

ระบบผลิตน้ำอ่อน (Softener System)

บทที่
5

แม้ว่าในกระบวนการตกตะกอนทำให้น้ำใสจะกำจัดสิ่งเจือปนในรูปของแข็งต่างๆ ออกไปได้บางส่วนแล้ว แต่ยังมีสิ่งเจือปนจำนวนมากที่ละลายและแตกตัวอยู่ในน้ำในรูปของอิออนซึ่งบางชนิดอาจทำให้เกิดปัญหาที่ระบบได้ โดยเฉพาะค่าความกระด้างในน้ำ ซึ่งความกระด้างจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ตะกรัน ในระบบหม้อไอน้ำทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนไม่ดีการยืดติดของสีในกระบวนการฟอกย้อมลดลง/สีเพี้ยน และในอุตสาหกรรมอาหารจะส่งผลกระทบต่อรสชาติของอาหาร

น้ำที่ปราศจากความกระด้างหรือมีน้อย จะเรียกว่าน้ำอ่อนในการกำจัด ความกระด้างสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการแลกเปลี่ยนอิออนกับเรซิน วิธีเคมีโดยใช้ปูนขาวและโซดาแอส หรือการกรองด้วยเมมเบรน แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในกลุ่มอุตสาหกรรมอาหาร จะเป็นวิธีการแลกเปลี่ยนอิออน

5.1 คุณสมบัติของเรซิน

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติของเรซินที่เหมาะสมในการใช้งาน

ลักษณะทางกายภาพ	คุณสมบัติที่พบ
การแตกหัก	ไม่เกิน 10% (ของปริมาณทั้งหมด)
ลักษณะสี	สีน้ำตาลใสไม่ขุ่นมัว
เปอร์เซ็นต์ความชื้น	38-50%

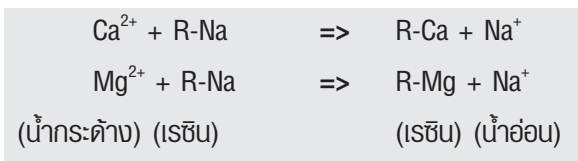
● ความชื้น

ความชื้นของเรซิน มีความสำคัญต่อความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซิน เนื่องจากเรซินมีลักษณะโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจึงทำให้น้ำสามารถผ่านเข้าออกได้ และการเคลื่อนที่นี้ก็เป็นกลไกสำคัญในการแลกเปลี่ยนไอออน เพราะน้ำจะเป็นตัวกลางพาไอออนต่างๆ เข้าไปแลกเปลี่ยนกับไอออนภายในเรซิน

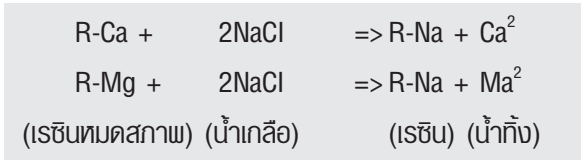
ระดับความชื้นขึ้นอยู่กับระดับการ Crosslink ของเม็ดเรซิน ถ้าระดับการ Crosslink น้อย ช่องว่างในเม็ดเรซินจะมาก ทำให้เรซินมีความชื้นสูงและมีโอกาสบวมน้ำได้มาก ทำให้ความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนต่อปริมาตรเรซินต่ำ ในทางตรงกันข้ามเรซินที่มีระดับการ Crosslink สูง จะมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนต่อปริมาตรสูง และมีความชื้นและการพองตัวน้อย แต่ก็มียกเสียคืออาจจะทำให้น้ำไหลผ่านเข้าออกไม่สะดวก และประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนไอออนลดลง และทำให้เรซินเปราะแตกง่าย

● การแลกเปลี่ยนไอออนของเรซิน

ขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซิน คือปริมาณไอออนที่เรซิน แลกกับน้ำ (มักใช้เป็นหน่วยสมมูล) ต่อน้ำหนักหรือปริมาตรของเรซิน หน่วยของความสามารถในจับไอออนนี้มีอยู่หลายแบบ เช่น หน่วยสมมูลต่อปริมาตรเรซิน หน่วยสมมูลต่อน้ำหนักเรซิน เป็นต้น โดยเรซินมีคุณสมบัติในการกรองเอาความกระด้างออกจากน้ำทำให้น้ำกระด้างกลายเป็นน้ำอ่อน ซึ่งเป็นการกำจัดต้นเหตุของตะกอนออกโดยตรง สามารถแสดงปฏิกิริยาการแลกเปลี่ยนไอออนได้ดังนี้



เมื่อมีการใช้งานไปจนกระทั่งธาตุแคลเซียมและแมกนีเซียมแทนที่ธาตุโซเดียม (Na⁺) ในเรซินจนหมด จะต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินด้วยน้ำเกลือ (NaCl) ดังนี้



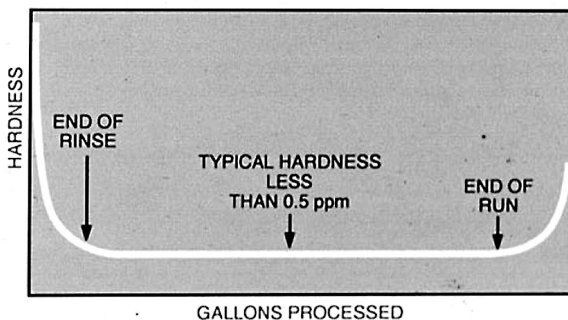
และเมื่อทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินแล้ว จะสามารถใช้งานเรซินได้ดังเดิม

5.2 การฟื้นฟูสภาพเรซิน

การฟื้นฟูสภาพเรซินของระบบผลิตน้ำอ่อนจะมีขั้นตอนการทำงานทั้งหมด 6 ขั้นตอน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

● การแลกเปลี่ยนไอออน (Service)

ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่ไอออนอิสระในเรซินถูกแลกเปลี่ยนกับไอออนที่มีอยู่ในน้ำ (เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง) โดยขั้นตอนนี้จะสิ้นสุดลง เมื่อไอออนในเรซินถูกแลกเปลี่ยนไป จนเกือบหมดหรือเหลือน้อยจนไม่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนได้อีก ทำให้น้ำที่ได้มีค่าความกระด้างมากกว่าที่จะยอมรับได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.1 ช่วงเวลาของขั้นตอนนี้ จะขึ้นอยู่กับขีดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของเรซินและปริมาณไอออนในน้ำดิบ



รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบผลิตน้ำอ่อน

ในขั้นตอนการแลกเปลี่ยนไอออนนี้ อัตราการไหลควรอยู่ในช่วง 5-40 BV/ชม. (Bed Volume (BV) คือ ปริมาตรของเรซินที่อยู่ในถัง)

ตัวอย่าง ถ้ำถ้ำน้ำอ่อนมีปริมาตรเรซินในถัง 2 ลบ.ม. (1 BV = 2 ลบ.ม.) ดังนั้นอัตราการไหลที่เหมาะสม ควรมีอัตราการไหลเท่ากับ 10-80 ลบ.ม./ชม.(คำนวณได้จาก 2 ลบ.ม. x 5-40 BV/ชม.)

ในควบคุมดูแลการผลิตน้ำอ่อนให้มีประสิทธิภาพ ทางโรงงานควรมีเครื่องมือตรวจวัดค่าความกระด้างชุดภาคสนาม เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถทำการตรวจวัดคุณภาพน้ำได้อย่างสม่ำเสมอ เนื่องจากการผลิตน้ำอ่อนเมื่อเวลาผ่านไป เรซินจะหมดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออน (ชั่วคราว) ทำให้น้ำอ่อนที่ผลิตได้มีค่าความกระด้างเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยการตรวจสอบคุณภาพน้ำอาจทำการตรวจวัด 1-2 ชั่วโมง/ครั้ง แต่ถ้าหากเริ่มตรวจพบความกระด้างควรเพิ่มความถี่ในการตรวจวัด เพื่อให้แน่ใจว่าคุณภาพน้ำยังคงอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมตามความต้องการของทางโรงงาน

ผู้ปฏิบัติงานควรรู้ชุดทดสอบความกระด้างของน้ำอ่อน ด้วยการวัดสีของน้ำ (ต้องใช้ปริมาตรของน้ำตัวอย่าง ตามคำแนะนำที่ผู้ผลิตชุดทดสอบกำหนด) และควรมีการวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำในห้องปฏิบัติการด้วยการไทเทรตควบคู่ด้วย เพื่อให้การควบคุมการผลิตน้ำอ่อนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

● การล้างย้อน (Backwash)

เมื่อผู้ปฏิบัติงานตรวจพบความกระด้างเกินกว่าที่กำหนดแสดงว่าเรซินหมดความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนแล้ว ควรต้องทำการล้างย้อนทันที โดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

- เพื่อทำลายการเกาะกันเป็นก้อนของเรซิน และป้องกันการเกิด Channeling (Channeling คือ ช่องว่างระหว่างเม็ดเรซินที่น้ำไหลผ่านได้อย่างรวดเร็วในปริมาณมาก)

- เพื่อล้างให้สารแขวนลอยที่อยู่บนชั้นเรซิน หลุดออกจากระบบผลิตน้ำอ่อน

- กำจัดฟองอากาศที่อาจเกิดขึ้นและค้างอยู่ในชั้นเรซิน

โดยปกติในช่วงการล้างย้อน เรซินจะเกิดการขยายตัวประมาณ 50-80 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะสังเกตเห็นจากชั้นของเรซินที่ขยายตัวจนถึง Sight Glass ด้านบน หากทำการตรวจสอบแล้วพบว่า การขยายตัวของเรซินไม่เพียงพอ ควรเพิ่มเพิ่มเวลาการล้างย้อนให้มากขึ้น

ควบคุมเวลาที่ใช้ในการล้างย้อนประมาณ 10-15 นาที โดยอัตราการไหลของการล้างย้อนจะขึ้นอยู่กับชนิดของเรซิน คุณหมุมิของน้ำ และระดับการขยายตัวของชั้นเรซิน

● การจุ่มตัว (Setting) และการระบายน้ำทิ้ง (Draining)

เมื่อทำการล้างย้อนเสร็จจำเป็นที่จะต้องปิดน้ำทางเข้า และออกของระบบผลิตน้ำอ่อน แล้วทิ้งไว้ประมาณ 5 นาที เพื่อปล่อยให้เรซินที่ฟุ้งกระจายจากชั้นการล้างย้อน ค่อยๆ จมลง และมีการจัดเรียงตัวใหม่อย่างเป็นระเบียบ ซึ่งช่วยให้การกระจายน้ำผ่านชั้นเรซินเกิดขึ้นได้อย่างสม่ำเสมอในระหว่างการแลกเปลี่ยนไอออน (จากนั้นจึงทำการระบายน้ำทิ้งออกจากถังผลิตน้ำอ่อนจนหมด ก่อนดำเนินการขั้นต่อไป)

● การฟื้นฟูสภาพเรซิน (Regeneration)

การฟื้นฟูสภาพของเรซินเป็นการทำให้เรซินที่หมดความสามารถไปแล้วกลับมามีประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออนอีกครั้ง สารเคมีที่ใช้เติมไอออนอิสระให้กับเรซินที่หมดความสามารถแล้ว ได้แก่ น้ำเกลือ (NaCl) ซึ่งต้องใช้ในความเข้มข้นและปริมาณที่เหมาะสมจึงจะทำให้การฟื้นฟูสภาพของเรซินมีประสิทธิภาพ สำหรับความเข้มข้นของน้ำเกลือที่แนะนำคือ 10% ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดในการฟื้นฟูสภาพของเรซิน ส่วนปริมาณเกลือที่แนะนำจะพิจารณาจากระดับฟื้นฟูสภาพที่ใช้ และปริมาตรเรซินในระบบ

ระดับฟื้นฟูสภาพ (Regeneration Level) คือ ปริมาณเกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพ ซึ่งผู้ผลิตเรซินส่วนใหญ่จะมีคำแนะนำในเอกสารถึงช่วงค่าที่เหมาะสม โดยระบุเป็นปริมาณเกลือต่อปริมาตรของเรซิน หน่วยที่ใช้คือ กรัม/ลิตร การคำนวณหาปริมาณเกลือที่เหมาะสมกับการฟื้นฟูสภาพเรซินในแต่ละระบบสามารถทำได้โดย

- ต้องทราบปริมาตรของเรซินที่มีอยู่จริงในถัง (ควรตรวจสอบระดับจริงในถัง)
- กำหนดระดับฟื้นฟูสภาพเรซินที่ต้องการ โดยทั่วไปใช้ค่า 120 กรัม/ลิตรเรซิน
- คำนวณหาปริมาณเกลือที่ใช้ได้จากสูตร

$$\text{ปริมาณเกลือ (กรัม)} = \text{ระดับฟื้นฟูสภาพ (กรัม/ลิตร)} \times \text{ปริมาตรเรซินในถัง (ลิตร)}$$

เนื่องจากการฟื้นฟูสภาพของเรซินที่ถูกต้องต้องใช้ความเข้มข้นเกลือที่ 10% เมื่อทราบปริมาณเกลือที่เหมาะสมแล้ว ควรคำนวณหาปริมาตรของสารละลายเกลือที่ต้องใช้ในการฟื้นฟูสภาพของเรซิน โดยสารละลายเกลือที่ความเข้มข้น 10% จะมีปริมาณเกลือเท่ากับ 107.1 กรัม/ลิตร แต่เกลือที่ใช้ในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะมีความบริสุทธิ์ ต่ำกว่า 100% ในทางปฏิบัติจึงแนะนำใช้ค่าอ้างอิงที่ 115 กรัม/ลิตร ในการคำนวณ

ตัวอย่าง

กำหนดให้	ถังเรซินมีปริมาตรเรซิน	1,500 ลิตร
	ระดับฟื้นฟูสภาพ	120 กรัม/ลิตร
	% เกลือที่ใช้ป้อนเข้าถัง	10%

การคำนวณหาปริมาณเกลือที่ใช้ในการฟื้นฟูสภาพเรซิน

$$\begin{aligned} \text{ปริมาณเกลือที่ใช้} &= 120 \times 1,500 \\ &= 180 \text{ กิโลกรัม} \end{aligned}$$

กำหนดความเข้มข้นของน้ำเกลือที่ป้อนเข้าถังเรซิน = 10%
= 115 กรัมเกลือ/ลิตรของสารละลาย
= 0.115 กก.เกลือ/ลิตรของสารละลาย
คำนวณหาปริมาตรของน้ำเกลือ 10% ที่ต้องใช้ = $180/0.115$
= 1,595 ลิตร

(เติมเกลือลงในถังผสมน้ำเกลือ 180 กก. แล้วเติมน้ำลงในถังจนถึงปริมาณ 1595 ลิตร)

วิธีการตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำเกลือสามารถทำได้ดังนี้

1. ใช้การคำนวณปริมาณเกลือและปริมาณน้ำที่ใช้จากค่าอ้างอิง 115 กรัมเกลือ/ลิตรของสารละลาย
2. ใช้เครื่องมือตรวจวัด เช่น Refractometer
3. ใช้ค่าความถ่วงจำเพาะ (ความเข้มข้นเกลือ 10% มีค่าความถ่วงจำเพาะ เท่ากับ 1.074)



เครื่อง REFRACTOMETER



อุปกรณ์วัดความถ่วงจำเพาะ

รูปที่ 5.2 แสดงอุปกรณ์วัดความเข้มข้นสารละลายเกลือ

ขั้นตอนสำหรับการฟื้นฟูสภาพของเรซินที่แนะนำคือ
กรณีเติมน้ำเกลือโดยใช้เครื่องสูบน้ำ

ใช้เกลือตามปริมาณที่คำนวณได้ มาเตรียมสารละลายเกลือให้ได้ปริมาตรตามการคำนวณ และตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำเกลือให้ได้ความเข้มข้นที่ 10% ก่อนที่จะป้อนเข้าถังผลิตน้ำอ่อนเสมอ

เมื่อเตรียมน้ำเกลือได้ตามความต้องการแล้ว ให้ทำการป้อนน้ำเกลือโดยใช้เครื่องสูบน้ำดูคน้ำเกลือเข้าถึงผลิตน้ำอ่อน และเมื่อระดับของน้ำเกลือท่วมชั้นของเรซินแล้ว ให้เริ่มเปิดวาล์วระบายน้ำเกลือออกช้าๆ ในขณะที่ยังเติมสารละลายเกลือที่เตรียมไว้จนกว่าจะหมดในถังผสม

ทำการควบคุมอัตราการไหลของน้ำเกลือที่ระบายทิ้ง **ให้มีระยะเวลาที่น้ำเกลือไหลผ่านเรซินไม่น้อยกว่า 30 นาที** โดยใช้การปิด-เปิดวาล์วระบายน้ำเกลือเป็นตัวควบคุม จนกว่าจะระบายน้ำเกลือออกจากถังผลิตน้ำอ่อนจนหมด

กรณีเติมน้ำเกลือโดยใช้วิธีดูดน้ำเกลือโดยอาศัยความเร็วของน้ำ (Ejector)

ใช้เกลือตามปริมาณที่คำนวณได้ มาเตรียมสารละลายเกลือให้ได้ปริมาตรตามการคำนวณ สำหรับวิธีการนี้ต้องเตรียมน้ำเกลือในถังผสมให้มีความเข้มข้นมากกว่า 10% เพื่อให้ Ejector ดูดน้ำเกลือจากถังผสมไปพร้อมกับน้ำป้อนเข้าสู่ถังผลิตน้ำอ่อนแล้วได้ความเข้มข้น 10% ดังนั้นเพื่อให้คุ้มค่าที่สุดควรเตรียมที่ความเข้มข้นสูงสุดของสารละลายเกลือ คือประมาณ 25%

การเติมน้ำเกลือเข้าถึงด้วยระบบ Ejector ต้องใช้การดูดน้ำเกลือไปพร้อมกับน้ำผสมให้ได้ความเข้มข้น 10% โดยต้องมีการควบคุมอัตราการไหลของน้ำผสมให้ถูกต้อง แต่ปัญหาที่พบส่วนใหญ่ น้ำเกลือหลังจากผ่าน Ejector แล้วได้ความเข้มข้นไม่ถึง 10% ดังนั้นจึงควรตรวจวัดความเข้มข้นของน้ำเกลือหลังจากผ่าน Ejector แล้วก่อนที่จะป้อนเข้าถึงผลิตน้ำอ่อนเสมอ เมื่อเตรียมน้ำเกลือได้ตามความต้องการแล้ว ให้ทำการป้อนน้ำเกลือโดยใช้ Ejector ดูดน้ำเกลือเข้าถึงผลิตน้ำอ่อน และดำเนินการขั้นตอนต่อไปเหมือนกับวิธีข้างต้น

หมายเหตุ ทางโรงงานหลายแห่งกำหนดให้มีการแช่เรซินด้วยน้ำเกลือเป็นระยะเวลาอย่างน้อย 30 นาที ซึ่งเป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง เพราะในช่วงของการแช่ไม่มีผลต่อการฟื้นฟูสภาพเรซิน เนื่องจากการแลกเปลี่ยนไอออนระหว่างน้ำเกลือต่อเรซินจะเกิดเฉพาะในช่วงที่น้ำเกลือไหลผ่านเท่านั้น

● การชะล้างช้า (Slow Rinse)

ขั้นตอนการชะล้างช้ามีวัตถุประสงค์เพื่อล้างน้ำเกลือที่ค้างอยู่ออกจากเรซินให้หมด จำเป็นที่จะต้องใช้น้ำสะอาดล้างออก และต้องควบคุมอัตราการไหลของน้ำล้างให้เท่ากับอัตราการไหลของน้ำในช่วงฟื้นฟูสภาพเรซิน หรือให้อัตราการไหลของน้ำอยู่ในช่วง 2-5 BV

● การชะล้างเร็ว (Fast Rinse)

ในขั้นตอนนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการล้างเรซินจนกระทั่งน้ำที่ผ่านเรซิน มีความกระด้างน้อยกว่า 1 มิลลิกรัมต่อลิตรหรือตามเกณฑ์ที่โรงงานต้องการ โดยให้อัตราการไหลของน้ำล้างเท่ากับอัตราการไหลที่ใช้ในช่วงการแลกเปลี่ยนไอออน หรือประมาณ 5-40 BV/ชม. และปล่อยให้ น้ำไหลไปจนกว่าน้ำเกลือจะไหลออกจากถังจนหมด สามารถทำการตรวจสอบค่าความกระด้างด้วยชุดตรวจวัดค่าน้ำ หากผลการตรวจวัดค่าความกระด้างผ่านเกณฑ์ที่ต้องการ ก็จะมีการหยุดล้างและส่งน้ำที่ได้เข้าสู่ระบบผลิตต่อไป

การใช้ชุดตรวจวัดค่าความกระด้าง มีข้อควรระวังในการใช้คือ ค่าความกระด้างในน้ำที่ทำให้มีการเปลี่ยนสีของชุดตรวจวัดของแต่ละผู้ผลิต อาจไม่เท่ากันทุกราย ควรทำการทดสอบเทียบกับห้องปฏิบัติการของโรงงาน หรือสอบถามจากผู้ผลิต ว่าชุดตรวจวัดค่าความกระด้างที่ใช้จะเปลี่ยนสีที่ความกระด้างเท่าไร

ในการตรวจสอบและประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบผลิตน้ำอ่อน จะพิจารณาจากค่าความสามารถพื้นฐานในการกำจัดความกระด้างของเรซิน (Basic Capacity) และค่าความสามารถสุทธิในการกำจัดความกระด้างของเรซิน (Net Capacity) ทั้งสองค่ามีหน่วยเป็นกรัมหินปูน/ลิตรเรซิน (g as CaCO₃/l-resin) สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\text{Basic Capacity} = \frac{\text{ความกระด้างของน้ำดิบ (มก./ล.)} \times (\text{ปริมาณน้ำอ่อน} + \text{ปริมาณน้ำชะล้าง}) (\text{ลบ.ม.})}{\text{ปริมาณของเรซินในถัง (ลิตร)}}$$

$$\text{Net Capacity} = \frac{\text{ความกระด้างของน้ำดิบ (มก./ล.)} \times \text{ปริมาณน้ำอ่อน (ลบ.ม.)}}{\text{ปริมาณของเรซินในถัง (ลิตร)}}$$

หลังจากได้ค่า Basic Capacity หรือ Net Capacity แล้วให้นำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับถังผลิตน้ำอ่อนถังอื่นๆ เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพของระบบผลิตน้ำอ่อนที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันในระบบที่มีการฟื้นฟูประสิทธิภาพเรซินอย่างถูกต้อง ควรมีค่า Basic Capacity ใกล้เคียงกับค่าแนะนำ “โดยค่าแนะนำของกรมโรงงานอุตสาหกรรมเท่ากับ 70 g as CaCO₃/l-resin”

ดัชนีของปริมาณเกลือที่ใช้ฟื้นฟูสภาพเรซิน เป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนไอออนของเกลือและไอออนของความกระด้างในช่วงของการฟื้นฟูสภาพเรซิน มีหน่วยเป็น กก.เกลือ/กก.หินปูน คำนวณได้ดังสมการ

$$\text{ปริมาณเกลือต่อความกระด้าง} = \frac{\text{ปริมาณเกลือที่ใช้ต่อรอบ (กก.)}}{\text{ความกระด้าง (กก.)}}$$

โดยค่าแนะนำควรอยู่ในช่วง 1.8-2.0 กก.เกลือ/กก.หินปูน

ตัวอย่าง

น้ำโรงงานแห่งหนึ่ง มีความกระด้างของน้ำดิบเท่ากับ	135 mg/l as CaCO ₃
ปริมาณน้ำอ่อนที่สามารถผลิตได้ เท่ากับ	400 ลบ.ม.
มีปริมาณน้ำที่ใช้ชะล้างเรซินทั้งหมด	15 ลบ.ม.
มีปริมาณเกลือที่ใช้ฟื้นฟูสภาพเรซิน	180 กก.
ปริมาณเรซินในถัง เท่ากับ	1000 ลิตร

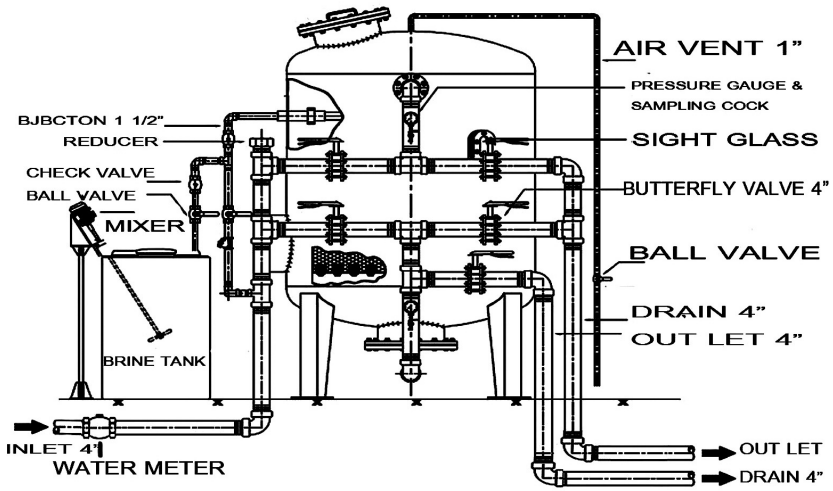
แทนค่าสูตร

$$\begin{aligned} \text{Basic Capacity} &= \frac{135 \times (400 + 15)}{1500} \\ &= 56 \text{ กรัมหินปูน/ลิตรเรซิน} \\ \text{ความกระด้างต่อรอบ} &= \frac{\text{ความกระด้างของน้ำดิบ} \times \text{ปริมาณน้ำอ่อนที่ผลิต}}{1000} \\ &= \frac{135 \times 400}{1000} \\ &= 54 \text{ กิโลกรัม} \\ \text{ปริมาณเกลือต่อความกระด้าง} &= \frac{180 \text{ กก.}}{54 \text{ กก.}} \\ &= 3.33 \text{ กก.เกลือ/กก.หินปูน} \end{aligned}$$

5.3 ปัญหาในการใช้งานระบบผลิตน้ำอ่อน

● การออกแบบถัง

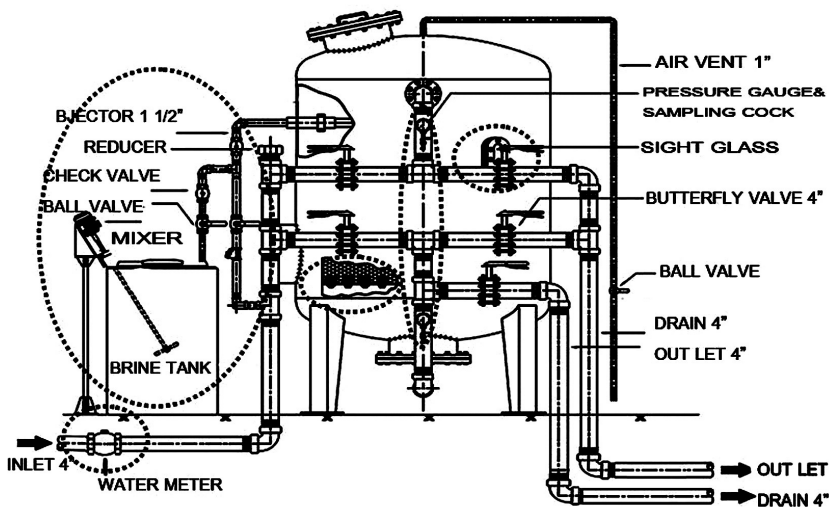
ในการออกแบบถัง และอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตน้ำอ่อน พบว่ามีการเลือกใช้อุปกรณ์ที่หลากหลาย ทั้งนี้ ก็ขึ้นอยู่กับราคาและค่าใช้จ่ายที่ทางโรงงานต้องการ สำหรับรายละเอียดของอุปกรณ์ภายในและอุปกรณ์ประกอบสำหรับระบบผลิตน้ำอ่อนที่ควรมี ใช้งานแสดงได้ดังรูปที่ 5.3 โดยปัญหาที่เกิดจากการออกแบบถัง จะส่งผลให้การฟื้นฟูสภาพเรซินทำได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ หรือต้องทำการฟื้นฟูสภาพเรซินบ่อยครั้ง และรอบการผลิตน้ำอ่อนจากระบบได้ต่ำเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมากขึ้น ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบมีดังนี้



รูปที่ 5.3 แสดงแบบของถังผลิตน้ำอ่อน

1. อุปกรณ์ด้านน้ำเข้า

ในการออกแบบอุปกรณ์รับน้ำเข้านั้น โดยทั่วไปในท้องตลาดมีอยู่ 2 แบบด้วยกันคือ แบบเซาะร่อง และแบบกระดิ่ง ซึ่งในการออกแบบจะเน้นในเรื่องของการกระจายน้ำ ภาระการทำงานของเครื่องสูบน้ำ และความสะอาดในการควบคุมดูแล เพราะหากการออกแบบการกระจายน้ำในส่วนของอุปกรณ์รับน้ำเข้าไม่สามารถกระจายน้ำได้อย่างสม่ำเสมอและทั่วพื้นที่หน้าตัดของเรซิน จะส่งผลให้เกิดปัญหา Channeling คือ น้ำส่วนใหญ่จะผ่านลงช่องว่างที่มีขนาดใหญ่ทำให้การสัมผัสหรือแลกเปลี่ยนไอออนของน้ำกับเรซินไม่ทั่วถึง ส่งผลให้น้ำมีความกระด้างสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว และต้องทำการฟื้นฟูสภาพเรซินเร็วเกินความจำเป็น เป็นการสิ้นเปลืองน้ำและค่าใช้จ่าย



รูปที่ 5.4 แสดงบริเวณที่พบปัญหาในการออกแบบถังผลิตน้ำอ่อน

2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้อนน้ำเกลือ

ในการออกแบบอุปกรณ์ในการป้อนน้ำเกลือเพื่อใช้ในการฟื้นฟูสภาพเรซินพบว่ามักมีปัญหาด้านความเข้มข้นของน้ำเกลือที่เข้าสู่ถังเรซิน เนื่องจาก Ejector ที่ใช้บ่อยมักไม่มีข้อมูลอัตราการไหลและสัดส่วนระหว่างน้ำเกลือและน้ำผสมที่ชัดเจน ทำให้การคำนวณ และควบคุมความเข้มข้นของสารละลายเกลือให้ได้ตามที่ต้องการเป็นไปได้ยาก และการออกแบบทั่วไปมักไม่มีจุดเก็บตัวอย่างสำหรับตรวจสอบความเข้มข้นของน้ำเกลือก่อนเข้าถังผลิตน้ำอ่อน รวมทั้งขนาดของถังผสมน้ำเกลือที่ออกแบบไว้มักมีขนาดไม่เพียงพอต่อการผสมเกลือในปริมาณที่ถูกต้องตามคำแนะนำ (120 กรัม/ลิตรเรซิน)

3. อุปกรณ์ด้านน้ำออก

ถังผลิตน้ำอ่อนส่วนใหญ่ที่ใช้ในโรงงานพบว่าทำน้ำทิ้งมักจะมีระดับ

สูงกว่าระดับต่ำสุดของชั้นเรซิน ทำให้ไม่สามารถระบายน้ำได้หมดจากชั้นเรซิน ดังนั้นในระหว่างขั้นตอนการฟื้นฟูสภาพเรซิน จะมีน้ำที่ท่วมขังบางส่วนอยู่ในส่วนล่างของชั้น ส่งผลให้เกิดเชื้อที่เติมเข้าไปในถังมีค่าความเข้มข้นเปลี่ยนแปลงลดลง หรือในระหว่างขั้นตอนการระบายน้ำเชื้อจะทำให้มีน้ำเชื้อหลงเหลืออยู่ทำให้ขั้นตอนการชะล้างต้องใช้น้ำมากขึ้น

ส่วนในเรื่องของการออกแบบช่องทางออกน้ำในถังเรซิน พบว่าควรใช้แบบ Strainer เพื่อการป้องกันการหลุดของเม็ดเรซินออกจากถัง

4. อุปกรณ์ประกอบสำหรับถังผลิตน้ำอ่อน

เนื่องจากระบบผลิตน้ำอ่อนต้องมีการตรวจสอบประสิทธิภาพอย่างสม่ำเสมอเพื่อป้องกันปัญหาด้านคุณภาพน้ำอ่อนที่ออกมาจึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ประกอบเพื่อช่วยในการตรวจสอบ โดยอุปกรณ์ที่ควรต้องมีใช้ในระบบผลิตน้ำอ่อน ดังนี้

- **มาตรวัดน้ำ** เพื่อตรวจสอบปริมาณน้ำอ่อนที่ผลิตได้ต่อรอบ ปริมาณน้ำล้างย้อน ปริมาณน้ำชะล้าง เป็นต้น ซึ่งเป็นข้อมูลในการตรวจสอบประสิทธิภาพและสิ่งผิดปกติของระบบได้ และควรติดตั้งในตำแหน่งท่อน้ำเข้า

- **วาล์วเก็บตัวอย่างจุดป้อนน้ำเชื้อเพื่อตรวจสอบความเข้มข้นน้ำเชื้อก่อนเข้าถังเรซิน** ให้เป็นไปตามข้อแนะนำที่ 10%

- **ช่องกระจกดูระดับเรซิน (Sight Glass)** เพื่อตรวจสอบการขยายตัวของเรซินในช่วงการล้างย้อน ตรวจสอบระดับของเรซินว่าสูงหรือต่ำเกินไปหรือไม่ และตรวจสอบการสูญเสียเรซินจากระดับที่เปลี่ยนแปลง

หมายเหตุ : มาตรวัดความดัน เข้า-ออก เพื่อทำหน้าที่วัดความดันน้ำก่อนเข้า และออกจากถัง เพื่อช่วยในการตรวจสอบความผิดปกติของอุปกรณ์รับน้ำเข้า และอุปกรณ์จ่ายน้ำออก ว่ามีความบกพร่องหรือมีการชำรุดของอุปกรณ์หรือไม่

● ข้อจำกัดของระบบผลิตน้ำอ่อน

เนื่องจากระบบผลิตน้ำอ่อน สามารถกำจัดได้เฉพาะความกระด้างเท่านั้น โดยในทางปฏิบัติน้ำอ่อนที่ผลิตได้จะยังมีความกระด้างหลงเหลืออยู่บางส่วน ไม่สามารถกำจัดจนเหลือ 0 ได้ โดยค่าความกระด้างของน้ำอ่อนทั่วไปที่ยอมรับกันจะอยู่ที่น้อยกว่า 5 มิลลิกรัมต่อลิตร ถ้าทางโรงงานต้องการค่าความกระด้างที่น้อยมากๆ ตลอดเวลา จำเป็นต้องติดตั้งถึงผลิตน้ำอ่อนอีกชุดต่ออนุกรมกัน (Double Softener) เพื่อทำหน้าที่เป็น Polisher ส่วนในด้านการควบคุมคุณภาพน้ำที่ผ่านชุด Polisher ควรกำหนดเกณฑ์การฟื้นฟูสภาพเรซินด้วยเวลา เพราะจะทำให้คุณภาพน้ำที่นำไปใช้ในมีคุณภาพสม่ำเสมอ

● คุณภาพน้ำป้อน

น้ำที่จะป้อนเข้าระบบผลิตน้ำอ่อนควรมีการควบคุมค่าต่างๆ ดังนี้

- ความขุ่นควรต่ำกว่า 1 NTU เนื่องจากน้ำมีความขุ่นสูงทำให้เกิดการอุดตันในชั้นเรซิน และประสิทธิภาพในการขจัดความกระด้างจะลดลง
- ปริมาณเหล็กไม่ควรมีเกินกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตรเพราะจะทำให้ลายเม็ดเรซินได้โดยแทรกตัวเข้าไปอยู่ในเนื้อของเม็ดเรซิน
- ไม่ควรมีสารออกซิไดซ์อย่างรุนแรง เช่น คลอรีน

● ความสามารถในการจับไอออนของเรซินลดลง

สาเหตุที่จะทำให้ความสามารถในการจับไอออนของเรซินลดลงมีดังนี้

- การสูญเสียเรซิน ส่วนใหญ่มักเกิดขึ้นในขณะที่ทำการล้างย้อน ซึ่งก็เป็นผลเนื่องมาจากการควบคุมอัตราการไหลไม่ได้ตามกำหนด และชั้นเรซินขยายตัวมากเกินไปจนทำให้ทำการล้างย้อน นอกจากนี้การรั่วหรือสูญเสียเรซินยังอาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากท่อรับน้ำทางด้านล่างเกิดชำรุดเสียหาย
- การฟื้นฟูสภาพเรซินไม่ถูกต้อง ปริมาณเกลือ (น้ำหนักต่อ

ปริมาตรเรซิน) ความเข้มข้นของน้ำเกลือ และระยะเวลาในการสัมผัส (อัตราการไหล) ไม่เป็นไปตามข้อเสนอแนะ

- น้ำดิบมีคุณสมบัติแปรผันมาก ถ้าในน้ำดิบมีปริมาณความกระด้างมากขึ้น เรซินต้องทำหน้าที่จับความกระด้างเพิ่มขึ้น ทำให้ผลิตน้ำได้น้อยลง

- อัตราไหลในการใช้งานสูง ถ้าน้ำที่ไหลผ่านชั้นเรซินมีอัตราไหลมากขึ้น ก็จะทำให้ปริมาณความกระด้างผ่านมากขึ้นด้วย

- สภาพของเม็ดเรซินเปลี่ยนแปลง โดยปกติแล้วอายุการใช้งานของเรซินนั้นมีจำกัด แต่จะนานเพียงใดนั้นขึ้นกับสภาพการใช้งานด้วย

- เม็ดเรซินแตกหักเมื่อใช้งานไปจะพบว่าเรซินจะเริ่มแตกหักและจะมีขนาดเล็กกลง ซึ่งมีโอกาสที่หลุดออกไปในตอนล่างย่อน

5.4 การเก็บรักษาเรซิน (Resins Storage)

เพื่อให้มั่นใจว่าเรซินที่มีอยู่จะไม่เสื่อมสภาพไปในขณะที่เก็บไว้ในคลังหรือในอุปกรณ์ที่ต้องหยุดการใช้งาน ควรปฏิบัติดังนี้

1. การเก็บเรซินในคลัง เรซินใหม่จะบรรจุมาในลักษณะที่มีความชื้นในถุงบรรจุจะมีความชื้นประมาณ 40-50% ดังนั้น ควรต้องตรวจดูถุงที่บรรจุว่าไม่มีรอยรั่ว มิฉะนั้นถ้าเรซินเกิดแห้งแล้ว จะทำให้เม็ดเรซินแตกได้เมื่อตูดน้ำกลับเข้าไปอีก และอย่าเก็บเรซินไว้ในบริเวณที่มีอุณหภูมิค่อนข้างสูง เช่น กลางแจ้งหรือในบริเวณใกล้หม้อไอน้ำ

2. เก็บรักษาเมื่อหยุดใช้งาน ในกรณีที่ระบบผลิตน้ำอ่อนของโรงงานต้องหยุดเป็นระยะเวลานานมากกว่าหนึ่งเดือนขึ้นไป เมื่อหยุดใช้งานให้ทำการล้างย่อนทันที ไม่ว่าจะในขณะนั้นเรซินจะมีสภาพอย่างไร อาจจะทำหลังจากใช้งานแล้ว หรือว่าหลังจากล้าง ฟันฟูประสิทธิภาพแล้ว ต้องล้างย่อนจนกระทั่งน้ำล้างใสสะอาดและให้น้ำขังท่วมชั้นเรซินอยู่ตลอดเวลา ต้องระวังอย่าให้น้ำไหลออกมาจนกระทั่งแห้งได้

5.5 สาเหตุของการเสื่อมสภาพของเรซิน เกิดได้จากสาเหตุต่างๆ ดังนี้

- **เหล็กที่ละลายในน้ำ** จะทำให้เรซินอุดตัน โดยที่เหล็กจับตัวอยู่ภายในเนื้อของเม็ดเรซิน
- **คลอรีน** ถ้ามีคลอรีนอิสระอยู่ จะสามารถออกซิไดซ์เรซินได้ ทำให้เกิด De-crosslink ซึ่งทำให้เรซินอมน้ำจนบวม สมรรถนะของเรซินจะลดลง
- **สารอินทรีย์ เช่น ตะไคร่น้ำ และ เมือกต่างๆ** ทำให้เรซินสกปรกหรืออุดตัน (Resin Fouling) เกิดขึ้นที่ผิวหน้าของเม็ดเรซินในรูปของฟิล์มเคลือบอยู่
- **ความชื้น** ถ้าเม็ดเรซินสูญเสียความชื้นแล้ว เมื่อนำไปใช้งานจะทำให้เม็ดเรซินแตกได้เมื่อดูดน้ำกลับเข้าไปอีก
- **การกระแทก** จะทำให้เม็ดเรซินแตกได้ มักจะเกิดจากการล้างย้อนที่แรงเกินไป หรือบางครั้งมีการใช้ลมเป่าช่วยในระหว่างการล้างย้อน

5.6 บทสรุประบบผลิตน้ำอ่อน

1. เรซิน 1 ลิตร ควรใช้น้ำในขั้นตอนการล้างรวมทุกขั้นตอนของการฟื้นฟูสภาพเรซินไม่เกิน 10 ลิตร
2. ค่า Basic Capacity ของระบบผลิตน้ำอ่อนของโรงงาน ควรมีค่าเท่ากับ $70 \text{ g as CaCO}_3/\text{l-resin}$ หรือใกล้เคียง
3. ค่าความเข้มข้นน้ำเกลือที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออนกับเรซิน ควรอยู่ในช่วงระหว่าง 8-12%
4. ควรมีการติดตั้งมาตรวัดน้ำไว้ในตำแหน่งน้ำเข้า เนื่องจากสามารถช่วยให้ตรวจสอบปริมาณการใช้น้ำได้ในทุกขั้นตอนของการทำงานในระบบผลิตน้ำอ่อน ซึ่งโดยส่วนใหญ่ทางโรงงานมักติดตั้งมาตรวัดน้ำไว้ที่ทางน้ำออกของระบบผลิตน้ำอ่อน

5. ที่ผ่านมามีพบว่าโดยส่วนใหญ่ทางโรงงานมักพบปัญหาในขั้นตอนการชะล้างช้า และการชะล้างเร็ว เพื่อกำจัดสารละลายเกลือออกจากเรซิน ทำให้ขั้นตอนดังกล่าวมีการใช้น้ำล้างในปริมาณมาก จากการทดลองและทดสอบกับสถานประกอบการบางแห่งพบว่า หากต้องการลดปริมาณน้ำล้างในขั้นตอนชะล้างช้า ชะล้างเร็ว ควรทำการล้างย้อนเพิ่ม ในช่วงชะล้างช้า กล่าวคือ เมื่อทำการชะล้างช้าได้ประมาณ 5 นาที ควรทำการล้างย้อนกลับอีกประมาณ 5 นาที และหยุดระบบให้เรซินจมตัว ก่อนทำการชะล้างเร็วต่อไป พบว่าสามารถช่วยลดปริมาณน้ำที่ใช้ในขั้นตอนการชะล้างช้า และชะล้างเร็วลงได้