ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 กล่าวนำทั่วไป

การใช้น้ำจากแหล่งน้ำบาดาลในสภาพปัจจุบันจะมีความสำคัญสูงขึ้นทั้งทางด้านอุตสาหกรรม และเป็นแหล่งน้ำของบ้านเรือนในบริเวณที่ขาดแคลนน้ำผิวดิน แต่ปัญหาที่พบเกี่ยวกับการนำเอาน้ำบาดาลมาใช้ คือ มีปริมาณเหล็กและแมงกานีสอยู่ในน้ำซึ่งก่อให้เกิดปัญหาแก่โรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น โรงงานกระดาษ โรงงานอุตสาหกรรมนม โรงงานสิ่งทอ นอกจากนั้นแล้วเหล็กและแมงกานีสก่อให้เกิดปัญหาอุดตันท่อขนส่งน้ำ ทำให้ไม่น่าดูไม่น่านำมาใช้ดื่ม เกิดปัญหาในการใช้ซักผ้า ทำให้เครื่องสุขภัณฑ์เกิดคราบ มาตรฐานน้ำดื่มได้กำหนดว่าจะต้องมีเหล็กอยู่ไม่เกิน 0.3 มิลลิกรัมต่อลิตร

เหล็กที่เกิดขึ้นในชั้นดินและชั้นหินมักอยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์, เหล็กซัลไฟด์ และคาร์บอเนต

เหล็กออกไซด์มักเกิดจากแร่ 3 รูป คือ

- แร่เฮมาไตท์สีแดง (Red Hematite) หรือ Fe_2O_3
- แร่แมกเนไตท์ (Megnetite) หรือ Fe_3O_4
- แร่ลิมอนไนท์ หรือแร่เฮมาไตท์สีน้ำตาล (Brown Hematite) หรือ $Fe_2O_3\ 3H_2O$

เหล็กซัลไฟด์เกิดจากแร่พายไรท์ (Pyrites) หรือ FeS_2

เหล็กคาร์บอเนตเกิดจากแร่สิเดอร์ไรท์ (Siderites) หรือ $FeCO_3$

ในน้ำบาดาล เหล็กจากแร่ต่าง ๆ สามารถละลายน้ำเป็นเหล็กเฟอร์รัสได้มักมีสาเหตุมาจาก (Ghosh, O'Connor and Engebretcht, 1966)

1) น้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียในชั้นดิน เมื่อน้ำที่มีคาร์บอนไดออกไซด์นี้ไหลผ่านชั้นดินหรือชั้นหินที่มีแร่เหล็กก็จะละลายแร่เหล็กนั้นเหล็กที่ถูกละลายจะอยู่ในรูปของเหล็กเฟอร์รัส ดังสมการ

$$FeCO_3 + H_2O + CO_2 \xleftrightarrow{\text{anaerobic condition}} Fe(HCO_3)_2$$

2) ภายใต้สภาวะไร้ออกซิเจน (Anaerobic condition) แบคทีเรียที่อยู่ในชั้นดินที่มีสารอินทรีย์สามารถเปลี่ยนเหล็กเฟอร์ริคในแร่ธาตุเป็นเหล็กเฟอร์รัสดังสมการ

$$2Fe_2O_3 + \text{Organic Matter} \longrightarrow 4FeO + CO_2$$

และเหล็กเฟอร์รัสนี้จะถูกละลายน้ำได้ดังสมการ

$$FeO + 2\ H_2O + 2\ CO_2 \longrightarrow Fe(HCO_3)_2 + H_2O$$

นอกจากการละลายของเหล็กเฟอร์รัสดังกล่าวแล้ว อ่างเก็บน้ำหรือบ่อตื้นมักเป็นแหล่งกำเนิดของเหล็กอินทรีย์ในน้ำได้ เนื่องจากการเน่าของไม้ ใบไม้เหล็กอินทรีย์อาจจะไม่ถือว่าเป็นแหล่งของเหล็กในน้ำที่สำคัญนัก แต่ก็ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องสีของน้ำเช่นกัน

1.2 การกำจัดเหล็กออกจากน้ำ

การกำจัดเหล็กออกจากน้ำ จะต้องพิจารณาจากสถานะของเหล็กก่อน ซึ่งเหล็กที่พบในน้ำบาดาลส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของสารละลายในสารประกอบ Fe^{+2} ซึ่งต้องทำการออกซิไดส์ก่อน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบในรูป Fe^{+3} ที่ไม่ละลายน้ำแล้วจึงกำจัดผลึกออกจากน้ำ กระบวนการ ต่างๆ ที่ใช้กำจัดเหล็ก มีดังต่อไปนี้

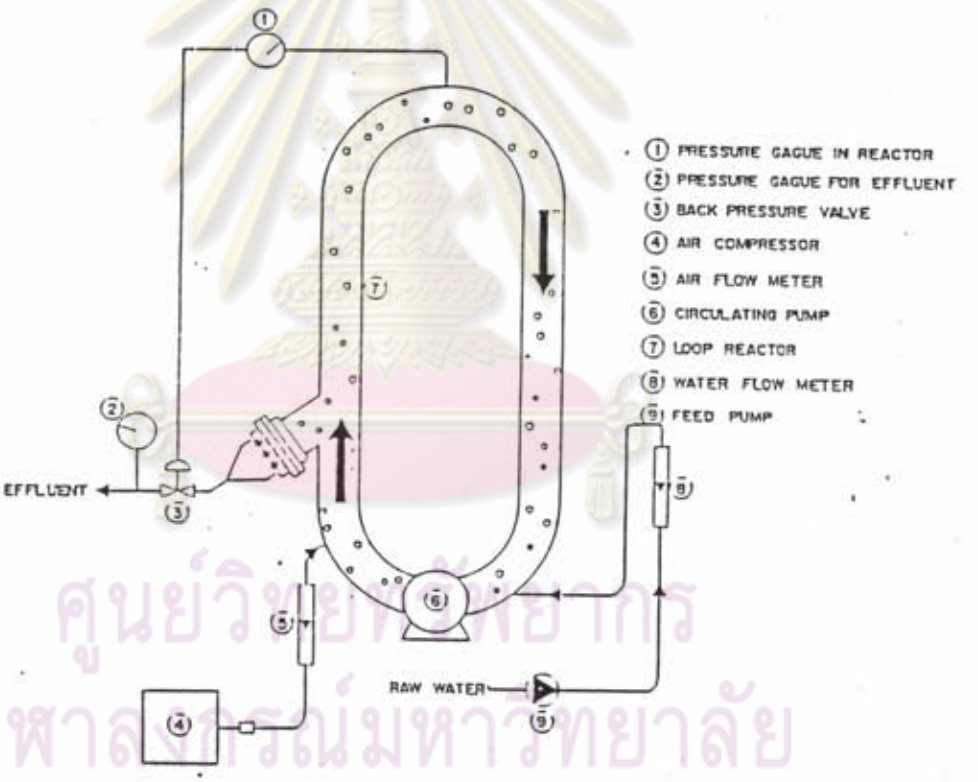
1) การเติมอากาศและการกรอง
2) การออกซิเดชันด้วยคลอรีน และการกรอง
3) การใช้โปแตสเซียมแมงกาเนต และแมงกานีสกรีนแซนด์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ซึ่งกระบวนการเหล่านี้จะต้องใช้พื้นที่ในการก่อสร้างมาก และการควบคุมการทำงานที่ยุ่งยาก จึงได้เสนอแนวคิดในการใช้ถังปฏิกรณ์วนเวียนในแนวดิ่งมาใช้เป็นถังปฏิกรณ์ เพื่อออกซิไดส์เหล็กในรูปสารที่ละลายน้ำ

1.3 ถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่ง

การประยุกต์ถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่งเพื่อใช้ในการกำจัดเหล็กนี้ ถังปฏิกรณ์แบบนี้จะทำหน้าที่เป็นถังที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันระหว่างน้ำที่มีเหล็กอยู่ในรูปสารละลายกับตัวออกซิไดส์ที่ใช้ออกซิเจนในอากาศ ส่วนประกอบของถังปฏิกรณ์ แสดงในรูปที่ 1.1 ซึ่งสามารถแบ่งตามลักษณะการทำงานได้ดังต่อไปนี้



รูปที่ 1.1 ส่วนประกอบของถังปฏิกรณ์ (Bernard, Aurell, Roustan, Rogues, 1986)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3.1 ถังปฏิกรณ์

ถังปฏิกรณ์ประกอบจากท่อต่อเป็นวงจร และต่ออยู่กับเครื่องสูบน้ำสำหรับทำให้น้ำวนเวียนภายในท่อ เครื่องสูบน้ำจะเป็นตัวควบคุมความเร็วของน้ำที่ต้องการกำจัดเหล็กและฟองอากาศในถังปฏิกรณ์ ให้ความเร็วของฟองอากาศมากกว่าความเร็วในการลอยตัวของฟองอากาศ ทำให้ฟองอากาศวนเวียนอยู่ในถังปฏิกรณ์จนเกิดการละลายจนหมด ทำให้ประสิทธิภาพของการละลายของฟองอากาศไปยังของเหลวแทบไม่มีการสูญเสีย ออกซิเจนที่อยู่ในฟองอากาศจะละลายลงสู่น้ำทำหน้าที่เป็นตัวออกซิไดส์เหล็กที่อยู่ในรูปสารละลายมาเป็นเหล็กที่อยู่ในรูปที่ไม่ละลายน้ำ

1.3.2 ส่วนควบคุม

ส่วนควบคุมซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วน คือ

1) ส่วนควบคุมความดันในระบบ ส่วนควบคุมความดันในระบบประกอบด้วยประตูน้ำควบคุมความดัน (back pressure valve) และมาตรวัดความดันในระบบและบริเวณท่อทางออก ซึ่งจะเป็นตัวควบคุมความดันในระบบให้คงที่ และสามารถปรับความดันในระบบได้ การเพิ่มความดันในระบบจะทำให้สามารถเพิ่มอัตราเร็วของการละลายของออกซิเจนไปสู่น้ำได้เร็วยิ่งขึ้น ซึ่งจะสามารถเร่งปฏิกิริยาในการออกซิไดส์เหล็กให้เร็วยิ่งขึ้น

2) ส่วนควบคุมน้ำและอากาศเข้าสู่ระบบ ส่วนควบคุมน้ำและอากาศเข้าสู่ระบบประกอบด้วย มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำและมาตรวัดอัตราการไหลของอากาศ มาตรวัดอัตราการไหลของน้ำจะเป็นเครื่องมือที่ใช้อ่านค่าอัตราการไหลเข้าของน้ำซึ่งมาจากเครื่องสูบน้ำ ส่วนมาตรวัดอัตราการไหลของอากาศจะเป็นเครื่องมือที่ใช้อ่านค่าปริมาณการไหลของอากาศจากเครื่องอัดอากาศเข้าสู่ระบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4 <u>วัตถุประสงค์</u>

การประยุกต์ถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่งใช้ในการกำจัดเหล็ก มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1) ศึกษาสมรรถนะและความเป็นไปได้ของถังปฏิกรณ์วนเวียนแนวดิ่งในการกำจัดเหล็ก
2) ศึกษาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์ในการกำจัดเหล็ก
3) ศึกษาเทคนิคและวิธีการควบคุมถังปฏิกรณ์

1.5 ขอบเขตของงานวิจัย

ถังปฏิกรณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อประยุกต์ใช้ในการกำจัดเหล็ก เพื่อศึกษาความเป็นไปได้และประสิทธิภาพในการกำจัด ดังนั้นขอบเขตของงานวิจัยพอสรุปได้ดังนี้

1) สร้างเครื่องมือและอุปกรณ์เพื่อใช้ทำการวิจัย
2) น้ำดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำดิบสังเคราะห์
3) เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของเหล็กในน้ำดิบเพื่อหาประสิทธิภาพของถังปฏิกรณ์
4) สรุปและประเมินผลการทดลอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย