บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อแยกวุลแฟรไมด์ ออกจาก โคลัมไบด์-แทนทาไลด์ โดยวิธีการชะละลายเคมีจากตัวอย่างแร่พลอยได้ ที่ผ่านขบวนการแต่งแร่ทางฟิสิกส์มาแล้ว โดยเครื่องแยกแร่ไฟฟ้าแรงสูง และเครื่องแยกแร่แม่เหล็กไฟฟ้า แต่ไม่สามารถแยกแร่ทั้งสองชนิดออกจากกันได้ เนื่องจากคุณสมบัติการดูดติดแม่เหล็กใกล้เคียงกัน จากคุณสมบัติทางเคมีของวุลแฟรไมด์ ที่สามารถละลายได้ในโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก แต่โคลัมไบด์-แทนทาไลด์ ไม่สามารถละลายได้ (4) จึงได้กำหนดเป็นวิธีการแยกแร่ ในการวิจัยครั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการชะละลาย และสภาวะที่เหมาะสมในการชะละลาย ตลอดจนการศึกษาการผลิตทังสติกออกไซด์จากสารละลายที่ได้จากการชะละลาย

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการกระจายตัวของขนาดของแร่ พบว่าแร่ที่นำมาวิจัยมีขนาดเล็กและการกระจายตัวของโคลัมไบด์-แทนทาไลด์ และวุลแฟรไมด์มีมากอยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่เล็กกว่า 100 เมช

จากการศึกษาทางแร่วิทยาถึงชนิด ลักษณะ และปริมาณของแร่พบว่า ตัวอย่างที่นำมาวิจัยประกอบด้วยโคลัมไบด์-แทนทาไลด์ วุลแฟรไมด์ อิลเมไนต์ คอโรนาไดด์ เป็นส่วนใหญ่ ส่วนน้อยได้แก่ ดีบุก ควอรตซ์ โมนาไซด์ ซีโนไทม์ เซอร์คอน รูไทล์ และไพรด์ จากการวิเคราะห์ปริมาณของแร่แต่ละชนิด โดยวิธีการนับเม็ด ผลการวิเคราะห์มีดังนี้

โคลัมไบด์-แทนทาไลด์	26.3 %
วุลแฟรไมด์	28.0 %
อิลเมไนต์	20.4 %
คอโรนาไดด์	14.7 %

โมนาไซต์+ซีโนไทม์	0.9 %
ควอรตซ์	3.9 %
ควอรตซ์คาบวุลแฟรไมต์	2.0 %
ดีบุก	1.4 %
เซอร์คอน	0.4 %

ผลจากการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี มีดังนี้

Nb_2O_5	6.60 %
Ta_2O_5	4.36 %
WO_3	14.02 %
Fe_2O_3	12.15 %
MnO	18.75 %
TiO_2	14.42 %
PbO	4.35 %
SnO_2	1.66 %
SiO_2	5.40 %
ZrO_2	0.18 %

จากการศึกษาการแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กไฟฟ้า (Frantz Isodynamic separater) โดยปรับกระแสไฟฟ้าที่ 0.4 0.5 และ 0.6 แอมแปร์ และตรวจสอบโดยกล้องขยายส่องดูพบว่ามีโมนาไซต์ ซีโนไทม์ ควอรตซ์ ปะปนอยู่ในตัวอย่างทุกส่วน อาจเป็นไปได้ว่าเนื่องจากตัวอย่างแร่มีขนาดเล็ก ขนาดการแยกแร่โดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กไฟฟ้าไม่สามารถแยกแร่ให้สะอาดได้ และควอรตซ์มักมีวุลแฟรไมต์แทรกอยู่ด้วย หรือไม่ก็มี คราบสนิมเหล็กเกาะอยู่ตามผิวเม็ดแร่ ทำให้สามารถดูดติดแม่เหล็กได้ ส่วนโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ วุลแฟรไมต์ และอิลเมไนต์ พบปะปนกันอยู่ในทุกส่วน

ในการศึกษาการชะละลายครั้งนี้เป็นการชะละลายแบบการชะละลายทั้งหมด ดังนั้นจึงใช้ตัวอย่างแร่บดขนาดเล็กกว่า 200 เมช (4) เพื่อให้เกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างเม็ดแร่และสารละลายเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ และสมบูรณ์ จากการศึกษาตัวแปรอุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย อัตราการสั่น และเวลาที่ใช้ในการชะละลาย พบว่าทั้งการชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก เมื่อตัวแปรเหล่านี้มีค่าเพิ่มขึ้นการชะละลายวุลแฟรไมต์ จะเกิดมากขึ้น แต่ตัวแปรเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม (% solid) นั้นพบว่า เมื่อเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวมมีค่ามากขึ้น การชะละลายวุลแฟรไมต์จะมีค่าลดลงสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ คือ

ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์	10	N
อุณหภูมิ	90	องศาเซลเซียส
เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม	10	% (นน./ นน.)
อัตราการสั่น	80	%
เวลาที่ใช้ในการชะละลาย	5	ชั่วโมง

การตรวจสอบชนิดแร่ของตัวอย่างที่ชะละลายด้วยสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ประกอบด้วยโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ คอโรนาไดต์ วุลแฟรไมต์ และส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่างนี้ มีดังนี้

Nb_2O_5	7.68 %
Ta_2O_5	5.18 %
WO_3	2.45 %
Fe_2O_3	12.31 %
MnO	29.75 %
TiO_2	14.38 %
PbO	4.55 %

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สภาวะที่เหมาะสมในการชะละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีดังนี้

ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก	10	N
อุณหภูมิ	90	องศาเซลเซียส
เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม	10	% (นน./นน.)
อัตราการสั่น	80	%
เวลาที่ใช้ในการชะละลาย	5	ชม.

การตรวจสอบชนิดแร่ของตัวอย่างที่ผ่านการชะละลายที่สภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีรังสีเอกซ์เลี้ยวเบน ประกอบด้วยโคลัมไบต์-แทนทาไลต์ อิลเมไนต์ วุลแฟรไมต์ และส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของตัวอย่าง มีดังนี้

Nb_2O_5	16.89	%
Ta_2O_5	11.59	%
WO_3	3.81	%
Fe_2O_3	13.41	%
MnO	7.38	%
TiO_2	26.28	%
PbO	น้อยมาก	

จากการเปรียบเทียบผลการชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก พบว่าตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการทดลองมีผลต่อการชะละลายเหมือนกัน แต่ผลวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักทางเคมี มีค่าแตกต่างกัน แสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ของตัวอย่างที่ผ่านการชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก

หน่วย : เปอร์เซนต์

ออกไซด์	ตัวอย่างก่อนการชะละลาย	ตัวอย่างหลังการชะละลายด้วย NaOH	ตัวอย่างหลังการชะละลายด้วย HCl
Nb_2O_5	6.60	7.68	16.89
Ta_2O_5	4.36	5.18	11.19
WO_3	14.02	2.45	3.81
Fe_2O_3	12.15	12.31	13.41
MnO	18.75	29.75	7.38
TiO_2	14.42	14.83	26.28
PbO	4.35	4.55	nil

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณทังสติกออกไซด์ (WO_3) แสดงว่าวุลแฟรไมด์ สามารถที่จะชะละลายออกได้ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก แต่ปริมาณไนโอเบียมเพนตอกไซด์ (Nb_2O_5) และแทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta_2O_5) จากการชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์นั้น มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อย เนื่องจากว่า ในการชะละลายเหล็ก และแมงกานีสจากวุลแฟรไมด์จะเกิดอยู่ในรูปของเหล็ก และแมงกานีสไฮดรอกไซด์ ซึ่งเป็นตะกอนขนาดเล็กปนอยู่ในส่วนของโคลัมไบด์–แทนทาไลด์ที่ไม่ละลาย ส่วนการชะละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกนั้น ปริมาณไนโอเบียมเพนตอกไซด์ และแทนทาลัมเพนตอกไซด์มีค่าเพิ่มขึ้นมาก เนื่องจากในการชะละลาย เหล็กและแมงกานีส จากวุลแฟรไมด์ จะเกิดอยู่ในรูปของเหล็กและแมงกานีสคลอไรด์. ซึ่งเกิดเป็นสารละลาย และคลอไรนาไดด์ละลายได้ในกรด

จากการทดลองการผลิตทังสติกออกไซด์ จากสารละลายที่ได้จากการชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก สามารถเก็บทังสติกออกไซด์ได้ 99.16 % และ 99.44 % ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในการทดลองชะละลายวุลแฟรไมด์ครั้งนี้ ใช้เครื่องสั่น (Shaker) เป็นอุปกรณ์ในการทดลอง ดังนั้นถ้ามีการทดลองการชะละลายโดยใช้เครื่องมือที่แตกต่างออกไป เช่นการใช้ถังที่มีใบพัดสำหรับการกวน ผลการทดลองอาจจะเปลี่ยนไปจากผลการทดลองครั้งนี้ เนื่องจากขบวนการทางกลไกในการกวนที่แตกต่างกัน

2. ในการศึกษาการชะละลายแร่ ควรทำการศึกษาทางด้านแร่วิทยาอย่างละเอียด เพื่อช่วยในการวางแผนการเลือกวิธีการชะละลาย และการปรับปรุงคุณภาพสินแร่ก่อนการชะละลาย เพื่อให้การชะละลายมีประสิทธิภาพสูงขึ้น

3. จากการทดลองการชะละลายพบว่า วุลแฟรไมด์ สามารถที่จะทำการชะละลายได้ด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และกรดไฮโดรคลอริก ดังนั้นการที่จะเลือกวิธีการชะละลายควรที่จะคำนึงถึงผลที่เกิดจากการชะละลายต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากการชะละลายด้วยกรดไฮโดรคลอริกนั้น กรดไฮโดรคลอริกจะระเหยได้ง่าย ดังนั้นจึงควรออกแบบอุปกรณ์ควบคุมไม่ให้กรดระเหยออกไปได้ แต่การชะละลายด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์นั้น โซเดียมไฮดรอกไซด์จะไม่ระเหยออกไป เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความคงตัวจนถึงอุณหภูมิประมาณ 1000 องศาเซลเซียส (49) มีเพียงน้ำเท่านั้นที่ระเหยออกไป

4. จากข้อมูลทางด้านเอกสาร วุลแฟรไมด์สามารถที่จะถูกสลายได้โดยกรด หรือด่าง ภายใต้ความร้อน และความดัน ซึ่งจะต้องทำการทดลองโดยใช้หม้อความดัน (Autoclave) เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ ไม่สามารถที่จะจัดหาหม้อความดันได้ จึงไม่ได้ทำการทดลอง ดังนั้นถ้ามีอุปกรณ์ดังกล่าวนี้ ก็น่าที่จะได้มีการศึกษาทดลองต่อไป

5. การผลิตทังสะติกออกไซด์ จากสารละลายที่ได้ จากการชะละลายนั้น สามารถกระทำได้ในสเกลห้องปฏิบัติการ แต่เป็นวิธีที่ไม่ประหยัด ดังนั้น อาจจะผลิตเป็นกรดทังสติกแทนการผลิตทังสติกออกไซด์ โดยการนำเอาตะกอนของกรดทังสติก ไปละลายในแอมโมเนีย แล้วนำไประเหยเอาแอมโมเนียออกไป ก็จะได้กรดทังสติก หรือ อาจจะทำการทดลองผลิตเป็นชีไลต์สังเคราะห์ (Synthetic scheelite) (3,4) โดยการเติมแคลเซียมคลอไรด์ ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยา ดังสมการ

$$Na_2WO_4 + CaCl_2 \text{-------} \rangle CaWO_4 + 2NaCl$$

จะได้ตะกอนชีไลต์ ($CaWO_4$) ซึ่งวิธีการผลิตชีไลต์สังเคราะห์นี้ ก็น่าที่จะได้มีการศึกษาต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย