บทที่ 5

สรุปวิจารณ์ผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปวิจารณ์ผลการวิจัย

โรงชุบโลหะหนักในเขตกรุงเทพมหานครจำนวน 200 โรงงาน (จากตารางที่ 1.1) จะระบายโลหะหนัก เช่น โครเมียม นิเกิล ทองแดง ฯลฯ จากกระบวนการผลิตปีละประมาณ 12 ตัน น้ำทิ้งเหล่านี้หลังจากผ่านระบบบำบัดโดยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาว โลหะหนักจะตกตะกอนแยกออกมาในรูปตะกอนไฮดรอกไซด์ ซึ่งโลหะหนักอาจถูกชะละลายออกมาสู่สิ่งแวดล้อมได้หากอยู่ในสภาพที่เป็นกรด จึงจำเป็นต้องนำไปฝังดิน (sanitary landfill) ให้ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งจำเป็นต้องหาสถานที่ ที่เหมาะสมในการฝังกากตะกอนดังกล่าว ซึ่งจะไม่เกิดผลกระทบต่อน้ำใต้ดินหรือสิ่งแวดล้อมใกล้เคียง

กระบวนการเฟอร์ไรท์ เป็นกระบวนการกำจัดสารโลหะหนักในน้ำเสียโดยการเปลี่ยนสภาพโลหะหนักต่าง ๆ ให้เป็นสารประกอบเฟอร์ไรท์ซึ่งมีโครงสร้างแบบสไปแนล (Spinel) โดยที่อะตอมของโลหะหนักแทรกอยู่ในโครงสร้างผลึก ซึ่งมีความเสถียรมาก และไม่สามารถละลายออกมาแสดงความเป็นพิษได้อีกในสภาพธรรมชาติ ในกระบวนการเฟอร์ไรท์นี้สิ่งสำคัญ คือ การควบคุม pH และอุณหภูมิ ของสารละลายในขณะทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะหนักกับสารประกอบ $FeSO_4$ ซึ่งเป็นรีเอเจนท์ที่หาได้ง่าย และราคาไม่แพง ตะกอนที่ได้จะมีลักษณะเป็นตะกอนละเอียด หนัก มีสีดำ มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็ก และไม่ต้องใช้ลานตากตะกอน และที่ได้เปรียบคือไม่ต้องหาที่ฝังดิน ตะกอนเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากการกำจัดน้ำเสีย มีคุณค่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีก จึงเป็นการช่วยประหยัดทรัพยากรของชาติ

ในการศึกษาครั้งนี้ได้มุ่งความสนใจที่โครเมียมและนิเกิลเนื่องจากเป็นโลหะหนักที่มีความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และมีปริมาณในน้ำทิ้งจากการชุบเคลือบโลหะสูง ดังแสดงในตารางที่ 4.9

จากการหาเงื่อนไขในการกำจัดโลหะหนักโครเมียมและนิเกิลพร้อม ๆ กันโดยศึกษาจากเงื่อนไขในการกำจัดโลหะหนักแต่ละตัวก่อน

ผลการศึกษาการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มก./ลบ.ดม. ในตารางที่ 4.1 พบว่า

1. ทุก ๆ เงื่อนไข (พีเอช 9 ถึง 11, อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส) ให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียม 100 %

2. เงื่อนไขที่ พีเอช 9 เป็นเงื่อนไขที่ใช้ปริมาณสารเคมี NaOH ในการปรับพีเอชของปฏิกิริยาต่ำกว่าเงื่อนไขที่ พีเอช 10 และ 11 น้ำส่วนใสที่ได้จากการบำบัดสามารถทิ้งสู่สิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากค่าความเป็นกรดด่าง (pH value) ในมาตราฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมมีค่า ระหว่าง 5 ถึง 9

แต่น้ำส่วนใสที่พีเอช 10 ถึง 11 ต้องใช้กรดในการปรับพีเอชให้ลดลงมาถึง พีเอช 9 จึงปล่อยลงสู่สิ่งแวดล้อมได้ ซึ่งใช้กรดในปริมาณเล็กน้อย

3. เงื่อนไขที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่ใช้ความร้อนในการทำปฏิกิริยาต่ำกว่าเงื่อนไขที่อุณหภูมิ 65 ถึง 70 องศาเซลเซียส ซึ่งใช้พลังงานความร้อนต่ำกว่า และการปรับอุณหภูมิของน้ำทิ้งให้ได้มาตราฐานก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมทำได้เร็วกว่า

4. เวลาในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เงื่อนไขพีเอช 9 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำกว่าเงื่อนไขอื่น มีประโยชน์ในแง่ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเป่าอากาศลงสู่น้ำทิ้ง แต่ที่เงื่อนไขนี้ เกิดสารประกอบเกอไลท์ขึ้นในกระบวนการ ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการเนื่องจากความเสถียรและคุณค่าการใช้ประโยชน์ของเกอไลท์ต่ำกว่าสารประกอบเฟอร์ไรท์ จึงเป็นเงื่อนไขที่ไม่เหมาะสม

5. เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่ให้ตะกอนเฟอร์ไรท์ ที่มีความเป็นแม่เหล็กสูงสุด คือ 2.3 และ 2.35 หน่วย ซึ่งความเป็นแม่เหล็กมีประโยชน์ในกระ บวนการบำบัดน้ำทิ้ง สามารถแยกตะกอนเฟอร์ไรท์ออกจากน้ำส่วนใส โดยใช้รางแม่เหล็กได้ง่ายและรวดเร็ว ทำให้น้ำส่วนใสที่ปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม มีคุณภาพดี คือตะกอนที่สังเคราะห์ได้ไม่ถูกปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมไปกับน้ำทิ้ง ความเป็นแม่เหล็กของกากตะกอน มีคุณค่าและคุณประโยชน์ในเชิงวัสดุศาสตร์ สามารถนำมา

ประยุกต์ใช้ประโยชน์ต่าง ๆ ได้อีก จึงทำให้เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มก./ลบ.ดม. โดยกระบวนการเฟอร์ไรท์

ผลการศึกษาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดนิเกิล พบว่ากระบวนการเฟอร์ไรท์สามารถกำจัดนิเกิลได้ดีกว่ากรณีของโครเมียม จะเกิดตะกอนเฟอร์ไรท์ได้ทุกเงื่อนไข เงื่อนไขที่ศึกษาคือ พีเอช 9 ถึง 11 อุณหภูมิ 60 ถึง 70 องศาเซลเซียส ตะกอนที่ได้เป็นตะกอนที่มีสีดำสนิท มีน้ำหนักให้ประสิทธิภาพในการกำจัดสูงถึง 100% แต่เงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดในการกำจัดนิเกิลด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์คือ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11, 70 องศาเซลเซียส เนื่องจากตะกอนมีความเป็นสารแม่เหล็กสูงกว่าเงื่อนไขอื่นๆ (peak ที่ตำแหน่ง 2θ =35.4) มีค่า 2.05 และ 2.2 หน่วยตามลำดับ

การทดลองข้างต้นสรุปได้ว่า เงื่อนไขที่เหมาะสม ในการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มก./ลบ.ดม. โดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เงื่อนไขที่เหมาะสม ในการกำจัดนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มก./ลบ.ดม. โดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส และ พีเอช 11 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ดังนั้นเงื่อนไขที่เหมาะสม ในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ความเข้มข้น 100 มก./ลบ.ดม. โดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ คือ เงื่อนไขที่ พีเอช 10 อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส (ดูรูปที่ 4.9) เนื่องจากเป็นเงื่อนไขที่ให้ตะกอนเฟอร์ไรท์ที่มีความเป็นแม่เหล็กสูงและไม่มีสารประกอบตัวอื่นนอกเหนือจากเฟอร์ไรท์ เช่น เกอไดท์ เกิดขึ้นในกระบวนการนี้

เมื่อทดลองกำจัดโครเมียมและนิเกิลพร้อมกันที่ pH 10 อุณหภูมิ 70°C โดยการแปรค่าอัตราส่วนโมล พบว่าที่อัตราส่วนโมลของ $Cr^{3+}/Iron_{total}$ ตั้งแต่ 29.70×10^{-3} ขึ้นไป และอัตราส่วนโมลของ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ ตั้งแต่ 26.31×10^{-3} ขึ้นไป จะไม่เกิดตะกอนเฟอร์ไรท์ สรุปว่าอัตราส่วนโมลที่เหมาะที่สุดคือ $Cr^{3+}/Iron_{total}$ $=14.85\times10^{-3}$ และอัตราส่วนโมลของ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ $= 13.15\times10^{-3}$ โดยจะให้ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิล 100% ตะกอนที่ได้เป็นตะกอนหนักมีสีดำสนิทมีคุณสมบัติความเป็นแม่เหล็กสูงทำให้สะดวกในการแยกออกจากสารละลาย

น้ำเสียโรงชุบโลหะหนักชนิดไม่มีไซยาไนด์ มีตะกอนสีส้มคล้ายสีสนิมเหล็ก ประมาณ 3 ใน 4 ของปริมาตรทั้งหมด ค่าพีเอชวัดได้ 6.1 น้ำเสียตัวอย่างนี้มี โครเมียม 337.5 มก./ลบ.ดม. นิเกิล 213.4 มก./ลบ.ดม. รวม 550.9 มก./ลบ.ดม. เมื่อนำอัตราส่วนโมลจากการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ลบ.ดม. มาคำนวนปริมาณการใช้ $FeSO_4.7H_2O$ ได้ค่า 111.28 กรัม ต่อน้ำเสียปริมาตร 1000 ลบ.ดม. แต่เนื่องจากน้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักอื่น ๆ เช่น เหล็กสูงถึง 1595 มก./ลบ.ดม. สังกะสี 171.3 มก./ลบ.ดม. ทองแดง 25.0 มก./ลบ.ดม. แมงกานีส 5.7 มก./ลบ.ดม. ตะกั่ว 1.9 มก./ลบ.ดม. รวมมีปริมาณโลหะหนัก 2349.8 มก./ลบ.ดม. ทำให้ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวนข้างต้นไม่สามารถใช้กำจัดโลหะหนักได้หมด เนื่องจากโลหะหนักทุกตัวสามารถถูกกำจัดออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ได้ ดังนั้นจึงทำการหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำเสียตัวอย่างนี้ พบว่า อัตราส่วนโมลที่พอเหมาะ คือ

$Cr^{3+}/Iron_{total} = 2.51 \times 10^{-3}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total} = 1.4 \times 10^{-3}$

ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลเป็น 100 % ตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้มีสีดำ ละเอียดเป็นตะกอนหนัก มีความเป็นแม่เหล็ก และไม่พบเกอไลท์

น้ำเสียโรงชุบโลหะหนักชนิดมีไซยาไนด์ น้ำเสียมีสีเขียวขี้ม้า ค่าพีเอชวัดได้ 6.1 น้ำเสียตัวอย่างนี้มี โครเมียม 42.5 มก./ลบ.ดม. นิเกิล 19.3 มก./ลบ.ดม. รวม 61.8 มก./ลบ.ดม. เมื่อนำอัตราส่วนโมลจากการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 มก./ลบ.ดม. มาคำนวนปริมาณการใช้ $FeSO_4.7H_2O$ ได้ค่า 54.84 กรัม ต่อน้ำเสียปริมาตร 1000 ลบ.ดม. แต่เนื่องจากน้ำเสียตัวอย่างนี้มีโลหะหนักอื่น ๆ เช่น เหล็ก 181.0 มก./ลบ.ดม. สังกะสีสูงถึง 296.3 มก./ลบ.ดม. ทองแดง 19.6 มก./ลบ.ดม. แมงกานีส 3.1 มก./ลบ.ดม. รวมมีปริมาณโลหะหนัก 561.9 มก./ลบ.ดม. ทำให้ $FeSO_4.7H_2O$ ที่คำนวนข้างต้นไม่สามารถใช้กำจัดโลหะหนักได้หมด เนื่องจากโลหะหนักทุกตัวสามารถถูกกำจัดออกจากน้ำเสียโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ได้ ดังนั้นจึงทำการหาอัตราส่วนโมลที่เหมาะสมในการกำจัดน้ำเสียตัวอย่างนี้ พบว่า อัตราส่วนโมลที่พอเหมาะ คือ

$Cr^{3+}/Iron_{total} = 1.87 \times 10^{-3}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total} = 0.76 \times 10^{-3}$

ประสิทธิภาพในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลเป็น 100 % และ 98.27 % ตามลำดับ ตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้มีสีดำ ละเอียดเป็นตะกอนหนัก มีความเป็นแม่เหล็ก และไม่พบเกอไลท์

ผลการศึกษาความเสถียรของกากตะกอนโดยวิธี leaching test โดยแปรเงื่อนไข พีเอช 3, 4, 5, 5.8 เวลา 6, 24 ชั่วโมง พบว่าตะกอนเฟอร์ไรท์ที่สังเคราะห์จากน้ำเสียโรงชุบโลหะที่ไม่มีไซยาไนด์และน้ำเสียที่มีไซยาไนด์ โดยใช้อัตราส่วนโมลข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว เปรียบเทียบกับกากตะกอนที่ผ่านการกำจัดโลหะหนักโดยวิธีของกรมโรงงาน (เก็บจากศูนย์บริการกำจัดกาก) พบว่าให้ผลเหมือนกันคือมีความเสถียรทุกเงื่อนไขที่ทำการทดสอบ leaching test นั่นคือตรวจไม่พบโครเมียม และนิเกิลถูกชะออกมาในสารละลาย

ผลการศึกษาความเสถียรของกากตะกอนที่ผ่านการกำจัดโลหะหนักโดยวิธีของกรมโรงงาน เก็บตัวอย่างกากตะกอนที่บ่าบัดแล้ว จากศูนย์บริการกำจัดกาก มาทำการทดลอง leaching test โดยแปรเงื่อนไข พีเอช 3, 4, 5, 5.8 เวลา 6, 24 ชั่วโมง พบว่า มีความเสถียรที่เวลาในการทดสอบ 6 ชั่วโมง แต่ไม่เสถียรเมื่อทำ leaching test เป็นเวลา 24 ชั่วโมง กล่าวคือ พบว่า มีนิเกิลละลายออกมา 10 มก./ลบ.ดม. ในเวลา 24 ชั่วโมง โลหะหนักที่บ่าบัดด้วยวิธีตกตะกอนด้วยปูนขาว ต้องนำไปฝังดินแบบ sanitary landfill ซึ่งอาจเกิดผลกระทบต่อคุณภาพน้ำใต้ดิน ทำให้สารโลหะหนักถูกชะสู่สิ่งแวดล้อมเมื่อพบฝนกรด ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทุติยภูมิ (secondary pollution) ตลอดจนปัญหาสังคมกับประชาชนในท้องถิ่น

ในการเปรียบเทียบผล leaching test พบว่า ตะกอนเฟอร์ไรท์มีความเสถียรสูงในสภาพธรรมชาติ ตะกอนเฟอร์ไรท์ไม่ก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมทุติยภูมิ ตะกอนเฟอร์ไรท์มีประโยชน์ทางสารแม่เหล็ก จึงแก้ปัญหาในการหาที่ฝังกากตะกอนไปได้ เนื่องจากราคาที่ดินในปัจจุบันมีราคาสูง

5.2 ข้อเสนอแนะ

การกำจัดโลหะหนักด้วยกระบวนการเฟอร์ไรท์ สารเคมีที่ใช้เป็นหลัก คือ $FeSO_4.7H_2O$ (เฟอรัสซัลเฟต) เป็นสารที่หาได้ง่าย ราคาถูก ทั้งนี้เงื่อนไขที่สำคัญคือพีเอชและอุณหภูมิ ตะกอนที่ได้จะมีลักษณะเป็นตะกอนหนัก มีสีดำสนิท ถ้านำไปวิเคราะห์ยืนยันด้วย X-ray diffractometer ปรากฏ peak ที่ $2\theta = 35.4$ ซึ่งเป็น ของ magnetite

แต่ถ้าหากเงื่อนไขไม่เหมาะสม จะไม่ได้ตะกอนเฟอร์ไรท์ สังเกตุได้จากลักษณะของตะกอนที่มีลักษณะเป็น ตะกอนเบา ไม่มีสีดำสนิท แต่จะมีสีค่อนข้างเป็นสีน้ำตาลปนแดงหรือสีเขียวขี้ม้าและบางครั้งเป็นสีเหลืองคล้ายสนิมเหล็ก ถ้านำไปวิเคราะห์ยืนยันด้วย X-ray diffractometer จะพบพีคของเกอไดต์ปรากฏขึ้นด้วย ที่ตำแหน่ง 2θ = 28.4

ข้อมูลจากการศึกษาอัตราส่วนโมลของโลหะหนักต่ออิออนของเหล็กทั้งหมดในสารละลายมีประโยชน์ในการคำนวนหาปริมาณ $FeSO_4.7H_2O$ (เฟอรัสซัลเฟต) ที่จำเป็นต้องใช้เพื่อให้กระบวนการเฟอร์ไรท์ดำเนินไปอย่างสมบูรณ์และสามารถกำจัดโลหะหนักได้อย่างมีประสิทธิภาพ

retention time หมายถึงช่วงเวลาของการเกิดปฏิกิริยาในกระบวนการเฟอร์ไรท์เป็นประโยชน์ในกรณีที่ต้องการควบคุมเวลาเพื่อจะหยุดปฏิกิริยาในช่วงสุดท้าย (ช่วง aeration)

การวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในงานกำจัดโลหะหนักในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เช่นโรงงานชุบเคลือบโลหะ โรงงานทำแบตเตอรี่ โรงงานถลุงสังกะสี ซึ่งขณะนี้ กำลังมีปัญหาเกี่ยวกับโลหะหนักบางชนิดที่ปนเปื้อนออกมากับกากของเสีย (Solid waste) ของกระบวนการถลุงโลหะสังกะสีด้วยวิธีอิเล็คโตรไลซิส เป็นต้น

แนวทางการวิจัยการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์

1. วิจัยหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการกำจัดโลหะหนักหลาย ๆ ตัวพร้อมกัน เช่น โครเมียม นิเกิล ทองแดง แมงกานีส สังกะสี ตะกั่ว ในน้ำเสียสังเคราะห์เพื่อนำเงื่อนไขไปใช้กำจัดโลหะหนักต่าง ๆ ในเวลาเดียวกัน

2. วิจัยหาเงื่อนไข อุณหภูมิ ในการกำจัดโลหะหนักโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่อุณหภูมิปกติ เช่นวิจัยที่อุณหภูมิ 30 ถึง 60 องศาเซลเซียส เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิต่ำมีประโยชน์ในแง่ประหยัดพลังงานในการปรับอุณหภูมิขณะกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย และสามารถทิ้งน้ำส่วนใสที่บำบัดแล้วได้ทันที

(มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม กำหนดให้อุณหภูมิของน้ำทิ้ง ไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส)

3. วิจัยหาเงื่อนไข พีเอช ในการกำจัดโลหะหนักโดยกระบวนการเฟอร์ไรท์ที่ พีเอชไม่เกิน 9 ซึ่งมีประโยชน์ตอนทิ้งน้ำที่บำบัดแล้วสู่สิ่งแวดล้อมได้ทันที

(มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม กำหนดให้ค่าความเป็นกรดด่าง มีค่าระหว่าง 5 ถึง 9) ในกรณีทำการกำจัดน้ำเสียที่ เงื่อนไขพีเอช สูงกว่า 9 เมื่อผ่านกระบวนเฟอร์ไรท์เพื่อกำจัดโลหะหนักแล้ว ต้องทำการปรับค่าพีเอชไม่ให้เกิน 9 (Neutralization)

4. วิจัยหาอัตราส่วนโมล $Cr^{3+}/Iron_{total}$ และ $Ni^{2+}/Iron_{total}$ ในการกำจัดโครเมียมและนิเกิลในน้ำเสีย โดยให้มีโครเมียมในน้ำทิ้งได้ ไม่มากกว่า 0.5 มก./ลบ.ดม. และให้มีนิเกิลในน้ำทิ้งได้ไม่มากกว่า 0.2 มก./ลบ.ดม. (มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรมกำหนดให้น้ำทิ้งมีโครเมียมไม่มากกว่า 0.5 มก./ลบ.ดม.และมีนิเกิลไม่มากกว่า 0.2 มก./ลบ.ดม.)

5. วิจัยหาวัตถุดิบที่ให้ Iron แทน $FeSO_4.7H_2O$ เช่น $FeCl_3$, $Fe(OH)_2$ เป็นต้น

นอกจากนั้นน่าจะมีการพัฒนางานวิจัยเพื่อทดสอบคุณสมบัติการใช้งานของตะกอนเฟอร์ไรท์ที่ได้จากกระบวนการเฟอร์ไรท์ในเชิงที่จะเป็นประโยชน์ในด้านอื่นๆ เช่น ในงานในด้านการสื่อสารเป็นตัวดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการนำกากตะกอนเฟอร์ไรท์ไปทำประโยชน์ทางวัสดุศาสตร์อื่น ๆ ที่เหมาะสมกับการพัฒนาในประเทศไทย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย