

การสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสี (Hot Acid Leach Cake) โดยการละลายด้วย
สารละลายโซเดียมคลอไรด์



นางจิราภรณ์ จันสด

สถาบันวิทยบริการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโลหการ ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2550

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EXTRACTION OF LEAD FROM HOT ACID LEACH CAKE BY
SODIUM CHLORIDE LEACHING



Mrs. Jiraporn Junsod

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Metallurgical Engineering

Department of Metallurgical Engineering

Faculty of Engineering

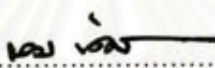
Chulalongkorn University

Academic Year 2007

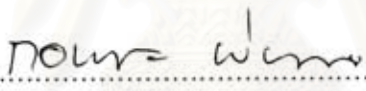
Copyright of Chulalongkorn University

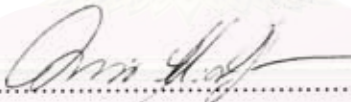
หัวข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสี (Hot Acid Leach Cake)
โดย	นางจิราภรณ์ จันต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโลหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.มาวิน สุประดิษฐ ณ อยุธยา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิษฐ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. บุญสม เลิศนรินทร์วงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กอบบุญ หล่อทองคำ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ ณ อยุธยา)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชاکกร จารุพิสิษฐ)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร. กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน)

จิราภรณ์ จันสศ : การสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสี (Hot Acid Leach Cake) โดยการละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์. (EXTRACTION OF LEAD FROM HOT ACID LEACH CAKE BY SODIUM CHLORIDE LEACHING) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : คร. มาวิน สุประคินฐ ฌ อยุธา, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ผศ. ชาคร จารุพิสิษฐ, 76 หน้า.

งานวิจัยนี้ได้สกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีของโรงถลุงแร่สังกะสี จังหวัดตาก ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิในช่วง 20 ถึง 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายตั้งแต่ 100 ถึง 300 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายตั้งแต่ 0.1 ถึง 0.5 โมล/ลิตร และปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลายที่ใช้ตั้งแต่ 10 ถึง 80 กรัมต่อลิตร ผลการทดลองพบว่าสารละลายโซเดียมคลอไรด์สามารถสกัดตะกั่วได้มากขึ้น เมื่อใช้อุณหภูมิและความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายสูงขึ้น ผลการทดลองชี้ว่าการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่มีตะกั่วเหลืออยู่ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 300 กรัม/ลิตร โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลายไม่เกิน 40 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง สามารถสกัดตะกั่วได้หมดภายในเวลาหนึ่งชั่วโมง การเพิ่มปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลายมีผลให้สกัดตะกั่วได้น้อยลง เมื่อใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลาย 80 กรัม/ลิตร สามารถสกัดตะกั่วได้เพียง 79.78 เปอร์เซ็นต์ อย่างไรก็ตามเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกเป็น 0.5 โมลต่อลิตร และอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียส ส่งผลให้สามารถสกัดตะกั่วได้เพิ่มขึ้นเป็น 86.13 เปอร์เซ็นต์ และ 95.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ภาควิชา.....วิศวกรรมโลหการ.....ลายมือชื่อนิสิต..... Lt Lt
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมโลหการ.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2550.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

4970260221 : MAJOR METALLURGICAL ENGINEERING

KEY WORD : HOT ACID LEACH CAKE / LEAD / EXTRACTION / LEACHING

JIRAPORN JUNSOD : EXTRACTION OF LEAD FROM HOT ACID LEACH CAKE BY SODIUM CHLORIDE LEACHING. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : MAWIN SUPRADIST NA AYUDHAYA, Ph.D., THESIS COADVISOR : ASST.PROF.CHARKORN JARUPISITTHORN, M.E, 76 pp.

This research work was conducted to extract lead from hot acid leach (HAL) cake of zinc plant in Tak province by using sodium chloride solution. The variables studied were temperature (20 to 80 °C), concentration of sodium chloride (100 to 300 g/l) and hydrochloric acid (0.1 to 0.5 mol/l) and the amount of the HAL cake in leaching solution (10 to 80 g/l). The experimental results indicated that lead extraction increased with the increase of temperature and sodium chloride concentration. Lead could be totally extracted from the HAL cake containing approximately 25 % lead using sodium chloride concentration of 300 g/l and the amount of HAL cake up to 40 g/l at room temperature within one hour. Increasing the amount of HAL cake led to the decrease in lead extraction. When using 80 g/l of HAL cake only 79.78 % of lead could be extracted. However, when the hydrochloric acid concentration was increased to 0.5 mol/l and the temperature was increased to 80 °C the lead extraction of 86.13 % and 95.14 % was achieved respectively.

Department :Metallurgical Engineering.. Student's signature :*M. Jiraporn*.....
 Field of study : ...Metallurgical Engineering.. Principal advisor's signature :*Mawin*.....
 Academic year :2007..... Co-advisor's signature :*Charkorn*.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. มาวิน สุประดิษฐ์ ณ อยุธา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชากร จารุพิสิฐธร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ให้คำปรึกษา ความรู้ และคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในงานวิจัยตลอดมา ขอขอบพระคุณ คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รวมทั้งคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาวิศวกรรมโลหการที่ได้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ ต่องานวิจัยฉบับนี้

ขอขอบคุณบริษัทมาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ที่เอื้อเฟื้อตัวอย่างกากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง และข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิต ขอขอบคุณฝ่ายเทคโนโลยีวัสดุ ศูนย์ทดสอบมาตรฐานและวิทยา ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้การสนับสนุนในด้านเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์และสถานที่ที่ใช้ในการทดลอง ขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย สำหรับค่าใช้จ่ายในการทำวิจัยครั้งนี้

สุดท้าย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนทางการศึกษา จนกระทั่งสามารถสำเร็จการศึกษาในระดับปริญญาโทตามเจตนารมณ์ รวมถึงบุคคลรอบข้างที่คอยให้กำลังใจ และช่วยเหลือตลอดมา

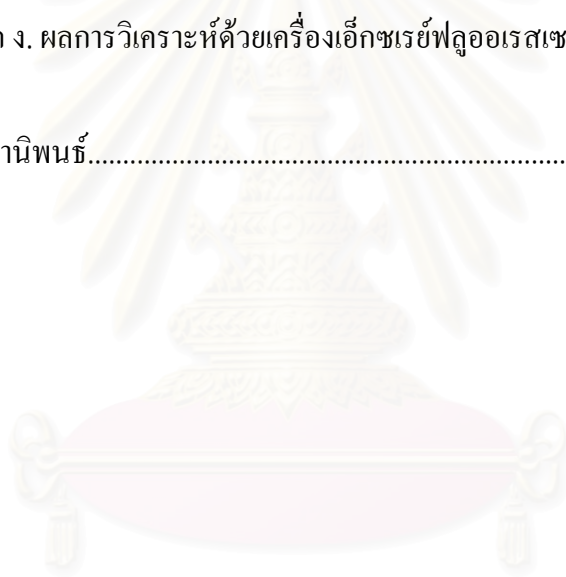
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น.....	3
2.1 แนวคิดและทฤษฎี.....	3
2.2 กากแร่สังกะสี.....	4
2.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโลหะตะกั่ว.....	6
2.4 ปฏิกิริยาเคมีที่ใช้ในการละลายกากแร่สังกะสี.....	9
2.5 วรรณกรรมปริทรรศน์.....	10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	13
3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง.....	13
3.1.1 กากแร่สังกะสี.....	13
3.1.2 สารเคมี.....	13
3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง.....	14
3.2 วิธีดำเนินการทดลอง.....	15
3.2.1 การเตรียมกากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง.....	15

3.2.1.1 การชะล้างสิ่งสกปรก.....	15
3.2.1.2 การอบแห้ง.....	16
3.2.1.3 การตรวจคุณลักษณะ.....	16
3.2.2 การทดลอง.....	16
3.2.2.1 ศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย.....	16
3.2.2.2 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	17
3.2.2.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย.....	18
3.2.2.4 ศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย.....	19
3.2.2.5 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	20
3.2.2.6 ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย.....	21
3.2.2.7 วิธีการทดลอง.....	23
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง.....	25
4.1 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะของกากแร่สังกะสีก่อนการสกัด.....	25
4.1.1 ลักษณะของกากแร่และองค์ประกอบ.....	25
4.1.2 ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาคกากแร่.....	31
4.2 ผลการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีโดยการละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์.....	33
4.2.1 ผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย.....	33
4.2.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	34
4.2.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย.....	36
4.2.4 ผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย.....	37
4.2.5 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	39
4.2.6 ผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย.....	41
4.3 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะของกากของแข็งที่เหลือจากการละลาย.....	43
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง.....	46
บทที่ 6 ข้อเสนอแนะ.....	47

รายการอ้างอิง.....	48
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก. วิธีการคำนวณปริมาณการละลายของตะกั่วโดยหาจากค่าที่วิเคราะห์ ได้จากเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....	50
ภาคผนวก ข. ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีโดยใช้เครื่อง อะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....	53
ภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์หึ่งค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง เอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์.....	63
ภาคผนวก ง. ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์.....	73
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	76



ตาราง	หน้า
2.1 สมบัติทั่วไปของโลหะตะกั่ว.....	7
3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราเร็วในการกวนสารละลาย.....	17
3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	18
3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย.....	19
3.4 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย.....	20
3.5 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา.....	21
3.6 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก ในสารละลาย.....	22
4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสี.....	28
4.2 การกระจายขนาดของอนุภาคกากแร่สังกะสี.....	31
4.3 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่อัตราเร็วในการกวนต่าง ๆ.....	33
4.4 ปริมาณการละลายของตะกั่ว ณ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ.....	35
4.5 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายต่าง ๆ.....	36
4.6 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ปริมาณกากแร่สังกะสีต่อปริมาตรสารละลายต่าง ๆ.....	38
4.7 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	39
4.8 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายต่าง ๆ.....	42
ข-1 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่อัตราเร็วในการกวนสารละลายต่าง ๆ.....	54
ข-2 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ.....	55
ข-3 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ในสารละลายต่าง ๆ.....	56
ข-4 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายต่าง ๆ.....	58
ข-5 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่อุณหภูมิต่าง ๆ.....	60
ข-6 ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก ในสารละลายต่าง ๆ.....	61

ภาพประกอบ	หน้า
2.1 กระบวนการผลิตสังกะสีของบริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน).....	5
2.2 แผนที่ทรัพยากรแร่ตะกั่ว.....	6
2.3 ลักษณะของแร่ตะกั่วซัลไฟด์.....	7
3.1 กากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง.....	13
3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมกากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง.....	15
3.3 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง.....	24
4.1 ภาพถ่าย SEM แสดงลักษณะของกากแร่สังกะสีที่ผ่านการล้างและอบให้แห้ง.....	26
4.2 พิกเอ็กซ์เรย์แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสีก่อนการสกัด.....	27
4.3 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม.....	29
4.4 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่ที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาว.....	30
4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกากแร่และปริมาณสะสม.....	32
4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกากแร่และปริมาณ.....	32
4.7 ผลของอัตราเร็วในการกวนสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	34
4.8 ผลของเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	35
4.9 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	37
4.10 ผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	38
4.11 ผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	40
4.12 ความสามารถในการละลายสูงสุดของตะกั่ว.....	40
4.13 ผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว.....	42
4.14 ภาพถ่าย SEM แสดงลักษณะของกากของแข็งที่เหลือจากการละลาย.....	44
4.14 พิกเอ็กซ์เรย์ของตัวอย่างกากของแข็งที่เหลือจากการละลาย.....	45

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและความเป็นมาของงานวิจัย

แร่ธาตุเป็นทรัพยากรที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติประเภทหมดเปลือง ไม่สามารถเกิดขึ้นทดแทนได้ในระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากแร่ธาตุเป็นทรัพยากรที่มีคุณค่าต่อการพัฒนาเศรษฐกิจ แร่ธาตุจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมายและมีแนวโน้มเพิ่มปริมาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ ตามความเจริญเติบโตของเศรษฐกิจ หากทรัพยากรแร่ธาตุเหล่านั้นถูกนำมาใช้โดยไม่มีประสิทธิภาพปราศจากการวางแผนและไม่มีการใช้ประโยชน์อย่างเป็นระบบ จะทำให้ได้รับผลตอบแทนต่ำและสูญเสียผลประโยชน์ข้างเคียงที่ควรจะได้รับ นอกจากนี้การนำทรัพยากรแร่ธาตุมาใช้ในปริมาณที่สูงขึ้น ไม่เพียงแต่จะทำให้ทรัพยากรแร่ธาตุร่อยหรอลงอย่างมากเท่านั้น แต่ยังส่งผลให้เกิดภาวะการเสื่อมโทรมของแหล่งแร่และส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสิ่งแวดล้อมด้วย

งานวิจัยนี้ได้นำกากแร่สังกะสี (Hot acid leach cake) ซึ่งเป็นกากแร่ที่เหลือใช้จากการถลุงสังกะสี จากโรงถลุงสังกะสีผาแดง จังหวัดตาก และถูกกำจัดทิ้งปีละหลายร้อยเมตริกตัน มาสกัดโลหะตะกั่วในรูปของสารละลายด้วยเทคโนโลยีโลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgy) โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสี พบว่ามีปริมาณของโลหะตะกั่วเป็นองค์ประกอบร้อยละ 25 จึงน่าจะเป็นอีกแหล่งกำเนิดหนึ่งที่สามารถนำมาผลิตโลหะตะกั่วได้ในประเทศได้ รองจากการผลิตโลหะตะกั่วที่ถลุงจากเศษแบตเตอรี่รถยนต์และถลุงจากแร่ตะกั่ว เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและชะลอการใช้แร่ธาตุในธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1.2.1 เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการละลายโลหะตะกั่วจากกากแร่สังกะสี ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย สัดส่วนปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย อุณหภูมิของสารละลาย และความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายที่มีผลต่อการละลายโลหะตะกั่วออกจากกากแร่สังกะสี

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลายตั้งแต่ 150 รอบ/นาทีถึง 450 รอบ/นาที โดยประมาณเพื่อให้ได้อัตราเร็วที่เหมาะสม

1.3.2 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง เพื่อให้ได้เวลาที่เหมาะสม

1.3.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายตั้งแต่ 100 กรัม/ลิตร ถึง 300 กรัม/ลิตร

1.3.4 ศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายตั้งแต่ 10 กรัม/ลิตร ถึง 80 กรัม/ลิตร

1.3.5 ศึกษาผลอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

1.3.6 ศึกษาความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายตั้งแต่ 0.1 โมล/ลิตร ถึง 0.5 โมล/ลิตร

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ช่วยให้ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการละลายโลหะตะกั่วจากกากแร่สังกะสี ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์

1.4.2 สามารถนำกากแร่สังกะสีที่ถูกทิ้งมาสกัดโลหะตะกั่วที่อยู่ในกากแร่เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าและชะลอการใช้แร่ธาตุในธรรมชาติที่มีอยู่อย่างจำกัด

1.4.3 ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากปริมาณกากแร่สังกะสี

บทที่ 2 การศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

2.1 แนวคิดและทฤษฎี

โลหวิทยาสารละลาย (Hydrometallurgy) เป็นเทคโนโลยีที่ว่าด้วยการสกัดและการแยกโลหะออกจากแร่ด้วยวิธีทางเคมี ส่วนใหญ่มักเป็นแร่เกรดต่ำ โดยใช้สารละลายที่มีน้ำเป็นส่วนประกอบสำคัญ (aqueous solution) ไปละลายโลหะที่ต้องการ เทคโนโลยีนี้ได้รับการพัฒนามาจากการแยกทองคำออกจากแร่เกรดต่ำเมื่อราวศตวรรษที่ 20

ขั้นตอนในการแยกโลหะออกจากแร่โดยเทคโนโลยีนี้ประกอบด้วย

1. การละลายโลหะหรือสารประกอบของโลหะในแร่ด้วยสารละลายที่เหมาะสม (leaching) แล้วแยกเอาแร่ที่ไม่ละลายออกจากสารละลายโดยวิธีการกรอง
2. การทำให้สารละลายที่มีโลหะละลายอยู่ให้บริสุทธิ์ (purification)
3. การแยกโลหะออกจากสารละลายที่บริสุทธิ์โดยการรีดิวซ์ด้วยโลหะอื่น (cementation) หรือแยกด้วยไฟฟ้า (electrolysis)

โดยมีกลไกของการละลายเกิดขึ้นดังนี้

1. สารตั้งต้นแพร่ผ่านสารละลายเข้าไปที่ผิวสัมผัสระหว่างของแข็งกับสารละลาย
2. เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นที่ผิวสัมผัส
3. ผลผลิตที่ได้แพร่ออกจากผิวสัมผัสไปยังสารละลาย

หนึ่งในขั้นตอนเหล่านี้ที่เป็นขั้นตอนช้าที่สุด จะเป็นขั้นตอนที่ควบคุมอัตราเร็วในการเกิด

ปฏิกิริยา (rate – limiting step)

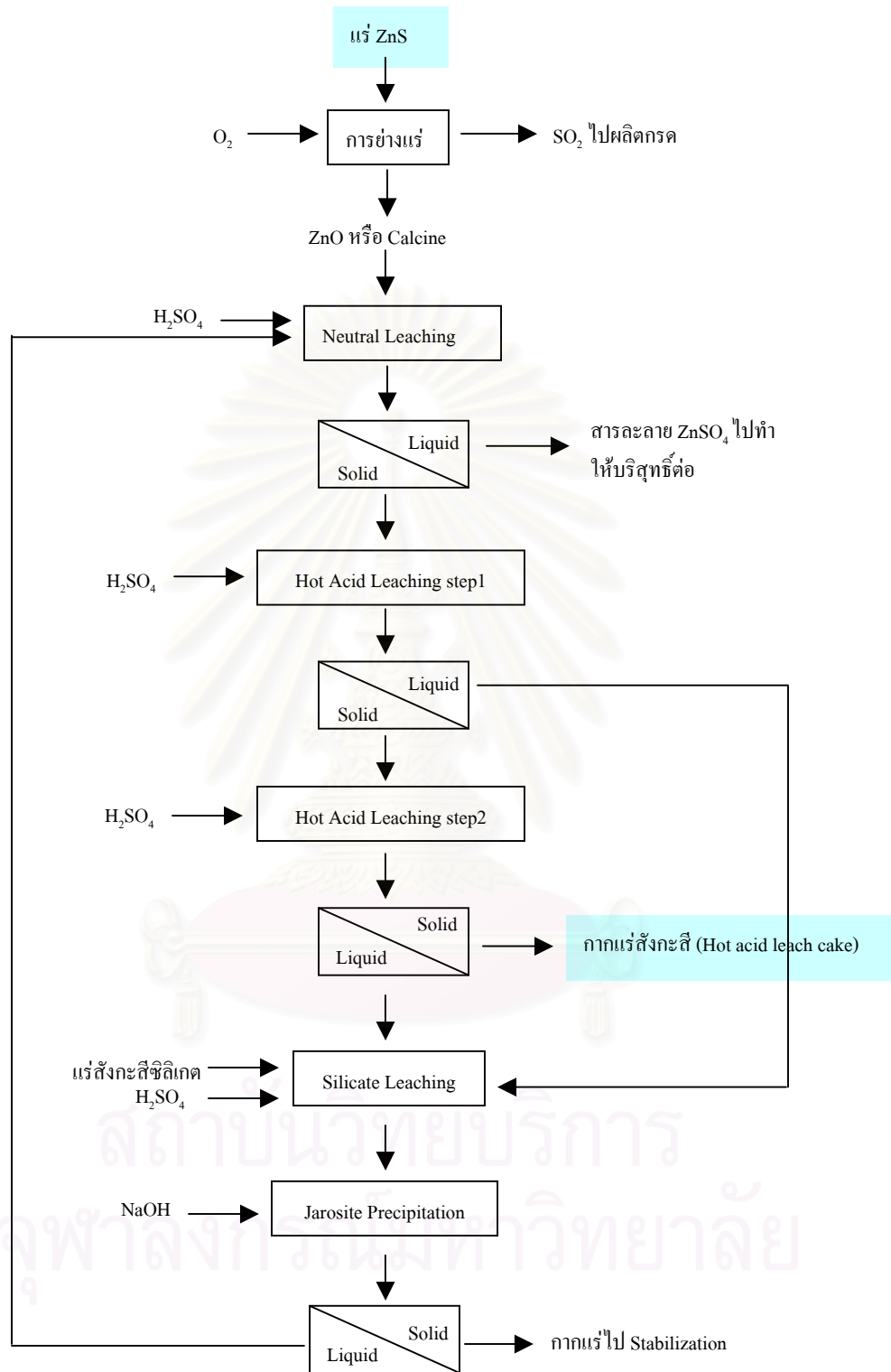
จากความรู้ด้านโลหวิทยาสารละลายนี้ ทำให้เกิดการศึกษและการทดลองเกี่ยวกับการละลายแร่เกรดต่ำหรือฝุ่นที่เกิดจากการถลุงโลหะ โดยศึกษาผลกระทบจากตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา เช่น อุณหภูมิ ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นต้น

2.2 กากแร่สังกะสี (Hot acid leach cake)

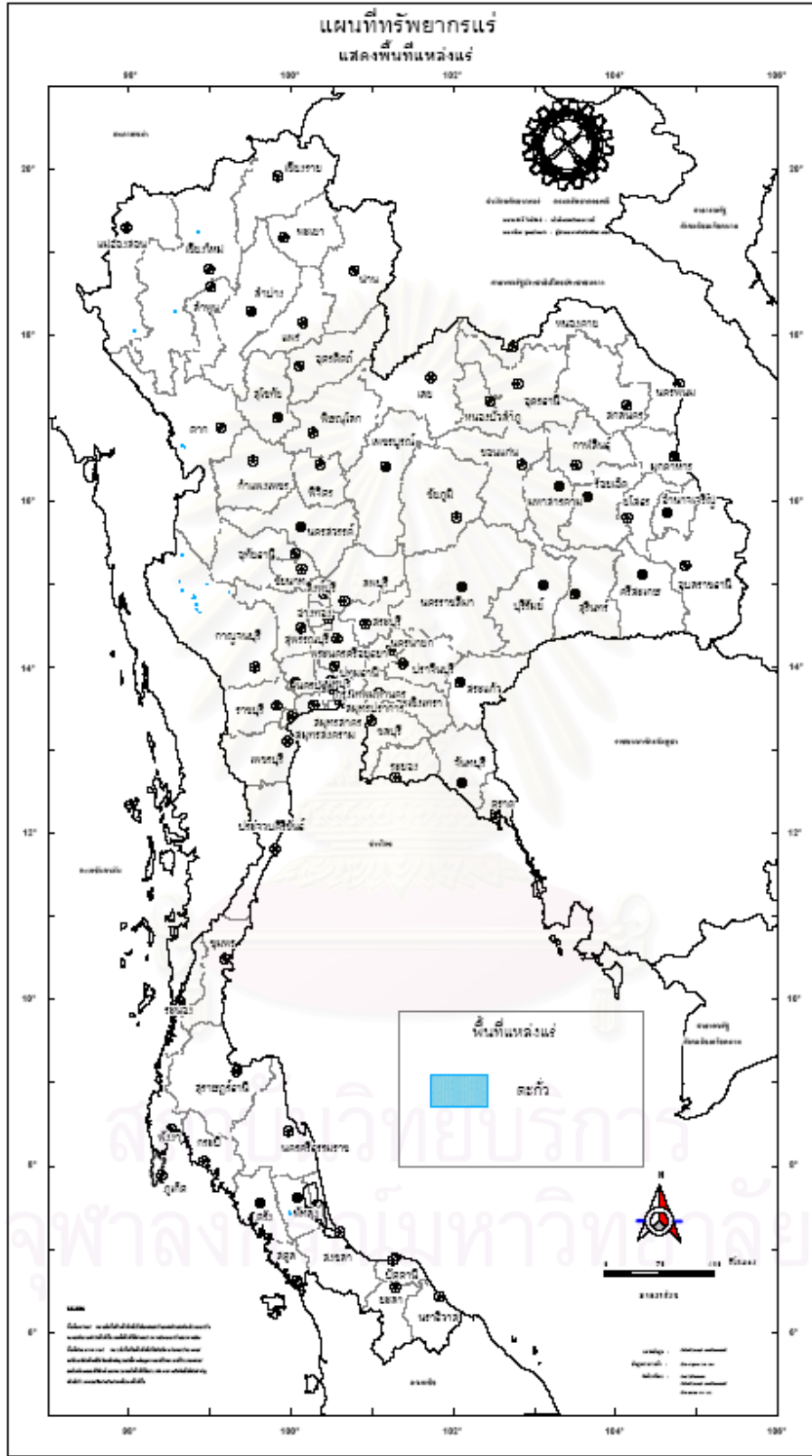
กากแร่สังกะสีเป็นกากแร่ที่เหลือจากการสกัดสังกะสีของบริษัท ผาแดง อินดิซเทรีย จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นบริษัทเอกชนที่ดำเนินธุรกิจเหมืองและโรงถลุงสังกะสี โดยใช้วัตถุดิบแร่สังกะสีประเภทซัลไฟด์และซัลไฟด์ วัตถุดิบส่วนใหญ่นำเข้าจากประเทศออสเตรเลียและทวีปอเมริกาใต้ กระบวนการผลิตโลหะสังกะสีแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 โดยนำแร่สังกะสีซัลไฟด์ (ZnS) มาย่าง (roasting) เพื่อให้แร่สังกะสีซัลไฟด์เปลี่ยนไปอยู่ในรูปออกไซด์หรือแคลไซน์ (calcine) หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการ neutral Leaching ซึ่งเป็นขั้นตอนการสกัดสังกะสีจากแคลไซน์ด้วยกรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ในภาวะที่ไม่รุนแรง ในขั้นตอนนี้จะได้สารละลายสังกะสีซัลเฟต ($ZnSO_4$) และของแข็งโดยสารละลายสังกะสีซัลเฟตถูกนำไปทำให้บริสุทธิ์ ส่วนของแข็งเข้าสู่กระบวนการ hot acid leaching step 1 และ 2 ซึ่งเป็นขั้นตอนสกัดสังกะสีด้วยกรดซัลฟูริกในภาวะที่มีความเป็นกรดสูงและมีอุณหภูมิสูง ในขั้นตอนนี้จะได้สารละลายและของแข็ง โดยสารละลายจาก hot acid leaching step ที่ 1 และ 2 เข้าสู่กระบวนการ silicate leaching ซึ่งเป็นขั้นตอนสกัดสังกะสีจากแร่สังกะสีซัลไฟด์ส่วนหนึ่งของแข็งที่ได้จากขั้นตอน Hot acid leaching step 2 ก็คือกากแร่สังกะสีซึ่งปัจจุบันทางบริษัทนำไปกำจัดทิ้งทั้งหมด ซึ่งมีอยู่หลายร้อย เมตริกตันต่อปี

2.3 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับโลหะตะกั่ว [1], [2], [3], [4], [5], [6]

ตะกั่ว (lead) คือธาตุที่มีเลขอะตอม 82 และมีสัญลักษณ์คือ Pb มาจากภาษาละตินว่า plumbum โลหะตะกั่วพบมากในรูปของตะกั่วซัลไฟด์ (PbS) ที่มีชื่อเรียกว่าแร่ กาลีนา (Galena) และตะกั่วคาร์บอเนต ($PbCO_3$) หรือเซรัสไซต์ (cerussite) มักพบอยู่ร่วมกับแร่สังกะสี แร่เหล็ก แร่พลวง และแร่ฟลูออไรต์ พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา สวีเดน พม่า ออสเตรเลีย สำหรับประเทศไทยพบมากที่จังหวัดกาญจนบุรี ตาก แม่ฮ่องสอน เชียงใหม่ และ พัทลุง แผนที่แสดงทรัพยากรแร่ตะกั่วแสดงไว้ในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.1 กระบวนการผลิตสังกะสีของบริษัท ผาแดง อินดัสทรี จำกัด (มหาชน)



รูปที่ 2.2 แผนที่ทรัพยากรแร่ตะกั่ว

โลหะตะกั่วเป็นโลหะที่มีความมันวาว มีสีเทาปนขาวแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 มีความหนาแน่นสูง มีน้ำหนักมาก ความอ่อนตัวสูง จุดหลอมเหลวต่ำ สภาพการนำไฟฟ้าต่ำ และมีสมบัติด้านการกัดกร่อนที่ดีสมบัติโดยทั่วไปของโลหะตะกั่วแสดงไว้ในตารางที่ 2.1



รูปที่ 2.3 ลักษณะของแร่ตะกั่วซัลไฟด์

ตารางที่ 2.1 สมบัติทั่วไปของโลหะตะกั่ว

ชื่อ ,สัญลักษณ์ทางเคมี	ตะกั่ว , Pb
เฟส	ของแข็ง
โครงสร้างผลึก	Face center cubic (FCC)
ความหนาแน่น (20 องศาเซลเซียส)	11.34 กรัม /ซม ³
จุดหลอมเหลว	327.46 องศาเซลเซียส
จุดเดือด	1,749 องศาเซลเซียส
ความต้านทานไฟฟ้า (20 องศาเซลเซียส)	208 nΩ·m
การนำความร้อน	35.3 W.m ⁻¹ .K ⁻¹
การขยายตัวจากความร้อน (25 องศาเซลเซียส)	28.9 μm/(m·K)
ความต้านทานแรงดึง	1.5 กิโลกรัม/มม. ²
พิกัดยืดหยุ่น	0.3 กิโลกรัม/มม. ²
อัตราการยืดตัว	60 %
ความแข็ง	5 HB

โลหะตะกั่วถูกค้นพบเมื่อประมาณมากกว่า 5000 ปี โดยนักประวัติศาสตร์ได้พบหลักฐานว่า ชาวกรีกโบราณได้รู้จักการถลุงโลหะตะกั่วและนำโลหะตะกั่วมาใช้มานานแล้ว ในประเทศไทยก็มีหลักฐานทางประวัติศาสตร์ที่บ่งชี้ว่ามีการใช้ประโยชน์จากโลหะตะกั่วมานานับพันปีเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในอำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งพบหลักฐานการผลิตโลหะตะกั่วในหลายพื้นที่ ได้แก่ หลุมขุดแร่แฝดที่เรียกว่า หลุมสองท่อ อุโมงค์ทำเหมืองขนาดเล็ก เบ้าหลอมตะกั่วที่ทำด้วยหินและดินเผา เป็นต้น

จากสมบัติของโลหะตะกั่วที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ประกอบกับราคาที่ไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับโลหะอื่น ๆ โลหะตะกั่วจึงถูกนำมาใช้ทำแผ่นเก็บประจุไฟฟ้าในแบตเตอรี่เนื่องจากไม่ทำปฏิกิริยากับกรดซัลฟูริกในอุณหภูมิปกติ นอกจากนี้ยังใช้ห่อหุ้มลวดและพันสายเคเบิลใต้ทะเลและใต้ดินเพื่อป้องกันการกัดกร่อนที่อาจเกิดขึ้นตามธรรมชาติ โลหะตะกั่วยังถูกใช้ในการผสมสีทาบ้าน ทาเรือ ทาสพานเพื่อป้องกันสนิมอีกด้วย

โลหะตะกั่วสามารถป้องกันอันตรายจากรังสีได้ดีมาก โดยเฉพาะรังสีแกมมาซึ่งมีอำนาจในการทะลุทะลวงที่สูง เนื่องจากโลหะตะกั่วมีความหนาแน่นที่สูงนั่นเอง จึงนิยมใช้ในการทำฉากกั้นการแผ่กระจายของรังสี อุปกรณ์สำหรับบรรจุไอโซโทปรังสี เสื้อตะกั่วรวมถึงอักษรตะกั่วที่ใช้ในการระบุรายละเอียดบนฟิล์มเอกซเรย์

นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่าโลหะตะกั่วที่มีโลหะอื่นผสมอยู่นั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดีเช่นกัน เช่น บล็อกสำหรับทำตัวพิมพ์มักจะทำด้วยตะกั่วผสมดีบุก เนื่องจากถ้าใช้ตะกั่วบริสุทธิ์ในการทำเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงอาจทำให้บล็อกเกิดการยืดหรือหดตัวได้ทำให้ขนาดตัวอักษรเสียรูปไป นอกจากนี้โลหะตะกั่วยังถูกนำไปผสมในเหล็ก พลวง และทองแดงเพื่อเพิ่มสมบัติในการกลึงไส

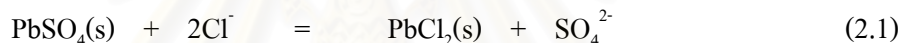
โลหะตะกั่วถูกนำไปใช้ในการผลิตหัวกระสุนปืนซึ่งโลหะตะกั่วมีสมบัติช่วยปรับปรุงและเพิ่มความแม่นยำเมื่อนำไปใช้งาน นอกจากนี้ยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเชื่อมแผงวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ตะกั่วบัดกรี รวมถึงอุตสาหกรรมยาฆ่าแมลงและอุตสาหกรรมกลั่นน้ำมันด้วย

อย่างไรก็ตามโลหะตะกั่วสามารถให้โทษแก่มนุษย์ได้เช่นกันหากร่างกายได้รับโลหะตะกั่วเข้าไป ทางกรมแพทยระบุว่าเมื่อใดก็ตามที่เลือด 1 เดซิลิตร มีตะกั่วเกิน 10 ไมโครกรัม ร่างกายอาจจะเป็นอันตราย ได้แก่ มีอาการปวดท้องอย่างรุนแรง เป็นโรคโลหิตจาง เยื่อหุ้มสมองอักเสบ หากได้รับโลหะตะกั่วตั้งแต่อายุยังน้อย จะทำให้เด็กมีพัฒนาการและเติบโตไม่เต็มที่ ระบบการได้ยินและสมองทำงานบกพร่อง และสติปัญญาจะเสื่อมถอย

2.4 ปฏิกริยาเคมีที่ใช้ในการละลายกากแร่สังกะสี

ในการสกัดสังกะสีจากหัวแร่สังกะสีซัลไฟด์โดยกรรมวิธีโลหวิทยาสารละลาย หัวแร่สังกะสีซัลไฟด์จะถูกเปลี่ยนสภาพจากซัลไฟด์ไปเป็นออกไซด์โดยการย่างแร่ ผลผลิตที่ได้เรียกว่าแคลไซน์ (calcine) สังกะสีในแคลไซน์จะอยู่ในรูปออกไซด์ ซัลเฟต เฟอร์ไรต์ และซัลไฟด์บางส่วน โดยส่วนประกอบหลักคือ สังกะสีออกไซด์ ทั้งสังกะสีออกไซด์และซัลเฟตละลายในสารละลายกรดซัลฟูริกที่ใช้ในการสกัดได้ดี แต่ในการละลายสังกะสีเฟอร์ไรต์ที่อยู่ในแคลไซน์ จำเป็นต้องใช้ความเข้มข้นของกรดและอุณหภูมิที่สูงขึ้นในขั้นตอนถัดไป กากที่เหลือจากการกรองจะมีโลหะตะกั่ว โลหะมีค่าที่มีอยู่เดิมในหัวแร่สังกะสี ตะกั่วในกากแร่นี้จะอยู่ในตะกั่วซัลเฟต ซึ่งละลายในสารละลายกรดซัลฟูริกได้ต่ำ จึงเป็นของแข็งตกค้างอยู่ในกากแร่

ตะกั่วซัลเฟตอาจถูกสกัดออกจากกากแร่สังกะสีได้โดยใช้สารละลายคลอไรด์ เพื่อเปลี่ยนรูปเป็นตะกั่วคลอไรด์ดังสมการ



แม้ความสามารถในการละลายของ PbCl_2 ในสารละลายมีค่าต่ำ แต่หากมีปริมาณคลอไรด์สูงขึ้นจะทำให้ PbCl_2 ถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปไอออนของตะกั่วคลอไรด์เชิงซ้อนซึ่งสามารถละลายอยู่ในสารละลายได้มากขึ้นดังสมการ



สารละลายคลอไรด์ที่สามารถใช้ได้อาจเป็นโซเดียมคลอไรด์ แคลเซียมคลอไรด์ แมกนีเซียมคลอไรด์ เป็นต้น

2.5 วรรณกรรมปริทรรศน์

Dragam Sinadinovic และคณะ [7] ได้ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการละลายตะกั่วซัลเฟตในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์และสารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์โดยแปรเปลี่ยนอุณหภูมิในช่วง 20 ถึง 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของแคลเซียมคลอไรด์ 2.5 ถึง 6 โมลาร์ ความเร็วในการกวน 125 ถึง 500 รอบต่อนาที ใช้เวลาไม่เกิน 240 นาที พบว่าปริมาณการละลายตะกั่วเพิ่มขึ้นตามความเร็วในการกวน อุณหภูมิ เวลา และความเข้มข้นของคลอไรด์ที่เพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาจากที่ได้จากการละลายจะพบชั้นที่มีความพรุนของ CaSO_4 บนผิวอนุภาค PbSO_4 เมื่อละลายในสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ แต่ไม่พบ MgSO_4 บนผิวอนุภาค PbSO_4 กรณีที่ใช้สารละลายแมกนีเซียมคลอไรด์ การละลายตะกั่วด้วยสารละลายคลอไรด์ถูกควบคุมโดยการแพร่ผสมกับปฏิกิริยาเคมีกล่าวคือเป็นการแพร่ผ่านชั้นของ CaSO_4 ในกรณีที่ใช้สารละลาย CaCl_2 และเป็นการแพร่ผ่านฟิล์มของเหลวในกรณีที่ใช้สารละลาย MgCl_2

R. Raghavan , P.K. Mohanan และ S.C. Patnaik [8] ได้ทดลองสกัดหัวแร่เงินซึ่งได้จากการลอยกากแร่สังกะสีเมื่อละลายหัวแร่ดังกล่าวด้วยกรดซัลฟูริก และตกตะกอนสังกะสีจากสารละลายด้วยโซเดียมซัลไฟด์แล้ว จะได้กากตะกอนที่มีตะกั่ว 8.8 เปอร์เซ็นต์ เงิน 0.293 เปอร์เซ็นต์ในรูปซัลเฟต และมีสังกะสี 40.3 เปอร์เซ็นต์ในรูป ZnS นำมาละลายด้วยโซเดียมคลอไรด์โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของ NaCl ปรับ pH ของสารละลายในช่วง 1.5 ถึง 2 ใช้ความหนาแน่นพัลพ์ (pulp density) 150 กรัม/ลิตร เวลา 30 นาที สามารถละลายตะกั่วได้ 57 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้น NaCl 100 กรัม/ลิตร เป็น 90 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 300 กรัม/ลิตร ในขณะที่ละลายเงินได้เพิ่มขึ้นจาก 17 เปอร์เซ็นต์ เป็น 75 เปอร์เซ็นต์ กรดไฮโดรคลอริกที่ผสมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ทำให้ละลายตะกั่วและเงินได้เพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความหนาแน่นของพัลพ์จาก 100 กรัม/ลิตร เป็น 300 กรัม/ลิตร มีผลให้ปริมาณการสกัดตะกั่วลดลงจาก 93 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 85 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณการสกัดเงินลดลงจาก 85 เปอร์เซ็นต์ เหลือ 74 เปอร์เซ็นต์ สารละลายตะกั่วคลอไรด์และเงินคลอไรด์ที่ได้ถูกแยกออกมาโดยใช้อะลูมิเนียมทำปฏิกิริยาซีเมนเตชันจะได้โลหะตะกั่วและเงิน

R. Raghavan , P.K. Mohanan และ S.R. Swankar [9] ได้ทดลองสกัดตะกั่วซัลเฟตจากกากแร่ของโรงถลุงสังกะสีที่ใช้กระบวนการโลหวิทยาสารละลาย ซึ่งมีตะกั่วประมาณ 21 เปอร์เซ็นต์โดยการละลาย PbSO_4 ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ในขั้นแรก แล้วตกตะกอนตะกั่วจากสารละลายในรูป PbS ด้วย Na_2S ตามปฏิกิริยา

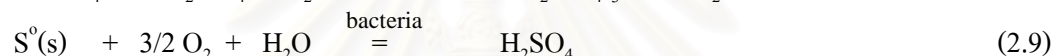
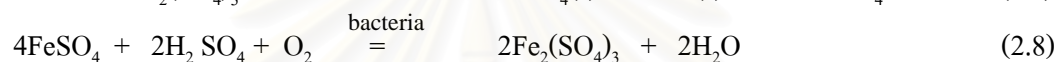


ตัวแปรที่ใช้ได้แก่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 10 ถึง 400 กรัม/ลิตร ปริมาณความเข้มข้นของ PbSO_4 ตั้งแต่ 5 ถึง 300 กรัม/ลิตร เวลาที่ใช้ตั้งแต่ 5 ถึง 30 นาที อุณหภูมิ 30 ถึง 90 องศาเซลเซียส และยังได้ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมซัลเฟตเริ่มต้นในสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การสกัดด้วย โดยการแปรเปลี่ยนปริมาณโซเดียมซัลเฟตในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 0 ถึง 500 กรัม/ลิตรใน ส่วนของการละลายกากแร่ที่มีตะกั่วซัลเฟตปนอยู่โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์พบว่าสามารถสกัด ตะกั่วได้เพียง 7 เปอร์เซ็นต์ เมื่อใช้ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 10 กรัม/ลิตร และสกัด ตะกั่วได้หมดในเวลา 15 นาที เมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ตั้งแต่ 200 กรัม/ลิตร ขึ้นไปที่ อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสและที่ความหนาแน่นของพัลพ์ 20 กรัม/ลิตร เงินในกากแร่ถูกสกัดออกมาได้ ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของตะกั่วซัลเฟตให้มากขึ้น (ใช้กากแรมมากขึ้น) ยัง คงสกัดตะกั่วออกมาได้หมดเมื่อใช้ความเข้มข้นของตะกั่วซัลเฟตไม่เกิน 25 กรัม/ลิตรที่ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร ตะกั่วถูกสกัดออกมาได้หมดในช่วงเวลาและอุณหภูมิที่ใช้เนื่องจากทำ การทดลองที่ความหนาแน่นของพัลพ์ต่ำพอ (20 กรัม/ลิตร) และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูง (300 กรัม/ลิตร) เมื่อผสมโซเดียมซัลเฟตในสารละลายโซเดียมคลอไรด์มากขึ้นมีผลให้สกัดตะกั่วได้ต่ำ ลง เช่นหากมีโซเดียมซัลเฟตในสารละลาย 50 และ 100 กรัมต่อลิตร ปริมาณตะกั่วที่สกัดได้เหลือเพียง 65 เปอร์เซ็นต์ และ 48 เปอร์เซ็นต์ตามลำดับ ซึ่งชี้ให้เห็นว่าการหมุนเวียนสารละลายที่ใช้สกัดตะกั่วจะมี ผลกระทบจากการสะสมของโซเดียมซัลเฟตที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสกัด

M. Deniz Turan และคณะ [10] ได้ทดลองสกัดสังกะสีและตะกั่วจากกากแร่ของโรงถลุง สังกะสีซึ่งเป็นกากที่เหลือจากกระบวนการสกัดที่ใช้ความร้อนโดยใช้เตา Waelz กากดังกล่าวประกอบด้วยสังกะสี 11.3 เปอร์เซ็นต์ ตะกั่ว 24.6 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 8.3 เปอร์เซ็นต์ และซัลเฟอร์ 5.2 เปอร์เซ็นต์ กรรมวิธีสกัดมีสองขั้นตอนเริ่มจากการผสมกากแร่กับกรดซัลฟูริกเข้มข้น แล้วทดลองเผาที่อุณหภูมิต่าง ๆ ตั้งแต่ 50 ถึง 800 องศาเซลเซียส ในขั้นแรกเพื่อเปลี่ยนสังกะสีออกไซด์และเฟอร์ริกออกไซด์ในกาก แร่ให้เป็นซัลเฟตซึ่งละลายน้ำได้ และจะเหลือตะกั่วในกากของแข็งในรูปตะกั่วซัลเฟต อุณหภูมิที่ใช้เผา ที่เหมาะสมคือ 200 องศาเซลเซียส จะได้กากของแข็งประกอบด้วยตะกั่ว 30.6 เปอร์เซ็นต์ , สังกะสี 1.6 เปอร์เซ็นต์ เหล็ก 4.7 เปอร์เซ็นต์ ซัลเฟอร์ 7.3 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นได้ทดลองสกัดตะกั่วในกากของแข็ง ออกไปโดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นตั้งแต่ 50 ถึง 300 กรัม/ลิตร ใช้ความหนาแน่น ของพัลพ์ 2 ถึง 300 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ใช้เวลาละลาย 30 นาที สามารถสกัดตะกั่ว

ออกมาได้ประมาณ 89 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้ความหนาแน่นของพัลฟ์ 20 กรัม/ลิตร และความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 200 กรัมต่อลิตร

M.X Liao และ T.L Deng [11] ได้ทดลองสกัดสังกะสีและตะกั่วจากสินแร่ซัลไฟด์ที่ประกอบด้วยสฟาเลอไรต์ (ZnS) ไพไรต์ (FeS₂) และกาไลนา (PbS) โดยการสกัดสังกะสีออกจากสินแร่ซัลไฟด์ก่อนโดยวิธี bacterial leaching ที่ pH ของสารละลาย 1.5 ถึง 4.0 ใช้อุณหภูมิ 20 ถึง 35 องศาเซลเซียส ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการต่อไปนี้



ตะกั่วซัลเฟตจะอยู่ในกากของแข็ง ได้นำไปทดลองสกัดตะกั่วด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ กรดไฮโดรคลอริก อุณหภูมิและเวลา ปริมาณการสกัดตะกั่วเพิ่มขึ้นอย่างมากเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 40 เป็น 60 องศาเซลเซียส การเพิ่มความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกจะช่วยให้สกัดตะกั่วได้เพิ่มขึ้น เมื่อใช้ปริมาณพัลฟ์ 5 กรัม/ลิตร และเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์จาก 140 เป็น 200 กรัมต่อ/ลิตร ในสารละลายที่มีกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมลาร์ อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จะสกัดตะกั่วได้เพิ่มขึ้นจาก 94 เปอร์เซ็นต์ เป็น 99 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 90 นาที นอกจากนี้ยังพบว่า การสกัดตะกั่วซัลเฟตด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ผสมกรดไฮโดรคลอริก ถูกควบคุมโดยปฏิกริยาเคมีโดยมีค่าพลังงานกระตุ้น (activation energy) เท่ากับ 44.35 กิโลจูล/โมล

ในการศึกษาครั้งนี้ จะหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีของโรงถลุงสังกะสีในประเทศไทยเพื่อให้สามารถสกัดตะกั่วออกมาใช้ประโยชน์ได้มากที่สุด

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 กากแร่สังกะสี (Hot acid leach cake)

กากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลองได้จากโรงถลุงสังกะสีผาแดง บริษัท ผาแดง อินดัสทรี จำกัด (มหาชน) จ.ตาก มีลักษณะทางกายภาพคล้ายดินเหนียว สีน้ำตาลอ่อน แสดงไว้ในรูปที่

3.1



รูปที่ 3.1 กากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง

3.1.2 สารเคมี

สารเคมีที่ใช้ในการทดลองเป็นเกรดที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทั้งหมด ได้แก่

3.1.2.1 โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 99.5 %

3.1.2.2 กรดไนตริก (HNO₃) 70 %

3.1.2.3 กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 37 %

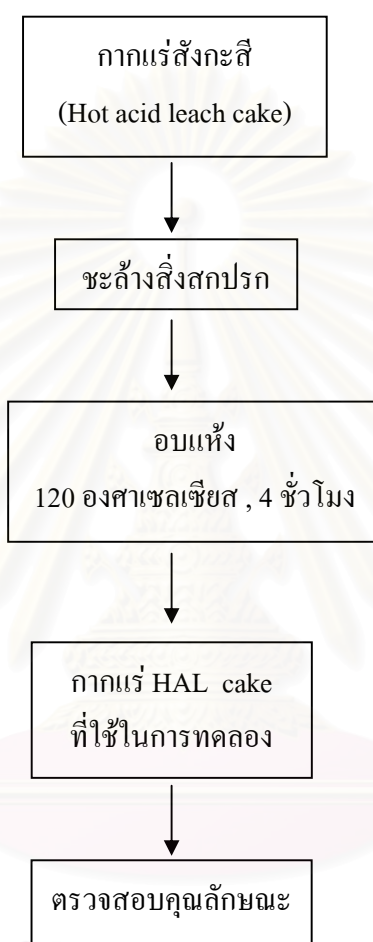
- 3.1.3 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
- 3.1.3.1 เครื่อง Hotplate stirrer (Schott)
 - 3.1.3.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าละเอียด (AB 304-S)
 - 3.1.3.3 เทอร์โมมิเตอร์
 - 3.1.3.4 แท่งแม่เหล็ก
 - 3.1.3.5 รีฟลักซ์คอนเดนเซอร์ (Reflux condenser)
 - 3.1.3.6 ภาชนะทำปฏิกิริยาแก้วฝาครอบมีช่องเปิดห้าช่อง
 - 3.1.3.7 นาฬิกาจับเวลา
 - 3.1.3.8 เดสซิเคเตอร์
 - 3.1.3.9 ครกบดสาร
 - 3.1.3.10 เตาอบไล่ความชื้น
 - 3.1.3.11 เครื่องกรองสุญญากาศ
 - 3.1.3.12 กระดาษกรองเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม. เบอร์ 4 (whatman)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2 วิธีดำเนินการทดลอง

3.2.1 การเตรียมกากแร่สังกะสี ที่ใช้ในการทดลอง



รูปที่ 3.2 แผนภาพแสดงขั้นตอนการเตรียมกากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง

3.2.1.1 การชะล้างสิ่งสกปรก (Water leaching) นำกากแร่สังกะสีมาใส่ในบีกเกอร์ขนาด 1000 ml ปริมาณ $\frac{1}{2}$ ของบีกเกอร์ จากนั้นใส่น้ำสะอาดลงไปจนเกือบเต็มบีกเกอร์ คนให้ละลายเป็นเนื้อเดียวกัน กรองเศษหินและสิ่งสกปรกขนาดใหญ่ด้วยกระชอน ทิ้งไว้ให้ตกตะกอน จากนั้นเทส่วนที่เป็นของเหลวทิ้ง ทำการล้างด้วยน้ำสะอาดและทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 2-3 ครั้ง และตามด้วยขั้นตอนการล้างด้วยน้ำกลั่นเป็นขั้นตอนสุดท้าย

3.2.1.2 การอบแห้ง (drying) นำตะกอนที่ได้จากขั้นตอนการชะล้างเทใส่กระจกนาฬิกา นำเข้าเตาอบแล้วอบด้วยอุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 ชั่วโมง แล้วทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำตะกอนที่ผ่านการอบบรรจุในถุงซิปลแล้วเก็บในเคสซิเคเตอร์

3.2.1.3 การตรวจสอบคุณลักษณะ

- ตรวจสอบลักษณะของกากแร่สังกะสี ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (SEM)
- ตรวจสอบองค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสีด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (XRD) และเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (XRF)
- ตรวจสอบขนาดและการกระจายตัวของกากแร่สังกะสีด้วยเครื่องวิเคราะห์อนุภาค

3.2.2 การทดลอง

3.2.2.1 ศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย

ศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลายตั้งแต่ 150 รอบ/นาที ถึง 450 รอบ/นาที โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้ ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร, ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร, อุณหภูมิห้อง และ เวลา 1 ชั่วโมง ตารางที่ 3.1 แสดงสภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราเร็วในการกวนสารละลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของอัตราเร็วในการกวนสารละลาย

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อ ปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
1	20	300	28	60	150
2	20	300	28	60	250
3	20	300	28	60	350
4	20	300	28	60	450

3.2.2.2 ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาตั้งแต่ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง โดยใช้สภาวะการทดลอง ดังนี้ อัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที, ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร, ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร และ อุณหภูมิห้อง ตาม ตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อ ปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
5	20	300	28	5	450
6	20	300	28	10	450
7	20	300	28	20	450
8	20	300	28	30	450
9	20	300	28	45	450
10	20	300	28	60	450
11	20	300	28	90	450
12	20	300	28	120	450

3.2.2.3 ศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย

ศึกษาความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายตั้งแต่ 100 กรัม/ลิตร ถึง 300 กรัม/ลิตร โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้ อัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที, ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร, เวลา 1 ชั่วโมง และ อุณหภูมิห้อง ตามที่แสดงในตารางที่ 3.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.3 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อ ปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
13	20	100	28	60	450
14	20	150	28	60	450
15	20	200	28	60	450
16	20	250	28	60	450
10	20	300	28	60	450

3.2.2.4 ศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย

ศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 10 กรัม/ลิตร ถึง 80 กรัม/ลิตร โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้ อัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที, ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร, เวลา 1 ชั่วโมง และ อุณหภูมิห้อง ตามที่ปรากฏในตารางที่ 3.4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลาย

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อ ปริมาณสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
17	10	300	28	60	450
10	20	300	28	60	450
18	40	300	28	60	450
19	60	300	28	60	450
20	80	300	28	60	450

3.2.2.5 ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาดังแต่อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้ อัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที, ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร, ปริมาณกากแร่ต่อปริมาณสารละลาย 20 กรัม/ลิตร และเวลา 1 ชั่วโมง ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 3.5

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 สภาวะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อ ปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
20	80	300	28	60	450
21	80	300	40	60	450
22	80	300	60	60	450
23	80	300	80	60	450

3.2.2.6 ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย

ศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายตั้งแต่ 0.1 โมล/ลิตร ถึง 0.5 โมล/ลิตร โดยใช้สภาวะการทดลองดังนี้ อัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที, ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร, ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร เวลา 1 ชั่วโมง และ อุณหภูมิห้อง รายละเอียดปรากฏตามตารางที่ 3.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

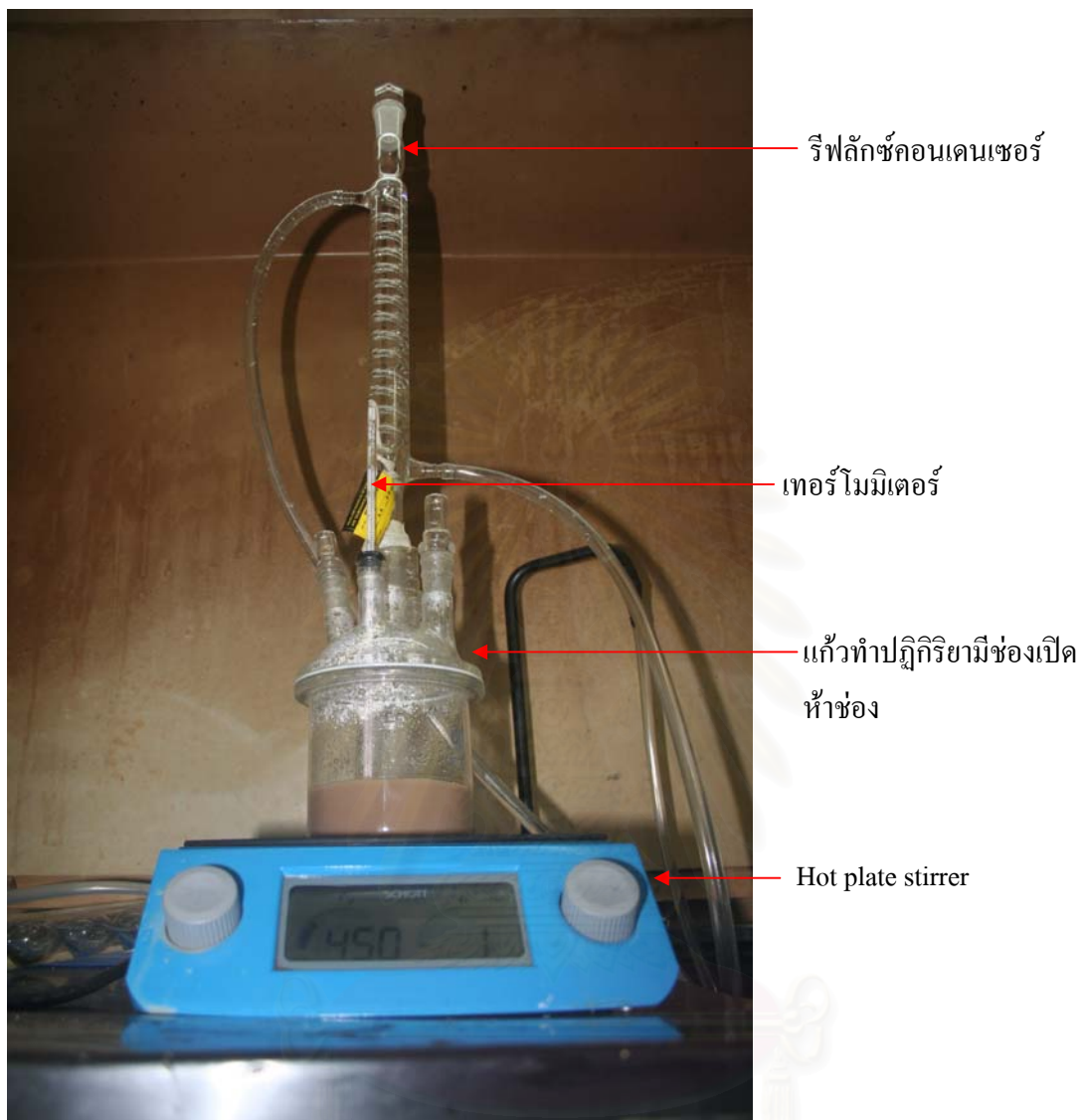
ตารางที่ 3.6 สถานะที่ใช้ในการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกใน
สารละลาย

การทดลอง ชุดที่	ปริมาณ กากแร่ ต่อปริมาตร สารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความ เข้มข้นของ โซเดียม คลอไรด์ใน สารละลาย (กรัม/ลิตร)	ความ เข้มข้นของ กรดไฮโดร คลอริกใน สารละลาย (โมล/ลิตร)	อุณหภูมิ (องศา เซลเซียส)	เวลา (นาที)	อัตราเร็วใน การกวน สารละลาย (รอบ/นาที)
20	80	300	0.0	28	60	450
24	80	300	0.1	28	60	450
25	80	300	0.3	28	60	450
26	80	300	0.5	28	60	450

3.2.2.7 วิธีการทดลอง

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยภาชนะทำปฏิกิริยาแก้วพร้อมฝาครอบที่มีช่องเปิดห้าช่อง สำหรับใส่ตัวอย่างกากแร่สังกะสี ติดตั้งเทอร์โมมิเตอร์เพื่อวัดอุณหภูมิของสารละลายตลอดเวลาทำการทดลอง และติดตั้งรีฟลักซ์คอนเดนเซอร์เพื่อลดการสูญเสียสารละลายเนื่องจากการระเหยโดยใช้ปริมาณของสารละลาย 250 มิลลิลิตร วางภาชนะทำปฏิกิริยาดังกล่าวบนเตาต้มสารละลาย (hot plate) ที่สามารถปรับอุณหภูมิและอัตราเร็วในการกวนได้ โดยใช้แท่งแม่เหล็กในการกวน รูปที่ 3.3 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง โดยมีลำดับการทดลองดังต่อไปนี้

- 3.2.2.7.1 ชั่งกากแร่สังกะสีตามปริมาณที่กำหนด และบดกากแร่ด้วยครกบดสาร
- 3.2.2.7.2 เตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตรตามความเข้มข้นที่กำหนด
- 3.2.2.7.3 ใส่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ในภาชนะทำปฏิกิริยา และแท่งแม่เหล็กที่ใช้ในการกวน ปิดฝาครอบ ติดตั้งรีฟลักซ์คอนเดนเซอร์และเทอร์โมมิเตอร์
- 3.2.2.7.4 เปิดสวิทช์เครื่องกวนและสวิทช์อุณหภูมิเมื่อสารละลายมีอุณหภูมิที่กำหนดจึงใส่กากแร่ลงในสารละลาย
- 3.2.2.7.5 เมื่อถึงเวลาที่กำหนด ชักตัวอย่างสารละลายด้วยปิเปตจำนวน 25 มิลลิลิตร กรองสารละลายที่ได้ด้วยเครื่องกรองสุญญากาศ
- 3.2.2.7.6 ชักตัวอย่างสารละลายที่กรองแล้วด้วยปิเปต จำนวน 2 มิลลิลิตรเจือจางด้วยสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร
- 3.2.2.7.7 วิเคราะห์หาปริมาณโลหะตะกั่วในสารละลายด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic absorption spectrophotometer)



รูปที่ 3.3 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลอง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

4.1 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะของกากแร่สังกะสีก่อนการสกัด

4.1.1 ลักษณะของกากแร่และองค์ประกอบ

กากแร่สังกะสีที่ผ่านการชะล้างสิ่งสกปรก และอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลานาน 4 ชั่วโมง ถูกนำไปตรวจสอบลักษณะ องค์ประกอบทางเคมี ขนาดและการกระจายตัว

รูปที่ 4.1 เป็นภาพถ่าย SEM แสดงให้เห็นลักษณะของกากแร่สังกะสีซึ่งมีรูปร่างค่อนข้างกลม บางส่วนจับตัวเป็นก้อนและบางส่วนมีลักษณะเป็นแท่งยาว

จากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์พบว่า ตะกั่วในกากแร่สังกะสีอยู่ในรูปตะกั่วซัลเฟต ($PbSO_4$) และมีองค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) และ แคลเซียมซัลเฟตไฮเดรต ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ($CaSO_4 \cdot 0.5H_2O$) ตามที่ปรากฏในรูปที่ 4.2

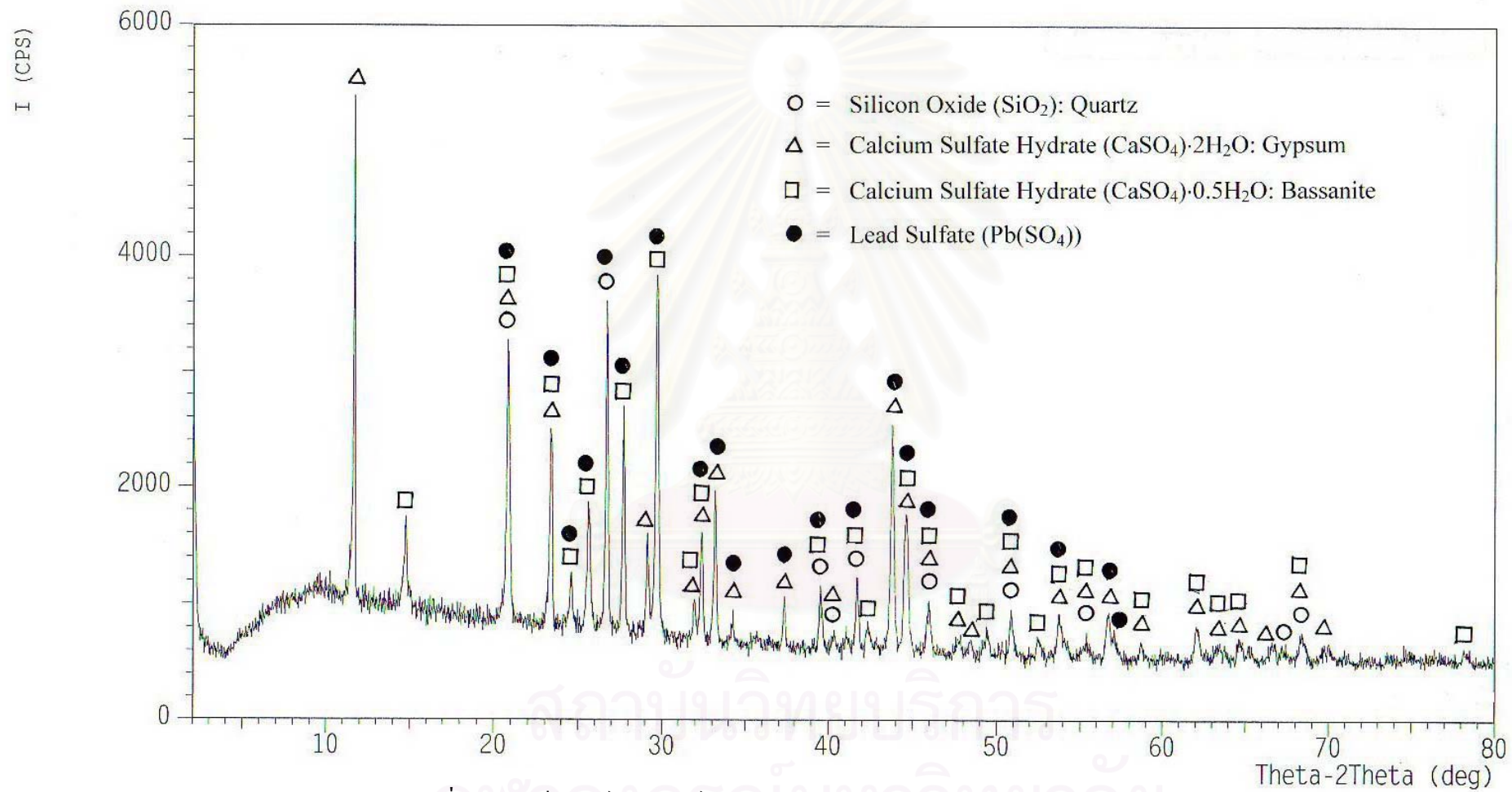
ส่วนปริมาณธาตุต่างๆของกากแร่สังกะสีซึ่งวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (XRF) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.1 ซึ่งมีตะกั่วอยู่ในกากแร่ในปริมาณ 25.25 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนี้จากการวิเคราะห์กากแร่สังกะสีส่วนที่มีรูปร่างค่อนข้างกลมและส่วนที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาวด้วยเครื่อง Dispersive X-Ray analysis (EDX) พบว่ากากแร่ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลมนั้นประกอบด้วยธาตุตะกั่ว ซิลิกอน กำมะถัน และออกซิเจน เป็นองค์ประกอบหลัก ส่วนกากแร่ที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาวมีธาตุ แคลเซียม ออกซิเจน และ กำมะถันเป็นองค์ประกอบซึ่งระบุได้ว่าเป็นแคลเซียมซัลเฟต ตามที่ปรากฏในรูปที่ 4.3 และ 4.4 ตามลำดับ



รูปที่ 4.1 ภาพถ่าย SEM แสดงลักษณะของกอกแร่สังกะสีที่ผ่านการล้างและอบให้แห้ง

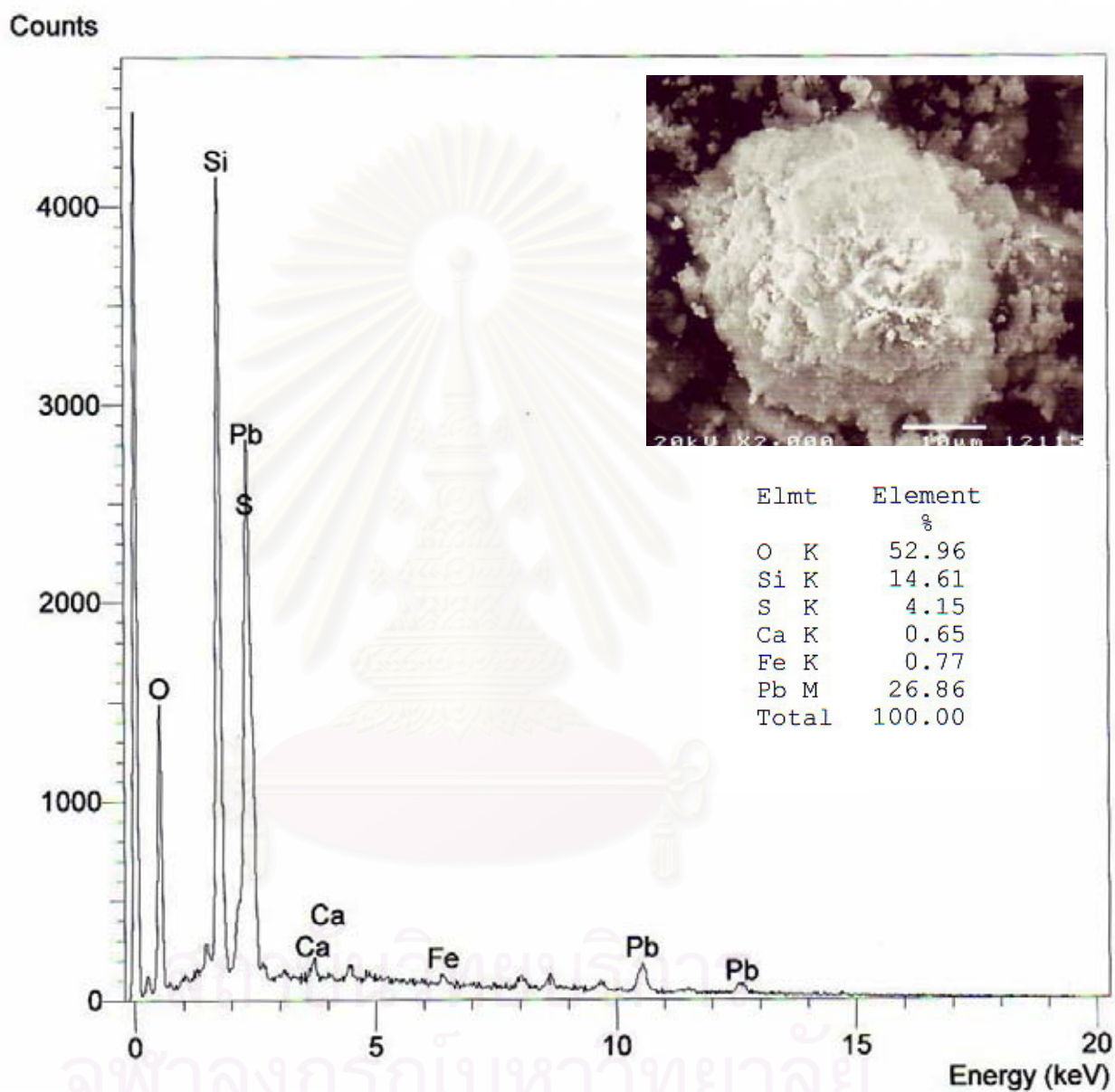
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



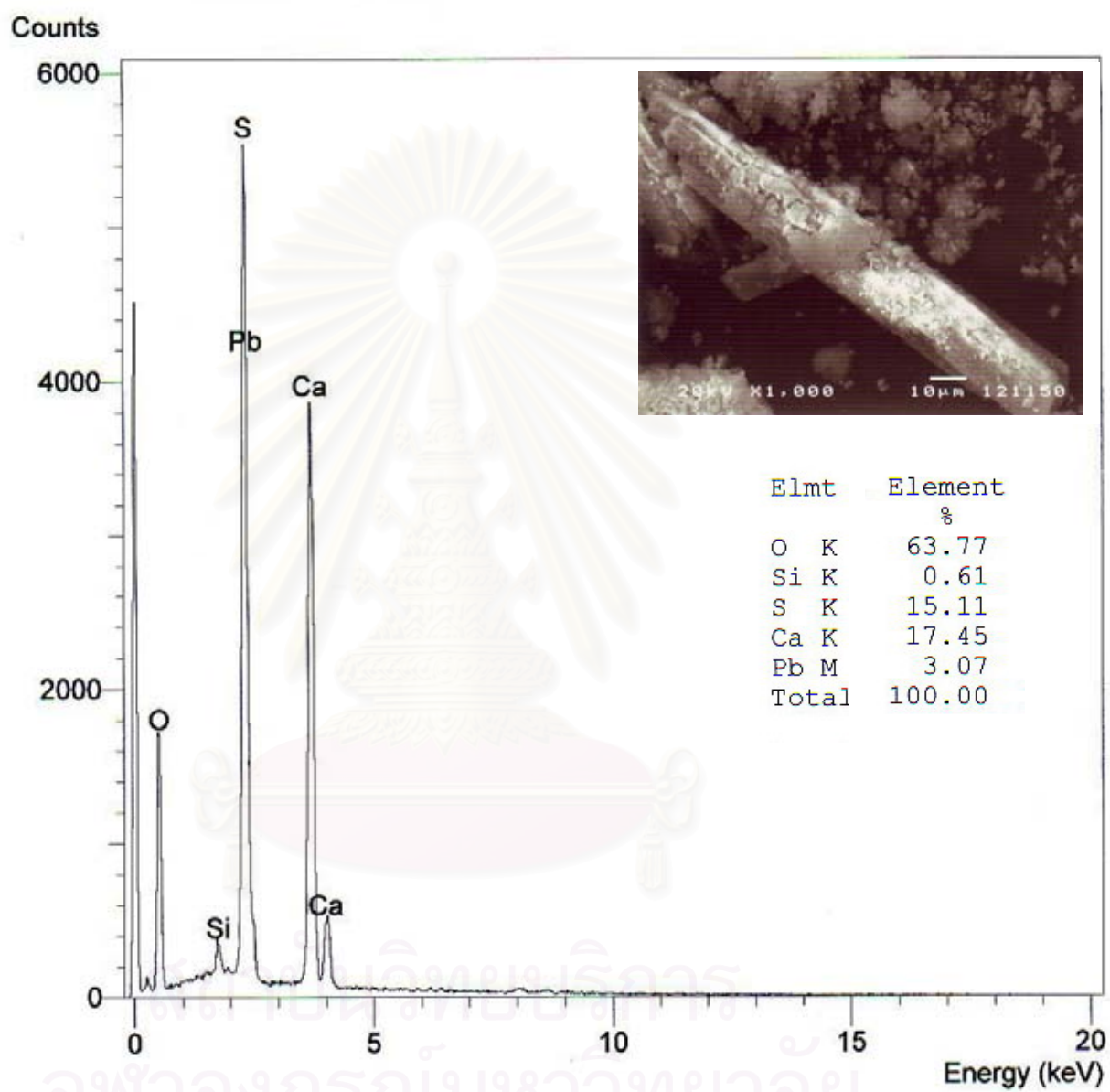
รูปที่ 4.2 พิกเอกซเรย์แสดงองค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสีก่อนการสกัด

ตารางที่ 4.1 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสี

ธาตุ	ปริมาณธาตุที่พบในกากแร่สังกะสี (%)
O	37.31
Na	0.03
Mg	0.05
Al	0.63
Si	11.67
S	10.97
K	0.16
Ca	8.64
Fe	2.67
Zn	0.76
Sr	0.15
Ag	0.12
Ba	1.49
Pb	25.25
Bi	0.10
รวม	100



รูปที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่ที่มีรูปร่างค่อนข้างกลม



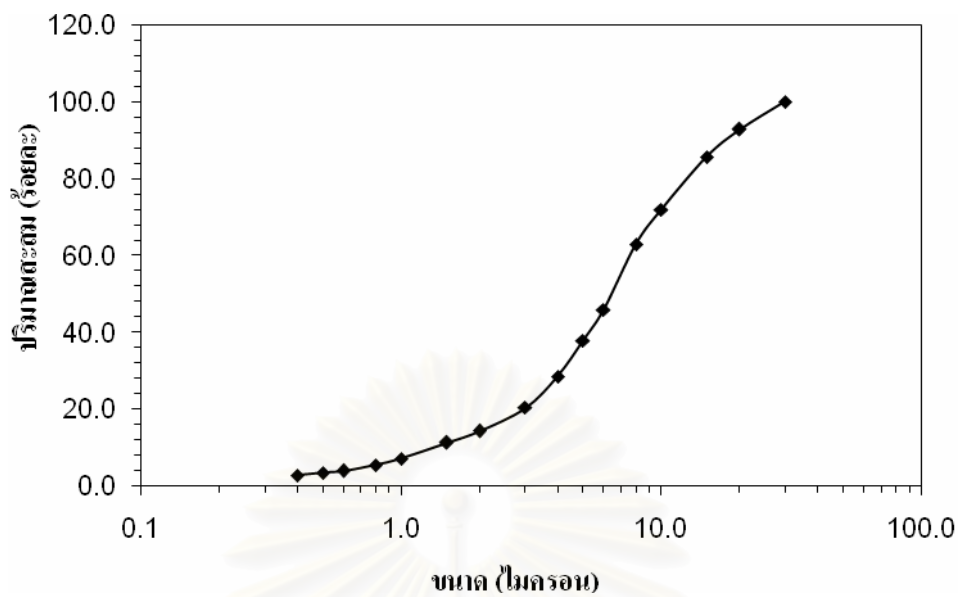
รูปที่ 4.4 องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่ที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาว

4.1.2 ขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาคกากแร่

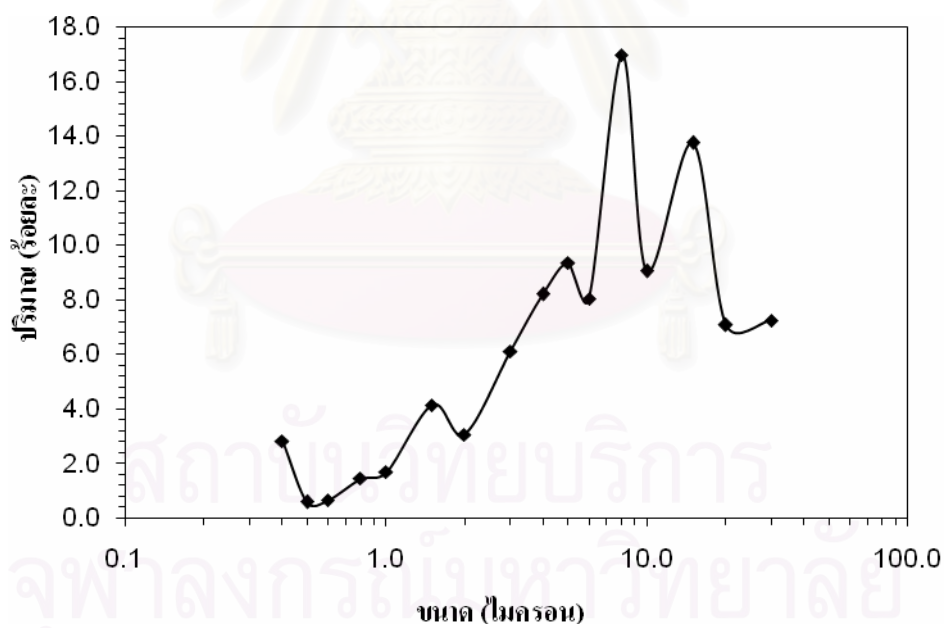
ผลการตรวจสอบขนาดและการกระจายขนาดของอนุภาคกากแร่ด้วยวิธี Homogeneous suspension พบว่ากากแร่มีขนาดเล็กกว่า 30 ไมครอน ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอนมีมากกว่า 70 เปอร์เซ็นต์ ขนาดอนุภาคเฉลี่ยประมาณ 6.5 ไมครอน ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และ รูปที่ 4.5-4.6

ตารางที่ 4.2 การกระจายขนาดของอนุภาคกากแร่สังกะสี

ขนาดอนุภาค (ไมครอน)	ปริมาณ (ร้อยละ)	ปริมาณสะสม (ร้อยละ)
<0.4	2.8	2.8
0.4-0.5	0.6	3.4
0.5-0.6	0.6	4.0
0.6-0.8	1.4	5.4
0.8-1.0	1.7	7.1
1.0-1.5	4.1	11.2
1.5-2.0	3.0	14.3
2.0-3.0	6.1	20.4
3.0-4.0	8.2	28.6
4.0-5.0	9.3	37.9
5.0-6.0	8.0	45.9
6.0-8.0	17.0	62.9
8.0-10.0	9.0	71.9
10.0-15.0	13.7	85.7
15.0-20.0	7.1	92.7
20.0-30.0	7.2	100



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกากแร่และปริมาณสะสม



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของกากแร่และปริมาณ

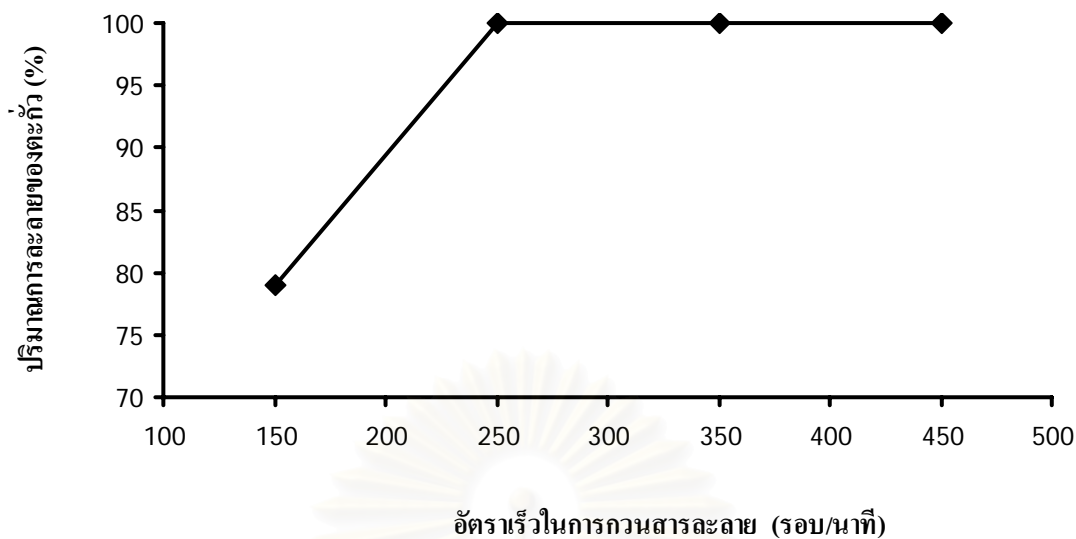
4.2 ผลการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีโดยการละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์

4.2.1 ผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย

ในการศึกษาผลของอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย ได้ทดลองที่อัตราเร็ว 150, 250, 350 และ 450 รอบ/นาที ในขณะที่ควบคุมสภาวะการทดลองอื่นให้คงที่โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง และใช้เวลา 60 นาที ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.3 และพล็อตเป็นกราฟระหว่างปริมาณการละลายของตะกั่วเป็นเปอร์เซ็นต์กับอัตราเร็วในการกวนดังรูปที่ 4.7 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าปริมาณการสกัดตะกั่วเพิ่มขึ้นเมื่อใช้อัตราเร็วในการกวนสูงขึ้น ที่อัตราเร็วในการกวน 150 รอบต่อนาที สามารถสกัดตะกั่วได้ 79 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองนี้พบว่าหากใช้อัตราเร็วในการกวนตั้งแต่ 250 รอบต่อนาทีขึ้นไปก็ไม่มีผลต่อปริมาณการสกัดตะกั่วแล้วและสามารถละลายตะกั่วออกมาได้หมด 100 เปอร์เซ็นต์ที่อัตราเร็วตั้งแต่ 250 รอบ/นาทีขึ้นไป จากผลที่ได้จึงเลือกใช้อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาทีสำหรับการทดลองที่สภาวะอื่น เพื่อจัดผลของอัตราเร็วในการกวนออกไป

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่อัตราเร็วในการกวนต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง และ เวลา 60 นาที

การทดลองชุดที่	อัตราเร็วในการกวนสารละลาย (รอบ/นาที)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
1	150	79.05
2	250	100
3	350	100
4	450	100



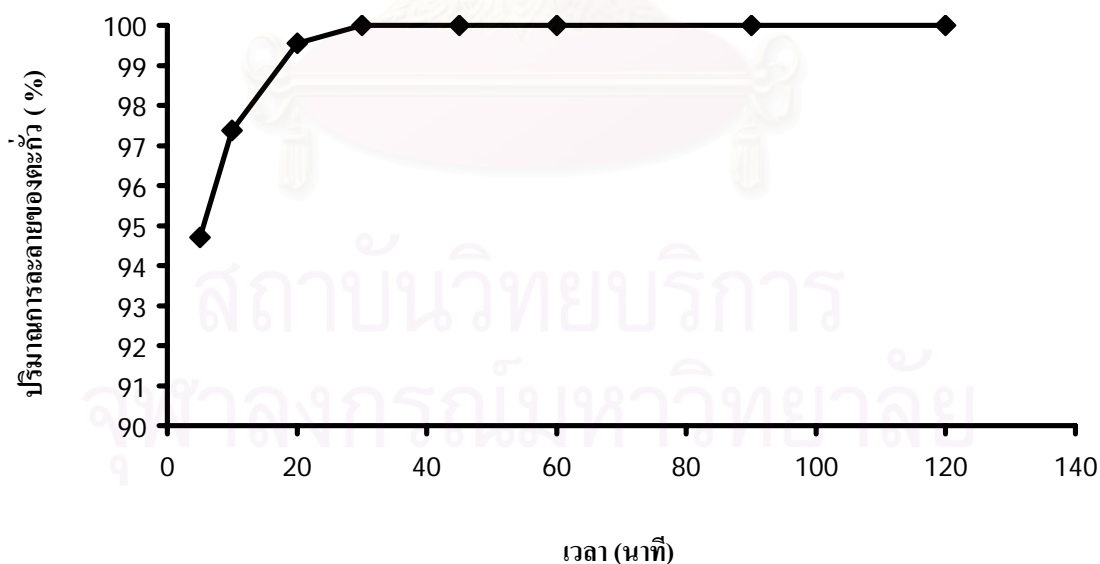
รูปที่ 4.7 ผลของอัตราเร็วในการกวนสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง เวลา 60 นาที)

4.2.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

ในการศึกษาผลของเวลาที่ใช้ในการละลายตะกั่วออกจากกากแร่สังกะสี ได้ใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง โดยแปรเปลี่ยนเวลาที่ใช้ในการละลาย ตั้งแต่ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง ได้ผลการละลายดังตารางที่ 4.4 การใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นทำให้สกัดตะกั่วได้มากขึ้น ที่สภาวะที่ใช้สามารถละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีได้มากกว่า 94 เปอร์เซ็นต์ในเวลา 5 นาทีและละลายตะกั่วได้หมดในเวลา 30 นาที รูปที่ 4.8 เป็นกราฟแสดงผลของเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการละลายของตะกั่ว ณ เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง

การทดลองชุดที่	เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
5	5	94.70
6	10	97.37
7	20	99.55
8	30	100
9	45	100
10	60	100
11	90	100
12	120	100



รูปที่ 4.8 ผลของเวลาที่ใช้ทำปฏิกิริยาต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที)

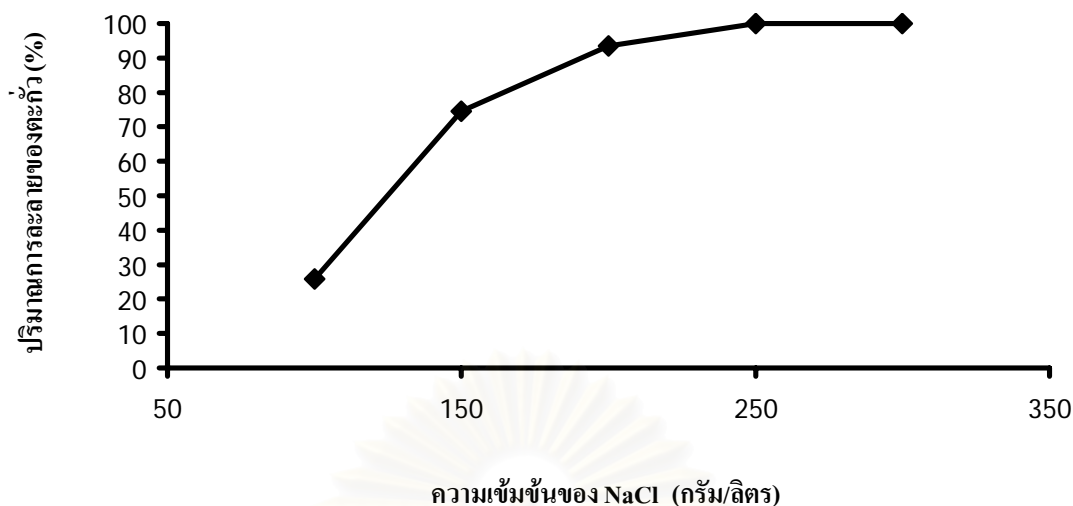
4.2.3 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย

เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายที่ใช้ในการละลายตะกั่วออกจากกากแร่สังกะสี ได้ทดลองแปรเปลี่ยนความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ 100, 150, 200, 250 และ 300 กรัม/ลิตร โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลที่ได้เป็นไปตามตารางที่ 4.5 และพล็อตเป็นกราฟระหว่างปริมาณการละลายของตะกั่วเป็นเปอร์เซ็นต์กับผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในรูปที่ 4.9 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าตะกั่วสามารถละลายออกมาได้มากขึ้นเมื่อความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายสูงขึ้น ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 100 กรัม/ลิตร สามารถสกัดตะกั่วได้เพียง 25.8 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้นเป็น 93.5 เปอร์เซ็นต์ที่ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ 200 กรัม/ลิตร เมื่อใช้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายตั้งแต่ 250 กรัม/ลิตรขึ้นไปสามารถสกัดตะกั่วจากกากแร่ได้หมด

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ใช้ควรมีปริมาณโซเดียมคลอไรด์สูง อย่างไรก็ตามหากใช้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์สูงเกินไป โซเดียมคลอไรด์จะละลายในสารละลายไม่หมด เนื่องจากความสามารถในการละลายถึงจุดอิ่มตัว โซเดียมคลอไรด์สามารถละลายน้ำได้สูงสุด 350 กรัมต่อลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 4.5 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
13	100	25.84
14	150	74.59
15	200	93.55
16	250	100
10	300	100



รูปที่ 4.9 ผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที เวลา 60 นาที)

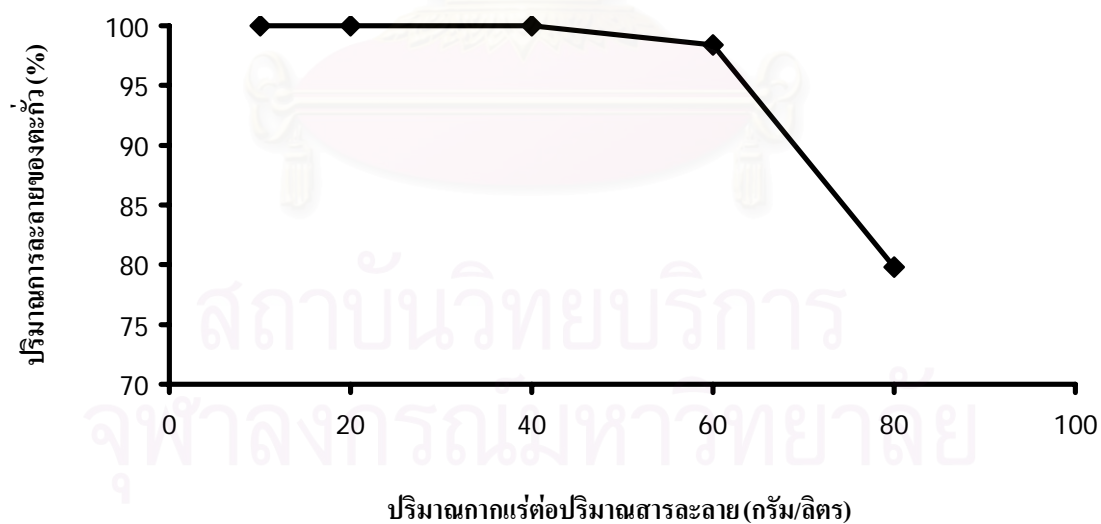
4.2.4 ผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย

เพื่อศึกษาผลของปริมาณกากแร่สังกะสีต่อปริมาตรสารละลายที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว ได้ทดลองใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายที่ 10, 20, 40, 60 และ 80 กรัม/ลิตร ใช้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ปรากฏผลตามตารางที่ 4.6 และพล็อตเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณกากแร่สังกะสีต่อปริมาตรสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่วในรูปที่ 4.10 เมื่อใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายในปริมาณที่ต่ำกว่าคือ ไม่เกิน 40 กรัม/ลิตร สามารถสกัดตะกั่วจากกากแร่ได้หมด เมื่อใช้ปริมาณกากแร่เพิ่มขึ้นเป็น 60 กรัม/ลิตร เปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่วลดลงเล็กน้อยได้ประมาณ 98.4 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อใช้ปริมาณกากแร่สูงขึ้นเป็น 80 กรัม/ลิตร สามารถละลายตะกั่วได้ 79.8 เปอร์เซ็นต์ทั้งนี้เพราะปริมาณตะกั่วที่ละลายออกมาอยู่ในสารละลายที่ใช้อิ่มตัวแล้วซึ่งคำนวณค่าความสามารถในการละลายของตะกั่วในสารละลายดังกล่าวมีค่าสูงสุดที่ประมาณ 16.1 กรัม/ลิตร การเพิ่มปริมาณกากแร่ที่จะละลายขึ้นอีกจะยิ่งทำให้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วที่ได้ต่ำลงภายใต้สภาวะการทดลองนี้ แต่หากเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายที่ใช้ให้สูงกว่า 300 กรัม/ลิตร กล่าวคือเพิ่มปริมาณคลอไรด์ไอออนในสารละลายให้มากขึ้น

อาจจะทำให้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วมากขึ้นตามที่ได้อภิปรายไว้ในหัวข้อผลของความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ แต่ต้องคำนึงถึงจุดอิ่มตัวของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายด้วย

ตารางที่ 4.6 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ปริมาณกากแร่สังกะสีต่อปริมาตรสารละลายต่าง ๆ โดยใช้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่	ปริมาณกากแร่สังกะสีต่อปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
17	10	100
10	20	100
18	40	100
19	60	98.41
20	80	79.78



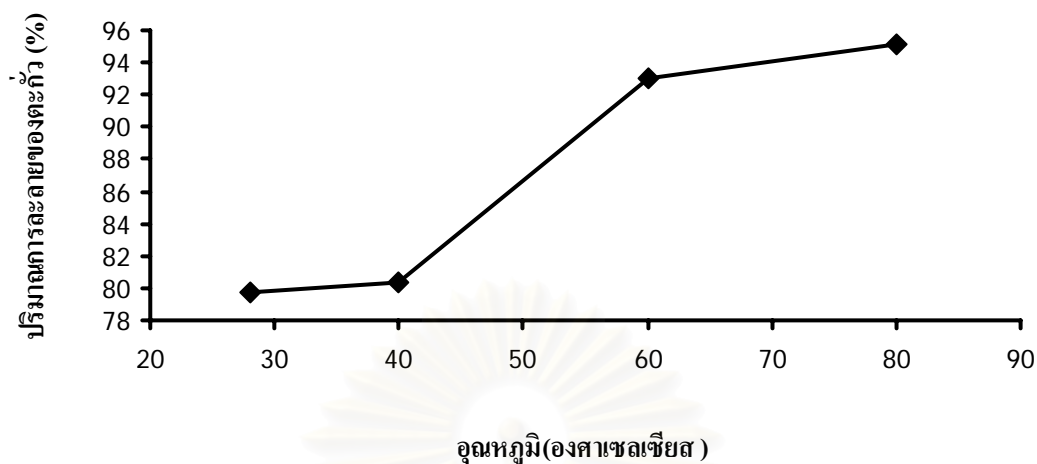
รูปที่ 4.10 ผลของปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที เวลา 60 นาที)

4.2.5 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา

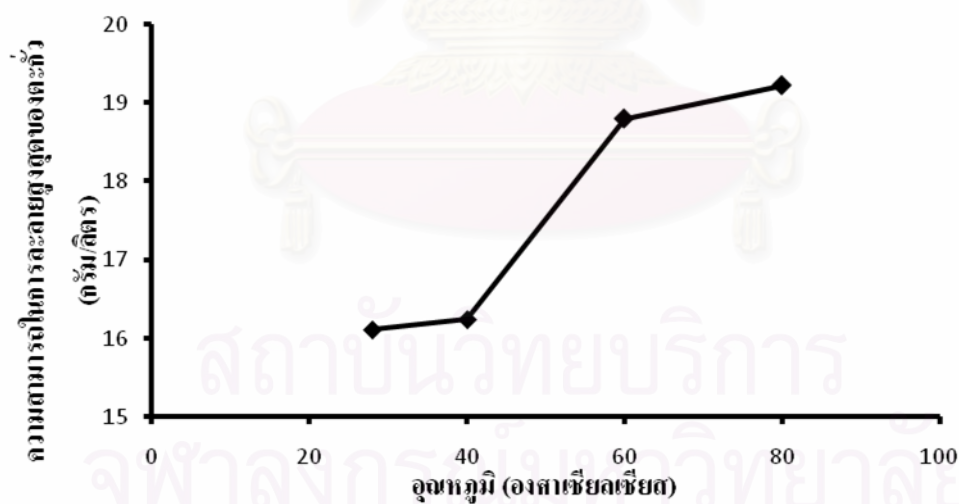
ในการศึกษาผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการสกัดตะกั่วจากกากแร่ ได้ทดลองแปรเปลี่ยนอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิห้อง จนถึง 80 องศาเซลเซียส โดยเลือกใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.7 และพล็อตเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่ใช้ต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่วในรูปแบบที่ 4.11 ซึ่งชี้ว่าเมื่ออุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้น จะได้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วสูงขึ้น ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 40 องศาเซลเซียสลงมามีผลต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่วค่อนข้างน้อย แต่จะมีผลมากขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิจาก 40 เป็น 60 องศาเซลเซียส โดยได้เปอร์เซ็นต์การละลายสูงขึ้นจาก 80.4 เปอร์เซ็นต์ เป็น 93.1 เปอร์เซ็นต์ การเพิ่มอุณหภูมิของสารละลายให้สูงกว่า 60 องศาเซลเซียส สามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์การละลายขึ้นอีก แต่เพิ่มขึ้นในสัดส่วนที่น้อยลงเมื่อเทียบกับช่วงอุณหภูมิ 40 ถึง 60 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ M.X Liao และ T.L Deng [11] ปริมาณการละลายตะกั่วสูงสุดที่ได้อยู่ที่ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จากผลการทดลองได้ชี้ว่าช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถละลายตะกั่วออกมาจากกากแร่ได้หมด เนื่องจากความสามารถในการละลายของตะกั่วที่สภาวะที่ใช้อิ่มตัวแล้ว ซึ่งสามารถคำนวณค่าความสามารถในการละลายของตะกั่วสูงสุดที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้โดยพล็อตให้เห็นเป็นกราฟตามรูปที่ 4.12 หากต้องการละลายตะกั่วออกมาให้หมดจะต้องลดปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายที่ใช้ลงกล่าวคือ ถ้าใช้อุณหภูมิของสารละลาย 80 องศาเซลเซียสจะใช้ปริมาณกากแร่ได้ไม่เกิน 76 กรัม/ลิตร หรือถ้าใช้ อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียสต้องใช้กากแร่ไม่เกิน 64 กรัม/ลิตร

ตารางที่ 4.7 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่อุณหภูมิต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ใช้เวลาทำปฏิกิริยา 1 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
20	28	79.78
21	40	80.41
22	60	93.06
23	80	95.14



รูปที่ 4.11 ผลของอุณหภูมิต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที เวลา 60 นาที)

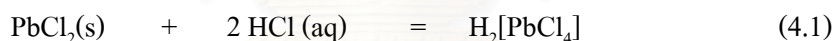


รูปที่ 4.12 ความสามารถในการละลายสูงสุดของตะกั่วในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิต่างๆ

4.2.6 ผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย

ในการศึกษาผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย ได้ทดลองใช้ความเข้มข้นของกรด ที่ 0.1, 0.3 และ 0.5 โมล/ลิตร โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ผลที่ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.8 และพล็อตเป็นกราฟตามรูปที่ 4.13 การใช้กรดไฮโดรคลอริกผสมในสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะช่วยให้สามารถสกัดตะกั่วจากกากแร่ได้มากขึ้น เปอร์เซ็นต์การสกัดที่ได้เพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของกรดที่เพิ่มขึ้น โดยเพิ่มจาก 79.8 เปอร์เซ็นต์เมื่อไม่ใช้กรดผสมเป็น 86.1 เปอร์เซ็นต์เมื่อใช้ความเข้มข้นของกรด 0.5 โมล/ลิตร สอดคล้องกับผลการทดลองของ M.X Liao และ T.L Deng [11] ที่ผสมกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 0.1, 0.3, 0.5 โมลาร์ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 140 กรัม/ลิตร ทำให้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วสูงขึ้นค่อนข้างมากและลดเวลาการสกัดลงได้ค่อนข้างมาก

การเติมกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เป็นการเพิ่มปริมาณของคลอไรด์ไอออนในสารละลายให้มากขึ้น มีผลให้ตะกั่วสามารถละลายในสารละลายได้สูงขึ้น จึงได้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วสูงขึ้น กรดไฮโดรคลอริกสามารถทำปฏิกิริยากับตะกั่วคลอไรด์ที่เกิดขึ้นให้อยู่ในรูปของตะกั่วที่ละลายน้ำได้ตามสมการ[12]

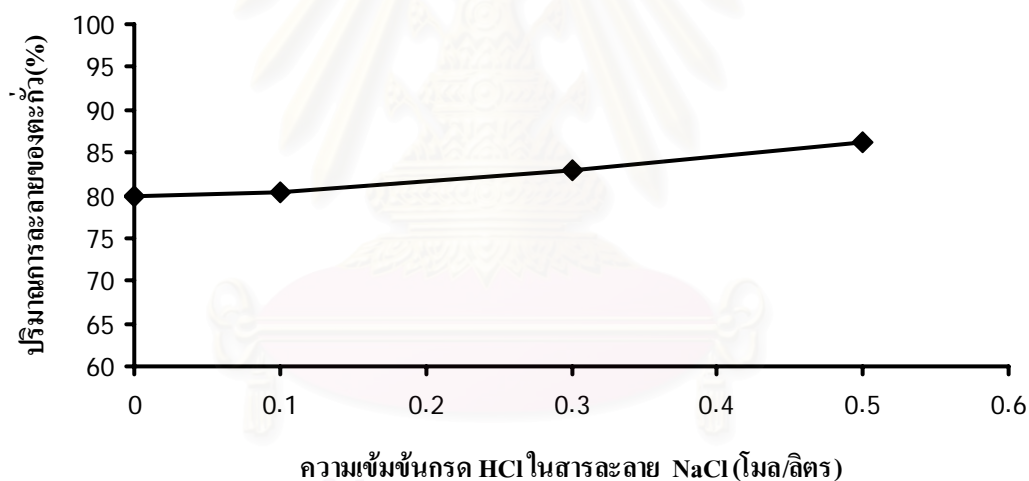


จากข้อมูลการทดลองสามารถคำนวณค่าความสามารถในการละลายสูงสุดของตะกั่วในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร เมื่อมีกรดไฮโดรคลอริกอยู่ 0.5 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส ได้เท่ากับ 17.4 กรัม/ลิตร เทียบกับ 16.1 กรัม/ลิตรเมื่อไม่มีกรดผสม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.8 ปริมาณการละลายของตะกั่วที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายต่าง ๆ โดยใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย(โมล/ลิตร)	ปริมาณการละลายของตะกั่ว (เปอร์เซ็นต์)
20	0.0	79.78
24	0.1	80.32
25	0.3	82.83
26	0.5	86.13



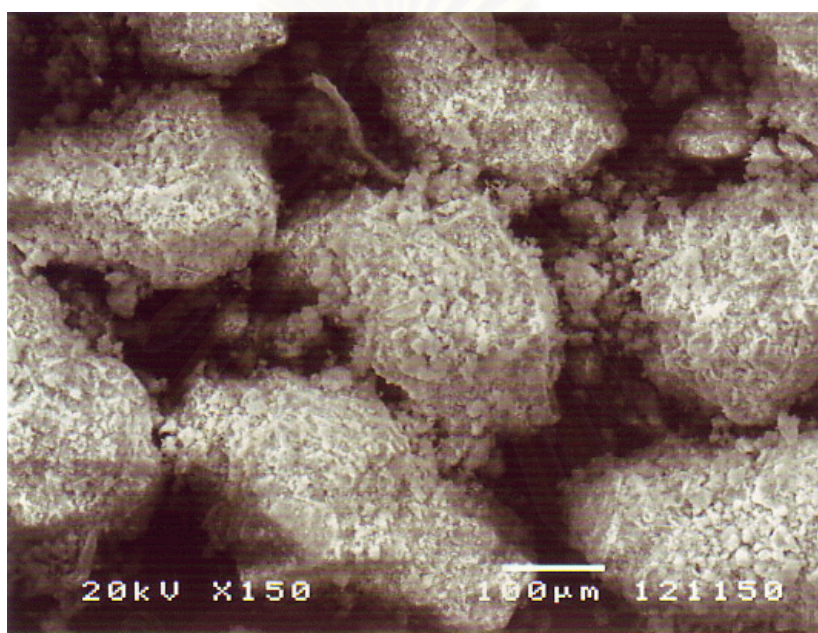
รูปที่ 4.13 ผลของความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกต่อเปอร์เซ็นต์การละลายของตะกั่ว (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวน 450 รอบ/นาที เวลา 60 นาที)

4.3 ผลการตรวจสอบคุณลักษณะของกากของแข็งที่เหลือจากการละลาย

รูปที่ 4.14 เป็นภาพถ่าย SEM ของกากของแข็งที่เหลือจากการละลายกากแร่สังกะสีด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ภายใต้สภาวะดังนี้ ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวนสารละลาย 450 รอบ/นาที เวลา 90 นาที ซึ่งแสดงให้เห็นลักษณะผิวของกากของแข็งที่มีความพรุนมากขึ้นเมื่อเทียบกับกากแร่สังกะสีที่ยังไม่ผ่านการละลาย (รูปที่ 4.1) เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอ็กซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (XRD) เพื่อตรวจหาองค์ประกอบทางเคมีของสารที่เหลืออยู่ในกากของแข็ง พบว่าสารประกอบที่เหลืออยู่ในกากของแข็งได้แก่ ซิลิกา (SiO_2) และแคลเซียมซัลเฟตไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) เป็นส่วนใหญ่ตามที่ปรากฏในรูปที่ 4.15

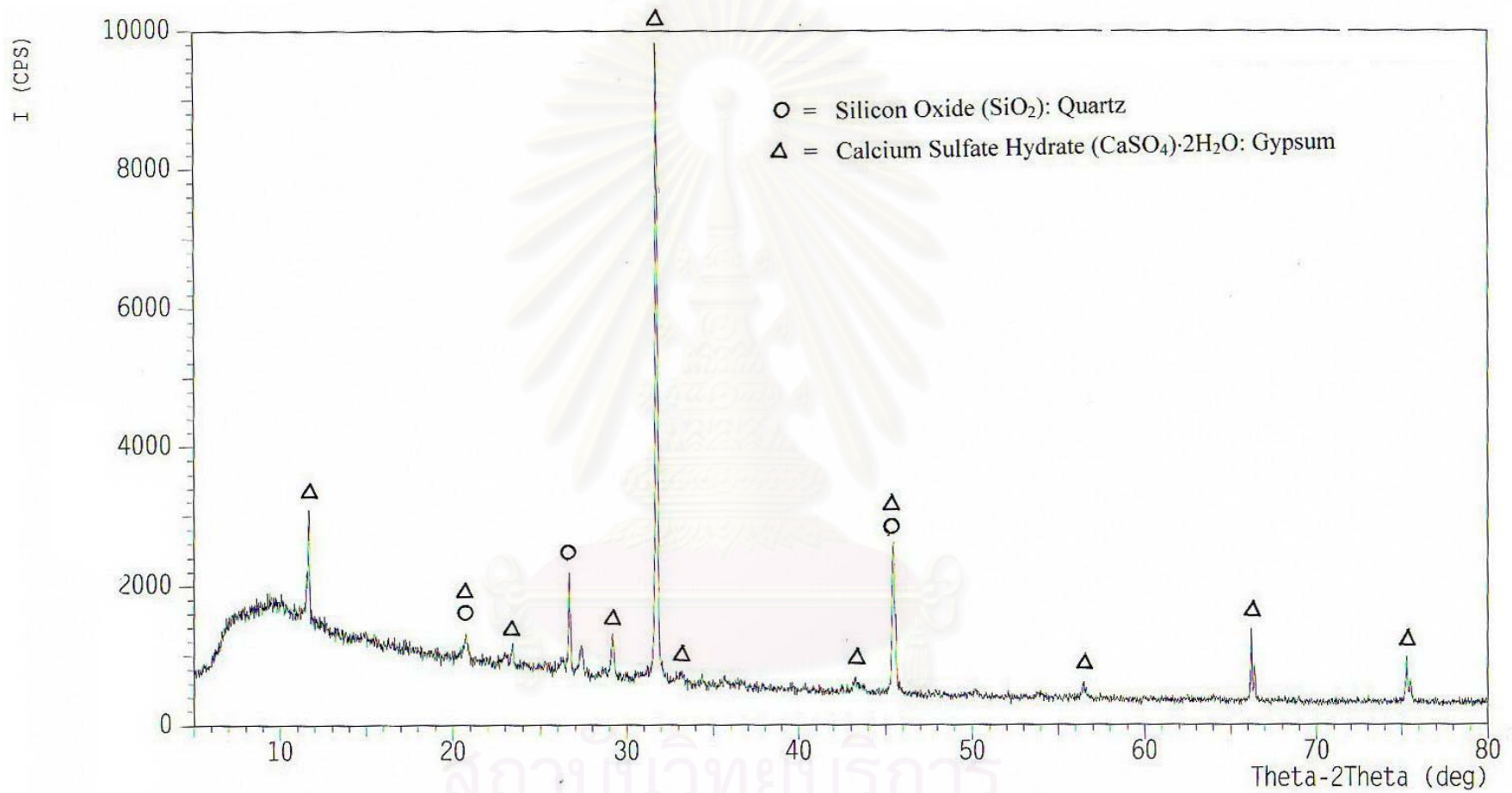


สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.14 ภาพถ่าย SEM แสดงลักษณะของกากของแข็งที่เหลือจากการละลายด้วย สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของ โซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวนสารละลาย 450 รอบ/ นาที เวลา 90 นาที)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 พิกเอ็กซ์เรย์ของตัวอย่างกากของแข็งที่เหลือจากการละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร อุณหภูมิห้อง อัตราเร็วในการกวาดสารละลาย 450 รอบ/นาที เวลา 90 นาที)

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

ตะกั่วในกากแร่สังกะสีจากโรงถลุงแร่สังกะสี จังหวัดตาก อยู่ในรูปตะกั่วซัลเฟต สามารถสกัดตะกั่วออกมาได้โดยใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ อุณหภูมิในช่วง 20 – 80 องศาเซลเซียส ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายตั้งแต่ 100 – 300 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายตั้งแต่ 0.1 – 0.5 โมล/ลิตร ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายที่ใช้ตั้งแต่ 10 – 80 กรัม/ลิตร อัตราเร็วในการกวน 150 – 450 รอบ/นาที และเวลาที่ใช้ในการละลายตั้งแต่ 5 นาที ถึง 2 ชั่วโมง ผลการทดลองสรุปได้ว่า

1.เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วเพิ่มขึ้นตามอัตราเร็วที่ใช้ในการกวนสารละลาย โดยเปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วคงที่เมื่อใช้อัตราเร็วตั้งแต่ 250 รอบ/นาที ขึ้นไป

2.เมื่อใช้เวลาในการทำปฏิกิริยามากขึ้นทำให้สกัดตะกั่วได้มากขึ้น โดยสามารถละลายตะกั่วได้เต็มที่ในเวลา 30 นาที

3.การเพิ่มความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลายให้สูงขึ้นส่งผลให้สามารถสกัดตะกั่วได้มากขึ้น เนื่องจากความสามารถในการละลายของตะกั่วในสารละลายเพิ่มขึ้น

4.การเพิ่มปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายให้สูงขึ้น จะได้เปอร์เซ็นต์การสกัดตะกั่วต่ำลง เนื่องจากความสามารถในการละลายของตะกั่วในสารละลายถึงจุดอิ่มตัวแล้ว ผลการทดลองชี้ว่าความสามารถในการละลายของตะกั่วที่อุณหภูมิห้องมีค่าประมาณ 16.1 กรัม/ลิตร ที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร

5.การใช้อุณหภูมิของสารละลายสูงขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการละลายของตะกั่วในสารละลายสูงขึ้น ทำให้สามารถสกัดตะกั่วได้มากขึ้นที่อุณหภูมิของสารละลายที่สูงขึ้น

6.การเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายส่งผลให้ปริมาณการละลายของตะกั่วเพิ่มสูงขึ้น

7.ภายใต้สภาวะที่ทดลองสามารถสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีซึ่งมีตะกั่ว 25.25 เปอร์เซ็นต์ ได้หมดเมื่อใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายไม่เกิน 40 กรัม/ลิตร ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 1 ชั่วโมง

8.เมื่อใช้ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตรและ ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร ที่อุณหภูมิห้อง จะสกัดตะกั่วได้เพียง 79.78 % แต่เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายเป็น 0.5 โมล/ลิตร และเพิ่มอุณหภูมิเป็น 80 องศาเซลเซียสจะสกัดตะกั่วได้เพิ่มขึ้นเป็น 86.13 เปอร์เซ็นต์ และ 95.14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

บทที่ 6

ข้อเสนอแนะ

สำหรับข้อเสนอแนะในการพัฒนากระบวนการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีในขั้นตอนต่อไปคือ

1. ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการละลายตะกั่วและเงินจากกากแร่สังกะสีในสารละลายโซเดียมคลอไรด์
2. ศึกษากระบวนการตกตะกอนโลหะตะกั่วและเงินจากสารละลายตะกั่วคลอไรด์ที่ได้จากการสกัดกากแร่สังกะสีด้วยวิธีซีเมนต์ชัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

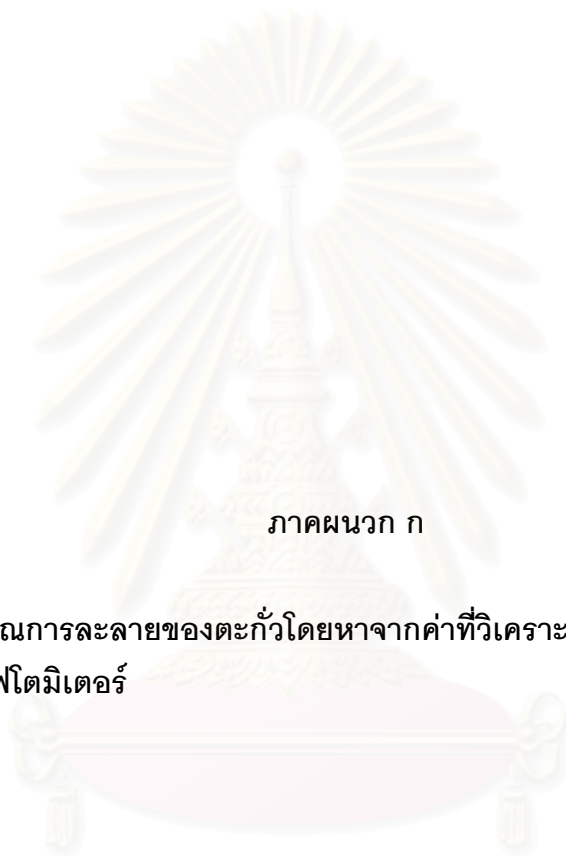
รายการอ้างอิง

- [1] <http://www.msu.ac.th/satit/studentProj/2548/Selectted/M102/g14-Rock/r-takua.html>(2007)
- [2] <http://www.dmr.go.th/knowledge/webmap/Pb.pdf>(2007)
- [3] <http://th.wikipedia.org/wiki/Lead>(2007)
- [4] <http://www.school.net.th/library/snet6/envi3/tatua/tatuan.htm> (2007)
- [5] <http://www.dpim.go.th/dt/pper/000001139475721.pdf> (2007)
- [6] มนัส สติรจินดา, โลหะนอกกลุ่มเหล็ก, พิมพ์ครั้งที่ 2 (โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538), หน้า 153-158.
- [7] Dragan Sinadinovic, Zeljko Kamberovic, Aleksandar Sutic, Leaching kinetics of lead (II) sulfate in aqueous calcium chloride and magnesium chloride solutions, *Hydrometallurgy* 47(1997) : 137-147.
- [8] R. Raghavan , P.K. Mohanan , S.C. Patnaik , Innovative processing technique to produce zinc concentrate from zinc leach residue with simultaneous recovery of lead and silver, *Hydrometallurgy* 48(1998) :225-237.
- [9] R. Raghavan, P.K. Mohanan, S.R. Swarnkar, Hydrometallurgical processing of lead-bearing materials for the recovery of lead and silver as lead concentrate and lead metal, *Hydrometallurgy* 58(2000) :103-116.
- [10] M. Deniz Turan, H Soner Altundogan, Fikret Tumen, Recovery of zinc lead from zinc plant residue, *Hydrometallurgy* 75(2004) : 169-176.
- [11] M.X. Liao, T.L. Deng, Zinc and lead extraction from complex raw sulfides by sequential bioleaching and acidic brine leach, *Minerals Engineering* 17 (2004) :17-22.
- [12] Eric Jackson, *Hydrometallurgical extraction and reclamation*, England :Ellis Horwood Limited, 1986, p 163.



ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ก

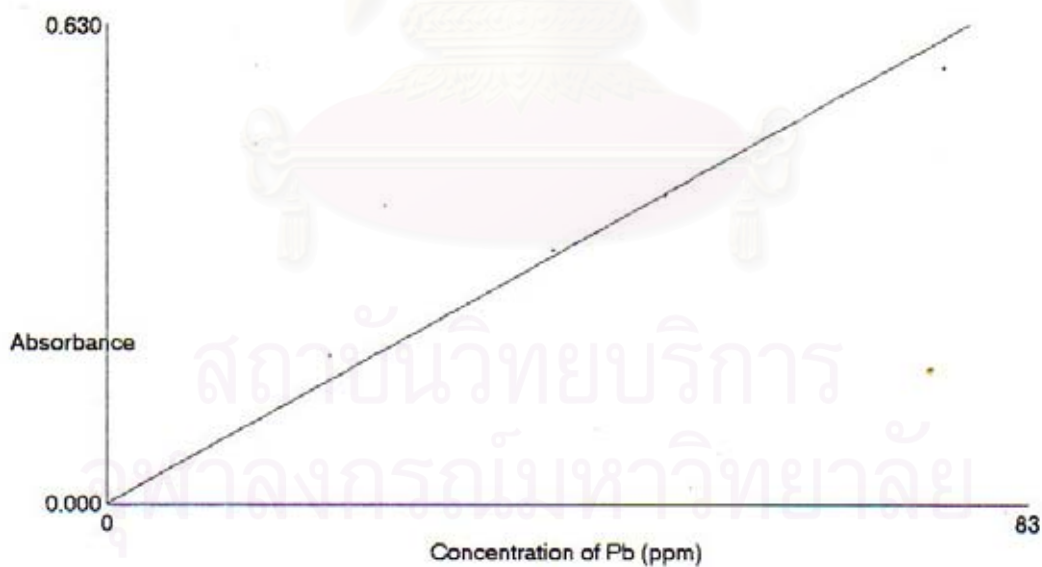
วิธีการคำนวณปริมาณการละลายของตะกั่วโดยหาจากค่าที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการสอบเทียบเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

Analysis
 Filename C:\Program Files\GBC Avanta Ver 1.32\Analysis1.anl
 Element Pb,
 Date Wed Oct 10 17:23:09 2007
 Full Calibration
 Calibration Mode Linear LS Through Zero Max Error: 4.655 R₁: 1.000

Sample Label	Conc. (ppm)	%RSD	Mean Abs.	Replicates		
Cal Blank	----	HIGH	-0.0004	-0.0004	-0.0007	-0.0002
Standard 1	20.000	0.60	0.1947	0.1937	0.1944	0.1960
Standard 2	40.000	0.38	0.3336	0.3348	0.3337	0.3323
Standard 3	50.000	0.95	0.4055	0.4038	0.4028	0.4099
Standard 4	75.000	0.43	0.5729	0.5701	0.5748	0.5738



วิธีการคำนวณปริมาณการละลายของตะกั่วจากกระบวนการสกัดตะกั่วจากกากแร่สังกะสีโดยการละลายด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ โดยหาจากค่าที่วิเคราะห์ได้จากเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ปริมาณกากแร่สังกะสีที่ใช้ในการทดลอง	A	กรัม
จากการวิเคราะห์ที่มีปริมาณตะกั่วอยู่ในกากแร่สังกะสี	B	เปอร์เซ็นต์
ดังนั้นมีปริมาณตะกั่วอยู่ในกากแร่สังกะสี	$A \times B / 100$	กรัม
ปริมาณสารละลายที่ใช้ในการละลาย	250	มิลลิลิตร
แสดงว่ามีปริมาณตะกั่วอยู่ในสารละลาย	$A \times B / 100$	กรัมต่อ 250 มิลลิลิตร
	$= 1,000 AB / 100$	มิลลิกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร
	$= 10 AB$	มิลลิกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร

เมื่อชักตัวอย่างสารละลาย 2 มิลลิลิตร ทำให้เจือจางด้วยสารละลายกรดไนตริกใน Volumetric Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

นั่นคือในสารละลาย 2 มิลลิลิตรจะมีตะกั่วอยู่ทั้งหมด

$$= 2 \times 10 AB / 250 \quad \text{มิลลิกรัม}$$

$$= 0.08 AB \quad \text{มิลลิกรัม}$$

แสดงว่าในสารละลายกรดไนตริก 250 มิลลิลิตรจะมีตะกั่วอยู่ทั้งหมด 0.08 AB มิลลิกรัมเช่นกัน

นั่นคือ มีตะกั่วอยู่ในสารละลายกรดไนตริก

$$= 0.08 AB \quad \text{มิลลิกรัมต่อ 250 มิลลิลิตร}$$

$$(0.08AB / 250) \times 1000 = 0.32 AB \quad \text{มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ถ้าผลวิเคราะห์ด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์มีปริมาณตะกั่วที่ถูกละลาย

$$= C \quad \text{มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ตะกั่วที่ถูกละลายออกจากกากแร่

$$= (C \times 100) / 0.32 AB \quad \text{เปอร์เซ็นต์}$$

$$= 312.5C/AB$$

กรณีเจือจางด้วยสารละลายกรดไนตริกใน Volumetric Flask ขนาด เช่น 500 มิลลิลิตร

$$(0.08AB / 500) \times 1000 = 0.16 AB \quad \text{มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ตะกั่วที่ถูกละลายออกจากกากแร่

$$= (C \times 100) / 0.16 AB \quad \text{เปอร์เซ็นต์}$$

$$= 625C/AB$$



ภาคผนวก ข

ผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโต
มิเตอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-1 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่อัตราเร็วในการกวนสารละลายต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย	20	กรัม/ลิตร
ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย	300	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	28	องศาเซลเซียส
เวลา	60	นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	อัตราเร็วในการกวนสารละลาย (รอบต่อนาที)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
1	150	31.93	79.05
2	250	42.06	100
3	350	41.56	100
4	450	41.78	100

หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 5 กรัม
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

ข-2 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย	20	กรัม/ลิตร
ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย	300	กรัม/ลิตร
อุณหภูมิ	28	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วในการกวนสารละลาย	450	รอบ/นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	เวลาที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา (นาที)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
5	5	38.26	94.70
6	10	39.34	97.37
7	20	40.22	99.55
8	30	41.84	100
9	45	41.26	100
10	60	41.95	100
11	90	41.81	100
12	120	41.37	100

หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 5 กรัม
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

ข-3 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ ในสารละลายต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย	20	กรัม/ลิตร
เวลา	60	นาที
อุณหภูมิ	28	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วในการกวนสารละลาย	450	รอบ/นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
13	100	10.44	25.84
14	150	30.13	74.59
15	200	37.80	93.55
16	250	42.10	100
10	300	41.95	100

หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 5 กรัม
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 100 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 25 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 150 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 37.5 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 200 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 50 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 250 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 62.5 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-4 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลายต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย	300	กรัม/ลิตร
เวลา	60	นาที
อุณหภูมิ	28	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วในการกวนสารละลาย	450	รอบ/นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย (กรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
17	10	21.20	100
10	20	41.95	100
18	40	42.08	100
19	60	59.63	98.41
20	80	64.47	79.78

หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 10 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 2.5 กรัม
- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 20 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 5 กรัม
- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 40 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 10 กรัม
- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 60 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 15 กรัม
- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 20 กรัม
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

- การทดลองที่ 17 และ 10 วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- การทดลองที่ 18 - 20 วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข-5 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่อุณหภูมิต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย	300	กรัม/ลิตร
ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย	80	กรัม/ลิตร
เวลา	60	นาที
อัตราเร็วในการกวนสารละลาย	450	รอบ/นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่ว ในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
20	28	64.47	79.78
21	40	64.97	80.41
22	60	75.20	93.06
23	80	76.87	95.14

หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 20 กรัม
- ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชั่งตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร

ข-6 ตารางแสดงผลการละลายตะกั่วจากกากแร่สังกะสีที่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกในสารละลายต่าง ๆ

สภาวะการทดลอง

ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ในสารละลาย	300	กรัม/ลิตร
ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย	80	กรัม/ลิตร
เวลา	60	นาที
อุณหภูมิ	28	องศาเซลเซียส
อัตราเร็วในการกวนสารละลาย	450	รอบ/นาที
ปริมาตรสารละลาย	250	มิลลิลิตร

การทดลองชุดที่	ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริกในสารละลาย (โมล/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (มิลลิกรัม/ลิตร)	ปริมาณตะกั่วในสารละลาย (เปอร์เซ็นต์)
20	0.0	64.47	79.78
24	0.1	64.86	80.32
25	0.3	66.93	82.83
26	0.5	69.60	86.13

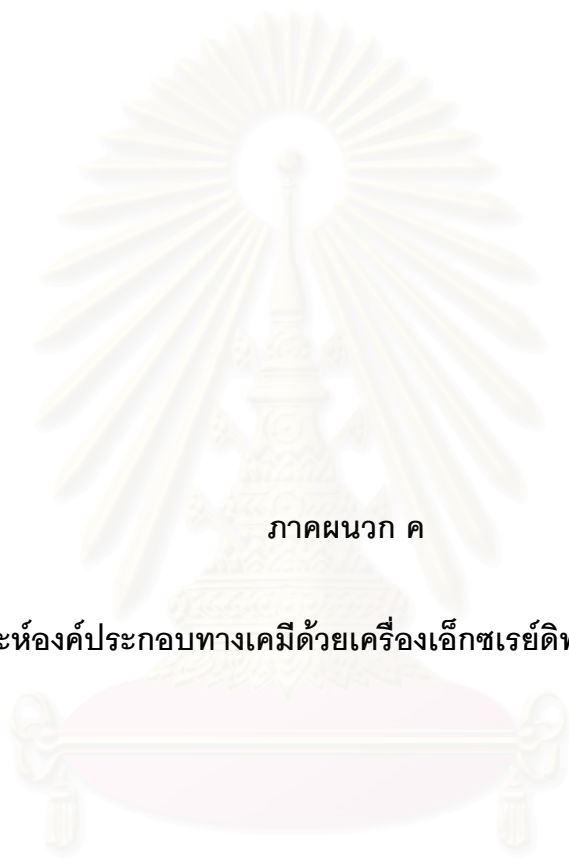
หมายเหตุ

- ปริมาณกากแร่ต่อปริมาตรสารละลาย 80 กรัม/ลิตร : ชั่งกากแร่ 20 กรัม
- ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมล/ลิตร ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริก 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก 0.3 โมล/ลิตร ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริก 6.2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร
- ความเข้มข้นกรดไฮโดรคลอริก 0.5 โมล/ลิตร ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 300 กรัม/ลิตร : ชั่งโซเดียมคลอไรด์ 75 กรัม เติมกรดไฮโดรคลอริก 10.4 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นจนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร

- วิเคราะห์โดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ชักตัวอย่าง 2 มิลลิลิตร เติมนสารละลายกรดไนตริกจนมีปริมาตร 500 มิลลิลิตร



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรกโตมิเตอร์ (XRD)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค-1

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากแร่สังกะสีก่อนสกัด

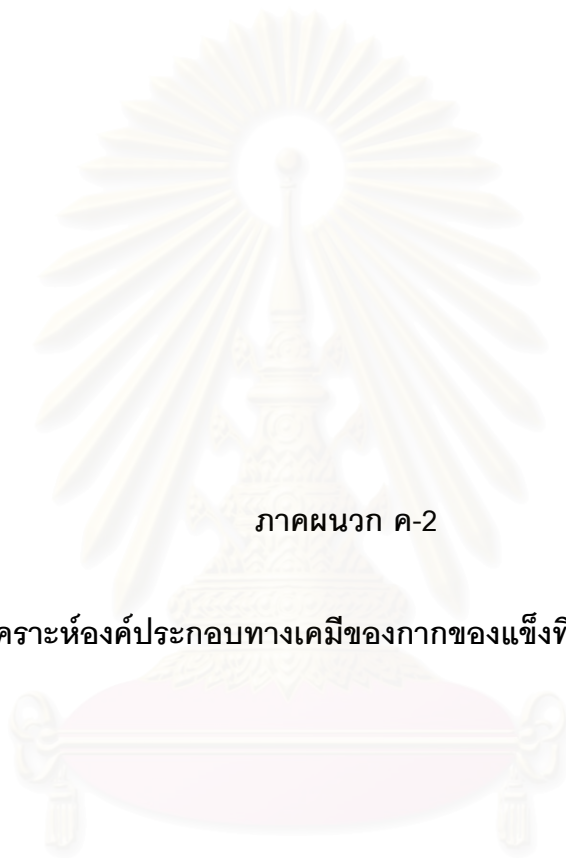
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** Basic Data Process ***

Group : service
Data : PbSO4

# Strongest 3 peaks							
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)
1	2	11.6548	7.58677	100	0.10180	1796	10358
2	16	29.6778	3.00778	79	0.16190	1423	14160
3	13	26.6845	3.33799	69	0.14330	1233	10505

# Peak Data List							
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated Int (Counts)	
1	11.3800	7.76934	8	0.08000	144	1442	
2	11.6548	7.58677	100	0.10180	1796	10358	
3	14.4800	6.11224	3	0.11600	59	686	
4	14.7336	6.00760	18	0.19170	319	3348	
5	15.0800	5.87037	3	0.07600	56	388	
6	20.6600	4.29574	15	0.08460	263	2055	
7	20.8074	4.26564	57	0.16710	1015	7833	
8	20.9800	4.23093	12	0.06120	207	1457	
9	23.3511	3.80641	41	0.17740	736	7498	
10	24.5592	3.62183	10	0.17190	184	2013	
11	25.6147	3.47493	26	0.20660	466	5040	
12	25.8290	3.44658	5	0.07540	93	461	
13	26.6845	3.33799	69	0.14330	1233	10505	
14	27.6846	3.21964	46	0.13940	833	6915	
15	29.1146	3.06467	22	0.11960	395	3054	
16	29.6778	3.00778	79	0.16190	1423	14160	
17	31.9150	2.80186	9	0.16350	154	1693	
18	32.3473	2.76540	25	0.15190	451	3981	
19	32.9400	2.71698	4	0.06000	76	383	
20	33.1489	2.70033	33	0.13720	591	4342	
21	33.3321	2.68591	3	0.10420	60	424	
22	34.2133	2.61872	5	0.16390	97	1239	
23	35.2894	2.54129	4	0.07800	74	398	
24	35.4849	2.52774	3	0.14730	57	374	
25	35.6648	2.51540	4	0.12960	63	618	
26	37.3126	2.40801	11	0.16050	201	1800	
27	39.5146	2.27875	14	0.12710	250	2152	
28	41.0669	2.19613	5	0.10040	84	755	
29	41.6723	2.16561	17	0.14560	305	2762	
30	42.2898	2.13541	5	0.22340	89	1377	
31	43.7276	2.06847	52	0.17180	931	9417	
32	44.5562	2.03190	29	0.26310	522	7596	
33	45.8200	1.97876	9	0.09460	156	793	
34	45.9400	1.97387	10	0.19460	174	1673	
35	47.7410	1.90352	3	0.27290	58	1016	
36	48.3961	1.87928	4	0.16420	63	669	
37	49.4056	1.84321	6	0.17120	105	1578	
38	50.8420	1.79446	10	0.17860	181	2117	
39	52.4585	1.74290	5	0.18290	90	1180	
40	53.7251	1.70476	9	0.19860	166	2680	
41	55.3836	1.65757	4	0.15080	74	1280	
42	56.4800	1.62797	4	0.08440	67	407	
43	56.6602	1.62322	10	0.25100	184	2221	
44	57.0621	1.61274	7	0.12240	130	1195	
45	58.6901	1.57182	4	0.17730	78	993	
46	62.0351	1.49486	8	0.20760	146	1825	
47	64.5000	1.44355	5	0.08280	81	351	



ภาคผนวก ค-2

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของกากของแข็งที่เหลือจากการละลาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

*** Basic Data Process ***

Group : Service
Data : PbSO4 from NaCl

# Strongest 3 peaks								
no.	peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)	Int
1	5	31.7122	2.81932	100	0.11650	4553	30221	
2	6	45.4190	1.99529	25	0.14200	1145	9232	
3	2	26.6537	3.34178	13	0.10760	604	3863	

# Peak Data List								
peak no.	2Theta (deg)	d (Å)	I/I1	FWHM (deg)	Intensity (Counts)	Integrated (Counts)	Int	
1	11.6498	7.59001	13	0.12210	590	5167		
2	26.6537	3.34178	13	0.10760	604	3863		
3	27.3390	3.25955	4	0.22520	164	2577		
4	29.1355	3.06252	6	0.15180	267	2733		
5	31.7122	2.81932	100	0.11650	4553	30221		
6	45.4190	1.99529	25	0.14200	1145	9232		
7	66.2117	1.41032	11	0.11150	481	3098		
8	75.2729	1.26144	7	0.12940	333	2640		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ค-3

ข้อมูลสารประกอบที่พบ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

82-1854 ●					Wavelength= 1.54060									
Pb(SO4)					2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
Lead Sulfate					16.466	25	1	0	1	44.546	357	3	1	2
					20.811	806	0	1	1	44.651	476	4	0	1
					20.937	403	2	0	0	45.959	196	4	1	0
					23.328	546	1	1	1	47.700	35	2	2	2
					24.500	199	2	0	1	47.700	35	2	1	3
					25.580	280	0	0	2	47.992	20	4	1	1
					26.717	864	2	1	0	48.394	62	3	2	1
					27.690	685	1	0	2	50.883	159	3	0	3
					29.688	999*	2	1	1	52.491	76	0	3	1
					32.356	375	1	1	2	53.130	7	1	2	3
					33.169	458	0	2	0	53.334	25	4	1	2
					33.285	284	2	0	2	53.743	101	1	0	4
					34.214	91	3	0	1	53.831	123	3	2	2
					37.324	170	2	1	2	53.931	123	3	1	3
					38.168	19	3	1	1	55.434	65	2	3	0
					39.553	191	2	2	0	55.747	24	5	0	1
					40.275	46	1	0	3	56.586	45	1	1	4
					41.112	59	3	0	2	56.586	45	2	2	3
					41.709	254	2	2	1	56.738	176	4	2	1
					42.350	52	0	2	2	57.122	103	2	3	1
					42.350	52	0	1	3	58.520	10	5	1	1
					42.616	6	4	0	0	58.744	57	1	3	2
					43.762	814	1	2	2	59.923	15	2	1	4
					43.762	814	1	1	3	60.703	6	5	0	2
Rad.: CuK α 1: 1.54060 Filter: d-sp: Calculated														
Cut off: 17.7 Int.: Calculated l/colr.: 4.20														
Ref: Calculated from ICSD using POWD-12++, (1997)														
Ref: Andreev, Yu.G., J. Appl. Crystallogr., 27, 288 (1994)														
Sys.: Orthorhombic S.G.: Pnma (62)														
a: 8.4792(1) b: 5.3975(1) c: 6.959(1) A: 1.5709 C: 1.2893														
Z: 4 mp:														
Ref: Ibd.														
Dx: 6.324 Dm: ICSD #: 075955														
Peak height intensity, R-factor: 0.039, C.D. Cell: a=6.959, b=8.479, c=5.398, a/b=0.8207, c/b=0.6366, S.G.=Pnma(62), PSC: oP24, Mwt: 303.26, Volume[CD]: 318.49.														

2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
62.098	158	3	2	3	79.911	16	3	4	1
62.591	10	3	3	1	80.404	1	7	0	1
62.591	10	3	0	4	80.885	20	2	2	5
63.347	74	5	1	2	81.110	36	5	1	4
63.578	47	0	2	4	81.673	6	6	2	2
64.629	102	1	2	4	81.673	6	6	1	3
65.252	57	3	1	4	82.703	9	7	1	1
66.060	6	6	0	0	82.919	46	4	0	5
66.428	34	5	2	1	82.919	46	5	3	2
66.651	97	1	3	3	83.234	34	0	0	6
67.243	68	3	3	2	83.616	6	1	4	3
67.587	16	6	0	1	84.165	6	3	4	2
67.731	15	2	2	4	84.165	6	1	0	6
68.328	54	4	3	0	84.678	38	7	0	2
68.481	70	5	0	3	84.678	38	3	3	4
68.589	59	6	1	0	85.048	12	3	2	5
69.620	51	0	4	0	86.580	48	1	1	6
69.718	43	2	3	3	86.580	48	4	4	1
69.718	43	0	1	5	86.993	18	7	1	2
69.831	32	4	3	1	86.993	18	2	0	6
70.090	56	6	1	1	87.755	16	6	3	0
70.723	14	1	1	5	88.810	14	0	3	5
70.970	30	5	2	2	89.159	23	6	3	1
70.970	30	5	1	3	89.159	23	6	0	4
71.255	16	2	0	5	89.367	31	2	1	6
72.075	2	6	0	2	89.989	13	5	3	3
72.075	2	1	4	1					
72.357	19	4	1	4					
73.703	42	2	1	5					
74.260	10	4	3	2					
74.612	16	6	1	2					
74.675	30	3	3	3					
75.065	14	2	4	1					
75.509	14	0	4	2					
75.945	15	6	2	0					
76.183	17	3	0	5					
76.464	46	1	4	2					
77.009	17	1	3	4					
77.308	17	0	2	1					
78.237	78	5	2	3					
79.385	3	6	0	3					
79.385	3	2	4	2					
79.578	2	4	2	4					
79.911	16	2	3	4					

41-0224 		Wavelength= 1.54051										
CaSO4 0.5H2O		2θ	Int	h	k	l	2θ	Int	h	k	l	
Calcium Sulfate Hydrate		14.720	80	2	0	0	57.130	5	2	4	2	
		20.30	5	2	0	2	58.420	5	3	4	1	
		20.740	5	2	1	1	59.770	5	4	2	6	
Bassanite, syn		22.240	5	1	0	3	60.330	5	1	1	8	
Rad.: CuKα1; 1.54051 Filter: Ni Beta d-sp: Diff.		23.230	5	3	0	1	60.860	5	6	2	4	
Cut off: 22.1 Int.: Estimation I/cor.:		24.630	5	0	1	3	61.740	5	4	4	0	
Ref: Pollmann, H., Kuzel, H.-J., Mineralogical Inst. of University, Erlangen, Germany, ICDD Grant-in-Aid, (1989)		25.670	50	0	2	0	62.820	5	7	1	4	
		27.680	5	1	2	1	63.010	10	2	4	4	
		29.330	10	0	2	2	63.920	5	3	3	6	
		29.690	100	4	0	0	64.460	5	3	1	8	
		31.900	90	2	0	4	64.610	5	3	1	6	
Sys: Monoclinic S.G.: I2 (5)		32.960	10	4	0	2	65.340	5	6	3	3	
a: 12.026 b: 6.932 c: 12.691 A: 1.7351 C: 1.8308		34.260	5	1	2	3	66.870	5	5	4	1	
α: β: 90.183 γ: Z: [12] mp:		34.890	5	3	2	1	68.960	5	8	0	4	
Ref: Kuzel, H.-J., Hauner, M., Zem.-Kalk-Gips, 40, 628 (1987)		38.420	5	0	2	4	71.970	10	6	4	0	
		39.650	5	4	2	0	72.730	10	4	2	8	
		40.470	5	3	2	3	75.110	10	8	2	4	
		41.340	5	2	2	4	76.610	10	3	3	8	
Dx: 2.733 Dm: 2.700 SS/FOM: F30 = 27/(.0097 . 126)		42.250	10	4	2	2	78.760	5	7	4	1	
		42.710	10	0	0	6	79.090	5	4	3	8*	
ω: ϕ: 1.558 α: 1.586 Sign: + 2V		44.640	5	0	3	3	81.420	5	10	0	2	
Ref: Dana's System of Mineralogy, 7th Ed., II, 476 (1951)		45.260	5	3	3	0	82.430	5	6	2	0	
		46.450	5	5	2	1	83.480	5	9	3	0	
		47.610	10	6	0	2						
		49.240	20	4	2	4						
Color: White		49.360	30	4	2	4						
Peak height intensity. Pattern made at 22 C and pressure of water=0.35. CAS #: 10034-76-1. Dehydration of gypsum in H N O3 (60%). Rehydration at pressure of water/pressure of oxygen=0.35 at 22 C. Analysis (wt.%): CaO 38.5, S O3 55.0, H2 O 6.5. Ca S O4 .0.53 H2 O C.D. Cell: a=12.691, b=6.932, c=12.026, β=90.18, α/b=1.8308, c/b=1.7351, S.G.=I2(5). ~Not permitted by space group.		50.290	5	4	3	1						
Silicon used as an internal stand. PSC: mC80. To replace 33-310 and 36-617. Mwt: 145.15. Volume[CD]: 1058.15.		51.010	5	5	2	3						
		52.190	5	6	1	3						
		52.700	10	6	2	0						
		52.780	10	0	4	0						
		53.900	5	1	4	1						
		54.140	20	6	0	4						
		55.100	20	2	4	0						

ICDD © 1998 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 2.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

33-0311 Δ Wavelength= 1.54056

CaSO₄·2H₂O

2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
11.588	100	0	2	0	51.148	9	0	8	1
20.722	100	0	2	1	51.330	12	2	6	2
23.397	17	0	4	0	53.570	1	1	5	2
23.397	17	1	3	0	54.419	3	0	2	3
28.108	4	1	1	1	55.150	6	2	4	3
29.111	75	0	4	1	55.820	4	2	8	1
31.104	45	2	2	1	56.747	9	2	8	1
32.085	10	1	1	2	56.747	9	1	0	0
32.753	2	1	3	1	57.537	1	1	9	1
33.343	35	1	5	0	58.170	4	2	8	0
33.343	35	2	2	0	60.340	2	0	8	2
34.507	6	1	5	1	60.857	1	0	10	0
35.393	2	0	6	0	60.857	1	4	2	2
35.985	11	2	0	2	61.258	1	2	8	2
36.251	1	1	3	2	61.880	<1	1	9	1
36.618	6	0	2	2	62.041	<1	2	6	3
37.344	4	2	4	1	63.729	3	3	7	2
39.293	<1	2	4	0	63.729	3	0	10	1
40.624	15	1	5	1	64.717	5	4	4	1
42.152	2	0	4	2	64.909	3	3	7	0
43.340	25	2	4	2	65.298	2	2	8	1
43.604	15	1	5	2	65.298	2	0	6	3
43.604	15	3	1	1	65.816	3	2	0	4
44.186	6	1	1	2	66.681	2	4	2	3
44.553	<1	1	7	0	68.068	5	2	6	2
45.497	4	1	7	1	68.668	5	2	10	1
46.208	3	2	8	1	69.937	1	1	11	0
47.039	16	0	8	0	69.937	1	2	10	0
47.839	16	2	6	0	70.636	2	1	11	1
48.389	12	2	4	1	71.016	4	2	8	3
48.789	3	1	1	3	71.189	4	4	6	2
50.320	13	0	6	2	74.097	1	0	8	3
50.688	6	2	2	3	74.525	<1	1	11	1

Calcium Sulfate Hydrate

Gypsum, syn

Rad.: CuK α 1: 1.540598 Filter: Mono d-sp: Diff.

Cut off: Int.: Diffract. I/loor.: 1.83

Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 17, 16 (1980)

Sys.: Monoclinic S.G.: C2/c (15)

a: 6.2645(11) b: 15.2079(15c: 5.6776(7) A: 0.4132 C: 0.3733

α : β : 114.09(1) γ : Z: 4 mp:

Ref: *ibid.*

Dx: 2.308 Dm: 2.320 SS/FOM: F₃₀ = 51 (.0120, 49)

ω : 1.521 η : 1.523 ϵ : 1.530 Sign: + 2V: 5F

Ref: Winchell, A., Elements of Optical Mineralogy, 2, 157 (1951)

Color: Colorless

Pattern taken at 25 C. Sample prepared by adding H₂S O₄ to a Ca (N O₃)₂ solution; the precipitate was filtered out, washed in water and bottled while moist; the crystals were dried immediately before use with care taken to prevent dehydration. Preferred orientation enhances 0k0 reflections. Gypsum group, gypsum subgroup. Silicon used as an internal stand. PSC: mC48. To replace 6-46 and validated by calculated pattern 36-432, Mwt: 172.17, Volume[CD]: 495.37.

2 θ	Int	h	k	l
74.856	<1	0	12	0
76.218	3	4	8	0
76.218	3	4	0	4
76.508	2	2	10	1
77.279	3	2	8	2
77.480	2	4	2	4
77.480	2	0	12	1

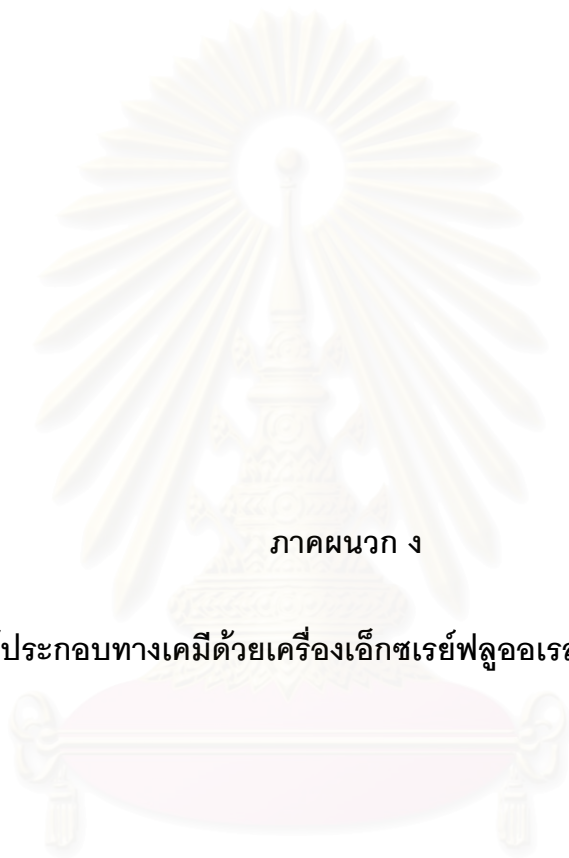
© 1996 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 2.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

33-1161 Q		Wavelength= 1.54056									
SiO2		2 θ	Int	h	k	l	2 θ	Int	h	k	l
Silicon Oxide		20.850	22	1	0	0	103.880	<1	3	0	4
		26.651	100	1	0	1	104.195	1	3	2	0
		36.541	8	1	1	0	106.141	<1	2	0	5
Quartz, syn		39.455	8	1	0	2					
		40.283	4	1	1	1					
Rad.: CuK α 1 λ : 1.540598 Filter: Mono d-sp: Diff.		42.464	6	2	0	0					
Cut off: Int.: Diffract. I/cor.: 3.6		45.808	4	2	0	1					
Ref: Natl. Bur. Stand. (U.S.) Monogr. 25, 18, 61 (1981)		50.139	14	1	1	2					
		50.610	<1	0	0	3					
		54.867	4	2	0	2					
		55.327	2	1	0	3					
Sys.: Hexagonal S.G.: P3 ₂ 21 (154)		57.236	<1	2	1	0					
a: 4.9133(2) b: c: 5.4053(4) A: C: 1.1001		59.947	9	2	1	1					
		63.999	1	1	1	3					
α : β : γ : Z: 3 mp:		65.759	<1	3	0	0					
Ref: Ibid.		67.748	6	2	1	2					
		68.129	7	2	0	3					
		68.321	8	3	0	1					
Dx: 2.649 Dm: 2.656 SS/FOM: F ₃₀ = 77 (.0126, 31)		73.460	2	1	0	4					
		75.668	2	3	0	2					
ω : η : ρ : 1.544 ϵ : 1.553 Sign: + 2V:		77.660	1	2	2	0					
		79.875	2	2	1	3					
Ref: Swanson, Fuyat, Natl. Bur. Stand. (U.S.), Circ. 539, 3, 24 (1954)		80.044	1	2	2	1					
		81.145	3	1	1	4					
		81.470	3	3	1	0					
Color: Colorless		83.818	1	3	1	1					
Pattern taken at 25 C. Sample from the Glass Section at NBS, Gaithersburg, MD, USA, ground single-crystals of optical quality. Pattern reviewed by Holzer, J., McCarthy, G., North Dakota State Univ., Fargo, ND, USA, ICDD Grant-in-Aid (1990). Agrees well with experimental and calculated patterns. O2 Si type. Quartz group. Also called: silica. Silicon used as an internal stand. PSC: hP9. To replace 5-490 and validated by calculated pattern. Deleted by 46-1045, higher FN, more complete, LRB 1/95. Plus 6 additional reflections to 0.9089. Mwt: 60.08. Volume[CD]: 113.00.		84.969	<1	2	0	4					
		87.461	<1	3	0	3					
		90.855	2	3	1	2					
		92.819	<1	4	0	0					
		94.662	1	1	0	5					
		95.115	<1	4	0	1					
		96.223	<1	2	1	4					
		98.734	1	2	2	3					
		102.195	1	4	0	2					
		102.556	1	3	1	3					

ICDD © 1998 JCPDS-International Centre for Diffraction Data. All rights reserved
PCPDFWIN v. 2.01

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ภาคผนวก ง

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (XRF)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTEC NO.1247/50

รายงานผลการวิเคราะห์

วันที่รายงาน	:	20 กุมภาพันธ์ 2550
ตัวอย่างจาก	:	คุณจิราภรณ์ จันสศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ โลหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โทรศัพท์: 08 9510 4437
ทดสอบโดย	:	ห้องปฏิบัติการเอกซเรย์ดิฟแฟรกชันและเอกซเรย์ฟลูออเรสเซนส์ งานห้องปฏิบัติการเครื่องมือทดสอบทั่วไป ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
วันที่รับตัวอย่าง	:	14 กุมภาพันธ์ 2550
วันที่วิเคราะห์	:	15-20 กุมภาพันธ์ 2550
ขอบเขตการวิเคราะห์	:	วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่าง
ตัวอย่างที่วิเคราะห์	:	HAL cake
การบ่งชี้ตัวอย่าง	:	ไม่มีข้อมูลระบุจากผู้ส่งตัวอย่าง
เครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์	:	X-ray fluorescence Spectrometer, Philips PW-2404
เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์	:	X-ray fluorescence Spectrometry
สภาวะที่ใช้วิเคราะห์	:	Temperature 25 ± 5 °C, Relative humidity 60 ± 10 % R.H.
การเตรียมตัวอย่าง	:	อัดตัวอย่างให้เป็นเม็ดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.2 cm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MTEC NO.1247/50

1/3



ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
114 อุทยานวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ถนนพหลโยธิน ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี 12120 โทรศัพท์ 0 2564 6500 โทรสาร 0 2564 6501-5

National Metal and Materials Technology Center

National Science and Technology Development Agency

114 Thailand Science Park, Phahonyothin Road, Klong 1, Klong Luang, Pathumthani 12120 Thailand.
Tel. +66 2564 6500 Fax. +66 2564 6501-5 <http://www.mtec.or.th>

ผลการวิเคราะห์ :

จากการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุในตัวอย่างด้วยเทคนิค X-ray fluorescence ปริมาณของธาตุที่พบในตัวอย่าง แสดงไว้ในตารางข้างล่าง

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณของธาตุในตัวอย่าง

ธาตุ	ปริมาณธาตุที่พบในตัวอย่าง (%wt)
	HAL Cake
O	37.31
Na	0.03
Mg	0.05
Al	0.63
Si	11.67
P	<0.01
S	10.97
Cl	<0.01
K	0.16
Ca	8.64
Ti	<0.01
Cr	<0.01
Mn	<0.01
Fe	2.67
Cu	<0.01
Zn	0.76
Rb	<0.01
Sr	0.15
Ag	0.12
Cd	<0.01
In	<0.01
Sn	<0.01
Sb	<0.01
Ba	1.49
Pb	25.25
Bi	0.10
Total	100.00

- Notes:**
1. ปริมาณของแต่ละธาตุที่รายงานข้างต้น ได้เทียบจากปริมาณรวมของธาตุที่พบด้วยเทคนิค XRF ทั้งหมด ให้เป็น 100%
 2. ปริมาณของธาตุที่เครื่องมือสามารถวัดได้ต่ำสุดคือ 0.01 wt% นอกจากจะแจ้งไว้ นอกเหนือจากนั้น
 3. ข้อจำกัดทางเทคนิค XRF คือ ไม่สามารถวัดส่วนประกอบที่เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมต่ำกว่าเลขอะตอมของออกซิเจน (8) และที่มีเลขอะตอมสูงกว่าเลขอะตอมของยูเรเนียม (92)

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาง จิราภรณ์ จันสด เกิดเมื่อวันที่ 1 ตุลาคม 2516 จบการศึกษาปริญญาบัณฑิตจากภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ เมื่อปี พ.ศ. 2539 จากนั้นเข้าทำงานที่ศูนย์พัฒนาและวิเคราะห์สมบัติของวัสดุ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ในตำแหน่งนักวิชาการ 4 โดยรับผิดชอบงานด้านการวิเคราะห์ความเสียหายของวัสดุประเภทโลหะ และการทดสอบแบบไม่ทำลาย จนได้ตำแหน่งนักวิชาการ 6 จากนั้นเข้าศึกษาต่อปริญญาโทในหลักสูตรวิศวกรรมโลหการ ที่ภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ. 2549 โดยได้ศึกษาควบคู่ไปกับการทำงาน ณ สถาบันดังกล่าวจนถึงปัจจุบัน



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย