

ผลการปรับปรุงฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินด้วย
แมกนีไทต์ธรรมชาติ จากมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
และประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะแทนนินชั้น
ออกจากสารละลาย

**The Improvement of Phenolsulphonic-Formaldehyde
Resin with Natural Magnetite Obtained from
the Land of Rambhai Barni Rajabhat University
and Its Activities in Transition Metal Ions Removal**

นิภัทร เปี่ยมอรุณ

วศ.บ. (วิศวกรรมเคมี), วท.ม. (เคมี)

Nipat Peamaroon

B.Eng. (Chemical Engineering), M.Sc. (Chemistry)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat
University, Janthaburi, 22000

เดชา ชะรุงรัมย์

วท.บ. (เคมี)

Decha Charungram

B.Sc. (Chemistry)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat
University, Janthaburi, 22000

จุฬา สังฆวัตร

วท.บ. (เคมี)

Chula Sangkawat

B.Sc. (Chemistry)

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จันทบุรี 22000

Department of Chemistry, Faculty of Science and Technology, Rambhai Barni Rajabhat
University, Janthaburi, 22000

คำสำคัญ : แมกนีไทต์ ฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน ไอออนของโลหะทรานซิชัน เครื่องปฏิกรณ์ชนิดแบบทียูวีวิสิเบิลสเปกโตรเมทรี

Keywords : Magnetite, Phenolsulphonic-formaldehyde resin, Transition metal ions, Batch reactor, Ultraviolet-visible spectrometry

Abstract

Natural magnetite particle form the under ground of Rambhai Barni Rajabhat Univesity has been mixed into the phenolsulphonic-formaldehyde mixture before polycondensation reaction to produce the encapsulated magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde composite resin. The activities in transition metal ions as Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} removal was examined in mini batch reactor using ultraviolet-visible spectrometry as detector. The results showed that all four types of transition metal ion could be adsorbed with the as-synthesized resin. Moreover, the adding of natural magnetite particle into resin enhanced the activities in Fe^{3+} , Co^{2+} and Ni^{2+} adsorption from the value of 5.564×10^{-3} , 1.160×10^{-3} and 0.562×10^{-3} mol/l/min. to 6.025×10^{-3} , 3.340×10^{-3} and 0.832×10^{-3} mol/l/min., respectively. But the negative was found for Cu^{2+} adsorption because adsorption rate was decreased from 2.729×10^{-3} mol/l/min. to 1.510×10^{-3} mol/l/min. after modification resin with natural magnetite.

บทคัดย่อ

แมกนีไทต์ธรรมชาติจากใต้พื้นดินของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี นำมาใช้เป็นวัสดุดูดซับชนิดที่สอง ผสมลงไปในของผสมระหว่างฟีนอลซัลโฟนิคและฟอร์มัลดีไฮด์ ก่อนกระบวนการพอลิคอนเดนเซชัน เพื่อสังเคราะห์แมกนีไทต์-ฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน และนำมศึกษากระบวนการดูดซับไอออนของโลหะทรานซิชัน ได้แก่ Fe^{3+} Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ออกจากสารละลาย ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดแบบทียูวีขนาดเล็ก ด้วยการใช้เทคนิคของยูวีวิสิเบิลสเปกโตรเมทรี จากการทดลองพบว่าเรซินผสมที่สังเคราะห์ขึ้นมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนของโลหะทรานซิชันได้ทั้ง 4 ชนิด และการเพิ่มแมกนีไทต์ธรรมชาติให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเม็ดเรซินยังช่วยเพิ่มความสามารถในการดูดซับ Fe^{3+} Co^{2+} และ Ni^{2+} จากเดิมที่อัตราการดูดซับเป็น 5.564×10^{-3} 1.160×10^{-3} และ 0.562×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที ให้มีค่าสูงขึ้นเป็น 6.025×10^{-3} 3.340×10^{-3} และ 0.832×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที ตามลำดับ ส่วน Cu^{2+} ไอออน มีอัตราการดูดซับลดลงหลังจากมีการเพิ่มแมกนีไทต์ธรรมชาติคือมีค่าลดลงเป็น 1.510×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที จากเดิมที่มีค่า 2.729×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที

บทนำ

กระบวนการแลกเปลี่ยนไอออนด้วยเรซิน เพื่อดักจับไอออนออกจากสารละลาย เป็นวิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในกระบวนการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ปราศจากไอออน โดยเรซินที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนไอออนแบ่งเป็นสองประเภท (Seader and Henley, 1998) ได้แก่ เรซินแลกเปลี่ยนไอออนบวก (cation exchange resins) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบ (anion exchange resins) สำหรับเรซินที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนบวก มักจะมีหมู่ทำหน้าที่ที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนบวกได้ เช่น กรดซัลโฟนิค (SO_3^-H^+) หรือ กรดคาร์บอกซิลิก (COO^-H^+) และเรซินแลกเปลี่ยนไอออนลบก็มักจะมีหมู่ที่สามารถแลกเปลี่ยนไอออนลบได้ เช่น หมู่ควอเตอร์รีแอมโมเนียม ($-\text{N}(\text{CH}_3)_3^+\text{OH}^-$) หรือ หมู่เอมีนปฐมภูมิ ($-\text{NH}_2^+\text{OH}^-$) (เชิดชัย ละอองทิพรส, 2547)

โดยปกติเรซินเป็นโมเลกุลของสารอินทรีย์ที่มีขนาดใหญ่ เรียกว่า พอลิเมอร์ (polymer) ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวจึงทำให้เรซินไม่สามารถคงรูปอยู่ได้นาน และมีความสามารถในการแลกเปลี่ยนไอออนลดลง เมื่อสภาวะการใช้งานมีอุณหภูมิสูง (Billmeyer, 1984) เพื่อให้เรซินมีความคงรูปอยู่ได้และทนต่อการใช้งานที่สภาวะอุณหภูมิสูงขึ้น Kim และ Lee (2001) จึงได้เพิ่มแมกนีไทด์ ซึ่งเป็นตัวดูดซับชนิดอนินทรีย์ให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเรซิน เป็นผลให้เรซินมีสภาพคงทนต่อสภาวะการใช้งานที่อุณหภูมิสูง และมีประสิทธิภาพดีในการกำจัด Co^{2+} ออกจากสารละลาย

งานวิจัยฉบับนี้จะนำเสนอการใช้แมกนีไทด์ธรรมชาติ ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี เพื่อนำมาใช้ปรับปรุงคุณภาพของฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินในการดูดซับไอออนของโลหะแตรนซิชัน ได้แก่ Fe^{3+} Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ออกจากสารละลายที่อุณหภูมิห้อง รวมถึงการวิเคราะห์อัตราเร็วของการดูดซับไอออนเหล่านั้นบนเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นมาได้ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดแบบหวนขนาดเล็ก (Levenspiel, 1999) โดย

ข้อมูลในขั้นต้นนี้จะนำไปสู่การวิเคราะห์ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไหลที่สภาวะอุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้น ตลอดจนการทดสอบการดูดซับไอออนเหล่านี้พร้อมๆ กันในขั้นต่อไป

วิธีการวิจัย

สารเคมี

สารเคมีทั้งหมดที่ใช้ในการสังเคราะห์เรซินเป็นเกรดวิเคราะห์ โดยใช้ฟีนอล ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$) และกรดซัลฟิวริกเข้มข้น (conc. H_2SO_4) ทำปฏิกิริยาซัลโฟเนชันเป็นอันดับแรก จากนั้นผสมกับฟอร์มัลดีไฮด์ (HCHO) จนได้ของเหลวหนืด จึงเทผงแมกนีไทด์ธรรมชาติลงไป และทำให้เกิดปฏิกิริยาพอลิเมอร์เซชันในน้ำมันพาราฟิน (paraffin oil) และล้างเม็ดเรซินด้วยโซเดียมไดโครเมตซัลเฟต ($\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NaO}_2\text{S}$) สำหรับแมกนีไทด์ซึ่งสังเคราะห์ขึ้นมาจากสารเคมีเพื่อใช้เปรียบเทียบกับแมกนีไทด์ธรรมชาติ ก็สังเคราะห์มาจากการตกตะกอนของสารละลายผสมระหว่าง $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ด้วยสารละลาย NaOH ตลอดจนถึงการทดสอบประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนไอออน Fe^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} และ Co^{2+} ก็ใช้ $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ และ $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ละลายในน้ำกลั่นโดยสามารถคำนวณความเข้มข้นที่แน่นอนของไอออนเหล่านี้ได้

อุปกรณ์การทดลอง

เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Sartorius model BP2105) เครื่องกวนแม่เหล็กและแผ่นให้ความร้อน (Jencons model GENESIS 1203) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (น้ำร้อน) (Mettmert model W314) อ่างควบคุมอุณหภูมิ (น้ำเย็น) (Neslab model RTE-101) ตู้อบ (Mettmert model 500) เครื่องบด Ball Mill (Retsch model s1000) ตัววัดความชื้น ไมโครปิเปต (Transferpette size 1000.00 μL) และเครื่องยววิสิเบิล-สเปกโทรเมทรี (PERKIN ELMER model Lambda 12)

การสังเคราะห์แมกนีไทด์-ฟีนอลซัลโฟนิก-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซิน

เหล็กออกไซด์ที่สามารถแสดงคุณสมบัติทางแม่เหล็ก ได้แก่ แมกนีไทด์ (Fe_3O_4) ซึ่งพบได้ทั่วไปใต้พื้นดินของมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี นำมาล้างและอบแห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 วัน ก่อนที่จะนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องบด Ball Mill และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช จากนั้นนำผงแมกนีไทด์ธรรมชาติที่ได้มาพักเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น ใน Figure 1 แสดงรูปของแมกนีไทด์ธรรมชาติซึ่งแม่เหล็กสามารถดูดติดได้ สำหรับแมกนีไทด์ที่สังเคราะห์ขึ้นมาจากสารเคมีเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการดูดซับกับแมกนีไทด์ธรรมชาติสามารถสังเคราะห์ขึ้นมาได้จากกระบวนการตกตะกอนของสารละลาย $\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}$ ในอัตราส่วนโมล 2:1 ด้วย NaOH (Wang, Xu and Finch, 1996) โดยใช้ $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 10 กรัม และ $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 19.23 กรัม ละลายน้ำกลั่น 150 มิลลิลิตร จากนั้นจึงหยดสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1 โมล/ลิตร ลงไปช้าๆ พร้อมๆ กับกวนสารละลายให้เข้ากันได้ดี จะเกิดตะกอนสีดำที่มี

คุณสมบัติทางแม่เหล็ก เมื่อหยดสารละลาย NaOH ลงไปมากพอจนกระทั่งไม่เกิดตะกอนสีดำอีกแล้ว จึงกรองตะกอนสีดำออกด้วยระบบสุญญากาศโดยใช้กรวยบูชเนอร์ และกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 42 และล้างตะกอนด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งไม่พบ Cl^- ปะปนออกมากับน้ำล้าง จากนั้นจึงอบตะกอนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียสจนแห้ง และนำมาบดด้วยโกร่งจนได้ผงสีดำของแมกนีไทด์และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช และนำผงละเอียดของแมกนีไทด์มาพักเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น

แมกนีไทด์-ฟีนอลซัลโฟนิก-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินสังเคราะห์ขึ้นมาจากปฏิกิริยาพอลิคอนเดนเซชันของผสมระหว่างฟีนอลซัลโฟนิก ฟอร์มัลดีไฮด์ และผงแมกนีไทด์ (Kim and Lee 2001) โดยในขั้นแรกต้องชั่งฟลักฟีนอล 28.2 กรัมในขวดก้นกลมขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นทำให้ฟลักฟีนอลหลอมเหลวด้วยการจุ่มขวดก้นกลมลงในอ่างน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 70 องศาเซลเซียส เมื่อฟีนอลหลอมเหลวจนกลายเป็นของเหลวทั้งหมดจึงค่อยๆ เติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 98% จำนวน 30.9 กรัม ลงไปอย่างช้าๆ และควบคุมอุณหภูมิ



Figure 1 Picture of Natural Magnetite obtained from the land of Rambhai Barni Rajabhat University

ให้คงที่ที่ 100 องศาเซลเซียส ตลอด 2 ชั่วโมงที่ทิ้งไว้เพื่อให้
เกิดปฏิกิริยาซัลโฟเนชัน สารผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ ซัลโฟ-
เนตฟีนอล (sulphonated phenol) ซึ่งมีสีน้ำตาลอ่อน
จากนั้นปล่อยให้อุณหภูมิของสารผลิตภัณฑ์ลดลงจนถึง
อุณหภูมิห้อง จึงนำสารในขวดกันกลมมาเขย่าในอ่างน้ำเย็น
ที่ควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ 20 องศาเซลเซียส หลังจากทิ้งไว้
10 นาที จึงค่อยๆ เติมฟอร์มาลดีไฮด์เข้มข้น 40% จำนวน
24 กรัม ลงไปอย่างช้าๆ จนหมด จะได้ของเหลวสีชมพูเข้ม
ในขวดกันกลม และควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 20 องศา
เซลเซียสต่อไปอีก 10 นาที

ของเหลวสีชมพูที่ได้จะนำมาผสมกับผงแมกนีไทต์
น้ำหนัก 1 กรัม และถูกดูดขึ้นมาพ่นลงในน้ำมันพาราฟิน
ที่ควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ที่ 90 องศาเซลเซียส ในบีกเกอร์
ขนาด 600 มิลลิลิตร พร้อมกับกวนด้วยความเร็ว 1200
รอบ/นาที ในขั้นตอนนี้จะเกิดเม็ดเรซินสีม่วงขนาดเล็ก

จำนวนมากมาย เรียกว่า กระบวนการ pearl polymerization
สำหรับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นทั้งหมดตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่ง
ได้เม็ดเรซินแสดงไว้ใน Figure 2 จากนั้นแยกเม็ดเรซินออก
จากน้ำมันพาราฟินด้วยการตกตะกอนเพราะเม็ดเรซินมี
ขนาดใหญ่และหนักพอที่จะตกตะกอนอยู่ที่ด้านล่างของ
บีกเกอร์ หลังจากหยุดการกวนและปล่อยให้ระย
เวลาหนึ่ง จึงค่อยๆ รินน้ำมันพาราฟินออกจากบีกเกอร์
สำหรับเม็ดเรซินที่แยกออกมาได้จะนำมาล้างน้ำมันพาราฟิน
ที่ยังตกค้างอยู่ด้วยสารลดแรงดึงผิวชนิดไอออนลบ
(anionic surfactant) ได้แก่ โซเดียมโดเดซิลซัลเฟต
(sodiumdodecyl sulphate) ความเข้มข้น 1 CMC
จนกระทั่งไม่มีน้ำมันพาราฟินบนเม็ดเรซินจึงล้างสารลดแรง
ดึงผิวออกด้วยน้ำกลั่นหลายๆ ครั้ง และนำเม็ดเรซินไป
อบแห้งที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 วัน
ก่อนการใช้งาน

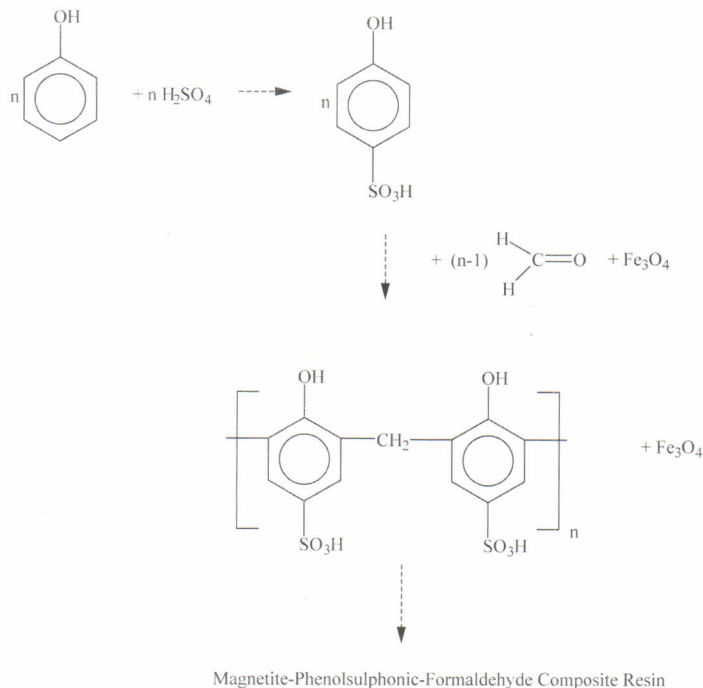


Figure 2 Chemical reaction for synthesizing magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin

การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัด Fe^{3+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} และ Co^{2+} ไอออน

ซึ่งน้ำหนักเม็ดเรซินที่อบแห้งแล้วจำนวน 0.1 กรัม ใส่ลงในคิวเวียของเครื่องยววิชีเบิลสเปกโตรมิเตอร์จากนั้น เติมน้ำกลั่นจำนวน 1 มิลลิลิตรลงไปในคิวเวีย และเขย่าให้ เม็ดเรซินจมลงไปยังด้านล่างของคิวเวีย ก่อนที่จะเติม สารละลาย Fe^{3+} เพื่อให้ได้ความเข้มข้น 0.056 โมล/ลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ลดลงเทียบกับเวลา ที่ค่า ความยาวคลื่น 808 นาโนเมตร และทำการทดลองซ้ำโดย เปลี่ยนชนิดของสารละลายเป็นสารละลาย Ni^{2+} Cu^{2+} และ Co^{2+} ตามลำดับ ซึ่งค่าความยาวคลื่นของไอออนแต่ละ ชนิดแสดงไว้ใน Table 1

Table 1 Wave length for UV-vis spectrometry quantitative analysis

Transition Metal ions	Wave length (nm)
Fe^{3+}	808
Cu^{2+}	808
Co^{2+}	511
Ni^{2+}	394

ผลการวิจัย

ผลการทดลองการดูดซับไอออนของโลหะแตรน-ซี ซัน 4 ชนิด ได้แก่ Fe^{3+} Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ด้วย ฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (ใช้ตัวย่อว่า Pr) ในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดแบบทซ์ขนาดเล็กที่ความเข้มข้นเริ่มต้น เท่ากันคือ 0.056 โมล/ลิตร แสดงไว้ใน Figure 3 ส่วนใน Figure 4 และ Figure 5 เป็นผลการทดลองการดูดซับ ด้วยแมกนีไทด์-ฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน (ใช้ตัวย่อว่า Cr) และแมกนีไทด์ธรรมชาติ-ฟีนอล-ซัลโฟนิค-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซิน(ใช้ตัวย่อว่า Sr) ตามลำดับ

จากผลการทดลองพบว่าเรซินที่สังเคราะห์ขึ้นมาทั้งหมด ทั้งที่เติมแมกนีไทด์และไม่เติมแมกนีไทด์ล้วนแต่สามารถ ดูดซับ Fe^{3+} Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ไอออนได้ โดยสามารถ ดูดซับ Fe^{3+} ได้มากที่สุด เมื่อพิจารณาเฉพาะ Fe^{3+} ที่ความ เข้มข้นเริ่มต้นเท่ากับ 0.056 โมล/ลิตร ใน Figure 6 พบว่าอัตราการหายไปของ Fe^{3+} ตอนเริ่มต้น ด้วยการใช้ Cr มีค่ามากที่สุดคือ 7.463×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที่ และ หากใช้ Sr และ Pr จะมีค่า 6.025×10^{-3} และ 5.564×10^{-3} โมล/ลิตร/นาที่ ตามลำดับ แต่หากพิจารณาที่เวลาผ่านไป 15 นาที่ ซึ่งเป็นเวลาที่เกือบจะถึงสภาวะสมดุลพบว่าการ ดูดซับ Fe^{3+} ด้วย $\text{Pr} > \text{Sr} > \text{Cr}$ คิดเป็นปริมาณ Fe^{3+} ที่ดูดซับ เท่ากับ $0.391 > 0.346 > 0.333$ mol/l/g ในทำนองเดียวกัน เมื่อพิจารณาข้อมูลสำหรับ Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ที่แสดง ใน Figure 7-9 และสรุปข้อมูลไว้ใน Table 2

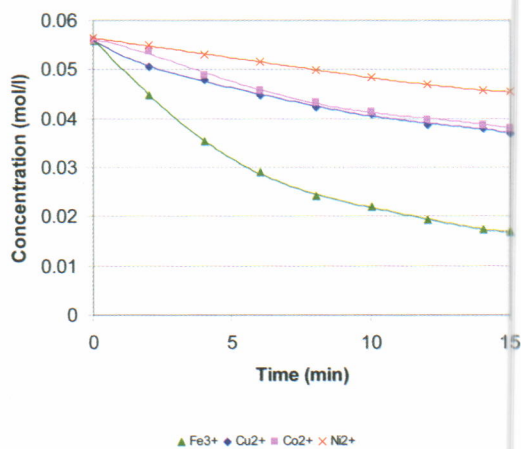


Figure 3 Concentration of Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} at the various times using phenolsulphonic-formaldehyde resin (Pr) as adsorbent

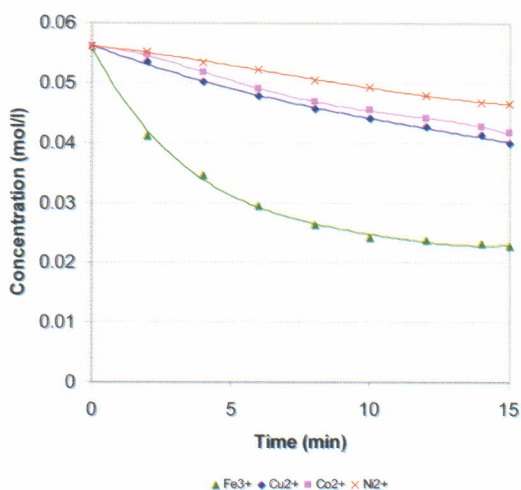


Figure 4 Concentration of Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} at the various times using magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Cr) as adsorbent

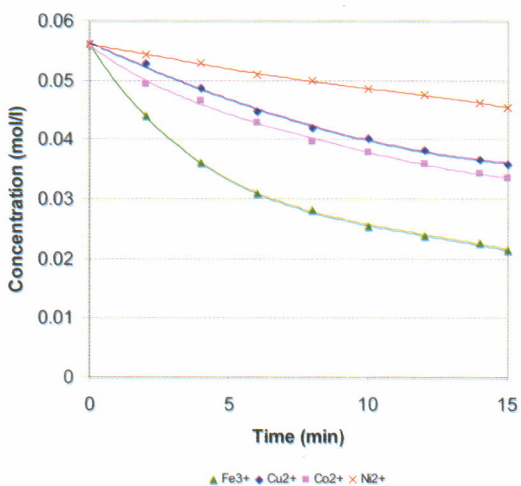


Figure 5 Concentration of Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} at the various times using natural magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Sr) as adsorbent

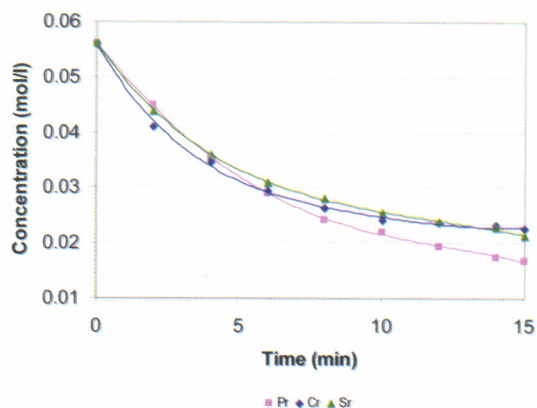


Figure 6 The comparison of Fe^{3+} concentration using phenolsulphonic-formaldehyde resin (Pr) magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Cr) and natural magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Sr) as adsorbent

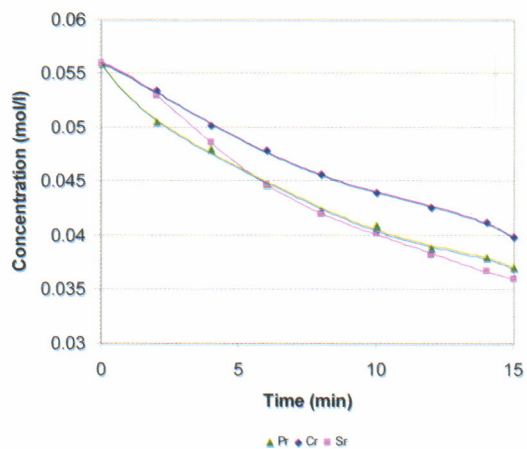


Figure 7 The comparison of Cu^{2+} concentration using phenolsulphonic-formaldehyde resin (Pr) magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Cr) and natural magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin (Sr) as adsorbent

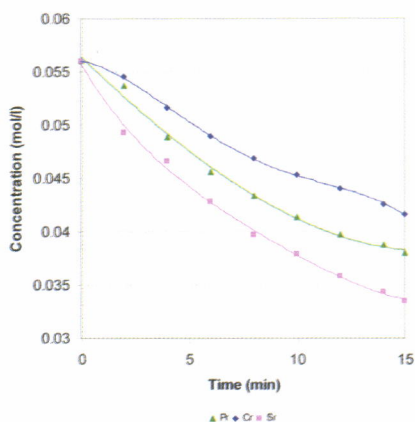


Figure 8 The comparison of Co^{2+} concentration using phenolsulphonic-formaldehyde resin (Pr) magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin(Cr) and natural magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin(Sr) as adsorbent

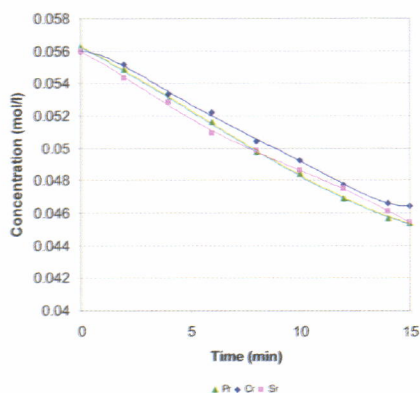


Figure 9 The comparison of Ni^{2+} concentration using phenolsulphonic-formaldehyde resin (Pr) magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin(Cr) and natural magnetite-phenolsulphonic-formaldehyde resin(Sr) as adsorbent

Table 2 Results of Fe^{3+} , Cu^{2+} , Co^{2+} and Ni^{2+} removal in mini batch reactor

Transition Metal Ions	Adsorbent	Initial Rate ($\times 10^3$ mol/l/min.)	Total amount of adsorbed ions after 15 min. (mol/l/g)
Fe^{3+}	Pr	5.564	0.391
	Cr	7.463	0.333
	Sr	6.025	0.346
Cu^{2+}	Pr	2.729	0.190
	Cr	1.283	0.161
	Sr	1.510	0.200
Co^{2+}	Pr	1.160	0.180
	Cr	0.704	0.144
	Sr	3.340	0.224
Ni^{2+}	Pr	0.562	0.106
	Cr	0.413	0.096
	Sr	0.832	0.106

วิจารณ์ผล

จากการทดลองพบว่า Fe^{3+} สามารถดูดซับลงบนเรซินที่สังเคราะห์ได้ในปริมาณที่มากกว่า Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} เพราะโดยปกติไอออนที่มีวาเลนซ์มากย่อมถูกดูดด้วยแรงจากประจุลบในเรซินได้มากกว่าไอออนที่มีวาเลนซ์น้อยกว่าอยู่แล้ว แต่เมื่อพิจารณาอัตราการหายไปของ Fe^{3+} พบว่าอัตราการหายไปของ Fe^{3+} ด้วยการใช้ฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมีค่าสูงขึ้นเมื่อเพิ่มแมกนีไทด์ให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของเรซินด้วยการทำหน้าที่เป็นตัวดูดซับชนิดที่สอง โดยเฉพาะเมื่อใช้แมกนีไทด์บริสุทธิ์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับ Fe^{3+} ได้มากกว่าแมกนีไทด์ธรรมชาติซึ่งอาจเป็นเพราะมีไอออนบวกชนิดอื่นหลุดออกมาจากผงแมกนีไทด์ธรรมชาติ ขณะสัมผัสกับสารละลายและเคลื่อนที่ไปหาประจุลบในโครงสร้างของเรซินและแข่งขันกับ Fe^{3+} ไอออนในการแลกเปลี่ยนไอออนบนหมู่ฟังก์ชัน SO_3^- จึงทำให้อัตราการดูดซับด้วย Cr มีค่ามากกว่า Sr แต่อย่างไรก็ตามด้วยคุณสมบัติของแมกนีไทด์เองที่สามารถดูดซับ Fe^{3+} ไอออนได้อยู่แล้ว ถึงแม้ว่าจะมีไอออนบางส่วนที่มาแข่งขัน ก็ยังคงทำให้อัตราการดูดซับ Fe^{3+} ด้วย Sr และ Cr มีค่ามากกว่า Pr อยู่ดี แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณ Fe^{3+} ที่ดูดซับได้ในเวลา 15 นาที กลับพบว่า Pr หรือฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินสามารถดูดซับ Fe^{3+} ได้ในปริมาณที่มากกว่า Cr หรือ Pr ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าพื้นที่ผิวของฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินที่สังเคราะห์ขึ้นมีค่าค่อนข้างน้อยคือมีค่าประมาณ $2 \text{ m}^2/\text{g}$ (BET surface area) ทำให้เมื่อมีการเพิ่มผงแมกนีไทด์ซึ่งมีขนาดผลึกค่อนข้างใหญ่ เข้าไปในโครงสร้างของเม็ดเรซิน มีผลให้พื้นที่ผิวยังมีค่าน้อยลงเมื่อใช้งานจนกระทั่งเกือบจะถึงจุดสมดุล ทำให้ปริมาณสุดท้ายของ Fe^{3+} ไอออนที่ควรจะถูกดูดซับได้มีค่าลดลง

ในการทดลองการดูดซับ Cu^{2+} ไอออน พบว่าอัตราการหายไปของ Cu^{2+} หลังจากดูดซับด้วย Pr มีค่ามากที่สุด แต่หลังจากเติมแมกนีไทด์ลงไปโครงสร้างของเรซินกลับทำให้อัตราการหายไปของ Cu^{2+} ไอออนมีค่าน้อยลง

ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่าการดูดซับ Cu^{2+} ไอออน ด้วยแมกนีไทด์มีค่าค่อนข้างน้อย ดังนั้นเมื่อเติมแมกนีไทด์ลงไปก็ยิ่งทำให้พื้นที่ผิวในการดูดซับยิ่งลดลง ส่งผลให้อัตราการหายไปของ Cu^{2+} ไอออนมีค่าลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างแมกนีไทด์บริสุทธิ์กับแมกนีไทด์ธรรมชาติพบว่าแมกนีไทด์ธรรมชาติมีความสามารถพอที่จะดูดซับ Cu^{2+} ไอออนได้บ้าง จึงทำให้อัตราการหายไปของ Cu^{2+} ไอออนด้วยการใช้ Sr มีค่ามากกว่า Cr แต่เมื่อพิจารณาปริมาณ Cu^{2+} ไอออนที่ถูกดูดซับไปทั้งหมดหลังจากผ่านไป 15 นาที พบว่าปริมาณ Cu^{2+} ไอออนที่ถูกดูดซับด้วย Pr และ Sr มีค่าใกล้เคียงกัน และมีค่ามากกว่า Cr

สำหรับการทดลองการดูดซับ Co^{2+} และ Ni^{2+} ไอออน พบว่าอัตราการหายไปของ Co^{2+} และ Ni^{2+} ไอออนมีค่ามากที่สุดเมื่อดูดซับด้วย Sr ซึ่งเมื่อเทียบอัตราการหายไปด้วย Sr กับ Pr พบว่าอัตราการหายไปของ Co^{2+} ด้วยการใช้ Sr มีค่ามากกว่า Pr ถึงเกือบ 3 เท่า และ 1.5 เท่าสำหรับ Ni^{2+} ไอออนแสดงว่าการเติมแมกนีไทด์ธรรมชาติลงไปโครงสร้างของเม็ดฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมีส่วนช่วยในการดูดซับ Co^{2+} และ Ni^{2+} ไอออนได้อย่างมาก แต่อัตราการดูดซับกลับมีค่าลดลงเมื่อเติมแมกนีไทด์บริสุทธิ์ แสดงว่าผลึกแมกนีไทด์เองมีความสามารถในการดูดซับ Co^{2+} และ Ni^{2+} ได้น้อย แต่อาจมีสารบางอย่างที่ปะปนอยู่ในโครงผลึกของแมกนีไทด์ธรรมชาติ ซึ่งแมกนีไทด์บริสุทธิ์ไม่มี และมีส่วนช่วยในการดูดซับ Co^{2+} และ Ni^{2+} ไอออน เมื่อพิจารณาว่าอาจจะมีความเป็นไปได้ที่มีไอออนบวกชนิดอื่นหลุดออกมาจากผงแมกนีไทด์ธรรมชาติ ขณะสัมผัสกับสารละลายและเคลื่อนที่ไปหาประจุลบในโครงสร้างของเรซินและแข่งขันกับ Cu^{2+} Co^{2+} และ Ni^{2+} ในการดูดซับ แต่โดยปกติปริมาณการดูดซับไอออนเหล่านี้ด้วยฟีนอลซัลโฟนิค-ฟอร์มัลดีไฮด์เรซินมีค่าไม่มากอยู่แล้ว ดังนั้นเมื่อเพิ่มแมกนีไทด์ธรรมชาติลงไปก็ยิ่งช่วยให้สามารถดักจับไอออนเหล่านี้ได้ในปริมาณที่มากขึ้น

สรุป

การเพิ่มแมกนีไทด์ธรรมชาติให้เข้าไปอยู่ในโครงสร้างของฟีนอลซัลโฟนิก-ฟอร์มาลดีไฮด์เรซินมีผลช่วยให้ความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะแตรน-ซิชัน ได้แก่ Fe^{3+} Co^{2+} และ Ni^{2+} สูงขึ้น โดยมีความสามารถในการกำจัด Fe^{3+} มากที่สุด จากข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในด้านการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียที่มีโลหะแตรนซิชันเป็นองค์ประกอบด้วยเรซินผสมชนิดนี้ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ทั้งในระบบแบบพัชและระบบต่อเนื่องและข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการคำนวณขนาดของระบบและปริมาณเม็ดเรซินที่ต้องใช้ รวมถึงอัตราการไหลของสารละลายเพื่อลดปริมาณโลหะแตรนซิชันให้ได้ตามเกณฑ์ และยังสามารถนำไปใช้กับกระบวนการทำน้ำให้บริสุทธิ์ปราศจากไอออนต่อไปได้ สำหรับงานวิจัยในอนาคตจะทำการทดลองการแลกเปลี่ยนไอออนในเครื่องปฏิกรณ์ชนิดไหลซึ่งจะช่วยให้สามารถอธิบายถึงอายุการใช้งาน ตลอดจนความสามารถในการนำกลับมาใช้ใหม่และศึกษาการแลกเปลี่ยนไอออนของโลหะแตรนซิชันหลายชนิดพร้อมกัน ซึ่งเป็นสภาวะที่ใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

เชิดชัย ละอองทิพรส. (2547). ปฏิบัติการเคมีประยุกต์ 2.
กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
พระนครเหนือ.

- Billmeyer, F.W. (1984). "Text Book of Polymer Science". Canada : John Wiley & Sons, Inc.
- Kim, Y.K. and Lee, K.J. (2001). "Synthesis of a Magnetic Composite Resin and Its Cobalt Removal Characteristics in Aqueous Solution". J. Nuclear Science and Technology. Vol. 38 : pp 785-792
- Levenspiel, O. (1999). Chemical Reaction Engineering. United State of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Seader, J.D. and Henley, E.J. (1998). Separation Process Principles. United State of America : John Wiley & Sons, Inc.
- Wang, W., Xu, Z., and Finch, J. (1996). "Fundamental Study of an Amboent Temperature Ferrite Process in the Treatment of Acid Mine Drainage". Environ. Sci. Technol. Vol 30 : pp 2604-2608.