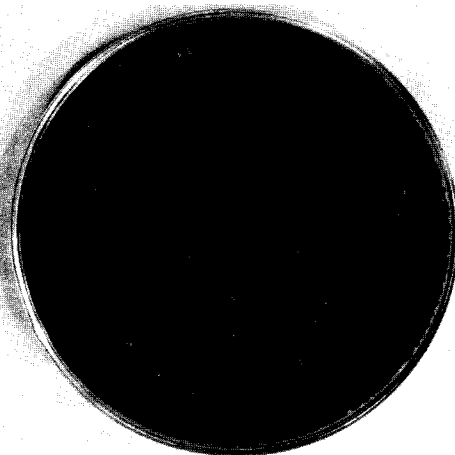


การผลิตสารกรองสำหรับกำจัด สนิมเหล็กในน้ำบาดาล

ชัยวัฒน์ ธานีรัตน์



ทราย(ตัวพอง)ที่ใช้เตรียมสารกรอง

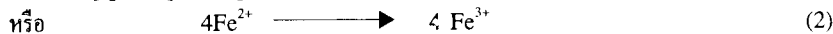
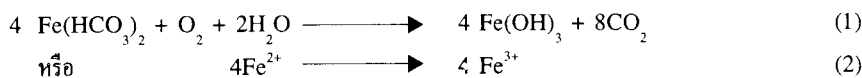


สารกรองเคลือบผิวแมงกานีส ไดออกไซด์

บทนำ

หมู่บ้านในชนบทหมู่บ้านจัดสรรแถบชานเมือง และโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปกว่าร้อยละ 80 สูบน้ำบาดาลมาใช้โดยส่วนใหญ่ไม่ได้มีการกำจัดสิ่งสกปรกออกจากน้ำเสียก่อน สนิมเหล็กเป็นสิ่งสกปรกอย่างหนึ่งที่ก่อปัญหาให้แก่ผู้ใช้น้ำบาดาลคือ ทำให้น้ำมีสีแดงและมีกลิ่นเมื่อนำมาใช้ซักล้าง ก็ทำให้เสื้อผ้าเปรอะเปื้อนและเกิดคราบสนิมขึ้นกับเครื่องสุขภัณฑ์

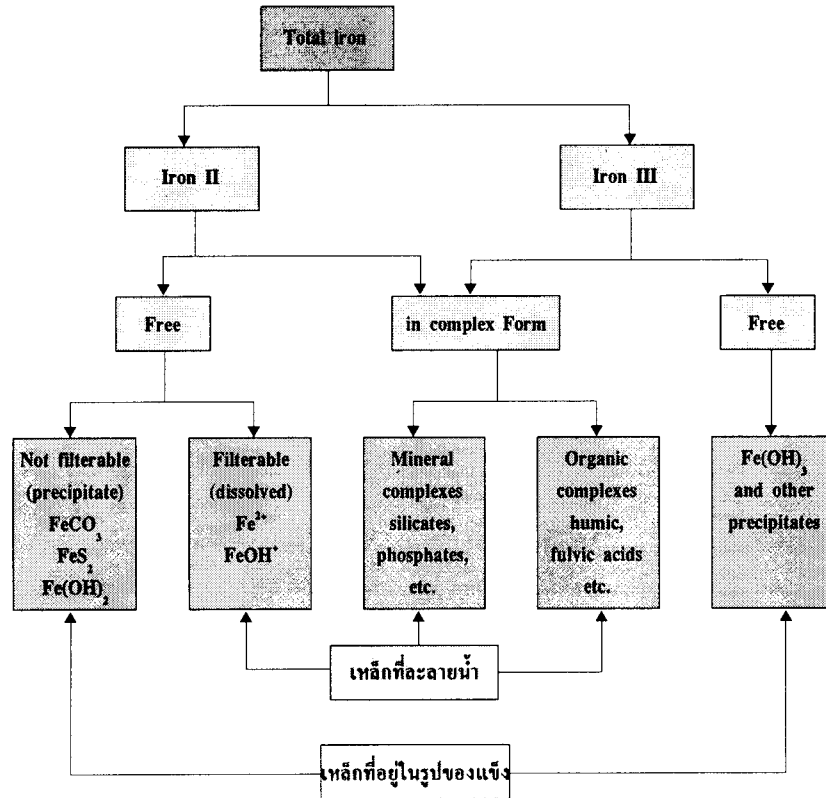
เหล็กมีอยู่ในน้ำธรรมชาติส่วนใหญ่ โดยเฉพาะน้ำบาดาล จะพบเหล็กอยู่ด้วยเสมอ เหล็กในน้ำบาดาล มักละลายอยู่ในรูปเฟอร์รัสไบคาร์บอเนต ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$) เฟอร์รัสซัลเฟต (FeSO_4) หรือเฟอร์รัสคลอไรด์ (FeCl_2) ขณะที่สูบน้ำขึ้นจากใต้ดิน น้ำบาดาลจะใส เพราะเหล็กละลายอยู่ในน้ำในรูป เหล็กเฟอร์รัส (Fe^{2+}) แต่จะขุ่นขึ้นเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ ทั้งนี้เพราะเหล็กเฟอร์รัสจะถูกออกซิไดส์กลายเป็นเหล็กเฟอร์ริก ดังสมการที่ (1) และ (2)



ความขุ่นที่เกิดขึ้นเป็นอนุภาคของ $\text{Fe}(\text{OH})_3$ นั้นเอง สถานะต่างๆ ของเหล็กที่มีอยู่ในน้ำ ดังแสดงในรูปที่ 1

ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเหล็ก และวิธีกำจัดเหล็ก มักอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันในการเปลี่ยน Fe^{2+} ซึ่งละลายน้ำ ให้เป็น Fe^{3+} ซึ่งตกผลึกได้ง่ายกว่า สารเคมีที่ใช้ทำปฏิกิริยาออกซิเดชันกับเหล็ก ที่นิยมใช้ได้แก่ ออกซิเจน คลอรีน โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และ สารกรอง

เคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ โดยในขั้นตอนจะใช้ ออกซิเจน เนื่องจากเป็นก๊าซที่อยู่ในอากาศทั่วไป แต่ออกซิเจนมีประสิทธิภาพไม่พอเพียง จำเป็นต้องใช้สารคลอรีน (Cl_2 หรือ ClO_2) หรือ โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ในขั้นตอนที่สอง



รูปที่ 1 สถานะต่างๆ ของเหล็กที่มีอยู่ในน้ำ

ปัจจุบันนิยมทำการแยกสนิมเหล็กออกโดยใช้สารกรองที่เคลือบผิวด้วยสารแมงกานีสไดออกไซด์ เพราะเป็นวิธีการที่สะดวก การบำบัดไม่ยุ่งยากซับซ้อน บำรุงรักษาง่าย นอกจากนั้นสารกรองยังทำหน้าที่ทั้งออกซิเดชันเหล็กเฟอร์รัสให้ตกตะกอนเป็นเหล็กเฟอร์ริกและเป็นตัวกรอง

การเกิดสารเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ วิธีการหนึ่งที่ได้คือการเผาละลายตัวสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ให้เกิดเป็นสารแมงกานีสไดออกไซด์ ดังสมการที่แสดงต่อไปนี้คือ



สารกรองดังกล่าวยังไม่มีการผลิตในประเทศต้องนำเข้าจากต่างประเทศทั้งสิ้น จึงทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อผลิตสารกรองชนิดนี้ขึ้นใช้เอง

ในการศึกษาวิจัยนี้จะทดลองใช้เม็ดทรายซึ่งเป็นวัสดุภายในประเทศเป็นตัวพุง

วัสดุอุปกรณ์การทดลอง

การเตรียมสารกรองเคลือบผิวแมงกานีสไดออกไซด์ มีอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารกรองทดสอบสารกรอง และวิเคราะห์ผลได้แก่

1. อุปกรณ์ที่ใช้เตรียมสารกรอง

- ตะแกรงร่อนเบอร์ 8 และ เบอร์ 20 ใช้สำหรับคัดขนาดเม็ดทราย
- แท่นให้ความร้อน (hot plate) ทำหน้าที่ให้ความร้อนขณะทำการเคลือบสารกรอง เพื่อระเหยสารเคลือบให้เกาะติดเม็ดทราย
- กระดาษเหล็ก พร้อมพายกวาน ใช้เป็นภาชนะเคลือบสารกรอง
- เครื่องควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ใช้ตรวจเช็คอุณหภูมิสารกรองขณะทำการเคลือบ
- ตู้อบความร้อน ใช้ทดลองอบสารเคลือบ
- เตาเผา ใช้เผาสารกรองต่อจากขั้นตอนการเคลือบ อุณหภูมิที่ใช้ระหว่าง 300-900° ซ.

2. อุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบสารกรอง

- ถังบรรจุน้ำ ใช้บรรจุสารละลายเหล็กที่ใช้ทดสอบในห้องปฏิบัติการ
- ท่อกรองขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 3.8 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร ภายในบรรจุสารกรองที่จะทดสอบจำนวน 1 ลิตร ทำหน้าที่ใช้ทดสอบสารกรองในห้องปฏิบัติการ
- 3. เครื่องมือวิเคราะห์
 - เครื่อง Atomic absorption spectrometer (AAS) สำหรับวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กที่ละลายอยู่ในน้ำ
- 4. วัสดุดิบ
 - ทรายหยาบ ชนิดที่ใช้ในการก่อสร้างทั่วไป ใช้เป็นตัวพุงในการเตรียมสารกรอง
 - สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตชนิดทั่วไป ใช้เคลือบผิวทรายในการเตรียมสารกรอง
 - ผงเหล็ก (Iron powder, U.S.P) ใช้เตรียมสารละลายเหล็กเพื่อใช้ในการทดสอบ

การทดลอง

การทดลองได้ดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. การศึกษาทดลองเบื้องต้นเพื่อหาวิธีที่เหมาะสมในการเคลื่อนย้ายทรายด้วย โฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
2. การทดลองเพื่อหาสภาวะการเตรียมสารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กในน้ำได้ดีที่สุด โดยนำเม็ดทรายมาเคลือบด้วยโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตตามวิธีที่เหมาะสมซึ่งได้จากการทดลองเบื้องต้น จากนั้นจึงนำเม็ดทรายที่เคลือบแล้วไปเผาเพื่อให้โฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์และนำสารกรองที่ได้มาทดสอบประสิทธิภาพการใช้งาน การทดลองนี้ได้ทำการเปลี่ยนแปลงปริมาณโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทราย อุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเผาเพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุด
3. การทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ และทรายกรองธรรมดา โดยการหาปริมาณเหล็กในน้ำที่ผ่านสารกรอง
4. การทดสอบการใช้งานอย่างต่อเนื่องเปรียบเทียบระหว่างสารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดกับสารกรองของต่างประเทศ ทั้งนี้เนื่องจากสารกรองเมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว ประสิทธิภาพในการกำจัดสารละลายเหล็กจะเริ่มลดลงจนหมดประสิทธิภาพ ต้องทำการฟื้นฟูประสิทธิภาพก่อนการใช้งานใหม่ การทดลองขั้นตอนนี้ทำโดยนำสารกรองที่เตรียมขึ้นและสารกรองของต่างประเทศไปแช่ในสารละลายเหล็กเข้มข้น เพื่อให้สารกรองหมดประสิทธิภาพ แล้วจึงนำมาฟื้นฟูประสิทธิภาพใหม่โดยการนำไปแช่ในสารละลายโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต แล้วล้างให้สะอาดจึงนำมาทดสอบการใช้งานใหม่ เพื่อแสดงให้เห็นว่าสารกรองที่เตรียมขึ้นนั้นสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกับของต่างประเทศ
5. การทดสอบหาปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมาจากสารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่เตรียมขึ้นด้วยสภาวะที่ดีที่สุดและสารกรองของต่างประเทศ เพื่อตรวจสอบปริมาณแมงกานีสที่ละลายออกมากับน้ำที่กรองได้

สรุปผลการทดลอง

การผลิตสารกรองกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาล สามารถผลิตได้โดยใช้เม็ดทรายเคลือบผิวด้วยโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและเผาให้สลายตัวเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ การผลิตสารกรองจะมีความสำคัญทุก

เอกสารอ้างอิง

- Barnes, D. *Water and wastewater engineering systems*. London : Pitman Books, 1981. p.25-70.
- D.K. Siamphan (1993). *S.R.Lee manganese zeolite*. Bangkok : D.K.Siamphan (1993), n.d. p.1-4.
- Durrant, P.J. *Introduction to advanced inorganic chemistry*. London : Williamclowers, 1961. p. 1006-1036.
- Inversand. *Manganese green sand*. New Jersey : Inversand, n.d. P.1-4.
- J&B Chemicals. *Manganese sand*. Loveland, Col. : J&B Chemicals, n.d. p.1-4.
- Purolite. *Manganese zeolite*. Bala Cynwyd, Pa : Purolite, n.d. p.1-2.
- Unitech. *Zeomangan manganese : zeolite*. Bangkok : Unitech, n.d. p.1-4.
- Vogel, Arthur I. *Quantitative inorganic analysis*. London : Lowe & Brydone, 1968. p.277-303.
- มันสิน ดันทุลเวกรม. *วิศวกรรมการประปา*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2527. เล่ม 1-2.



ขั้นตอน การเคลือบผิวเม็ดทรายด้วยโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้ติดเม็ดทรายต้องใช้วิธีการเคลือบในสภาวะควบคุมเฉพาะ เพราะถ้าไม่ทำเช่นนั้นโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะไม่เกาะติดเม็ดทราย ปริมาณโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ใช้เคลือบเม็ดทรายถ้าน้อยเกินไป การเคลือบเกิดไม่ดีไม่สม่ำเสมอ แต่การใช้โฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตมากเกินไปก็ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพของสารกรอง เพราะประสิทธิภาพการกำจัดสนิมเหล็กขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสารกรอง ไม่ขึ้นกับความหนาชั้นเคลือบและการเผาเม็ดทรายเคลือบให้เกิดการสลายตัวของโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นแมงกานีสไดออกไซด์นั้น ต้องใช้อุณหภูมิและเวลาในการเผาที่เหมาะสมเช่นกัน ถ้าใช้อุณหภูมิต่ำหรือเวลาน้อยเกินไป การสลายตัวของโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตจะไม่สมบูรณ์มีแมงกานีสไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อย และที่อุณหภูมิสูงเกินไปโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสลายตัวเป็นสารประกอบอย่างอื่นมีแมงกานีสไดออกไซด์เกิดขึ้นน้อยเช่นกัน และการเผาที่อุณหภูมิพอเหมาะแต่ใช้เวลานานเกินไป ก็ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดสนิมเหล็กของสารกรอง เพราะไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของแมงกานีสไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น

สารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่ผลิตได้ ให้ผลการทดสอบประสิทธิภาพการกำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาลได้เทียบเท่าสารกรองคุณภาพดีของต่างประเทศ ในขณะที่ทรายกรองธรรมดาไม่มีประสิทธิภาพในการกำจัดสนิมเหล็ก สารกรองที่ผลิตได้สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง แม้ว่าสารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว แมงกานีสไดออกไซด์จะเปลี่ยนเป็นแมงกานีออกไซด์ (Mn_2O_3) และจะหมดประสิทธิภาพชั่วคราว แต่สามารถนำกลับมาฟื้นฟูประสิทธิภาพการใช้งานใหม่ได้อีก โดยการแช่ในสารละลายโฟแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแมงกานีออกไซด์ (Mn_2O_3) กลับคืนเป็นแมงกานีสไดออกไซด์อย่างเดิม และจากการตรวจสอบผลการละลายของแมงกานีสที่ออกจากสารกรองเมื่อนำสารกรองไปใช้กรองน้ำประปา พบว่ามีการละลายออกมาน้อยมากไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานน้ำดื่มของการประปานครหลวง

สารกรองที่ใช้กำจัดสนิมเหล็กในน้ำบาดาลที่สั่งซื้อจากต่างประเทศมีราคาขายตั้งแต่ 90-100 บาท/ลิตร แต่สารกรองเคลื่อนย้ายแมงกานีสไดออกไซด์ที่ผลิตขึ้นเองมีราคาต้นทุนการผลิตไม่เกิน 20 บาท/ลิตร เมื่อรวมค่าการตลาดประมาณร้อยละ 35 จะมีราคาขายประมาณ 27 บาท/ลิตร และหากมีการผลิตเพื่อการค้าครั้งละมาก ๆ ต้นทุนการผลิตจะลดต่ำลงอีก การวิจัยและพัฒนาเรื่องนี้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการผลิตเพื่อการค้า ช่วยลดการนำเข้าสารกรองจากต่างประเทศ และทำให้ราคาถูกลง มีการนำสารกรองมาใช้อย่างกว้างขวาง สามารถแก้ปัญหาให้กับผู้ใช้น้ำบาดาลได้