

การเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรี



นายเสกสรร แสนสะอาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2547

ISBN 974-17-5948-7

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21653208

RECOVERY OF ZINC FROM LOW GRADE ORE FROM KANCHANABURI

Mr. Sekson Sansa-ard



ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mining Engineering

Department of Mining and Petroleum Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2004

ISBN 974-17-5948-7

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรี

โดย

นายเสกสรร แสนสะอาด


สาขาวิชา

วิศวกรรมเหมืองแร่

อาจารย์ที่ปรึกษา

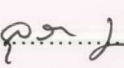
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพล ภูวิจิตร

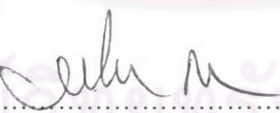
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัย
นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.ดิเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชัยชัย ลีเผ่าพันธุ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรพล ภูวิจิตร)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญา มีชำนาญ)


..... กรรมการ
(อาจารย์ สมศักดิ์ สายสินธุ์ชัย)

เสกสรร แสนสะอาด : การเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรี
 (RECOVERY OF ZINC FROM LOW GRADE ORE FROM KANCHANABURI)
 อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรพล ภูวิจิตร , อ. ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. ขวัญชัย ลิ่วม้วน , 104
 หน้า . ISBN 974-17-5948-7

การศึกษาศามารถในการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำ จากบริษัทบ่อใหญ่เมือง
 จังหวัดกาญจนบุรี มีเป้าหมายหลักเพื่อศึกษาคุณลักษณะทางแร่เช่น ชนิดของแร่ ชนิดของธาตุและ
 ปริมาณ ขนาดรูปร่าง ขนาดของการหลุดแยกเป็นอิสระ การ Oxidation ที่ผิวของแร่สังกะสี อีกทั้ง
 ยังศึกษาการกระจายตัวของแร่สังกะสีในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเก็บแร่
 สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำโดยการลอยแร่

ผลจากการวิเคราะห์ชนิดของแร่พบแร่หลักๆดังนี้ Hemimorphite , Cerussite อีกทั้งพบว่า
 แร่สังกะสีมีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวอย่างชัดเจนคือ ส่วนที่ล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีจะเป็นแร่
 Illite และช่วงขนาดที่มีการหลุดแยกเป็นอิสระระหว่างแร่สังกะสีและแร่มลทินอยู่ในช่วงขนาด -50
 Mesh ส่วนการกระจายตัวของอนุภาคที่ช่วงขนาดต่างๆ ซึ่งได้ทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet
 Sieve Analysis) สามารถแบ่งขนาดของเม็ดแร่สังกะสีและมลทินออกได้เป็น 4 ช่วงขนาดคือ +50
 Mesh , -50 +140 Mesh , -140 +325 Mesh และ -325 Mesh หลังจากนั้นจึงได้ทำการลอยแร่
 สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำแบบเฉพาะเจาะจง Selective Flotation อยู่ 2 ช่วงขนาดคือ ช่วงขนาดที่
 หนึ่ง -50 +140 Mesh และช่วงขนาดที่สอง -140 +325 Mesh ดังนั้นจึงสรุปการเก็บแร่สังกะสีจาก
 สินแร่เกรดต่ำจากแร่ป้อน Zn 18.92% , Pb 4.66% , Fe 5.24% และ Ag(g/t) 86 ออกได้เป็น 4
 ส่วนใหญ่คือ หัวแร่สังกะสีที่เก็บได้จากสินแร่เกรดต่ำทั้งหมดได้ Yield 57.13 % , Zn 32.02 % ,
 Recovery 72.33 % ส่วนหัวแร่ตะกั่วที่เก็บได้เท่ากับ Yield 4.34 % , Pb 34.20 % , Recovery 5.87
 % ส่วนแร่คละ (Middling) มีค่าเท่ากับ Yield 1.41 % , Zn 14.16 % , Recovery 0.79 % และสุดท้าย
 ท้ายเป็นช่วงขนาด -325 Mesh บวกกับ Tailing ซึ่งเป็นส่วนที่ทำการคัดทิ้งมีค่าเท่ากับ Weight
 37.13 % , Zn 14.31 % , Loss 21.01 %

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
 สาขาวิชา วิศวกรรมเหมืองแร่
 ปีการศึกษา 2547

ลายมือชื่อนิสิต
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4370664621: MAJOR MINING ENGINEERING

KEY WORD: MINERALOGICAL / FLOTATION

SEKSON SANSAR : RECOVERY OF ZINC FROM LOW GRADE ORE
FROM KANCHANABURI. THESIS ASSOC.PROF.SURAPHOL PHUVICHIT,Ph.D ,
THESIS COADVISOR.QUANCHAI LEEPOWPANTH,Ph.D,104 pp.
ISBN 974-17-5948-7

A recovery study of zinc from low grade ore from Boh Yai Mining Co.,Ltd., Kanchanaburi province is carried out . The main aim of this study is mineralogical characteristics of the ore including mineralogical and chemical composition , surface oxidation and liberation characteristic . This information is necessary for the subsequence flotation study .

The results of this study show that the main mineralogical compositions of the ore are hemimorphite and cerussite . Surface oxidation of zinc ore are common .

Under reflected light microscope , the zinc grains contain two layers . The outer layer contain oxidation products together with Illite mineral . The inner layer is mainly zinc mineral with irregular shape . Liberation of these material is achieved at size fration -50 mesh .

Wet sieve analysis has been done in four size fraction including +50 , -50 +140 , -140 +325 and -325 respectively . A selective flotation has been made in two size fractions , -50 +140 and -140 +325 mesh respectively .

As the results of this studys , four main products are obtained from ore feed Zn 18.92% , Pb 4.66% , Fe 5.24% and Ag(g/t) 86 , the zinc concentrate with yield 57.13 % , Zn 32.02 % and recovery 72.33 % , the lead concentrate with yield 4.34 % , Pb 34.20 % and recovery 5.87 % , the middling with yield 1.41 % , Zn 14.16 % and recovery 0.79 % and the last product , the tailing with weight of 37.13 % , Zn 14.31 % and loss of 21.01 %

Department Mining and Petroleum Engineering

Field of study Mining Engineering

Academic year 2004

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Coadvisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. สุรพล ภูวิจิตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. ขวัญชัย ลิเฝ้าพันธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำตักเตือนและช่วยเหลือในการวิจัยครั้งนี้ให้ลุล่วงด้วยดีตลอด ตั้งแต่แรกเริ่มจนกระทั่งวิทยานิพนธ์เสร็จอย่างสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาเหมืองแร่ และปิโตรเลียมที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลือ

ขอขอบคุณศูนย์เครื่องมือวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่กรุณาเอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ให้ใช้ในงานวิจัย รวมทั้งเจ้าหน้าที่และบุคลากรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือในงานวิจัย

ขอขอบคุณ คุณสุทธี ชัยภวัน ที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการเบิกเงินทุนสำหรับการวิจัยและจัดการด้านเอกสารต่างๆ

ท้ายที่สุดนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

เสกสรร แสนสะอาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 วิธีการและขั้นตอนการดำเนินงาน.....	2
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา.....	3
2 สินแร่เกรดต่ำที่มีองค์ประกอบแร่สังกะสี – ตะกั่ว.....	4
2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับแร่สังกะสี – ตะกั่ว.....	4
2.1.1 แหล่งแร่สังกะสี – ตะกั่ว อำเภอทองผาภูมิ จังหวัด กาญจนบุรี.....	4
2.1.2 แหล่งแร่สังกะสีผาแดง ตำบลพระธาตุ อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก.....	4
2.2 ประวัติการผลิตแร่ตะกั่ว – สังกะสีจากแหล่งกาญจนบุรี.....	6
2.3 แหล่งแร่ปฐมภูมิ.....	7
2.4 แหล่งแร่ทุติยภูมิ.....	8
2.5 ธรณีวิทยาแหล่งแร่.....	10
2.6 การทำเหมือง.....	10
2.7 การคมนาคม.....	12
2.8 ลักษณะภูมิประเทศ.....	12
2.9 ลักษณะภูมิอากาศ.....	13

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.10 ประโยชน์ของแร่สังกะสี.....	13
2.10.1 คุณประโยชน์ต่อร่างกาย.....	13
2.10.2 คุณประโยชน์ต่อภาคอุตสาหกรรม.....	13
3. พื้นฐานการลอยแร่และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
3.1 พื้นฐานของการลอยแร่.....	15
3.1.1 หลักการของการลอยแร่.....	15
3.2 ชนิดของสารเคมีในการลอยแร่.....	16
3.2.1 สารเคลือบผิว (Collector).....	16
3.2.2 สารเคลือบฟอง (Frother).....	18
3.2.3 สารปรับสภาพ (Modifying).....	18
3.3 ความมีขี้ของเม็ดแร่.....	19
3.4 จลนศาสตร์ของการลอยแร่ (Flotation Kinetics).....	20
3.4.1 ผลกระทบของขนาดอนุภาค (Effect of Particle Size).....	20
3.4.2 เวลาเหนี่ยวนำ (Induction Time).....	20
3.5 เครื่องลอยแร่ (Flotation Machine).....	21
3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ.....	21
3.7 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ.....	23
4. รายงานการทดลอง.....	25
4.1 การศึกษาสารประกอบในสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรี โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer: XRD).....	25
4.1.1 ผลการศึกษาสารประกอบในสินแร่เกรดต่ำโดย ใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer: XRD).....	25
4.1.2 สรุปผลการทดลองการศึกษาวิเคราะห์สาร ประกอบที่เกิดขึ้นในสินแร่เกรดต่ำโดยเครื่อง เอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer).....	26

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.2 การศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำ
โดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์
(X-Ray Fluorescence Spectrometer: XRF)..... 26

4.2.1 ผลการศึกษาการกระจายตัวของธาตุในสินแร่
เกรดต่ำโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์
สเปกโตรมิเตอร์ (X-Ray Fluorescence
Spectrometer: XRF).....27

4.2.2 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบปริมาณการ
กระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำด้วยเครื่อง
เอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์
(X-Ray Fluorescence Spectrometer: XRF).....27

4.3 การศึกษาปริมาณการกระจายตัวของสินแร่เกรดต่ำที่ขนาด
อนุภาคต่างๆ.....28

4.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการกระจายตัวของสินแร่
เกรดต่ำที่ขนาดอนุภาคต่างๆ(รายละเอียดเครื่องมือแสดง
ในภาคผนวก ค).....28

4.3.2 สรุปผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของ
ธาตุสังกะสีในสินแร่เกรดต่ำที่ขนาดอนุภาคต่างๆ.....40

4.4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของสินแร่เกรดต่ำจาก Polished
Section ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light
Microscope).....43

4.4.1 ผลการศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้อง
จุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope
: รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ง).....44

4.4.2 สรุปผลการศึกษาการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค
ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light
Microscope).....45

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

4.5 การศึกษาขนาดของการหลุดแยกของเม็ดแร่ รูปปร่าง ขนาด การ Oxidation ที่ผิวของเม็ดแร่และโครงสร้างจุลภาคโดยใช้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscopy: SEM และเทคนิค X-Ray Image Mapping (SEM: X-Ray Image Mapping : รายละเอียดเครื่องมือแสดง ในภาคผนวก จ).....	46
4.5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบขนาดของการ หลุดแยกของเม็ดแร่ รูปปร่าง ขนาด การ Oxidation ที่ผิวของเม็ดแร่และโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscopy: SEM และเทคนิค X-Ray Image Mapping (SEM: X-Ray Image Mapping).....	50
4.6 การตรวจสอบธาตุสังกะสีและธาตุอื่นๆจาก Polished Section ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray: (EDX : รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ฉ).....	51
4.6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบธาตุสังกะสี และธาตุอื่นๆจาก Polished Section ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray (EDX).....	53
5. การทดลองลอยแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำ.....	54
5.1 ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างเพื่อใช้ในการทดลอง.....	54
5.2 อุปกรณ์ที่ใช้ทดลอง.....	56
5.3 น้ำยาที่ใช้ในการลอยแร่ตะกั่วคาร์บอนเนตและสังกะสีซิลิเกต.....	57
5.4 ขั้นตอนการทดลอง (Flotation Test).....	59
5.5 สรุปผลการทดลองลอยแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำ.....	71
6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	73
6.1 สรุปผลการศึกษา.....	73
6.2 ข้อเสนอแนะ.....	76
รายการอ้างอิง.....	77

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ก เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer).....	81
ภาคผนวก ข เครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (X-Ray Fluorescence Spectrometer: XRF).....	84
ภาคผนวก ค ตะแกรงมาตรฐาน (Sieve).....	87
ภาคผนวก ง กล้องจุลทรรศน์ (Reflected Light Microscope).....	90
ภาคผนวก จ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM).....	93
ภาคผนวก ฉ เครื่อง Energy Dispersive X-Ray (EDX).....	95
ภาคผนวก ช เครื่องบดแร่แบบบดด้วยท่อนเหล็ก (Rod Mill).....	97
ภาคผนวก ซ เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS).....	100
ภาคผนวก ฌ เศรษฐศาสตร์วิศวกรรม.....	102
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	104

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงให้เห็นระดับความมีขี้จะเพิ่มขึ้นจากแร่ซัลไฟด์ ซัลเฟต คาร์บอนเนต ออกไซด์ และซิลิเกต.....	19
4.1 ปริมาณธาตุของสินแร่เกรดต่ำที่วิเคราะห์ด้วย XRF.....	27
4.2 แสดงถึงผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน ก่อนทำการบดแร่ในช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS : รายละเอียดเครื่องมือแสดง ในภาคผนวก ข).....	30
4.3 แสดงผลการคำนวณมวลสมมูลย์ของแร่สังกะสีในช่วงขนาดต่างๆ (Dry Sieve Analysis).....	31
4.4 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาด อนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS).....	33
4.5 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของแร่สังกะสีโดยการคำนวณ มวลสมมูลย์หลังทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ.....	33
4.6 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการบดแร่ด้วย Rod Mill (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ข) เป็นเวลา 5 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS).....	35
4.7 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของแร่สังกะสีโดยการคำนวณ มวลสมมูลย์หลังทำการบดแร่ 5 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ.....	35
4.8 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการบดแร่ด้วย Rod Mill เป็นเวลา 20 นาที และทำการคัดขนาด แบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS).....	36

ตาราง	หน้า
4.9 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของแร่สังกะสีโดยการคำนวณ มวลสมมูลย์หลังทำการบดแร่ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ.....	36
4.10 แสดงผลการคำนวณ Weight % ของแร่สังกะสีก่อนบดกับหลังบด 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่ง.....	38
4.11 แสดงผลรูปการคัดขนาดแบบเปียกตั้งแต่ก่อนบดจนกระทั่ง ผ่านการบดและทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่ง.....	38
5.1 แสดงน้ำยาที่ใช้ลอยแร่ตะกั่ว.....	61
5.2 แสดงน้ำยาที่ใช้ลอยแร่สังกะสี.....	61
5.3 แสดงผลวิเคราะห์การทดลองที่ 1.....	62
5.4 แสดงผลการคำนวณมวลสมมูลย์ของการทดลองที่ 1.....	62
5.5 แสดงน้ำยาที่ใช้ลอยแร่ตะกั่ว.....	65
5.6 แสดงน้ำยาที่ใช้ลอยแร่สังกะสี.....	65
5.7 แสดงผลวิเคราะห์การทดลองที่ 2.....	66
5.8 แสดงผลการคำนวณมวลสมมูลย์ของการทดลองที่ 2.....	66
5.9 แสดงผลสรุปจากการล้างและคัดขนาดก่อนบดและหลังบด (จากบทที่ 4 ตารางที่ 4.11).....	68
5.10 แสดงผลการคำนวณ Weight % ของการทดลองที่ 1 ที่เก็บได้จริง.....	68
5.11 แสดงผลการคำนวณ Weight % ของการทดลองที่ 2 ที่เก็บได้จริง.....	68
5.12 แสดงการ Combined Product ของการทดลองที่ 1 และการทดลองที่ 2.....	69
5.13 แสดงผลคำนวณมวลสมมูลย์ของการเก็บแร่ %Recovery ของแร่ทั้งระบบ.....	69
5.14 แสดงผล %Yield และ %Recovery ของการเก็บแร่ทั้งระบบ.....	69

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงแหล่งแร่สังกะสี – ตะกั่ว ณ จังหวัดกาญจนบุรี.....	5
2.2 แสดงลักษณะของแร่ Cerussite ($PbCO_3$).....	8
2.3 แสดงลักษณะของแร่ Hydrozincite $Zn_5(CO_3)_2(OH)_6$	9
2.4 แสดงลักษณะของแร่ Hemimorphite $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$	9
4.1 กราฟแสดงผลวิเคราะห์ตัวอย่างสินแร่สังกะสีเกรดต่ำโดยเครื่องเอกซเรย์ ดิฟแฟรคโตมิเตอร์(รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก).....	25
4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size ของแร่ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ ก่อนทำการบดแร่.....	32
4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size ของแร่ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ ก่อนทำการบดแร่.....	32
4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size ที่ทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ของธาตุสังกะสีในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ.....	34
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size ที่ทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ของธาตุสังกะสีในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ.....	34
4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size หลังทำการบดแร่ 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ.....	37
4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size หลังทำการบดแร่ 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ.....	37
4.8 Flow Chart แสดงการเปรียบเทียบการคัดขนาดแบบเปียกก่อนบด และหลังบด 5 นาที.....	39

รูปที่	หน้า
4.9 โครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด (ก) -30 +50 Mesh และ(ข) -50+80 Mesh.....	44
4.10 โครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด (ก) -120 +170 Mesh และ(ข) -230 +400 Mesh.....	45
4.11 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 200 เท่า ที่ขนาด -30 +50 Mesh.....	47
4.12 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำกำลังขยายที่ 200 เท่า ที่ขนาด -50 +80 Mesh.....	47
4.13 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 40 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อหาปริมาณ Zn จาก Polished Section ที่ขนาด -30 +50 Mesh.....	48
4.14 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 40 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อหาปริมาณ Zn จาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh.....	48
4.15 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 250 เท่า ที่ขนาด -325 Mesh.....	49
4.16 ภาพลิ้นแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 1500 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อศึกษาการกระจายตัว ของ Zn กับมลทินที่ขนาด -325 Mesh.....	49
4.17 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินที่ล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีจาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh.....	51
4.18 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินจาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh.....	52
4.19 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินที่ยังเกาะอยู่กับเม็ดแร่สังกะสี ที่ขนาด -325 Mesh (จากรูปที่ 4.16).....	52
4.20 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินที่ขนาด -325 Mesh (จากรูปที่ 4.15).....	53

รูปที่	หน้า
5.1 แสดงการทำ Wet Sieve Analysis และลดขนาดด้วย Rod Mill เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการลอยแร่.....	55
5.2 แสดงแผนผังการลอยแร่ของการทดลองที่ 1.....	60
5.3 แสดงผลการลอยแร่ของการทดลองที่ 1.....	63
5.4 แสดงแผนผังการลอยแร่ของการทดลองที่ 2.....	64
5.5 แสดงผลการลอยแร่ของการทดลองที่ 2.....	67
5.6 แสดง Flow Chart การเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำ.....	70



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย