

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงคุณภาพของน้ำบารายด์ มีความจำเป็นที่จะต้องแยกตะกอนออก ดังนั้นในการวิจัยจึงได้นำหลักการทางอิเล็กทรอนิกส์เพื่อทำการศึกษาประสิทธิภาพในการแยกตะกอน

1.หลักในการควบคุมและป้องกันการเกิดตะกอน

ตะกอนเป็นผลโดยตรงจากการตกผลึกของแร่ธาตุ ได้แก่ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็ก และซิลิกา การป้องกันทำได้โดยทำให้การตกผลึกของแร่ธาตุไม่สามารถเกิดขึ้นได้ การกำจัดที่ต้นเหตุได้แก่ ความกระด้าง เหล็กและอื่นๆ การป้องกันตะกอนโดยมิให้สามารถตกผลึกได้ ซึ่งกระทำได้โดยการเติมสารหยุดตะกอนเพื่อให้แร่ธาตุอยู่ในรูปของสารละลายต่อไป เมื่ออุณหภูมิสูงเกลือแคลเซียม และแมกนีเซียมจึงเกิดตกผลึกและจับตัวเป็นตะกอนบนผิวโลหะที่ร้อน จำนวนที่พบบ่อยและทำความเดือดร้อนให้มากที่สุด คือ ตะกอนเหล็กหรือส่วนผสมของเหล็กกับแคลเซียมและฟอสฟอรัส เหล็กจะอยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์หรือเหล็กคาร์บอนेटซึ่งเป็นผลของปฏิกิริยากัดกร่อนท่อน้ำและท่อไอน้ำต่างๆ ตะกอนในเครื่องควบแน่นเกิดจากการตกผลึกของแคลเซียมคาร์บอนेट แคลเซียมซัลเฟต หรือแร่จำพวกซิลิเกต เนื่องจากสารดังกล่าวมีความเข้มข้นสูงเกินไปหรือมีพีเอชสูงกว่าพีเอชอิ่มตัว วิธีป้องกันกระทำได้โดยเจือจางน้ำที่ผ่านเข้ามามิให้มีความเข้มข้นถึงจุดอิ่มตัวหรือควบคุมพีเอชมิให้สูงกว่าพีเอชที่จุดอิ่มตัวสารที่มีความสามารถในการละลายน้ำได้น้อยที่สุดจะตกผลึกก่อน สารประกอบใดที่มีผลคูณของความเข้มข้นของไอออนที่เกิดจากการแตกตัวสูงกว่าค่าผลคูณของสารละลาย (Solubility Product) ของมัน สารนั้นจะตกผลึกการกัดกร่อนและตะกอนเกิดขึ้นเพราะมีอุณหภูมิสูง ถ้าปล่อยให้ตะกอนหินปูนเกิดขึ้นในท่อของเครื่องควบแน่น ความสิ้นเปลืองพลังงานจะเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับความหนาของตะกอนที่เกิดขึ้น หลักในการป้องกันและควบคุมตะกอนอาจสรุปได้ดังนี้

1.1 การระบายน้ำเข้มข้นทิ้ง

เพื่อเป็นการลดปริมาณสารต่างๆ ในน้ำของระบบหมุนเวียน การกระทำดังกล่าว ช่วยทำให้โอกาสและแนวโน้มในการตกผลึกลดน้อยลง

1.2 การกำจัดคันเหตุของตะกรัน

เนื่องจากความกระด้างในน้ำส่วนใหญ่เกิดจากแคลเซียมและแมกนีเซียม การกำจัดความกระด้างมักเป็นวิธีที่แพงมากสำหรับการควบคุมตะกรันของระบบน้ำหล่อเย็น

1.3 การสร้างสารประกอบที่ตกผลึกได้ยาก

แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารประกอบที่ตกผลึกได้ง่ายที่สุด การห้ามมิให้แคลเซียมคาร์บอเนตเกิดขึ้นจึงเป็นการทำให้ตกผลึกเกิดขึ้นช้า การเติมกรดกำมะถันสามารถเปลี่ยนแคลเซียมคาร์บอเนตให้กลายเป็นแคลเซียมซัลเฟตซึ่งมีความสามารถในการละลายน้ำได้ดีกว่าแคลเซียมคาร์บอเนต ไม่ต่ำกว่า 100 เท่า ที่อุณหภูมิปกติ ดังนั้นแนวโน้มในการตกผลึกจึงลดลง

1.4 การห้ามผลึกมิให้จับเป็นตะกรัน

การเติมสารโพลีเมอร์บางอย่างสามารถป้องกันมิให้ผลึกที่เกิดขึ้นไปเกาะผิววัสดุกลายเป็นตะกรันแข็ง ซึ่งกลไกในการป้องกันตะกรันมีความแตกต่างกันดังนี้ สารบางอย่างทำให้รวมตัวกันเป็นผลึกจนกลายเป็นก้อนใหญ่ เป็นผลให้พื้นที่ผิวทั้งหมดของผลึกลดน้อยลง การเกาะผิววัสดุจึงลดลง สารชนิดนี้เรียกว่า โคแอกกูแลนต์ (Coagulant) หรือ ฟลอคกูแลนต์ (Flocculant) สารบางอย่างทำให้ผลึกกระจายตัวไปทั่วและแขวนลอยอยู่ในน้ำโดยไม่เกาะผิววัสดุ สารชนิดนี้เรียกว่า สารกระจายตะกรันหรือสารกระจายตะกอน

1.5 การทำให้ผลึกละลายน้ำ

สารที่เรียกว่า คีเลนต์ (Chelant) มีความสามารถในการแย่งทำปฏิกิริยากับไอออนของโลหะ เช่น แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กและทองแดง ทำให้เกิดเป็นสารคอมเพล็กซ์ที่ละลายน้ำได้สูง เมื่อไอออนของโลหะถูกแย่งไปทำปฏิกิริยาแล้วผลึกธรรมชาติจึงไม่อาจเกิดขึ้นทำให้ไม่เกิดตะกรัน

1.6 การสร้างตะกรันเหลวหรือตะกอน

คือการปล่อยให้มีตะกอนเหลวเกิดขึ้นแทนตะกรันแข็งซึ่งกำจัดได้ยาก ตัวอย่างของวิธีนี้คือ การเติมฟอสเฟตเพื่อสร้างตะกรันของแคลเซียมไฮดรอกซีแอพาทาइट (Calcium Hydroxyapatite) ซึ่งเป็นตะกอนเหลวที่อาจจะบาชออกจากกันหม้อไอน้ำได้ง่าย

1.7 การห้ามตะกรันหินปูนโดยการลดพีเอชด้วยกรด

ตะกรันที่เป็นตัวก่อความบ่อยที่สุดคือแคลเซียมคาร์บอเนต หรือหินปูน ทั้งนี้เพราะมันเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้น้อยที่สุด จึงนิยมเติมกรดเพื่อควบคุมและป้องกันการเกิดตะกรันหินปูน

1.8 การป้องกันและควบคุมการสร้างตะกรันด้วยการกำจัดความกระด้างในน้ำ

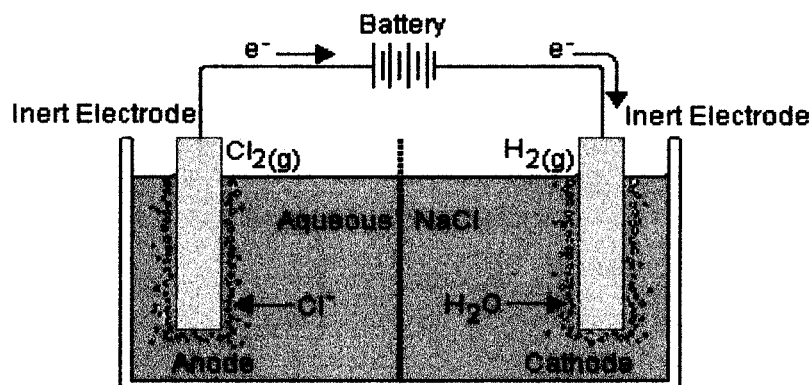
การกำจัดความกระด้างในน้ำออกบ้าง จะช่วยทำให้ตะกรันไม่เกิดขึ้นหรือเกิดน้อยลง

วัตถุประสงค์ของการกำจัดความกระด้างก็เพื่อให้มีตะกอนเกิดขึ้นมากเกินไประหว่างนั้น การกำจัดความกระด้างของน้ำประปามักกระทำโดยใช้เครื่องทำน้ำอ่อนประเภทแลกเปลี่ยนไอออน (Ion Exchange Softener) อุปกรณ์นี้สามารถแลกเปลี่ยนโซเดียมในตัวกับแคลเซียมและแมกนีเซียมซึ่งเป็นต้นเหตุของความกระด้างที่อยู่ในน้ำ ทำให้หายกระด้างแต่จะมีโซเดียมละลายอยู่ในปริมาณสูงแทนที่ ซึ่งไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภค เพราะในอาหารมีปริมาณโซเดียมสูงกว่า การใช้อุปกรณ์ทำน้ำอ่อนประเภทแลกเปลี่ยนไอออน มีข้อเสียตรงที่มันกำจัดความกระด้างได้ทั้งหมด ทำให้ได้น้ำที่มีคุณสมบัติไม่เหมาะสม เพราะน้ำที่ไม่มีความกระด้างมักกัดกร่อนโลหะได้อย่างรุนแรง วิธีแก้ไขคือ แบ่งน้ำประปาออกเป็น 2 ส่วน และผ่านเข้าเครื่องทำน้ำอ่อนเพียงส่วนเดียว จากนั้นผสมน้ำทั้งสอง อัตราส่วนของน้ำทั้งสองส่วนต้องพอดีทำให้ได้น้ำที่มีความกระด้างลดน้อยลง แต่ไม่สร้างตะกอนและไม่กัดกร่อนโลหะ น้ำที่ได้ใหม่นี้ควรมีความกระด้างสูงสุดเท่าที่จะยอมให้ได้โดยไม่เกิดปัญหาทั้งสองอย่าง การตรวจสอบเพื่อวิเคราะห์คุณภาพของน้ำในด้านการกัดกร่อนโลหะและการสร้างตะกอนการกัดกร่อนโลหะและการสร้างตะกอน มีความสัมพันธ์โดยตรงอย่างใกล้ชิดกับธรรมชาติของหินปูนกล่าวคือถ้าน้ำไม่อึดตัวด้วยหินปูน หรือยังสามารถละลายหินปูนได้อีก แสดงว่าน้ำมีแนวโน้มในการกัดกร่อนโลหะ เนื่องจากไม่มีการตกผลึกของหินปูนเคลือบผิวโลหะ ถ้าน้ำอึดตัวมากเกินไปด้วยหินปูนหรือไม่สามารถละลายหินปูนได้อีกแล้ว แสดงว่าน้ำมีแนวโน้มในการตกผลึกและสร้างตะกอนเคลือบผิวโลหะได้ ถ้าน้ำพอดีอึดตัวด้วยหินปูนน้ำจะไม่ตกผลึก แต่อาจเกิดการกัดกร่อนได้บ้างเล็กน้อย ความกระด้างทำให้เกิดปัญหาตะกอนในหม้อน้ำและทำให้รสของน้ำไม่เป็นปกติ ต้นเหตุที่ทำให้น้ำมีความกระด้างคือ แคลเซียม แมกนีเซียม เหล็กแมงกานีส ซึ่งเป็นโลหะที่มีไอออน +2 การคั่งน้ำที่มีความกระด้างสูงอาจทำให้เกิดโรคนี้ได้ น้ำประปาไม่ควรมีความกระด้างเกิน 80 มิลลิกรัมต่อลิตร ความกระด้างของน้ำมีผลต่อกระบวนการผลิตและระบบน้ำในอุตสาหกรรมอย่างมาก การควบคุมความกระด้างของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะมีส่วนช่วยให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดหรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหาตะกอนหรือการกัดกร่อนและประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การตรวจวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำมีอยู่หลายวิธี ผู้เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ต้องพิจารณาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตและระบบน้ำของอุตสาหกรรมนั้น

2. อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis)

อิเล็กโทรไลซิส (Electrolysis) คือกระบวนการผ่านกระแสไฟฟ้ากระแสตรง (Direct

Current) จากภายนอกเข้าไปในสารละลายอิเล็กโทรไลต์แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีเครื่องมือที่ใช้แยกสารละลายด้วยไฟฟ้าเรียกว่า เซลล์อิเล็กโทรไลต์ หรืออิเล็กโทรลิติกเซลล์ ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า ภาชนะบรรจุสารละลายอิเล็กโทรไลต์ และเครื่องกำเนิดกระแสตรง (D.C) เช่น เซลล์ไฟฟ้า หรือ แบตเตอรี่ ดังภาพที่ 2.1 ขั้วไฟฟ้า (Electrode) คือแผ่นตัวนำที่จุ่มในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ แล้วต่อกับ เซลล์ไฟฟ้าหรือแบตเตอรี่ แบ่งเป็นแอโนดและแคโทด สารละลายอิเล็กโทรไลต์คือสารละลายที่นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนบวกและไอออนลบ โดยไอออนบวกจะวิ่งไปรับอิเล็กตรอนที่ขั้วลบเกิดปฏิกิริยารีดักชัน จึงเรียกขั้วลบว่า แคโทด



ภาพที่ 2.1 กระบวนการอิเล็กโทรไลซิส

และเรียกไอออนบวกว่า แคตไอออน (Cation) ไอออนลบวิ่งไปให้อิเล็กตรอนที่ขั้วบวกเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เรียกว่า แอโนด และเรียกไอออนลบว่า แอนไอออน (Anion) ดังนั้น ที่แอโนด (Anode) มีแอนไอออน คือ ไอออนลบ และที่แคโทด (Cathode) มีแคตไอออน (Cation) คือแอโนด (Anode) ตรงกับขั้วบวกและแคโทด (Cathode) ตรงกับขั้วลบ ไฟฟ้าเคมีเป็นการศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี หากใช้การถ่ายเทอิเล็กตรอนเป็นเกณฑ์แล้วปฏิกิริยาเคมีแบ่งเป็น 2 ประเภทปฏิกิริยาที่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเรียกว่าปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) ปฏิกิริยาที่ไม่มีการถ่ายเทอิเล็กตรอนเรียกว่า ปฏิกิริยานอนรีดอกซ์ (Nonredox Reaction) ปฏิกิริยารีดอกซ์ (Redox Reaction) หรือปฏิกิริยาออกซิเดชัน-รีดักชัน (Oxidation-reduction Reaction) หมายถึงปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องกับการถ่ายเทอิเล็กตรอน สรุปได้ว่าการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์จะต้องประกอบไปด้วยสารที่ให้อิเล็กตรอนเรียกว่า ตัวรีดิวซ์ เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Oxidation Reaction) สารที่รับอิเล็ก

ตรอนเรียกว่า ตัวออกซิไดซ์ เกิดปฏิกิริยารีดักชัน(Reduction Reaction) การทำโลหะให้บริสุทธิ์ด้วยกระบวนการอิเล็กโทรไลซิส ใช้หลักการเดียวกันกับการชุบด้วยไฟฟ้า โดยใช้โลหะที่บริสุทธิ์เป็นแอโนด โลหะที่ไม่บริสุทธิ์เป็นแคโทด และใช้สารละลายที่มีไอออนของโลหะดังกล่าวเป็นอิเล็กโทรไลต์ เช่น การทำทองแดงให้บริสุทธิ์ โดยทั่วไปจะได้ทองแดงจากการถลุงแร่ ซึ่งจะมีควมบริสุทธิ์ไม่เกินร้อยละ 99 ที่เหลือจะเป็นพวกสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น Fe Ag Au Pt และ Zn ถ้าใช้กระบวนการอิเล็กโทรไลซิสเข้าช่วยจะได้ทองแดงที่มีความบริสุทธิ์ถึงร้อยละ 99.95

3. ออสโมซิสผันกลับ (Reverse Osmosis)

ออสโมซิสหมายถึงการเคลื่อนที่ซึ่งเกิดขึ้นเองตามธรรมชาติของน้ำผ่านเยื่อเมมเบรนบางๆ (Semi Permeable Membrane) กระบวนการออสโมซิสผันกลับหรืออาจเรียกว่า กระบวนการไฮเพอร์ฟิเตรชัน แผ่นเยื่อกรองที่ใช้เป็นแผ่นเยื่อกรองที่มีโครงสร้างแบบแน่นไม่มีรูพรุน (Dense Membrane) ความดันที่ให้กับสารละลายอยู่ในช่วง 10-100 บรรยากาศ ส่วนที่เข้มข้นซึ่งได้แก่ตัวถูกละลายที่มีโมเลกุลใหญ่จะถูกกักไว้ด้วยแผ่นเยื่อกรองเรียกว่า รีเทนเตท (Retentate) หรือสารละลายเข้มข้น (Concentrate) กับส่วนที่ไหลผ่านแผ่นเยื่อกรองได้ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นตัวทำละลายและสารโมเลกุลเล็กเรียกว่า เพอร์มิเอท (Permeate) การเตรียมคุณภาพน้ำดิบสำหรับเมมเบรนน้ำดิบที่จะส่งเข้ากรองด้วยเมมเบรนนั้นจะต้องมีคุณภาพดี ไม่มีสิ่งแขวนลอยที่จะเข้าไปอุดตันเมมเบรน ต้องไม่มีเชื้อแบคทีเรียเข้าไปติดค้างเจริญเติบโตและทำลายเมมเบรนต้องไม่มีสารเกลือแร่ที่จะเกิดการตกตะกอนเคลือบผิวหน้าเมมเบรน ต้องไม่มีคลอรีนหลงเหลือ ซึ่งสามารถทำลายเมมเบรนด้วยการเกิดออกซิเดชัน และต้องไม่มีสารประเภทไขมันเข้าไปอุดตันและทำลายเมมเบรน ในการวัดว่าน้ำมีความสะอาดพอที่จะส่งเข้ากรองในเมมเบรนโดยที่ไม่ทำให้เกิดการอุดตันนั้น คือ “ Silt Density Index” หรือ SDI การหา SDI ค่า SDI ของน้ำดิบที่เหมาะสมไม่ควรเกิน 5.0 เมมเบรนบางชนิดอาจจะกำหนดไว้ไม่เกิน 3.0 การกำจัดแบคทีเรีย แบคทีเรียหรือสารชีวภาพ (Biological Matters) จะก่อให้เกิดปัญหากับผิวของเมมเบรน ซึ่งจะเกิดการเกาะจับตัว (Fouling) และเกิดการย่อยสลายผิวของเมมเบรน เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทำเมมเบรนนั้นเป็นพวกสารอินทรีย์ จะมีผลทำให้ประสิทธิภาพการกรองและการสกัดสารละลายต่ำลง วิธีการกำจัดแบคทีเรียที่นิยมใช้มีอยู่ด้วยกันดังนี้ คือการฆ่าด้วยคลอรีนโดยการเติมคลอรีนให้มีคลอรีนอิสระเหลืออยู่ประมาณ 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร จะทำลายสารชีวภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ถ้าคลอรีนอิสระหลุดเข้าไปในเมมเบรนแบบ TFC แล้ว ก็จะทำลายผิวเมมเบรน การฆ่าด้วยรังสี UV เป็นวิธีการที่นิยมกันแพร่หลาย เนื่องจากจะไม่เกิด Byproducts ขึ้นมา รังสี UV ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าแบคทีเรียดีที่สุด มีความยาวคลื่นแสงที่ 254 Nanometers (nm) และความเข้มข้นของแสง UV ในการฆ่าที่มีผลดีจะ

อยู่ระหว่าง 40-80 Microwatts/cm²-Second การฆ่าจะให้ผลดีที่สุด ถ้าน้ำใสสะอาดปราศจากสารแขวนลอยการมีคลอรีนอิสระเข้าไปในเมมเบรนจะเกิดการออกซิเดชัน ทำให้ผิวเมมเบรนเสื่อมคุณภาพ การกำจัดคลอรีนทำได้โดย เติมน้ำละลาย Sodium Bisulfite (NaHSO_3) ลงไปในน้ำรีเวอร์สออสโมซิส คลอรีนจะถูกออกซิไดซ์เป็นเกลือคลอไรด์ กรองด้วยถ่านกัมมันต์ ซึ่งคลอรีนจะถูกดูดซับไว้ด้วยถ่านกัมมันต์ และวิธีการนี้อาจจะมีข้อเสีย คือ ถ้าแบคทีเรียถูกทำลายไม่หมดและตกค้างอยู่ในชั้นถ่าน ก็จะเจริญเติบโต ทำให้เกิดปัญหาตามมาอีก การกำจัดน้ำมันและไขมัน เมื่อเข้าสู่เมมเบรนจะทำลายผิวหน้าของเมมเบรนให้เสื่อมคุณภาพเช่นเดียวกัน เครื่องกรองน้ำรีเวอร์สออสโมซิสเป็นระบบการกรองเป็นชั้น ๆ กล่าวคือ จะกรองตะกอนหยาบก่อนแล้วกรองรส กลิ่น สี จนมีขนาดเหลือสารละลายที่มีขนาดไม่เกิน 1 ไมครอน แล้วให้ผ่านไส้กรองที่เรียกว่า เยื่อเมมเบรน ซึ่งมีขนาดละเอียดถึง 0.0001 ไมครอน มีขนาดใกล้เคียงกับอนุของน้ำ ซึ่งเชื้อโรคที่มีขนาด 0.22 ไมครอน (เล็กที่สุด) ไม่สามารถผ่านได้ทั้งยังสามารถที่จะกรองสารเคมี สารพิษต่าง ๆ และยาปราบศัตรูพืชได้ถึง 96 % คุณภาพของน้ำดิบ เช่น จากเป็นน้ำจากแม่น้ำ ลำคลอง ที่มีความขุ่นสูง หรือเป็นน้ำจากแหล่งน้ำที่มีรสกร่อยหรือมีความเค็ม เมมเบรนจะสามารถขจัดสิ่งปนเปื้อนในน้ำ เป็นกระบวนการที่ใช้ความดันน้ำผ่านเยื่อกรอง (Semipermeable Membrane) ซึ่งเป็นเยื่อของสารที่สามารถให้น้ำซึมผ่านได้มีรูขนาด 0.0001 ไมครอน สามารถขจัดสารเคมีโลหะหนัก เช่น ตะกั่วปรอท แคดเมียม ฯลฯ และเชื้อโรคต่าง ๆ ในน้ำได้มากถึง 95 % คุณสมบัติของน้ำมีผลกระทบคือ มีผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำการเจริญเติบโตของสัตว์และพืชน้ำ มีผลต่อปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ ซึ่งปฏิกิริยาทางเคมีจะเกิดขึ้นได้ดีเมื่อมีอุณหภูมิสูงหรืออาจกล่าวได้ว่า อุณหภูมิเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาตัวหนึ่งมีผลต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ในน้ำ โดยจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ดีที่อุณหภูมิ 25-35 องศาเซลเซียส และหยุดการเติบโตที่ 50 องศาเซลเซียส มีผลต่อการละลายของออกซิเจนในน้ำ พบว่าออกซิเจนละลายในน้ำได้ 7.54-9.08 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิบรรยากาศ ระบบการแยกตะกอนด้วยวิธีอิเล็กโทรไลซิสนี้ได้มีการนำไปใช้ในระบบกลั่นทาวเวอร์โดยมีการกำหนดมาตรฐานไว้ดังนี้ พีเอช 6.5 – 9.5

4. หอทำความเย็น (Cooling Tower)

4.1 หน้าที่การทำงานของหอทำความเย็น

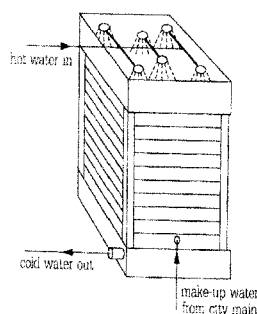
หอทำความเย็นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้กับระบบทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ทำให้น้ำที่ระบายความร้อนออกจากน้ำที่ผ่านการใช้งานที่คอนเดนเซอร์ โดยน้ำที่อุณหภูมิสูงจากคอนเดนเซอร์จะถูกปั๊มขึ้นไปยังด้านบนของหอทำความเย็นและปล่อยให้ตกลงมาด้านล่างสัมผัสกับอากาศ หอทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์เก็บรักษาน้ำ น้ำอุ่นที่ออกจากเครื่องควบแน่นจะถูกปั๊มขึ้นไปด้านบนของหอจากนั้นจะปล่อยหรือพ่นลงมาด้านล่าง ขณะเดียวกันจะถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศ ที่ไหลผ่านหอทำความเย็นทำให้อุณหภูมิลดลง แม้ว่าความร้อนสัมผัสบางส่วนจะถ่ายเทออกสู่อากาศ แต่ผลรวมทั้งหมดส่วนใหญ่ได้มาจากการระเหยเป็นไอของน้ำที่ตกลงมาด้านล่างของหอทำความเย็น ทำให้มวลที่เหลือนี้อุณหภูมิต่ำลง และเมื่ออุณหภูมิและความชื้นอากาศจะเพิ่มขึ้นเมื่ออากาศผ่านหอทำความเย็น จึงเห็นได้ว่าผลของการหล่อเย็นของหอทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet Bulb) ของอากาศที่ไหลเข้าสู่หอทำความเย็น ถ้าอากาศที่ไหลเข้ามีอุณหภูมิกระเปาะเปียกยิ่งต่ำเท่าไรผลของการหล่อเย็นจะเพิ่มขึ้น ตัวประกอบอื่นๆ ที่มีอิทธิพลต่อการทำงานของหอทำความเย็น คือ ปริมาณของน้ำที่สัมผัสกับอากาศและระยะเวลาที่สัมผัส ความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านหอทำความเย็นและทิศทางของการไหลของอากาศ (ขนานขวางหรือสวนทางกับน้ำ) ทำให้น้ำมีอุณหภูมิต่ำลงก่อนนำกลับมาหมุนเวียนใช้ใหม่

4.2 ประเภทของหอทำความเย็นแบ่งตามวิธีการนำอากาศเข้า

4.2.1 วิธีใช้แรงลมธรรมชาติ (Natural-draft)

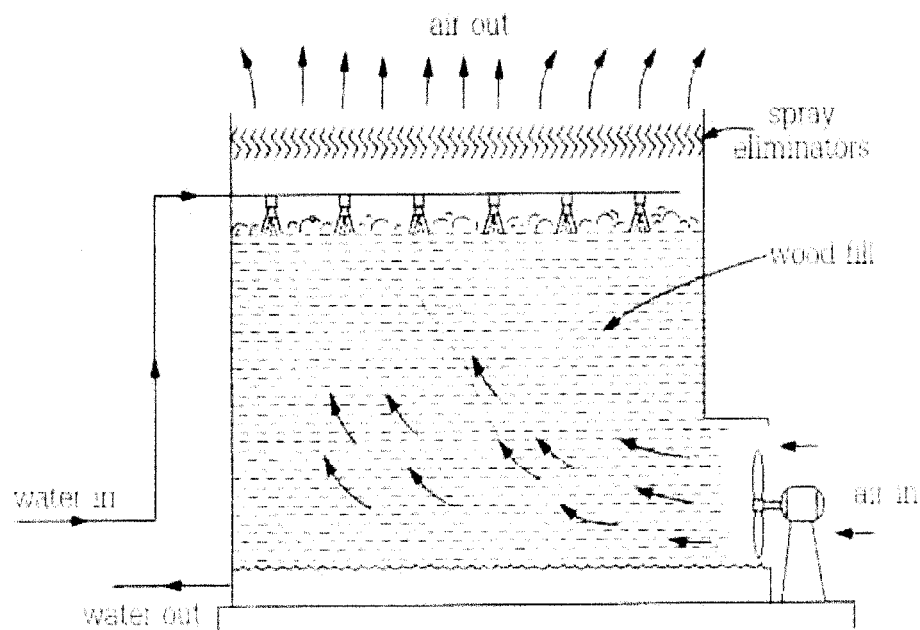
อาศัยบรรยากาศเคลื่อนที่ผ่านน้ำที่ถูกฉีดให้เป็นละอองน้ำโดยไม่ต้องอาศัยพัดลม สมรรถนะของหอทำความเย็นจะขึ้นอยู่กับแรงลมที่ผ่านและขนาดของละอองน้ำที่สัมผัสกับอากาศ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 หอทำความเย็นชนิดอากาศหมุนเวียนตามธรรมชาติ

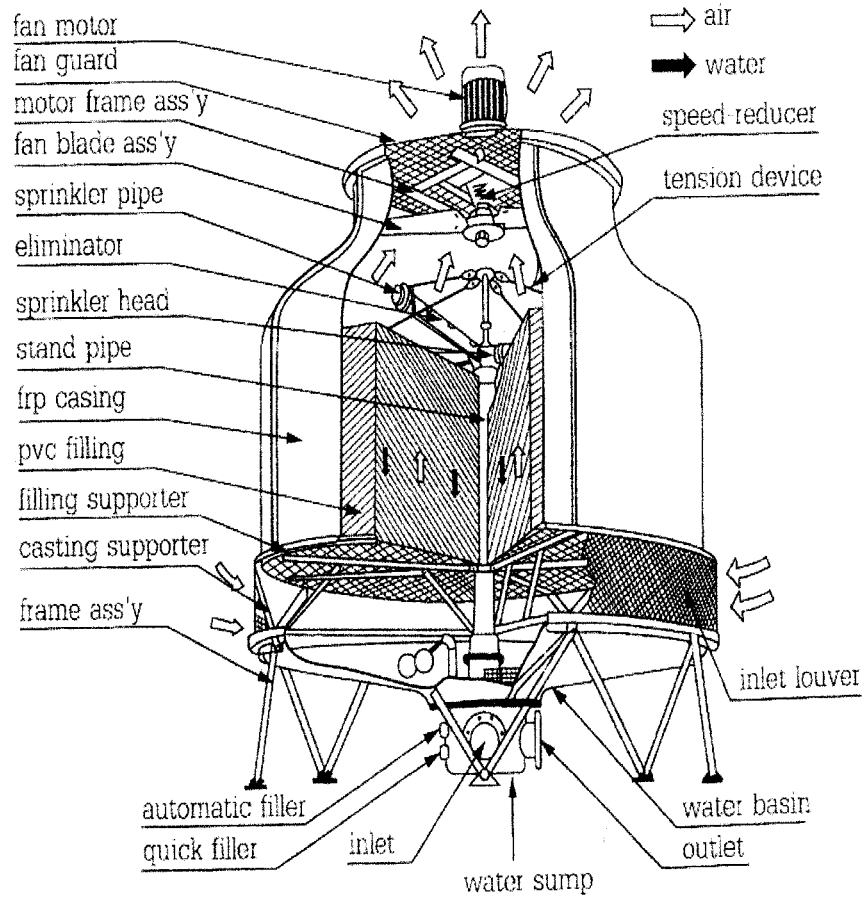
4.2.2 วิธีใช้พัดลมดูดอัด (Mechanical-draft)

อาศัยพัดลมช่วยดูดหรืออัดอากาศให้ผ่านหอทำความเย็นเพื่อระบายความร้อนออกจากน้ำ แบ่งตามลักษณะการนำอากาศเข้าสู่ตัวหอทำความเย็นได้ 2 ชนิดคือ ชนิดใช้พัดลมอัด (Forced Draft) อาศัยพัดลมติดตั้งทางเข้าโดยเป่าอากาศเข้าไปในตัวหอทำความเย็นสัมผัสกับละอองน้ำเพื่อลดอุณหภูมิ มีข้อดีคือ ทำงานเงียบกว่า เนื่องจากเสียงจะแพร่กระจายเข้าไปในตัวหอทำความเย็นได้ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 หอทำความเย็นชนิดใช้พัดลมอัด

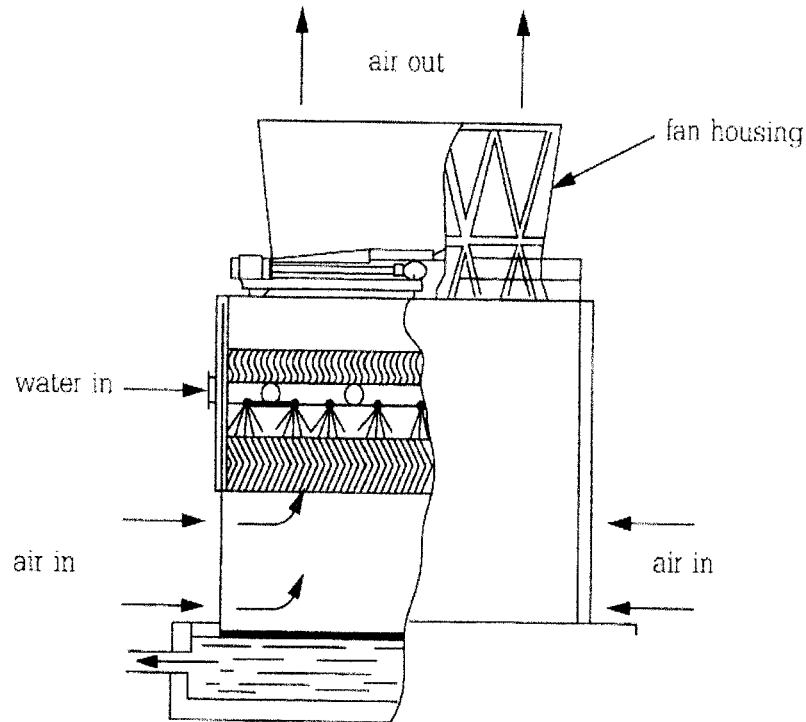
ชนิดใช้พัดลมดูด (Induced Draft) อาศัยพัดลมติดตั้งที่ทางออกของหอทำความเย็นเพื่อดูดอากาศผ่านเข้าไปในตัวหอทำความเย็น อากาศจะกระจายเข้าทุกส่วนอย่างสม่ำเสมอและเคลื่อนที่ออกด้วยความเร็วสูง มีข้อเสียคือ เสียงดัง และอาจมีน้ำถูกพัดพาลออกจากหอทำความเย็นได้มากกว่าชนิดใช้พัดลมอัด ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 หอทำความเย็นชนิดใช้พัดลมดูด

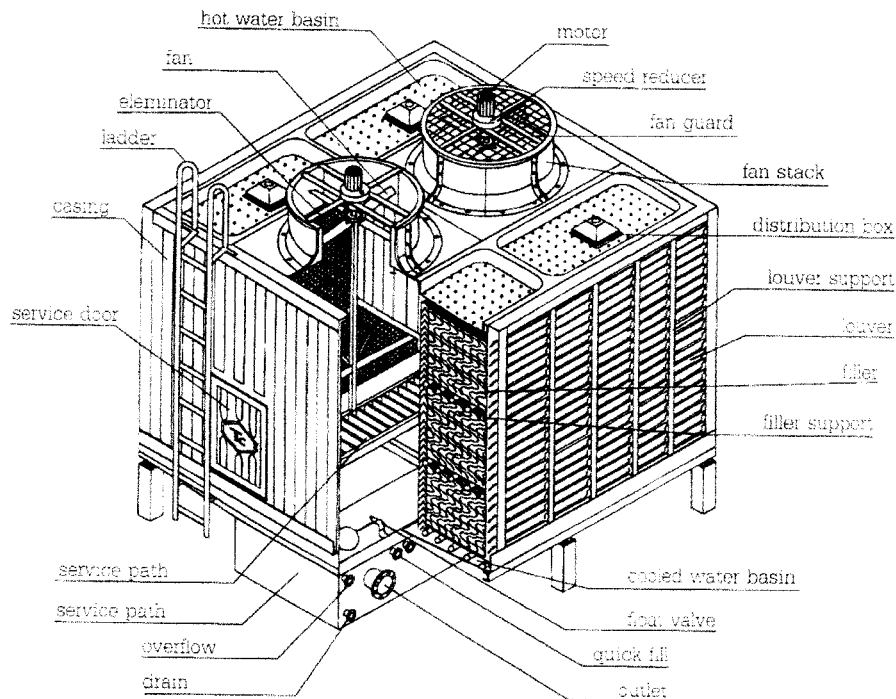
4.3 ประเภทของหอทำความเย็นแบ่งตามทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำและอากาศ

4.3.1 การเคลื่อนที่ในแนวสวนทางกัน (Counter flow) เป็นแบบที่น้ำและอากาศเคลื่อนที่สัมผัสกัน โดยการจัดช่องทางให้อากาศเข้าด้านล่างและระบายออกทางด้านบนสวนทางกับละอองน้ำที่ถูกฉีดผ่านหัวฉีดกระจายน้ำ (Sprinkler) ตกลงด้านล่างผ่านแผ่นรังผึ้ง (Filter)



ภาพที่ 2.5 หอทำความเย็นชนิดอากาศไหลสวนทางกับน้ำ

4.3.2 การเคลื่อนที่ในแนวตัดกัน (Cross flow) เป็นแบบที่น้ำและอากาศเคลื่อนที่สัมผัสกันโดยการจัดช่องทางให้อากาศเข้าด้านข้างและเคลื่อนที่ในแนวนอนตัดกับน้ำที่ถูกปล่อยให้ตกลงผ่านแผ่นกระจายน้ำหรือรังผึ้งลงมาด้านล่างการระบายอากาศสามารถระบายออกได้เช่นเดียวกับที่ใช้ในระบบเคลื่อนที่แบบสวนทางกันหรือระบายอากาศออกทางด้านตรงกันข้ามกับทิศทางที่อากาศเข้าก็ได้ หอทำน้ำเย็นแบบไหลตัดขวาง (Cross flow) ซึ่งอากาศจะพัดในแนวระนาบผ่านละอองน้ำที่ฉีดลงมาจากแนวตั้ง ซึ่งการไหลในลักษณะนี้มีข้อดีคือสามารถสร้างหอคอยไม่สูงมากนัก ดังนั้นในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ซึ่งมักจะนำหอทำน้ำเย็นติดตั้งไว้บนหลังคาอาคาร หอทำน้ำเย็นแบบนี้มีข้อได้เปรียบกว่าในเชิงสถาปัตยกรรม

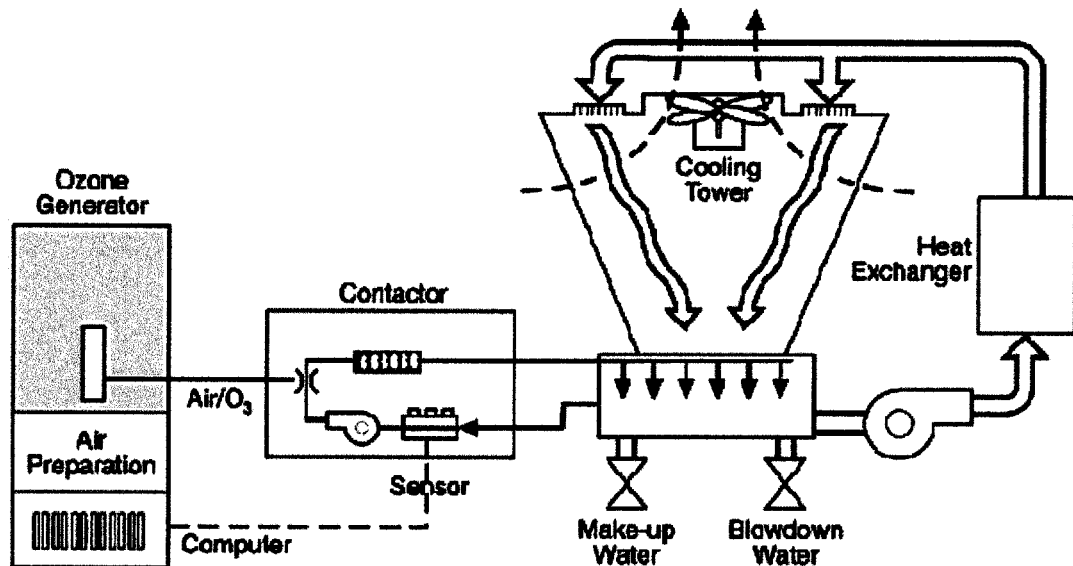


ภาพที่ 2.6 หอทำความเย็นชนิดอากาศและน้ำเคลื่อนที่ในแนวคดกัน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 การใช้โอโซนในการปรับปรุงคุณภาพน้ำ

ปัญหาที่เกิดขึ้นของน้ำในระบบระบายความร้อนของหอทำความเย็นที่สำคัญและพบได้บ่อยคือ การเจริญเติบโตของพวกสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ เช่น แบคทีเรีย ไวรัส การเกิดตะกอนและการกัดกร่อน ซึ่งวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหานี้ในระบบหอผึ่งเย็นนั้น โดยทั่วไปจะใช้สารเคมี เช่น คลอรีน กรดซัลฟูริก สารประกอบของสังกะสีและฟอสฟอรัส ซึ่งการใช้สารเคมีในการปรับปรุงนั้นในปัจจุบันได้เกิดข้อจำกัดในด้านของสิ่งแวดล้อมขึ้น ดังนั้นการใช้ก๊าซโอโซนซึ่งเป็นสารไบโอไซด์ (Biocide) จึงได้รับการยอมรับมากขึ้นในปัจจุบัน



รูปที่ 2.7 การใช้โอโซน เพื่อปรับปรุงคุณภาพน้ำของหอทำความเย็น

ผลของโอโซนต่อตะกอนปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็นอีกปัญหาหนึ่งก็คือ การเกิดตะกอน (Scale) ในท่อคอนเดนเซอร์โดยทั่วไปในน้ำ Make Up นั้นจะมีแร่ธาตุต่าง ๆ ปนอยู่ เช่น แคลเซียม (Ca) แมกนีเซียม (Mg) ซึ่งแร่ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้สามารถเกิดเป็นตะกอนได้ 2 วิธี คือเกิดจากความร้อนและเกิดจากพวกสิ่งมีชีวิตน้ำในหอทำความเย็นระเหยไปจะทำให้ น้ำที่หมุนเวียนกลับไปใช้ใหม่ (Circulating Water) มีความเข้มข้นของของแข็งที่ละลายอยู่ในน้ำเพิ่มขึ้น ซึ่งเมื่อความเข้มข้นของของแข็งเหล่านี้ถึงขีดจำกัดในการละลายน้ำก็จะทำให้เกิดการตกตะกอนขึ้นในระบบน้ำระบายความร้อนในหอทำความเย็นได้ เมื่อเกิดไบโอฟิล์มขึ้นที่ผนังหรืออุปกรณ์อื่น ๆ ในระบบไบโอฟิล์มจะทำตัวเสมือนเป็นแหล่งยึดเกาะ (Binder) ของแร่ธาตุต่าง ๆ การยึดเกาะจะเป็นผลึกเล็ก ๆ ที่พื้นผิวของระบบหอทำความเย็น ระบบท่อและอุปกรณ์อื่น ๆ ซึ่งเมื่อเวลาผ่านไปก็เกิดการทับถมของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ซึ่งมีผลทำให้ตะกอนมีความหนาเพิ่มขึ้น ซึ่งตะกอนที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการถ่ายเทความร้อนลดลง เมื่อใช้ก๊าซโอโซน ก๊าซโอโซนจะเข้าไปออกซิไดส์ทำให้ความสามารถในการยึดเกาะของไบโอฟิล์มหายไป ซึ่งเป็นผลให้ตะกอนหลุดออกจากพื้นผิวเหล่านั้น อย่างไรก็ตาม ถ้าการเกิดตะกอนไม่ได้เกิดขึ้นเนื่องจากไบโอฟิล์มแล้วการใช้โอโซนในการกำจัดตะกอนจะไม่มีประสิทธิภาพ ไบโอฟิล์มแทบจะไม่มีอิทธิพลต่อการเกิดตะกอน

5.2 ดินซีเมนต์บดลือกผสมกากเหล้าใช้จากอุตสาหกรรมหลัก

วิภาวรรณ เชื้อแก้ว, พรทิพย์ ถีสวัสดิ์ถาวรกุล, ชัยวัฒน์ จันทน์โปร่ง (2546) ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำตะกรันที่ได้จากอุตสาหกรรมการรีไซเคิลเหล้ามาใช้ในการผสมทำดินซีเมนต์บดลือก ในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ส่วนผสม ซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ตะกรัน ในอัตราที่ต่างกัน คือ 1:7:0 , 1:7:10 , 1:7:20 , 1:7:30 , 1:8:0 , 1:8:10, 1:8:20 , 1:8:30 โดยน้ำหนัก ดินลูกรังที่ใช้จะมีส่วนละเอียดต่อหยาบเท่ากับ 60 : 40 และ ใช้ อัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.8 , 0.9 และ 1.0 ตามลำดับ รวมไปถึงระยะเวลาการบ่มเพื่อทดสอบกำลังอัด ดูดซึมน้ำ และ ความถ่วงจำเพาะที่ต่างกัน คือ 3 , 7 , 14 , 21 , 28 และ 60 วัน จากผลการทดสอบพบว่าอัตราส่วน ผสมที่มีเหมาะสมคืออัตราส่วนของซีเมนต์ : ดินลูกรัง : ตะกรัน 1:7:20 และอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ 0.9 นอกจากนี้ที่ระยะเวลาการบ่ม 60 วัน ดินซีเมนต์บดลือกผสมตะกรัน สามารถรับแรงอัดสูงสุดได้ 2.96 เมกะปาสกาล ซึ่งผ่านมาตรฐานมอก.58-2530 มีค่ามาตรฐาน 2.5 เมกะปาสกาล ค่าการดูดซึมน้ำร้อยละ 8.37 ซึ่งผ่านมาตรฐาน มอก.58-2530 มีค่าเท่ากับเปอร์เซ็นต์การดูดความชื้น เท่ากับ 25 โดยมีค่าความหนาแน่น 1,945 กก./ลบ.ม.

5.3 เครื่องกรองหินปูนและความกระด้างในน้ำ

คุณสมบัติการกรองความกระด้างนี้ ใช้เพื่อบำบัดการที่น้ำมีความกระด้างนั้น เกิดจากการที่มีสารประกอบบางชนิดละลายอยู่ในน้ำ ดังนั้นการที่น้ำกระด้างให้เป็นน้ำอ่อนจึงเป็นการกำจัดอิออน ของสารประกอบดังกล่าวออกจากน้ำ ซึ่งมีวิธีการกำจัดอยู่หลายวิธี ปัจจุบันระบบที่ดูง่ายดาย และใช้กันแพร่หลายคือการใช้วิธีการกรองด้วยเรซินชนิดแลกเปลี่ยนอิออนโดยเลือกใช้สารกรอง ชนิดที่ดูดซับอิออนที่ทำให้เกิดความกระด้าง ได้ดีมาใช้งาน ทำให้น้ำที่ผ่านชั้นสารกรองออกมาแล้วน้ำที่ได้จะเป็นน้ำอ่อนที่ปราศจากความกระด้างต่างๆ เครื่องกรองรุ่นนี้ถูกออกแบบมาเพื่อทำการกรองหินปูน,ความกระด้างในน้ำได้ตลอด 24 ชม.โดยไม่มีการหยุดเพื่อทำการฟื้นฟูสภาพสารกรองเรซิน เนื่องจากระบบเครื่องถูกออกแบบให้สามารถเคลื่อนย้ายสารกรองจากถังกรองมายังถังล้างเพื่อทำการฟื้นฟูสภาพสารกรองโดยอัตโนมัติและทำการกรองได้อย่างต่อเนื่อง ขณะเคลื่อนย้ายสารกรองเหมาะสำหรับการกรองน้ำเพื่อป้อนเข้าสู่เครื่องจักรกล ,ระบบระบายความร้อน เช่น บอยเลอร์ , ถูล้าง , แผงแลกเปลี่ยนความร้อน , ผสมอาหาร หรือ ถังอุปกรณ์ ตัวเครื่องกรอง ออกแบบหลายขนาดตามความต้องการ ตั้งแต่ 15,000-120,000 ลิตร/ชม.