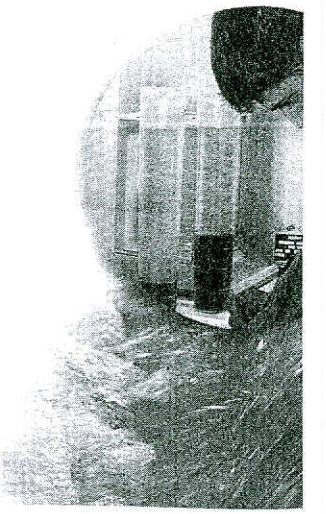
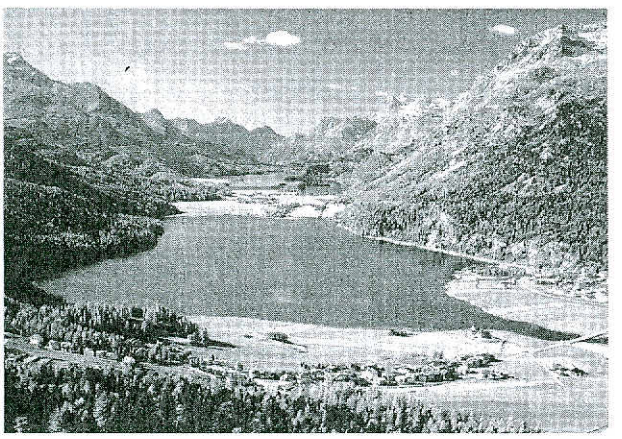
บริษัท วอเตอร์เทสท์ จำกัด



การวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ (Water Hardness) มีความสำคัญอย่างยิ่งต่ออุตสาหกรรม ไม่ควรมองข้าม !



ความกระด้างของน้ำในอดีตนั้น มีการกำหนดคำจำกัดความว่าเป็นความสามารถของน้ำที่จะตกตะกอนสบู่ โดยจะมีการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำในอดีต โดยการทำปฏิกิริยากับสารละลายมาตรฐานสบู่ (Standard Soap Solution) ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันดีว่าความกระด้างของน้ำโดยส่วนใหญ่ จะเกิดจากธาตุในกลุ่มที่เรียกว่า Alkaline Earth Metal ซึ่งส่วนใหญ่เป็นโลหะ ที่เมื่ออยู่ในสภาวะละลายน้ำ จะเป็นไอออนที่มีประจุบวกสอง เช่น แคลเซียมไอออน (Ca^{2+}) แมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) สตรอนเตียมไอออน (Sr^{2+}) ไอออนของเหล็กเฟอรัส (Fe^{2+}) และแมงกานีสไอออน (Mn^{2+}) แต่โดยส่วนใหญ่ ไอออนที่มีประจุบวกสองในน้ำจะเป็นจำพวก Ca^{2+} และ Mg^{2+} ดังนั้น คำจำกัดความของความกระด้างของน้ำในปัจจุบันจะแสดงถึงคุณสมบัติของน้ำ ซึ่งแทนค่าความเข้มข้นทั้งหมดของ Ca^{2+} และ Mg^{2+} โดยมักจะแสดงในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต (mg/l as $CaCO_3$) อย่างไรก็ตามถ้าไอออนตัวอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น มีอยู่ในน้ำเป็นจำนวนมากก็จะต้องคิดรวมด้วย

น้ำจากแหล่งต่าง ๆ จะมีปริมาณความกระด้างไม่เท่ากัน โดยทั่วไปน้ำใต้ดิน หรือน้ำบาดาลจะมีความกระด้างมากกว่าน้ำผิวดิน เช่น น้ำแม่น้ำ, อ่างเก็บน้ำ เป็นต้น โดยมีการจัดแบ่งระดับคุณลักษณะของน้ำตามความกระด้าง ดังแสดงในตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 การจัดกลุ่มคุณภาพน้ำตามความกระด้างของน้ำของ US Geological Survey

เกณฑ์ความกระด้างของน้ำ	ปริมาณความกระด้างของน้ำ (mg/l as $CaCO_3$)
น้ำอ่อน	0-60
น้ำค่อนข้างกระด้าง	61-120
น้ำกระด้าง	121-180
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 181

ตารางที่ 2 การจัดกลุ่มคุณภาพน้ำตามความกระด้างของน้ำของ German Detergent Regulation

เกณฑ์ความกระด้างของน้ำ	ปริมาณความกระด้างของน้ำ (German Degree, °dH)
น้ำอ่อน	น้อยกว่า 7°dH
น้ำค่อนข้างกระด้าง	7-14°dH
น้ำกระด้าง	14-21°dH
น้ำกระด้างมาก	มากกว่า 21°dH

ตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยความเข้มข้นของความกระด้างของน้ำที่มีใช้งานในประเทศต่าง ๆ

	Alkaline earth ions (mol/m^3)	German degree (°dH)	English degree (°e)	Frech degree (°f)	ppm ($CaCO_3$)
1 mol/m^3 alkaline earth ions	= 1.00	5.60	7.02	10.00	100.0
1 German degree	= 0.18	1.00	1.25	1.78	17.8
1 English degree	= 0.14	0.80	1.00	1.43	14.3
1 French degree	= 0.10	0.56	0.70	1.00	10.0
1 ppm $CaCO_3$	= 0.01	0.06	0.07	0.10	1.0

สาเหตุของความกระด้าง

สาเหตุที่น้ำมีความกระด้าง เกิดจากน้ำฝน ซึ่งมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ละลายอยู่ ทำให้เกิดเป็นกรดคาร์บอนิก (Carbonic Acid, H_2CO_3) ซึ่งเป็นกรดอ่อน และเมื่อซึมลงใต้ดินผ่านชั้นดินซึ่งมีการเน่าสลายตัวของสารอินทรีย์ โดยจุลินทรีย์ ก็จะทำให้มีปริมาณกรดคาร์บอนิกมากยิ่งขึ้น ซึ่งเมื่อน้ำที่ซึมผ่านชั้นดิน หรือน้ำฝนสัมผัสกับชั้นหิน โดยเฉพาะหินปูน ซึ่งมีองค์ประกอบหลัก ได้แก่ $CaCO_3$ และแมกนีเซียมคาร์บอเนต ($MgCO_3$) ก็จะเกิดการละลายของหินปูน ก็จะทำให้ปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} หรือความกระด้างของน้ำเพิ่มขึ้น ในประเทศไทยจะสังเกตเห็นได้ว่าน้ำผิวดินหรือน้ำแม่น้ำในบริเวณภาคกลางของประเทศจะมีปริมาณความกระด้างของน้ำสูงกว่าน้ำผิวดินในบริเวณภาคใต้หลายจังหวัดเพราะภาคกลางของประเทศมีบริเวณที่มีหินปูนอยู่มากกว่าในภาคใต้

ความกระด้างในน้ำที่มีอยู่ทุกประเภท จะรวมเรียกว่า ความกระด้างทั้งหมด (Total Hardness) แบ่งตามไอออนที่มีอยู่ในน้ำได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แบ่งตามไอออนประจุลบที่มีอยู่ในน้ำ

2) แบ่งตามไอออนประจุบวกในน้ำ ส่วนใหญ่เป็น Ca^{2+} และ Mg^{2+} เรียกว่า ความกระด้างแคลเซียม (Calcium Hardness) ความกระด้างแมกนีเซียม (Magnesium Hardness)

แบ่งตามไอออนประจุลบที่มีอยู่ในน้ำยังสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

● **ความกระด้างคาร์บอเนต หรือความกระด้างชั่วคราว** (Carbonate Hardness or Temporary Hardness) ซึ่งได้แก่ คาร์บอเนตไอออน (CO_3^{2-}) และไบคาร์บอเนตไอออน (HCO_3^-) โดยส่วนใหญ่ในน้ำจะเป็นจำพวก HCO_3^- ซึ่งเมื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะสามารถกำจัดความกระด้างประเภทนี้ได้

● **ความกระด้างที่ไม่ใช่คาร์บอเนต หรือความกระด้างถาวร** (Non-Carbonate Hardness or Permanent Hardness) ซึ่งได้แก่ ซัลเฟตไอออน (SO_4^{2-}) คลอไรด์ไอออน (Cl^-) ซึ่งความกระด้างประเภทนี้จะไม่สามารถถูกกำจัดได้โดยการทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น เว้นแต่มีความเข้มข้นสูงมาก เช่น น้ำในหม้อไอน้ำ ซึ่งน้ำระเหยกลายเป็นไออยู่ตลอดเวลา

ในบางกรณีน้ำนั้นอาจจะไม่มีปริมาณ Ca^{2+} และ Mg^{2+} แต่ถ้ามีปริมาณของโซเดียมไอออน (Na^+) สูงมากก็จะทำให้น้ำนั้นไม่เป็นฟองกับสบู่ได้ เรียกว่า ความกระด้างเทียม (Pseudo Hardness)

ความสำคัญของความกระด้างของน้ำ

▼ ในการอุปโภคและบริโภค

มีการศึกษากันอย่างมากมายในยุโรป และอเมริกาพบว่าอัตราการเสียชีวิตเนื่องจากโรคหัวใจ มีความสัมพันธ์กับความกระด้างของน้ำ โดยที่ประชาชนที่ดื่มน้ำกระด้าง จะมีอัตราการตายเนื่องจากโรคหัวใจน้อยกว่าประชาชนที่ดื่มน้ำอ่อนหรือน้ำที่มีความกระด้างต่ำ นอกจากนี้ในการศึกษายังพบว่าน้ำประปาที่มีความกระด้างต่ำ มีโอกาสจะทำให้เกิดการกัดกร่อนท่อประปาซึ่งเป็นโลหะทำให้มีโอกาสได้รับสารพิษและโลหะหนักเพิ่มขึ้นอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การประปาแห่งหนึ่งในภาคใต้ของประเทศไทยที่ต้นทาง ณ โรงกรองน้ำของการประปามีความกระด้างเพียง 6 mg/l as $CaCO_3$ และ pH ประมาณ 6.70 ปรากฏว่าน้ำประปาปลายทางมีความกระด้างเพิ่มขึ้นเป็น 48 mg/l as $CaCO_3$ และ pH ของน้ำเป็น 10.5 เนื่องจากมีการละลายของท่อซีเมนต์ใยหิน (Asbestos Cement) ซึ่งเป็นท่อน้ำประปา นอกจากนี้การที่น้ำประปามีความกระด้างต่ำ หรือเป็นน้ำอ่อนมากจะทำให้ผู้บริโภค ไม่สะดวกในการใช้น้ำ เช่นการอาบน้ำ เพราะจะทำให้ล้างสบู่ออกยาก จึงมีกระบวนการและขั้นตอนในการเพิ่มความกระด้างของน้ำ (Rehardening) เพื่อทำให้น้ำประปามีความสะดวกต่อผู้ใช้น้ำมากขึ้น เช่นการใช้ผงหินปูน (Limestone Treatment) เป็นต้น น้ำที่มีคุณลักษณะเป็นน้ำค่อนข้างกระด้างและเป็นจำพวกความกระด้างคาร์บอเนตจะมีรสชาติทำให้รู้สึกสดชื่น เหมาะสำหรับเป็นน้ำในการบริโภค น้ำที่มีความกระด้างสูงจะมีผลกระทบต่อรสชาติของโกโก้ กาแฟและเครื่องดื่มที่มีนมเป็นส่วนประกอบ ดังนั้นเครื่องชงกาแฟอัตโนมัติมักจะต้องติดตั้งระบบกำจัดความกระด้างไว้ด้วย

▼ ในอุตสาหกรรม

โดยส่วนใหญ่อุตสาหกรรมทุกประเภท ต้องการน้ำที่มีความกระด้างต่ำหรือน้ำอ่อน เพื่อไม่ต้องการให้เกิดการตกผลึก หรือตะกรันในเครื่องจักร หรือมีความเสียหายต่อผลิตภัณฑ์

ตารางที่ 4 ความกระด้างของน้ำที่ต้องการในแต่ละประเภทของอุตสาหกรรม

ประเภทของอุตสาหกรรม	ความกระด้างของน้ำ (mg/l as $CaCO_3$)
การผลิตอาหารกระป๋อง	25-75
น้ำหล่อเย็น	น้อยกว่า 50
การผลิตกระดาษ	น้อยกว่า 50
อุตสาหกรรมทอผ้าและฟอกย้อม	น้อยกว่า 50

ตารางที่ 4 จะแสดงค่าความกระด้างสูงสุดที่ต้องการในแต่ละกระบวนการอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมบางประเภทก็ต้องการน้ำที่มีความกระด้างสูง เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตอาหารบางประเภทเพื่อทำให้อาหารมีรสชาติดี

การวิเคราะห์ความกระด้างของน้ำ

การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. วิธีไตเตรต (Titration)

เป็นวิธีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ สามารถนำไปใช้ในภาคสนามได้ ปัจจุบันมีการวิเคราะห์อยู่ 2 วิธี

1.1 วิธีไตเตรตโดยใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ เป็นวิธีที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายมานานตั้งแต่อดีตเหมาะสำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำที่ค่อนข้างใส ไม่มีสี และตะกอน โดยจะมีการปรับสภาวะ pH ของน้ำตัวอย่างให้มีค่าอยู่ที่ 10.0 ± 0.1 โดยสารละลาย pH buffer 10.0 จากนั้นเติมสารละลายอินดิเคเตอร์ Eriochrome Black T หรือ Calmagite สารละลายจะมีสีแดงหากมีความกระด้างในน้ำ จากนั้นไตเตรตด้วยสารละลาย EDTA จนสารละลายเปลี่ยนสีเป็นสีน้ำเงิน ซึ่งแสดงถึงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยา (End Point) ดังแสดงในสมการ (1) และ (2)

Indicator-Ca (สีน้ำเงิน) + Ca^{2+} or Mg^{2+} ⟶ (pH 10.0 ± 0.1)
Indicator – Ca (สีแดง) ..... (1)

Indicator-Ca (สีแดง) + EDTA ⟶ EDTA-Ca +
Indicator (สีน้ำเงิน) ..... (2)

วิธีการไตเตรต หาความกระด้างของน้ำมีข้อจำกัดหลายประการนอกจากเรื่องสีและตะกอนของตัวอย่างน้ำ คือ

- ต้องทำการไตเตรตให้แล้วเสร็จก่อนเวลา 5 นาที หลังจากเติมสารละลาย pH buffer 10.0 เพราะมิฉะนั้น ค่าที่วัดได้จะคลาดเคลื่อนเนื่องจาก Ca^{2+} และ Mg^{2+} สามารถตกตะกอนเป็น $CaCO_3$ และ แมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ ($Mg(OH)_2$)
- ไอออน ของโลหะบางชนิด เช่น เหล็ก และแมงกานีส หากมีปริมาณสูง จะรบกวนทำให้สีของอินดิเคเตอร์ซีดลงไป ทำให้ดูจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาได้ไม่ชัดเจน
- สารละลาย pH buffer 10.0 ระเหยและสลายตัวได้ง่าย ทำให้ค่า pH ของสารละลาย ไม่ได้เท่ากับ 10.0 ± 0.1 ตามที่ต้องการ ต้องมีการเก็บรักษาและใช้งานให้ถูกต้อง

1.2 วิธีไตเตรตโดยใช้หัววัดความกระด้าง (Hardness Ion Selective Electrode) วิธีการไตเตรตโดยใช้หัววัดความกระด้างนี้ เป็นการแก้ไขปัญหาและอุปสรรคที่เกิดจากการใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ โดยหัววัดความกระด้างจะสามารถแสดงจุดสิ้นสุดปฏิกิริยาได้ โดยดูจากค่าความต่างศักย์ของสารละลายที่หัววัดวัดได้ และเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเติมสารละลาย EDTA (Potentiometric Titration) วิธีการไตเตรตด้วยวิธีนี้สามารถทำการวิเคราะห์หาความกระด้างในตัวอย่างน้ำที่มีสี หรือตะกอน รวมทั้งไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ให้แล้วเสร็จภายใน 5 นาที ดังวิธีการวิเคราะห์ด้วยสารละลายอินดิเคเตอร์

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์วิธีการนี้ คือ การที่หัววัดไม่ค่อยจะมีเสถียรภาพหัววัด จะเกิดการคลาดเคลื่อนได้ง่าย ก่อนการใช้งานจึงต้องมีการตรวจสอบสภาวะความถูกต้องของหัววัดก่อนการใช้งานทุกครั้ง

2) การวิเคราะห์หาความกระด้างโดยวิธีทำให้เกิดสี (Colorimetric Method)

วิธีการวิเคราะห์หาความกระด้างโดยวิธีทำให้เกิดสี เป็นวิธีที่มีการใช้งานกันทั่วไป โดยสามารถแบ่งตามลักษณะของการใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ ได้ดังนี้

2.1 วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ Eriochrome Black T อินดิเคเตอร์ เป็นการวิเคราะห์หาค่าความกระด้างของน้ำอย่างคร่าว ๆ โดยทำการหยดสารละลาย Eriochrome Black T อินดิเคเตอร์ลงในน้ำตัวอย่างโดยตรง หากตัวอย่างมีความกระด้าง สารละลายจะมีสีแดงหรือแดงปนม่วง หากไม่มีความกระด้าง สารละลายจะเป็นสีน้ำเงิน

วิธีการทดสอบนี้ มีความคลาดเคลื่อนสูงมากเพราะ Eriochrome Black T จะเกิดสีกับ Ca^{2+} และ Mg^{2+} ได้นั้น pH ของสารละลายมีผลต่อการเกิดสีด้วย และการที่สารละลายมีสีแดง หรือแดงปนม่วงก็ไม่สามารถบอกค่าได้ว่าน้ำมีความกระด้างเท่าไร

2.2 วิธีการวิเคราะห์โดยใช้ Calmagite อินดิเคเตอร์ เป็นการวิเคราะห์หาปริมาณความกระด้างของน้ำ โดยการเติมสารละลาย Calmagite อินดิเคเตอร์ และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เกิดขึ้นด้วยเครื่อง Spectrophotometer วิธีการวิเคราะห์นี้สามารถใช้กับการวิเคราะห์หาค่า ความกระด้างของน้ำต่ำ ๆ น้อยกว่า 10 mg/l as $CaCO_3$ และสารละลายต้องใสไม่มีสี ไม่มีตะกอน และต้องมีการปรับค่า pH ของสารละลายให้มีค่าประมาณ 12.5 โดยสารละลาย pH buffer ด้วย

ข้อจำกัดของการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ ก็จะเช่นเดียวกับการไตเตรตหาความกระด้างของน้ำ ด้วยสารละลาย EDTA และใช้สารละลายอินดิเคเตอร์ เป็นตัวบ่งชี้จุดสิ้นสุดของปฏิกิริยา

การวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัติ

อุตสาหกรรมที่มีการใช้น้ำในกระบวนการผลิต โดยส่วนใหญ่ต้องการการตรวจวัด และควบคุมความกระด้างของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดตลอดเวลา เพื่อรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ที่ได้ การวิเคราะห์ทั้ง 2 วิธีข้างต้น แม้จะดูไม่ยุ่งยาก แต่มักเกิดปัญหาในทางปฏิบัติ ที่ไม่สามารถทำการตรวจวิเคราะห์ ได้ตลอดทั้งวันตลอดจนข้อจำกัดของการตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีดังกล่าว ทำให้ค่าที่ตรวจวัดได้ไม่แม่นยำ และทันเวลา จึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจวัดความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัติขึ้น โดยมีหลักการการตรวจวัด แบ่งได้เป็น 3 วิธี ดังนี้

- วิธีการตรวจวัด ความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัติโดยการทำให้เกิดสีด้วยสารละลาย Calmagite อินดิเคเตอร์

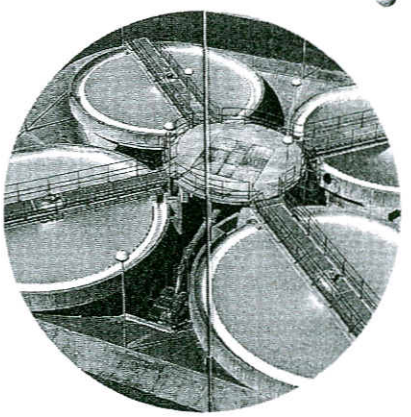
วิธีการวิเคราะห์นี้ ใช้หลักการเดียวกับการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำ โดยการทำให้เกิดสี และวัดค่าการดูดกลืนแสงของสีที่เกิดขึ้นในสารละลาย เครื่องวัดค่าความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัตินี้ จะมีช่วงการวิเคราะห์หาความกระด้างอยู่ในช่วง 0.05-10 mg/l ในรูป $CaCO_3$ ข้อจำกัดในการวิเคราะห์ด้วยเครื่องวัดดังกล่าวนี้ นอกจากตัวเครื่องมีราคาแพง และสารเคมีที่ใช้ก็มีราคาแพง และเสื่อมสภาพได้ง่าย หากโดนความร้อน และแสงแดดแล้ว หากตัวอย่างมีสีและตะกอนรวมทั้งโลหะบางชนิด การวิเคราะห์ค่าที่ได้จะคลาดเคลื่อน

- วิธีการตรวจวัด ความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัติ โดยการไตเตรตด้วยสารละลาย EDTA และใช้หัววัดค่าความกระด้างเป็นตัวบ่งชี้จุดสิ้นสุดของปฏิกิริยา (Automatic Potentiometric Titration)

วิธีการวิเคราะห์โดยอัตโนมัติโดยวิธีนี้ ก็ใช้หลักการเดียวกับการไตเตรตในห้องปฏิบัติการ เพียงแต่จัดระบบอัตโนมัติขึ้นมาทำงานแทนคน เครื่องมือวิเคราะห์ความกระด้างด้วยวิธีนี้สามารถใช้งานกับตัวอย่างน้ำที่มีตะกอนและสีได้ โดยไม่เกิดปัญหา สามารถวิเคราะห์ได้ตั้งแต่ ช่วง 0-10 mg/l as $CaCO_3$ และ 0-500 mg/l as $CaCO_3$ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย EDTA ที่ใช้ ข้อจำกัดของเครื่องวัด คือ ราคาของตัวเครื่องวัดจะแพงมาก

- วิธีการตรวจวัดความกระด้างของน้ำโดยอัตโนมัติ โดยใช้หัววัดค่าความกระด้างหรือหัววัดค่าแคลเซียมไอออน จุ่มลงในตัวอย่างน้ำโดยตรง โดยมีการเติมสารละลาย โซเดียมคลอไรด์เพื่อปรับสภาวะของตัวอย่างน้ำให้เหมาะสมกับการวัดค่าด้วยหัววัด

วิธีนี้เป็นวิธีการใหม่ที่พัฒนาขึ้น โดยบริษัท วอเตอร์เทสท์ สามารถวัดค่าความกระด้างของน้ำได้อย่างต่อเนื่องโดยอัตโนมัติ สารละลายที่ใช้ในการปรับสภาวะของตัวอย่างน้ำมีราคาถูกสามารถเตรียมได้เองในห้องปฏิบัติการ และไม่สลายตัวโดยง่ายสามารถวัดค่าได้ในช่วง 0-20 mg/l as $CaCO_3$ และในช่วง 0-500 mg/l as $CaCO_3$ ตัวเครื่องมีราคาถูกกว่าเครื่องวัดที่นำเข้าจากต่างประเทศมาก ตัวอย่างน้ำมีสี และตะกอนขนาดเล็ก ตัวเครื่องวัดสามารถใช้งานได้โดยไม่มีปัญหาในการตรวจวัด แต่หากมีตะกอนขนาดใหญ่หรือมีปริมาณตะกอนมาก จะต้องมีการกรองตัวอย่างน้ำก่อนเข้าเครื่องวัด ตัวเครื่องวัดมีช่วงการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำในช่วง 0-20 mg/l as $CaCO_3$ เหมาะอย่างยิ่งในการใช้งานในการควบคุมระบบ กำจัดความกระด้าง (Softener) โดยตัวเครื่องมีสัญญาณรีเลย์ หากค่าความกระด้างของน้ำสูงเกินกว่าเกณฑ์ที่ยอมรับโดยสัญญาณรีเลย์ สามารถสั่งงานการล้างเรซิน (Regeneration) ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เพื่อฟื้นสภาพเรซิน ทำให้น้ำที่ผ่านระบบกำจัดความกระด้างมีคุณภาพตามที่กำหนดและยังสามารถควบคุมประสิทธิภาพในการล้างเรซิน รวมทั้งปริมาณ



โซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ ให้เป็นไปอย่างเหมาะสม สำหรับตัวเครื่องวัดที่มีช่วงการวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำในช่วง 0-500 mg/l as $CaCO_3$ สามารถใช้ในการควบคุมคุณภาพน้ำประปาที่มีกระบวนการกำจัดความกระด้างให้มีความกระด้าง ไม่น้อยและมากเกินไป เหมาะสำหรับการอุปโภคและบริโภค หรือนำไปใช้ในการควบคุมความกระด้างในระบบน้ำหล่อเย็น (Cooling Water) เพื่อไม่ให้ค่าความกระด้างสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดและเกิดตะกรันขึ้น

สรุป

ความกระด้างของน้ำมีผลต่อกระบวนการผลิต และระบบน้ำในอุตสาหกรรมอย่างมาก การควบคุมความกระด้างของน้ำให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดจะมีส่วนช่วยทำให้คุณภาพของผลิตภัณฑ์อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด หรือเครื่องจักรสามารถทำงานได้โดยไม่เกิดปัญหาตะกรัน หรือการกัดกร่อน และประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การตรวจวิเคราะห์หาความกระด้างของน้ำมีอยู่หลายวิธี ผู้เกี่ยวข้องในการวิเคราะห์ต้องพิจารณาและเลือกวิธีการที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิต และระบบน้ำของอุตสาหกรรมนั้น

สนใจรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องมือวัดค่าความกระด้างของน้ำ ติดต่อได้ที่
บริษัท วอเตอร์เทสท์ จำกัด
โทรศัพท์ 0-2993-6625, 0-2993-6627 โทรสาร 0-993-6634
http://www.water.co.th E-MAIL : water@ksc.th.com

เอกสารอ้างอิง

1) ณรงค์ วุทธเสถียร. 2540. การปรับสภาพน้ำสำหรับอุตสาหกรรม. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

2) FRESENIUS, W.& QUENTIN K.E & SCHNEIDER, W. 1988. Water Analysis .Springer -Verlag Berlin Heidelberg

3) MIDGLEY, D. & TORRANCE.k. 1991. Potentiometric Water Analysis. 2nd Ed. John Wiley & Sons Ltd. Chichester.

4) Rapid Test Hand book.1987. MERCK

5) Water Analysis Hand book. 1989. HACH COMPANY

6) กรรณิการ์ สิริสิงห. 2525. เคมีของน้ำ น้ำโสโครก และการวิเคราะห์