ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249218

การศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับทองนึ่งเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการไฟฟ้า-เคมี

(Electro-coagulation)

โดย

นายราเชนทร์ พานะชิรปู่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2554

b00253663

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
249218

การศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับหอผึ่งเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการไฟฟ้า-เคมี (Electro-coagulation)

โดย

นางสาวศศิพิมพ์ มานะศิลป์

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
พ.ศ. 2554

อภินันทนาการ

Feasibility Study of Ground Water Purification for Cooling water Supply by Electro-coagulation Process

By

Ms.Sasipim Manasilp

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in
Energy and Environmental Technology Management
Department of Chemical Engineering Faculty of Engineering
Thammasat University
2011

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

วิทยานิพนธ์

ของ

นางสาวศศิพิมพ์ มานะศิลป์

เรื่อง

การศึกษาความเป็นไปได้ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลสำหรับหอผึ่งเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมด้วยกระบวนการไฟฟ้า-เคมี (Electro-coagulation)

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 20 พฤษภาคม พ.ศ. 2554

ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพิชชา รุ่งโรจน์นิมิตชัย)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.แคทลียา ปัทมพรหม)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภาณุ ด่านวานิชกุล)

กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ _____

(ดร.วิทูร กิตติเดชา)

คณบดี _____

(รองศาสตราจารย์ ดร.อุรุยา วีสกุล)

บทคัดย่อ

249218

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมด้านเทคนิค เศรษฐศาสตร์ และการใช้พลังงาน รวมถึงการประหยัดทรัพยากรน้ำ ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยวิธี Electro-coagulation มาใช้เพื่อกำจัดความขุ่นและความกระด้างของน้ำบาดาลโดยใช้ทดแทนหรือใช้ร่วมกับการปรับปรุงคุณภาพน้ำแบบเดิมในบางขั้นตอน จากการศึกษาพบว่า Electro-coagulation สามารถกำจัดความขุ่นได้ถึง 97.93% และกำจัดความกระด้างได้ 80.79% เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา 40 นาที นอกจากนี้ยังมีค่าใช้จ่ายในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำที่ต่ำกว่าการกรองด้วยทราย การดูดซับด้วยคาร์บอนและการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินถึง 23.28% และมีการใช้น้ำในการบำรุงรักษาอุปกรณ์น้อยกว่ากระบวนการล้างย้อนของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการกรองทราย ดูดซับด้วยคาร์บอนและการฟื้นฟูสภาพเรซินของระบบแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินซึ่งเป็นการลดภาระของระบบบำบัดน้ำเสียได้อีกด้วย โดยการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation มีความเหมาะสมกับน้ำที่มีความขุ่นและความนำไฟฟ้าสูงจะทำให้เกิดตะกอนที่มีขนาดใหญ่และสามารถแยกออกจากน้ำได้ง่าย แต่ในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation นั้นต้องใช้กระแสไฟฟ้าเป็นหลักทำให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูง ต้องมีการเปลี่ยนขั้วไฟฟ้าเป็นระยะเพื่อให้ประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำได้ตามที่ออกแบบไว้และElectro-coagulation ไม่สามารถปรับปริมาณสารก่อตะกอนให้เหมาะสมกับปริมาณมลสารของน้ำในทันทีได้เหมือนการตกตะกอนด้วยเคมีดังนั้นน้ำที่เข้าสู่ระบบจึงต้องเป็นน้ำที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพและทางเคมีมากเกินไป

Abstract

249218

This study investigates the technical, economic and energy-conservation feasibilities, as well as the water resource reduction potential when using electro-coagulation technique in cooling water system. We found that this technique is considered appropriate to replace some parts of the water treatment unit without adding chemicals into the process. From the experimental results, electro-coagulation could reduce 97.93% of turbidity and decrease 80.79% of total hardness from ground water when applying electrical potential of 10 volt for 40 minutes. From the economic point of view, this electro-coagulation technique could save operating cost by 23.28% of the conventional technique. Moreover, since electro-coagulation does not require backwashing and regeneration process, it can save fresh water while generating less amount of wastewater. Electro-coagulation technique is suitable for water with high suspended solid content and high conductivity because these suspended solids could aggregate into large flocs and could be easily removed from water. Nevertheless, the disadvantage of electro-coagulation technique is that it consumes more electricity as electricity has been used here instead of chemical coagulant. The electrodes should also be replaced periodically due to metal salts deposition. Electro-coagulation technique is not appropriate for water with fluctuating conditions because it cannot adjust coagulant loading immediately unlike chemical coagulation.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.แคทลียา ปัทมพรหม อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ และอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ ทั้งที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และการเรียน พร้อมทั้งได้ช่วยเหลือ ให้คำแนะนำจนงานวิจัยนี้สามารถสำเร็จลงได้ด้วยดี และขอขอบคุณ คุณจิตตรา ดอกบัว คุณสมศักดิ์ หริรักษ์ดำรง คุณไพรัตน์ รักพืช และคุณขวัญมนัส มิตสุพรรณ แห่งภาควิชาวิศวกรรมเคมี ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านอุปกรณ์การทดลอง การใช้ห้องปฏิบัติการและการประสานงานด้านต่างๆ

ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ สำหรับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษาประจำปี 2554 และขอขอบคุณบริษัท ฟาบริเนท จำกัด ที่อนุเคราะห์น้ำบาดาลสำหรับการทำวิจัยและข้อมูลพื้นฐานในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ สุดท้ายขอขอบพระคุณคุณแม่ และเพื่อนๆ ในภาควิชาวิศวกรรมเคมีทุกคนที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือเป็นอย่างดีมาโดยตลอด

จึงขอกล่าวนามและแสดงความขอบคุณไว้ ณ ที่นี้

นางสาวศศิพิมพ์ มานะศิลป์

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

พ.ศ. 2554

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... (1)

Abstract ..... (2)

กิตติกรรมประกาศ ..... (3)

สารบัญ ..... (4)

สารบัญตาราง ..... (8)

สารบัญภาพประกอบ ..... (10)

บทที่

1. บทนำ 1

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 4

1.3 ขอบเขตการวิจัย 4

2. การทบทวนเอกสารที่เกี่ยวข้อง 6

2.1 ความหมายของ Electro-coagulation 6

2.2 การใช้ประโยชน์ของ Electro-coagulation 7

2.2.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการ Electro-coagulation .. 7

2.2.2 การบำบัดน้ำเสียด้วยกระบวนการ Electro-coagulation 9

2.3 เทคนิคต่างๆในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 12

2.3.1 การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการดูดซับด้วยการกรองทราย 12

2.3.2 การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ 13

2.3.3 การปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซิน 15

2.4 การทำงานของหอผึ่งเย็น 16

2.5 การวิเคราะห์สมบัติของน้ำสำหรับหอผึ่งเย็นด้วยดัชนี LSI และ RSI 17

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.6 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ 19

3. วิธีการวิจัย 21

3.1 วัตถุดิบและสารเคมี 21

3.2 อุปกรณ์ 22

3.3 วิธีการวิจัย 23

3.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการ Electro-coagulation 25

3.3.2 การออกแบบอุปกรณ์สำหรับปรับปรุงคุณภาพน้ำระดับอุตสาหกรรม 26

3.3.3 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้วยวิธีมูลค่าปัจจุบันและการวิเคราะห์ความอ่อนไหว 28

4. ผลการวิจัยและการวิเคราะห์ผล 30

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยเทคนิค Electro-coagulation 30

4.1.1 ความสามารถด้านการกำจัดความกระด้างและความขุ่น 31

4.1.2 ความสามารถด้านการลดปริมาณของแข็งละลายทั้งหมด(TDS) .. 35

4.1.3 การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่างและอุณหภูมิ 37

4.1.4 ผลพลอยได้ด้านการกำจัดอลูมิเนียม 39

4.1.5 การวิเคราะห์ธาตุในตะกอนที่เกิดจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation 40

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาลของระบบ Electro-coagulationกับด้วยการกรองทรายและการดูดซับด้วยคาร์บอน 42

4.3 การวิเคราะห์อายุการใช้งานของขั้วไฟฟ้า 45

4.4 การออกแบบถังปฏิกรณ์และถังตกตะกอน 47

4.5 การวิเคราะห์ด้านเศรษฐศาสตร์ 53

4.6 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ 56

5. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 58

รายการอ้างอิง 60

ภาคผนวก

ก. รายการคำนวนต่างๆ 65

การคำนวนจำนวนขั้วไฟฟ้า 65

การคำนวนขนาดของรางระบายน้ำของถังตกตะกอน 67

การคำนวนดัชนี LSI และ RSI 69

ข. การประเมินราคาและค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation 70

การคำนวนมูลค่าปัจจุบัน 70

การคำนวนจุดคุ้มทุนและความอ่อนไหว 71

ค. การวิเคราะห์อลูมิเนียมในน้ำ 73

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติการศึกษา..... 75

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
2.2	ดัชนี Langelier Saturation Index: LSI	18
2.3	ดัชนีค่า Ryznar Stability Index; RSI	18
3.1	คุณสมบัติของน้ำบาดาลที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบกับมาตรฐานคุณภาพน้ำประปาที่กำหนดโดยการประปาส่วนภูมิภาค	21
4.1	ความสามารถในการกำจัดความกระด้างของน้ำด้วย Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นระยะเวลา 60 นาที	31
4.2	ความขุ่นของน้ำหลังจากผ่าน Electro-coagulationโดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	33
4.3	ค่าความนำไฟฟ้าและของแข็งละลายทั้งหมดในน้ำบาดาลที่ผ่านกระบวนการ Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	35
4.4	อุณหภูมิและ pH ของน้ำบาดาลที่ผ่านกระบวนการ Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	38
4.5	ปริมาณธาตุในตะกอนของน้ำบาดาลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา 40 นาที	42
4.6	ประสิทธิภาพของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการกรองทราย ดูดซับด้วยคาร์บอนเทียบกับวิธี Electro-coagulation	43
4.7	ความกระด้างของน้ำ (mg/l as $CaCO_3$)เมื่อผ่าน Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า10Voltเป็นเวลา 40 นาทีเทียบกับการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซิน	43
4.8	ดัชนี LSI และ RSI ของน้ำที่ผ่านการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินเทียบกับน้ำที่ผ่านElectro-coagulation	45
4.9	น้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อผ่าน Electro-coagulation ครั้งละ 40 นาที เทียบกับประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างของน้ำ (%)	46

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4.10	การลดลงของความกระด้างของน้ำเทียบกับเวลาโดยใช้แรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา60 นาที	48
4.11	การใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพน้ำ (a) ด้วยวิธีกรองทรายดูดซับด้วยคาร์บอนและแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินเทียบกับ (b) Electro-coagulation	56
4.12	ปริมาณน้ำในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆ ของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation เทียบกับการกรองทราย ดูดซับด้วยคาร์บอนและแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซิน	57
ก-1	ผลการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำและผลการคำนวน LSI และ RSI	70
ข-1	มูลค่าปัจจุบันของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยการกรองทราย ดูดซับด้วยคาร์บอนและแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซิน	71
ข-2	มูลค่าปัจจุบันของการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation	72
ค-1	ผลการวิเคราะห์อลูมิเนียมที่เหลือในน้ำหลังจากปรับปรุงด้วย Electro-coagulation ที่ระดับแรงดัน 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	74

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.1(a)	ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำในปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษา	3
1.1(b)	สมดุลของน้ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้น (ลบ.ม./วัน)	3
1.1(c)	ระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยกระบวนการไฟฟ้า-เคมีเพื่อทดแทนระบบเดิม	3
2.1	การต่อขั้วไฟฟ้าแบบ monopolar และ bipolar	7
2.2	โครงสร้างการทำงานของเครื่องทรายกรองเร็วที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา	13
2.3	โครงสร้างการทำงานของถังดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในโรงงานกรณีศึกษา	14
2.4	ภาพจำลองการแลกเปลี่ยนประจุด้วยเรซินและเรซินพลาสติก	15
2.5	สมดุลของน้ำในระบบหอผึ่งเย็น	17
3.1	การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง Electro-coagulation	22
3.2	อุปกรณ์การทดลอง	23
3.3	ลำดับวิธีการวิจัย	24
3.4	ขั้นตอนการทดลอง	25
3.5	ฝายสามเหลี่ยม (V-notch)	27
3.6	แนวระดับน้ำในรางรับน้ำล้น	28
4.1	ประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างด้วย Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 volt เป็นระยะเวลา 60 นาที	32
4.2	ความขุ่นของน้ำหลังจากผ่าน Electro-coagulationโดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	34
4.3	ความนำไฟฟ้าของน้ำบาดาลที่ผ่าน Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	36
4.4	พลังงานไฟฟ้าเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	37
4.5	การเปลี่ยนแปลงของค่า pH เมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	38
4.6	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาที	39

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.7	ค่าเฉลี่ยปริมาณอลูมิเนียมในน้ำ หลังจากปรับปรุงด้วย Electro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 5-20 Volt เป็นเวลา 60 นาทีและผ่านการตกตะกอนเป็นเวลา60 นาที	40
4.8	ภาพขยาย 100 เท่าของตะกอนจากการปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วยElectro-coagulation โดยใช้แรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา 40 นาที	41
4.9	น้ำหนักของขั้วไฟฟ้าที่ลดลง (%)และประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างของน้ำ (%) เมื่อผ่าน Electro-coagulation ด้วยแรงดันไฟฟ้า 10 Voltเป็นเวลา 40 นาทีจำนวน 5 ครั้ง	46
4.10	ผังระบบปรับปรุงคุณภาพน้ำด้วย Electro-coagulation	47
4.11	ความกระด้างของน้ำที่ลดลงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 10 Volt เป็นเวลา 60 นาทีตามปฏิกิริยาอันดับ 1	48
4.12	Top view และ front view ของถังปฏิกิริยา Electro-coagulation	49
4.13	Top view และ front view ของถังตกตะกอน	51
4.14	ความอ่อนไหว (sensitivity analysis) แสดงในรูปของจุดคุ้มทุนเมื่อราคาไฟฟ้า น้ำ และอลูมิเนียมแผ่นเปลี่ยนแปลง	55
ก-1	น้ำหนักขั้วไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อใช้แรงดันไฟฟ้า 10Volt เป็นเวลา 40 นาทีจำนวน 5 ครั้งเทียบกับประสิทธิภาพในการกำจัดความกระด้างของน้ำ (%)	67