

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตะกรัน(Scale) เกิดจากสารประกอบกลุ่มเกลือ แคลเซียม (Ca) และแมกนีเซียม (Mg) ซึ่งอยู่ในรูปคาร์บอเนต ไบคาร์บอเนต ซัลเฟต และฟอสเฟต ที่อยู่ในรูปของสารละลาย (Dissolve) จะทำให้คุณสมบัติของน้ำเป็นน้ำกระด้าง ตามปกติจะพบมากในกลุ่มเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3 และ MgCO_3) ซึ่งเกิดบริเวณพื้นผิวถ่ายเทความร้อน เช่น คอนเดนเซอร์หรือชุดแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ลักษณะเป็นของแข็งคล้ายหิน สาเหตุของการเกิดตะกรัน คือ คุณภาพน้ำที่เดิมเข้าระบบหอทำความเย็นไม่ดีพอ เช่น มีค่า TDS และความกระด้าง (Hardness) สูงเกินไปทำให้มีโอกาสเกิดตะกรันได้ง่าย การใช้สารเคมีในการป้องกันตะกรันและตะไคร่น้ำ เนื่องจากสารเคมีตกค้างทำให้สิ่งปนเปื้อนในน้ำมากขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุของการกัดกร่อนและเกิดตะกรัน อัตราการหมุนเวียนของน้ำในระบบสูง ทำให้อัตราการระเหยของน้ำสูงจึงเกิดตะกรัน การขาดการบำรุงรักษาอย่างถูกวิธี เช่น ไม่ถ่ายน้ำปล่องให้หอทำความเย็น(Cooling Tower) สกปรกก็เป็นสาเหตุของตะกรันได้ ความกระด้างของน้ำในอดีตนั้นมีการกำหนดค่าจำกัดความเป็นความสามารถของน้ำที่จะตกตะกอนสบู่โดยจะมีการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำในอดีตโดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานสบู่ (Standard Soap Solution) ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันว่าความกระด้างของน้ำโดยส่วนใหญ่ จะเกิดจากธาตุในกลุ่มที่เรียกว่า Alkaline Earth Metal ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะ เมื่ออยู่ในสภาวะละลายน้ำจะเป็นไอออนที่มีประจุบวกสอง เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) สตรอนเตียมไอออน (Sr^{2+}) ไอออนของเหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) แต่โดยส่วนใหญ่ไอออนที่มีประจุบวกสองในน้ำจะเป็นจำพวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} ดังนั้น ค่าจำกัดความของความกระด้างของน้ำในปัจจุบันจะแสดงถึงคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งแทนค่าความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยมักจะแสดงในหน่วยของมิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต อย่างไรก็ตามถ้าไอออนตัวอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นมีอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมาก ก็จะต้องคิดรวมด้วย สาเหตุที่น้ำมีความกระด้างเกิดจากน้ำฝนซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิกเป็นกรดอ่อนและเมื่อซึมลงใต้ดินผ่านชั้นดินซึ่งมีการเน่าสลายตัวของสารอินทรีย์โดยจุลินทรีย์ก็จะทำให้มีปริมาณกรดคาร์บอนิกมากยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อน้ำที่ซึมผ่านชั้นดินหรือน้ำฝนสัมผัสกับชั้นหินโดยเฉพาะหินปูนซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ เกลือแคลเซียมและแมกนีเซียม

คาร์บอเนต (MgCO_3) ก็จะเกิดละลายของหินปูนจะทำให้ปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} หรือความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้น ในประเทศไทยจะสังเกตเห็นได้ว่าน้ำผิวดินหรือน้ำแม่น้ำในบริเวณภาคกลางของประเทศจะมีปริมาณความกระด้างของน้ำสูงกว่าน้ำผิวดินในบริเวณภาคใต้หลายจังหวัดเพราะภาคกลางของประเทศมีบริเวณที่มีหินปูนอยู่มากกว่าในภาคใต้ ความกระด้างในน้ำที่มีอยู่ทุกประเภทจะรวมเรียกว่าความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) แบ่งตามไอออนที่มีอยู่ในน้ำได้เป็นไอออนประจุลบที่มีอยู่ในน้ำและไอออนประจุบวกในน้ำ ส่วนใหญ่เป็น Ca^{2+} และ Mg^{2+} เรียกว่า ความกระด้างแคลเซียม (Calcium Hardness) ความกระด้าง แมกนีเซียม (Magnesium Hardness) แบ่งตามไอออน ประจุลบที่มีอยู่ในน้ำยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ ความกระด้างคาร์บอเนต หรือความกระด้างชั่วคราว (Carbonate Hardness or Temporary Hardness) ซึ่งได้แก่ คาร์บอเนตไอออนและไบคาร์บอเนตไอออนโดยส่วนใหญ่ในน้ำจะเป็นจำพวก HCO_3^- ซึ่งเมื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถกำจัดความกระด้างประเภทนี้ได้ ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนตหรือความกระด้างถาวร (Non-Carbonate Hardness or Permanent Hardness) ซึ่งได้แก่ ซัลเฟตไอออน คลอไรด์ไอออน ซึ่งความกระด้างประเภทนี้จะไม่สามารถถูกกำจัดได้โดยการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เว้นแต่มีความเข้มข้นสูงมาก เช่น น้ำในหม้อไอน้ำ ซึ่งน้ำระเหยกลายเป็นไออยู่ตลอดเวลา ในบางกรณีน้ำนั้นอาจจะมีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} แต่ถ้ามีปริมาณของโซเดียมไอออน (Na^+) สูงมากก็จะทำให้น้ำนั้นไม่เป็นฟองกับสบู่ได้ เรียกว่า ความกระด้างเทียม (Pseudo Hardness) ในระบบกลิ้งของโรงงาน คุณสมบัติของสารประกอบเกลือแคลเซียมและแมกนีเซียมละลายดีในน้ำเย็น ตกผลึกในน้ำร้อนตกผลึกเมื่อมีค่าอัลคาไลน์ (Alkalinity) และพีเอชสูง ตะกรันเกิดขึ้นเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิความดันและความเร็ว จะทำให้เกิดการแยกตัวออกจากน้ำ เมื่อสภาพความเข้มข้นสูงมีความเป็นด่างสูงจะเกิดการรวมตัวกัน (Bonding) จากโมเลกุลเล็กเป็นโมเลกุลใหญ่ตกผลึกตามพื้นผิวถ่ายเทความร้อนอย่าง เช่น กันกาคัดน้ำในหม้อไอน้ำ และในตัวแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) กลายเป็นปัญหาหนักอกของโรงงานอุตสาหกรรม เพราะตะกรันจะเป็นปัญหาของฉนวนกันความร้อนทำให้ระบบเครื่องจักรด้อยประสิทธิภาพ ซึ่งถ้าเป็นเครื่องปรับอากาศ จะทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากกว่าปกติ ตั้งแต่ 10% ถึง 50% เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจอย่างมหาศาล พีเอช จึงถูกควบคุมไว้ที่ 7.5-8.5 เป็นค่าที่เหมาะสม กรด - ด่างของน้ำและสารละลาย เช่น ถ้าเป็นกลุ่มความกระด้างจะด้านการกัดกร่อน แต่ถ้าเป็น โซเดียม (Na) จะมีโอกาสกัดกร่อนได้ จะทราบได้อย่างไรว่ามีการกัดกร่อนในระบบ ในกรณีระบบต้องเดินตลอดจึงไม่สามารถตรวจเช็คด้วยตาเปล่าได้ ดังนั้นเราจะทราบจากผลการวิเคราะห์น้ำได้บางส่วน เช่น มีสารละลายเหล็ก (Fe) อยู่ในน้ำสูงกว่าน้ำที่ป้อนเข้าระบบแสดงว่ามีการละลายเหล็กออกมา สาเหตุหลักของการกัดกร่อนคือมีคลอไรด์ (Cl) อยู่ในน้ำสูงเนื่องมาจากการใช้คลอรีนฆ่าตะไคร่น้ำหรือในบางพื้นที่ที่มีน้ำทะเล

เข้าถึงแหล่งน้ำเป็นน้ำกร่อย คือทำให้มีสารละลายเกลือแกง (NaCl) สูง ค่าแนะนำในกรณีน้ำมีความกร่อยก็ไม่ควรทำน้ำอ่อน (Soft water) เพราะจะเป็นการเพิ่มโซเดียม (Na) เข้าไปในน้ำ จากการแลกเปลี่ยนประจุกับความกระด้าง (แคลเซียม และแมกนีเซียม) ทำให้เป็นการเพิ่มความเค็มในน้ำสูงขึ้น เมื่อรอบการทำงาน (Cycle) หลายรอบความเข้มข้นของเกลือแกงยิ่งสูงขึ้น จะเกิดการกัดกร่อนอย่างรุนแรง หากจำเป็นต้องใช้น้ำที่มีความกร่อยใช้ในระบบต้องควบคุมการโบดาวน์ (Blowdown) หรือบลีดออฟ (Bleedoff) อย่างต่อเนื่อง ในการศึกษานี้จะเป็นการแยกตะกอนออกจากน้ำบรายน้ที่เกิดจากกระบวนการออสโมซิสผันกลับ เพื่อที่จะนำน้ำบรายน้กลับมาใช้ใหม่อีกครั้ง โดยไม่ทำให้ระบบการผลิตของโรงงานเสียหายและทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของโรงงานต่อไป

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาคุณลักษณะน้ำประปา น้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) และน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ที่ใช้ในตัวหอทำความเย็น

2.2 เพื่อทำการศึกษเปรียบเทียบคุณลักษณะของน้ำบรายน้ก่อนและหลังแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโตรไลซิส

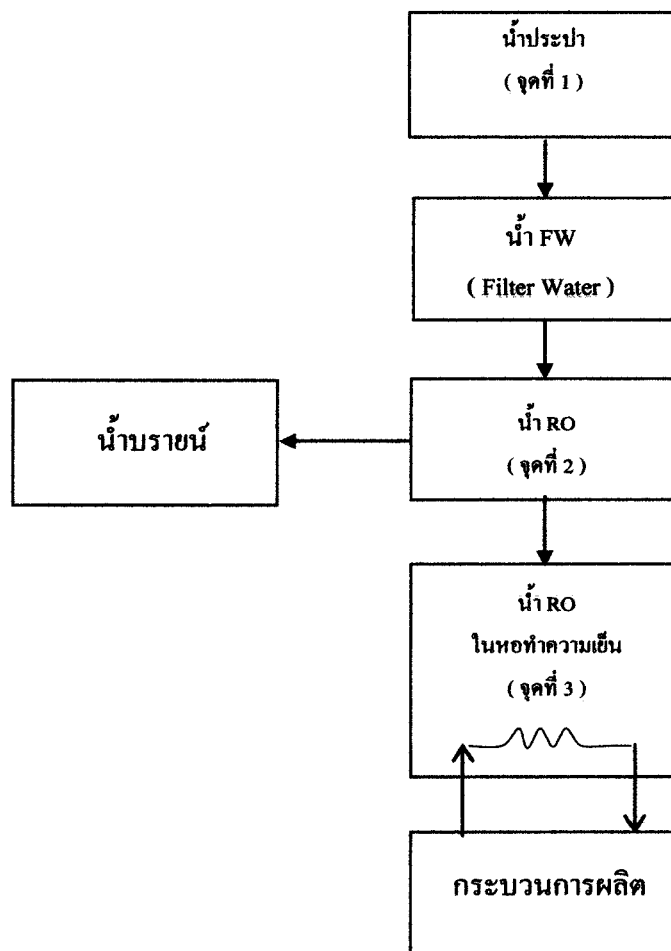
3. ประเด็นปัญหาการวิจัย

จากการศึกษาข้อมูลการใช้น้ำภายในโรงงานเฉลี่ยตั้งแต่เดือน เมษายน – มีนาคม พ.ศ. 2549 พบว่าจากการใช้น้ำประปาทั้งหมดเฉลี่ยต่อเดือน ปริมาณน้ำบรายน้ที่ต้องปล่อยทิ้งมีมากกว่าร้อยละ 50 น้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ผลิตได้ร้อยละ 34 เป็นน้ำที่ผ่านการกรอง (Filter Water) ร้อยละ 12 และผลิตเป็นน้ำ DI ร้อยละ 4 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่ามีน้ำปริมาณมากสูญเสียไปกับน้ำบรายน้ ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาคุณลักษณะและการปรับปรุงน้ำบรายน้โดยวิธีทางไฟฟ้าเพื่อนำเอาน้ำบรายน้กลับมาใช้ใหม่

4. กรอบแนวคิดการวิจัย

4.1 การศึกษาคุณลักษณะของน้ำ

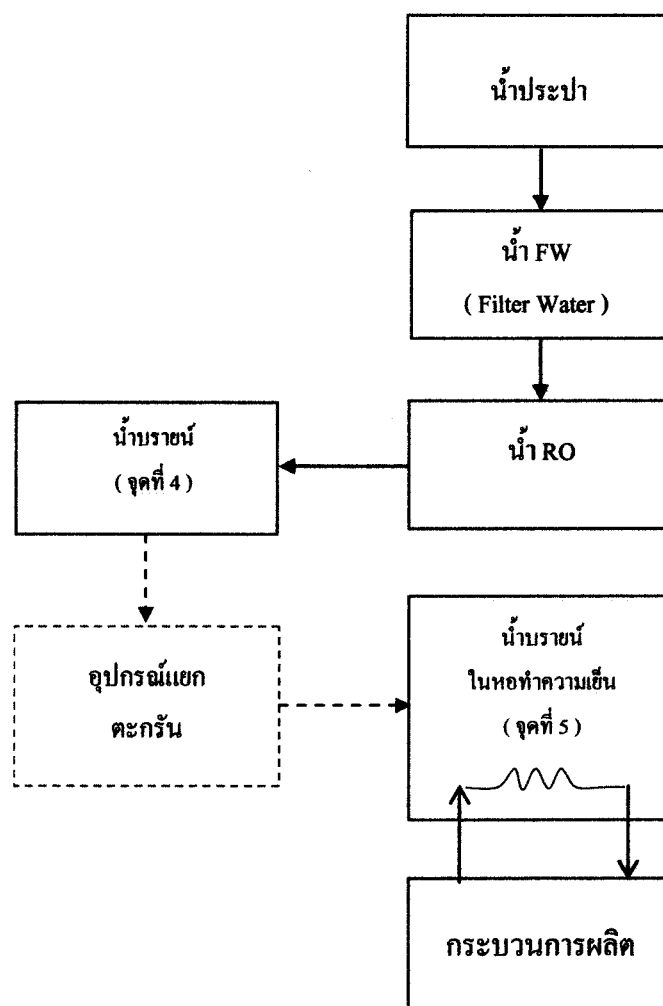
การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยทำการเก็บตัวอย่างน้ำประปาที่ส่งจ่ายมาจากการนิคมอุตสาหกรรมตามจุดที่ 1 จากนั้นทำเก็บตัวอย่างน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่จุดที่ 2 และเก็บตัวอย่าง น้ำรีเวอร์สออสโมซิส ที่ใช้ในหอทำความเย็นที่จุดที่ 3 ดังแสดงในภาพที่ 1.1 จากนั้นจะส่งผลน้ำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ เพื่อหาค่าพีเอช ค่าความนำไฟฟ้า ค่าความกระด้างทั้งหมด ค่าความกระด้างแคลเซียม ค่าเหล็กทั้งหมด ค่าคลอไรด์อออนและค่าแมกนีเซียม



ภาพที่ 1.1 จุดเก็บตัวอย่างน้ำเพื่อศึกษาคุณลักษณะของน้ำ

4.2 การศึกษาการแยกตะกอนในน้ำบรายน

การทดลองขั้นตอนนี้เป็นการเก็บตัวอย่างน้ำบรายนก่อนทำการแยกตะกอนตามจุดที่ 4 ซึ่งเป็นน้ำบรายนที่ได้จากระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส ดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 1.2 จากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำบรายนในหอทำความเย็นตามจุดที่ 5 ดังแสดงในภาพที่ 1.2 น้ำบรายนที่จุดนี้จะเป็นน้ำบรายนที่ได้ผ่านการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิส



ภาพที่ 1.2 จุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนและหลังแยกตะกอนด้วยวิธีทางไฟฟ้า

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ศึกษาคุณภาพน้ำประปาของการนิคมอุตสาหกรรม น้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ได้จากกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis) ภายในบริษัท และน้ำรีเวอร์สออสโมซิสที่ถูกนำไปใช้ในหอทำความเย็น

5.2 ศึกษาคุณลักษณะของน้ำบรายน้ก่อนแยกตะกอน จากนั้นทำการศึกษาคุณลักษณะของน้ำบรายน้หลังจากติดตั้งระบบการแยกตะกอนด้วยวิธีการอิเล็กโตรไลซิสเข้ากับระบบหอทำความเย็น ในการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการแยกตะกอนใช้หลักการทางสถิติและโปรแกรม SPSS เพื่อการวิเคราะห์และแปลผลข้อมูล

6. ข้อตกลงเบื้องต้น

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยติดตั้งอุปกรณ์แยกตะกอนเข้ากับตัวหอทำความเย็น หลังจากนั้นทำการเปลี่ยนน้ำในตัวหอทำความเย็นจากน้ำรีเวอร์สออสโมซิสเป็นน้ำบรายน้

7. นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 น้ำบรายน้ หมายถึง น้ำที่ได้หลังจากจากกระบวนการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส (Reverse Osmosis)

7.2 หอทำความเย็น หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้ลดอุณหภูมิของน้ำโดยอาศัยหลักการคายความร้อนของละอองน้ำขณะผ่านอากาศ

7.3 ตะกอน หมายถึง สารประกอบหรือสารพลอยได้อื่นใดที่เกิดจากการประกอบโลหกรรม

7.4 น้ำรีเวอร์สออสโมซิส หมายถึง น้ำที่ได้กระบวนการผลิตน้ำโดยวิธีออสโมซิสผ้นกลับ

8. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.1 เพื่อเป็นการศึกษาการนำเอาน้ำบรายนที่ได้จากการผลิตน้ำรีเวอร์สออสโมซิส
เพื่อการนำเอากลับใช้ใหม่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

8.2 เป็นแนวทางในการนำเอาน้ำบรายนและน้ำรีเวอร์สออสโมซิสมาประยุกต์ใช้ใน
กิจกรรมหรืออุตสาหกรรมได้