการติดตั้งระบบที่ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กถาวร นอกจากนี้ตะแกรงซึ่งทำจากลวดที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างกันได้ถูกนำมาติดตั้งเพื่อทำให้น้ำมีระดับความปั่นป่วนที่แตกต่างกัน จากผลการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กที่ความเข้ม 150 mT โดยใช้เวลาในการหมุนเวียนน้ำในระบบ 90 นาที พบว่าปริมาณไอออนเหล็กลดลง 45 % ขณะที่ค่า pH สูงขึ้น 10 % และความกระด้างลดลง 3.33 % ส่วนการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหลของน้ำโดยการทำให้น้ำที่ไหลผ่านสนามแม่เหล็กมีระดับความปั่นป่วนเพิ่มขึ้นที่ค่าต่างๆ โดยใช้เวลาในการหมุนเวียนน้ำในระบบ 90 นาที พบว่า ปริมาณไอออนเหล็กลดลง 64 % ขณะที่ค่า pH สูงขึ้น 14 % และความกระด้างลดลง 3.31 % ดังนั้นในการเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำใช้ในอุตสาหกรรมควรมีการปรับลักษณะการไหลให้กับน้ำ นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงการแตกตัวของไอออนเหล็กในน้ำเมื่อมีการให้ความเข้มสนามแม่เหล็กมากและนานเกินไปโดยจากผลการทดลองพบว่าไม่ควรนานเกิน 40 นาที

Abstract

This paper presents the influence of flow characteristic and permanent magnetic field on water treatment for industrial use. Experiment has been done in a closed circuit of 5 m long and 1 inch diameter PVC pipe. 0.5 hp pump was used to obtain a water flow rate of 554 cm^3/s along the pipe for 30, 60 and 90 minutes. Six pairs of permanent magnet were installed to give the magnetic field in the magnitude of 150 mT. Also at the entrance of the area where the permanent magnetic field was applied, the screens of 0.55 mm and 1.58 mm diameter wires were installed to increase the turbulence intensity level of the flow. From the experimental results obtained, it was found that the characteristic of the flow was also an important parameter in the process of water treatment especially in reducing the hardness and pH of water.

1. บทนำ

ปัจจุบันปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการนำน้ำมาใช้ในกระบวนการต่างๆ คือการที่น้ำอยู่ในสภาพที่ไม่เหมาะสมต่อระบบและเครื่องจักรต่างๆไม่ว่าจะเป็นน้ำซึ่งมีค่า pH ไม่เหมาะสมหรือมีค่าความกระด้างของน้ำสูงเกินไปจะมีผลทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องจักรทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพเนื่องจากมีคราบตะกรันติดหรือมีการอุดตันที่อุปกรณ์และเครื่องจักรซึ่งอาจทำให้อุปกรณ์เกิดการชำรุดและมีอายุการใช้งานสั้นลงได้ การบำบัดน้ำใช้ในอุตสาหกรรมโดยใช้สนามแม่เหล็กจึงเป็นวิธีการหนึ่งที่ช่วยลดปัญหาความกระด้างและตะกรันในอุปกรณ์ดังกล่าวได้โดยไม่ต้องใช้สารเคมี ทำให้ปลอดภัยและไม่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย

จากการศึกษาของนักวิจัยหลายท่านพบว่าสนามแม่เหล็กสามารถลดความกระด้าง, ความเป็นกรด-เบสของน้ำ รวมทั้งสามารถลดระดับ

ของ O_2 ทำให้ลดการกัดกร่อนได้ Coey and Cass (2000) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการใช้สนามแม่เหล็กในการลดปริมาณเหล็กอิออน โดยการทำการทดลองให้น้ำซึ่งสูบจากบ่อน้ำบาดาลไหลผ่านท่อที่มีการติดตั้งแม่เหล็กถาวรรูปวงแหวนโดยรอบท่อโดยที่ความเข้มของสนามแม่เหล็กที่วัดได้มีค่า 0.1 T จากการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ได้จากการบำบัดด้วยวิธีการทดสอบทางเคมี Coey and Cass (2000) พบว่าจากการใช้สนามแม่เหล็ก ปริมาณของเหล็กอิออนลดลงจาก 2.49 mg/L เป็น 1.39 mg/L ส่วนอิออนของโซเดียม, โปแตสเซียม, แมกนีเซียม, แคลเซียม และ สังกะสี ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. การทดลอง

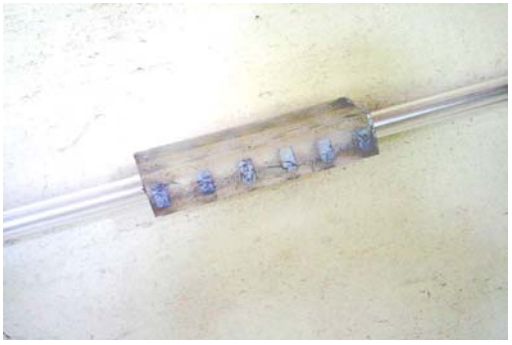
การทดลองจะกระทำในระบบปิดโดยมีถังพักน้ำขนาดความจุ 20 ลิตร บรรจุน้ำที่ต้องการบำบัด ปั๊มน้ำขนาด 0.5 กำลังม้า ถูกนำมาใช้ในการส่งน้ำที่ต้องการบำบัดผ่านระบบท่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว ยาว 5 m โดยน้ำที่ต้องการบำบัดนี้จะไหลผ่าน 2 บริเวณภายในระบบ คือ บริเวณที่มีการติดตั้งสนามแม่เหล็กถาวร และ บริเวณที่ไม่ได้ติดตั้งสนามแม่เหล็ก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบอิทธิพลของสนามแม่เหล็กถาวรในการบำบัดน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 1 สำหรับบริเวณที่ติดตั้งสนามแม่เหล็กจะใช้แท่งแม่เหล็กถาวรรูปเกือกม้า โดยติดตั้งแท่งแม่เหล็กที่ด้านบนและด้านล่างเป็นคู่ๆสลับกันไปจำนวน 6 คู่ ดังแสดงในรูปที่ 2 โดยสนามแม่เหล็กถาวรที่ติดตั้งนี้มีความเข้ม 150 มิลลิเทสลา น้ำที่ไหลภายในระบบมีอัตราการไหล 554 cm^3/s โดยไหลภายในระบบเป็นเวลา 30, 60 และ 90 นาที ตามลำดับ นอกจากนี้บริเวณทางเข้าก่อนที่น้ำจะไหลผ่านสนามแม่เหล็กถาวร จะทำการติดตั้งตะแกรงเมื่อต้องการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหลต่อการบำบัดน้ำ โดยตะแกรงที่ติดตั้งนี้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวด 0.55 mm และ 1.85 mm เพื่อเพิ่มระดับความปั่นป่วนให้กับการไหลของน้ำเพื่อให้น้ำมีความปั่นป่วนมากขึ้น น้ำที่ได้รับการบำบัดแล้วจะถูกนำไปตรวจสอบตามวิธีการทางเคมีเพื่อหาค่า pH, ความกระด้าง และปริมาณของเหล็กอิออนโดยเปรียบเทียบกับน้ำที่ไม่ได้รับการบำบัด โดยการทดสอบความกระด้างจะใช้วิธีไตเตรต และหาปริมาณเหล็กอิออนด้วยเครื่อง Atomic absorption spectrophotometer

3 ผลการทดลอง

3.1 ผลการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็กถาวร

ผลจากการนำน้ำจากท่อระบายน้ำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มาทำการบำบัดโดยการไหลผ่านสนามแม่เหล็กถาวรซึ่งมีความเข้มของสนามแม่เหล็ก 150 mT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 1

รูปที่ 1 แสดงระบบบำบัดน้ำที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 2 แสดงบริเวณที่ติดตั้งสนามแม่เหล็กแบบถาวร

ตารางที่ 1 ตารางแสดงผลการศึกษาอิทธิพลของสนามแม่เหล็ก

เวลา (min)	0	30	60	90
pH	7.30	7.66	7.86	8
การเพิ่มขึ้นของค่า pH (%)	-	4.93	7.67	9.59
ความกระด้าง (mg/L)	181.82	178.79	177.27	174
การลดลงของความกระด้าง (%)	-	- 1.67	- 2.5	- 4.3
ปริมาณ Fe ion (ppm)	0.146	0.074	0.068	0.079
การลดลงของปริมาณ Fe ion (%)	-	- 49.3	- 53.4	- 45.9

3.2 ผลการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหล

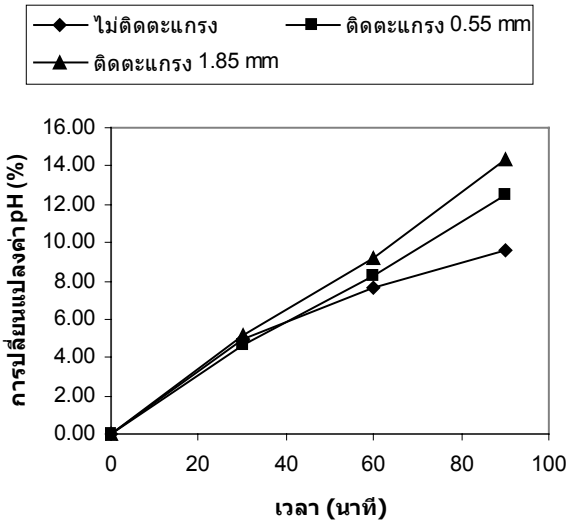
เมื่อนำตะแกรงที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.55 mm. และ 1.85 mm. มาติดที่ทางเข้าบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กถาวรเพื่อสร้างระดับความปั่นป่วนให้กับการไหล ค่า pH ของน้ำจะมีค่าเพิ่มสูงขึ้น ค่าความกระด้างมีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย และปริมาณของ Fe ion มีปริมาณลดลง ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแสดงผลการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหล

ติดตั้งตะแกรงขนาด 0.55 mm				
เวลา (min)	0	30	60	90
pH	7.30	7.64	7.9	8.21
การเพิ่มขึ้นของค่า pH (%)	-	4.66	8.22	12.47
ความกระด้าง (mg/L)	181.82	179.69	178.18	175.75
การลดลงของความกระด้าง (%)	-	- 1.17	- 2	- 3.34
ปริมาณ Fe ion (ppm)	0.146	0.041	0.048	0.056
การลดลงของปริมาณ Fe ion (%)	-	- 71.9	- 67.1	- 61.6

ติดตั้งตะแกรงขนาด 1.85 mm				
เวลา (min)	0	30	60	90
pH	7.30	7.68	7.97	8.35
การเพิ่มขึ้นของค่า pH (%)	-	5.21	9.18	14.38
ความกระด้าง (mg/L)	181.82	179.69	177.88	175.76
การลดลงของความกระด้าง (%)	-	- 1.17	- 2.17	- 3.33
ปริมาณ Fe ion (ppm)	0.146	0.038	0.044	0.052
การลดลงของปริมาณ Fe ion (%)	-	- 74	- 69.9	- 64.4

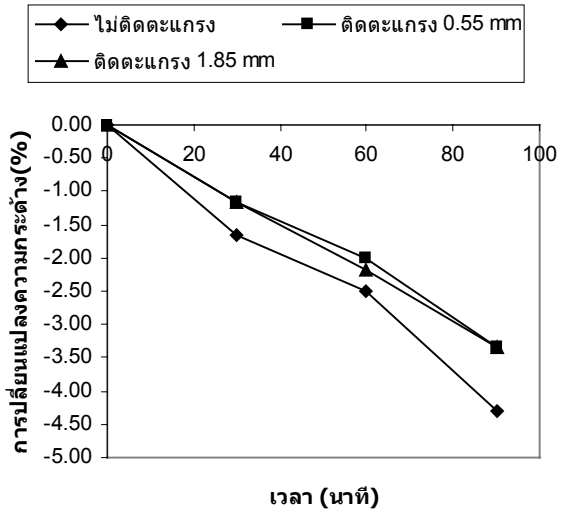
เมื่อเปรียบเทียบผลของการศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหลและสนามแม่เหล็ก พบว่าผลการเปรียบเทียบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่า pH ของน้ำที่เวลาต่างๆ

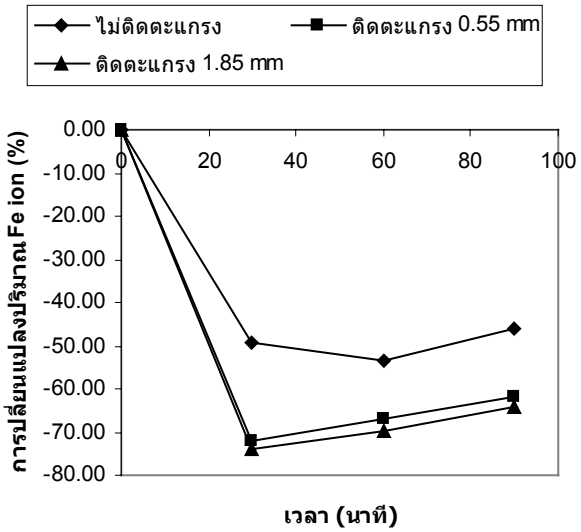
จากรูปที่ 3 พบว่าช่วงเวลา 30 นาทีแรกของการทดลองเดินระบบบำบัดน้ำ เส้นกราฟทั้ง 3 เส้น จะมีค่าความชันของกราฟใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่งจะพบว่าระบบบำบัดน้ำที่ติดตะแกรง จะช่วยเพิ่มค่า pH ของน้ำได้มากขึ้น ดังจะเห็นได้จากความชันที่มากขึ้นของกราฟ โดยที่ถ้าเพิ่มขนาดของตะแกรง ระบบบำบัดน้ำจะช่วยเพิ่มค่า pH ได้มากยิ่งขึ้นอีก แสดงว่าอิทธิพลของลักษณะการไหลแบบปั่นป่วน จะช่วยเพิ่มค่า pH ของน้ำ ให้มีค่ามากขึ้นเรื่อยๆ เมื่อใช้เวลาในการบำบัดน้ำมากขึ้น

สำหรับการศึกษา ในส่วนของการลดความกระด้างของน้ำ จากผลการทดลองซึ่งแสดงในรูปที่ 4 พบว่าเมื่อเพิ่มระดับความปั่นป่วนให้กับการไหลของน้ำในระบบ ค่าการลดลงของความกระด้างของน้ำมีค่าลดลง ดังนั้นอิทธิพลของลักษณะการไหล จะทำให้ความสามารถในการบำบัดความกระด้างของน้ำลดลง ซึ่งจะเห็นได้จากกราฟว่าระบบบำบัดน้ำที่ไม่ติดตะแกรงนั้น สามารถลดความกระด้างของน้ำได้มากกว่าระบบบำบัดน้ำที่ติดตะแกรงทั้ง 2 ขนาด ดังนั้นการเปลี่ยนขนาดของตะแกรงเพื่อเพิ่มความปั่นป่วนให้กับการไหลให้มากขึ้นไม่ได้ช่วยให้การลดความกระด้างของน้ำมากขึ้นหรือน้อยลงมากนัก



รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงค่าความกระด้างของน้ำที่เวลาต่างๆ

นอกจากนี้รูปที่ 5 แสดงผลการลดปริมาณ Fe ion ในน้ำพบว่าช่วงเวลา 30 นาทีแรก ระบบบำบัดน้ำที่ติดตะแกรงสามารถลดปริมาณ Fe ion ได้มากกว่าระบบบำบัดน้ำที่ไม่ติดตะแกรง เนื่องจากบล็อกแม่เหล็กที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำมีลักษณะสมมาตร ทำให้บริเวณตรงกึ่งกลางท่อมีแรงดึงดูดของสนามแม่เหล็กน้อยส่งผลให้ระบบบำบัดน้ำซึ่งติดตะแกรงเพื่อให้การไหลมีความปั่นป่วนมากขึ้น จึงทำให้มีการดึงดูด Fe ion ได้ดีขึ้น โดยที่ลักษณะการลดลงของปริมาณ Fe ion ของการติดตะแกรงทั้ง 2 ขนาดนั้นจะมีทิศทางไปทางเดียวกัน แต่หลังจากเวลา 30 นาทีผ่านไป ปริมาณ Fe ion กลับมีค่าเพิ่มขึ้นอาจมีสาเหตุอันเนื่องมาจากสนามแม่เหล็กที่ใช้มีค่าสูงมากอาจทำให้เกิดการแตกตัวของ Fe ion ของน้ำอีกครั้ง ดังนั้นอิทธิพลของลักษณะการไหลในการบำบัดน้ำสามารถลดปริมาณ Fe ion ได้มากกว่า อิทธิพลของสนามแม่เหล็กเพียงอย่างเดียว ซึ่งในกรณีนี้เวลาที่เหมาะสมที่สุดคือที่เวลา 40 นาที เพราะถ้าใช้เวลามากกว่านี้จะทำให้ปริมาณ Fe ion มีค่าเพิ่มสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณ Fe ion ของน้ำที่เวลาต่างๆ

4 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองศึกษาอิทธิพลของลักษณะการไหลและสนามแม่เหล็กถาวรที่มีผลต่อการบำบัดน้ำ พบว่าอิทธิพลสนามแม่เหล็กถาวรที่ความเข้ม 150 mT โดยใช้เวลาในการหมุนเวียนน้ำในระบบที่ 90 นาทีพบว่าสามารถลดปริมาณไอออนเหล็กได้ถึง 45 % ขณะที่ค่า pH สูงขึ้น 10 % และความกระด้างลดลง 3.33 % ส่วนอิทธิพลของลักษณะการไหลที่การไหลเป็นแบบปั่นป่วนมาก โดยใช้เวลาในการหมุนเวียนน้ำในระบบที่ 90 นาที พบว่า สามารถลดปริมาณไอออนเหล็กได้สูงถึง 64 % ค่า pH สูงขึ้น 14 % และความกระด้างลดลง 3.31 % ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบค่าจากการทดลองกับค่ามาตรฐานของน้ำในอุตสาหกรรมพบว่าสภาพน้ำที่ได้รับการบำบัดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ ดังนั้นในการบำบัดน้ำควรใช้สนามแม่เหล็กควบคู่ไปกับการทำให้น้ำมีลักษณะการไหลแบบปั่นป่วนให้มากไว้

เอกสารอ้างอิง

[1] Coey J.M.D. and Stephen C., 2000, “Magnetic Water Treatment”, Journal of Magnetism and Magnetic Material, Vol. 209, 71-74.

[2] Munson, Young and Okiishi, 2001, “Fundamental of Fluid Mechanics”, 3rd Edition, John Wiley & Son, USA.