การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

นางสาวนุชรี สองรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2554

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

PRE-FEASIBILITY STUDY OF POTASSIUM FELDSPAR FLOTATION FROM WASTE SAND

Miss Nutcharee Songrug

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Georesources Engineering
Department of Mining and Petroleum Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2011
Copyright of Chulalongkorn University

นุชรี สองรักษ์ : การศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้นของการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง (Pre-Feasibility study of Potassium Feldspar Flotation from waste sand) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : อ.ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์, 96 หน้า.

วัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้ คือการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น ในการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งจากแหล่งทรายบ้านโป่ง อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยใช้กระบวนการลอยแร่ โดยเป็นการปรับปรุงคุณภาพของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ให้ได้ตามข้อกำหนด และมาตรฐานของแร่ความต้องการของอุตสาหกรรมเซรามิก ซึ่งในการศึกษาองค์ของประกอบของแร่จะใช้เครื่องมือดังนี้คือ กล้องจุลทรรศน์ เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) และการวิเคราะห์ขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน นอกจากนั้นยังใช้เครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกความเข้มสูงเพื่อลดการปนเปื้อนของแร่ติดแม่เหล็ก และปรับปรุงคุณภาพแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์โดยประสิทธิภาพของการลอยจะประเมินจากเปอร์เซนต์การเก็บแร่ได้ และผลวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

จากการศึกษาทรายเหลือทิ้งพบว่ามีส่วนประกอบของ แร่เฟลด์สปาร์ แร่ควอรตซ์ แร่มัสโคไวต์ และแร่แคลไซต์ โดยมีผลวิเคราะห์ทางเคมีคือ SiO_2 84.45 เปอร์เซ็นต์ K_2O 6.45 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.74 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 6.15 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.30 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.23 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.08 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.24 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.26 เปอร์เซ็นต์

ผลวิเคราะห์แร่เฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากตัวอย่างขนาด -30 เมชพบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ SiO_2 76.87 เปอร์เซ็นต์ K_2O 11.06 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.48 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 8.65 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.73 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.18 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.10 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.17 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.08 เปอร์เซ็นต์

ผลวิเคราะห์แร่เฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากตัวอย่างขนาด -60 เมชพบว่ามีองค์ประกอบทางเคมีดังนี้ SiO_2 76.10 เปอร์เซ็นต์ K_2O 8.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.04 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 12.34 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.95 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.19 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.12 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.31 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.15 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนั้นยังมีการประเมินทางเศรษฐศาสตร์ โดยการประเมินค่าใช้จ่ายของการคัดแยกและรายได้ที่คาดว่าจะได้รับ

ภาควิชา วิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมทรัพยากรธรณี ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

ปีการศึกษา 2554 .....

5270362221: MAJOR GEORESOURCES ENGINEERING
KEYWORDS : WASTE SAND / POTASSIUM FELDSPAR / FLOTATION / ECONOMIC

NUTCHAREE SONGRUG : PRE-FEASIBILITY STUDY OF POTASSIUM FELDSPAR FLOTATION FROM WASTE SAND. ADVISOR : PROF.THITISAK BOONPRAMOTE, Ph.D., 96 pp.

The purpose of this research is a pre-feasibility study of separation potassium feldspar from sand waste of the Banpong sand deposit, Banpong district, Ratchaburi Province by using froth flotation and value added from potassium feldspar processing. In order to meet the specification required by the ceramics industry.The study included mineral characterization by using optical microscope, x-ray diffraction, x-ray fluorescence and sieve analysis. High intensity magnetic separator was carried out, in order to decrease the iron contamination and improve quality. The flotation efficiency is evaluated from recovery percentage of potassium feldspar and chemical analysis of floated potassium feldspar by using x-ray fluorescence.

The characterization results of sand waste showed that the minerals consisted of feldspar, quartz, muscovite and calcite. The analysis was SiO_2 84.45 %, K_2O 6.45 %, Na_2O 0.74 %, MgO 0.26%, Fe_2O_3 1.30 %, TiO_2 0.24 %, Al_2O_3 6.15 %, P_2O_5 0.08 % and CaO 0.23 % respectively.

The chemical analysis of floated potassium feldspar of sample -30 mesh as following; SiO_2 76.87 %, K_2O 11.06 %, Na_2O 1.48 %, MgO 0.08 %, Fe_2O_3 0.73 %, TiO_2 0.17 %, Al_2O_3 8.65 %, P_2O_5 0.10 % and CaO 0.18 % respectively.

The chemical analysis of floated potassium feldspar of sample -60 mesh as following; SiO_2 76.10 %, K_2O 8.37 %, Na_2O 1.04 %, MgO 0.15 %, Fe_2O_3 0.95 %, TiO_2 0.31 %, Al_2O_3 12.34 %, P_2O_5 0.12 % and CaO 0.19 % respectively.

Economic evaluation from the feldspar processing is also evaluated using the cost and product prices estimation.

Department : Mining and Petroleum Engineering Student's Signature .....
Field of Study : Georesources Engineering Advisor's Signature .....
Academic Year 2011

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์จากองค์กรและบุคคลหลายฝ่ายได้แก่ ภาควิชาวิศวกรรม เหมืองแร่ และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ขอขอบพระคุณ อ.ดร.ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงในการให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการวิจัยและตรวจแก้ไขข้อผิดพลาด ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี อ.สมศักดิ์ สายสินธุ์ชัย ในความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลและคำปรึกษาตลอดจนความช่วยเหลือต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัย

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.ดาวัลย์ วิวรรธนะเดช และ ผศ.ดร.เทียนไชย ตันไทย คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์สำหรับข้อเสนอแนะต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียมทุกท่าน ในส่วนของการทดลองรวมถึงการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างดีจากการช่วยเหลือและให้คำแนะนำเกี่ยวกับการวิเคราะห์ตัวอย่าง

ขอขอบคุณบริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้างจำกัด(Cpac) ในความอนุเคราะห์ให้ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งเพื่อใช้ในการวิจัย

นอกจากนี้ขอขอบคุณธุรการภาควิชา และพี่ๆ น้องๆ และเพื่อนๆ ในห้องพักนิสิตปริญญาโททุกคนที่ให้ความช่วยเหลือให้คำปรึกษาและคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง ที่ได้ให้การสนับสนุนและคอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษาในทุกๆ เรื่อง รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิจัยครั้งนี้มาโดยตลอดจนสำเร็จการศึกษาได้ด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ฉ
สารบัญ ช
สารบัญตาราง ซ
สารบัญภาพ ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3
1.5 วิธีดำเนินการวิจัย 4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ทรายก่อสร้าง 5
2.1.1 ชนิดของทราย 5
2.1.2 ประโยชน์ของทรายก่อสร้างและราคา 5
2.1.3 การผลิตทรายก่อสร้าง 5
2.1.4 ทรายเหลือทิ้ง 6
2.2 แร่เฟลด์สปาร์ 7
2.2.1 ชนิดของแร่เฟลด์สปาร์ 7
2.2.2 คุณสมบัติทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์ 10
2.2.3 มาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ในอุตสาหกรรม 12
2.2.4 ประโยชน์ของแร่เฟลด์สปาร์ 13
2.2.5 การกำเนิดและแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ในประเทศไทย 14
2.2.6 การผลิตและการใช้งานในประเทศ 14
2.3 การคัดแยกด้วยการลอยแร่ 16
2.3.1 คุณสมบัติของแร่ต่อการลอยแร่ 16
2.3.2 หลักการลอยแร่ 20
2.3.3 สารเคมีปรับสภาพในการลอยแร่ 22
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 25
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย 28
3.1 แผนการศึกษาวิจัย 28

หน้า

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย 28
3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 29
3.4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย 29
3.5 วิธีดำเนินงานวิจัย 30
3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) 31
3.5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 31
3.5.3 การศึกษาขนาดของตัวอย่าง โดยการคัดขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน 31
3.5.4 การศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ 31
3.5.5 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาดต่างๆด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 32
3.5.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 32
3.5.7 การลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง 32
3.5.8 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 35
3.5.9 การทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก 35
3.5.10 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 36
4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์(XRD) 36
4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 37
4.3 ผลการศึกษาขนาดของตัวอย่างโดยการคัดขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน 38
4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์ 39
4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างในขนาดต่างๆด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 40
4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 42

หน้า

4.7 ผลการศึกษาการแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งโดยใช้กระบวนการลอยแร่ 43
4.7.1 ผลการศึกษาการทดลองล้างฝุ่นแร่จากทรายเหลือทิ้ง 44
4.7.2 ผลการศึกษาการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างขนาด -30 เมช 44
4.7.3 ผลการศึกษาการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างขนาด -60 เมช 45
4.8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 45
4.9 ผลการทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก 47
4.10 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) 48
บทที่ 5 การวิเคราะห์การลงทุนการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง 50
5.1 การวิเคราะห์ทางเลือกการลงทุน 50
5.2 เกณฑ์ในการประเมินโครงการ 50
5.2.1 ระยะเวลาคืนทุน 51
5.2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ 51
5.2.3 อัตราผลตอบแทนภายใน 52
5.2.4 ดัชนีกำไร 52
5.3 การประมาณค่าใช้จ่ายในการประเมินโครงการ 53
5.3.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน 53
5.3.2 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน 54
5.4 การวิเคราะห์การลงทุนการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง 55
5.4.1 การประมาณค่าใช้จ่าย รายได้ ปริมาณแร่ และหลักเกณฑ์ต่างๆของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง 56
5.4.2 สมมุติฐานการลงทุนกรณีศึกษาโครงการพื้นฐาน 57
5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง 58
5.5.1 กรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง 59
5.5.2 กรณีที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง 60
5.5.3 กรณีที่ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เปลี่ยนแปลง 62
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 65

หน้า

6.1 สรุปผลการวิจัย 65
6.2 ข้อเสนอแนะ 67
รายการอ้างอิง 68
ภาคผนวก 70
ภาคผนวก ก 71
ภาคผนวก ข 74
ภาคผนวก ค 83
ภาคผนวก ง 86
ภาคผนวก จ 89
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 96

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 แสดงผลวิเคราะห์แหล่งทรายต่างๆ..... 2
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์..... 11
ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดของแร่เฟลด์สปาร์ในด้านการซื้อขาย..... 13
ตารางที่ 2.3 การผลิตและการใช้แร่เฟลด์สปาร์ในประเทศ 15
ตารางที่ 2.4 องค์ประกอบและตัวแปรในการลอยแร่..... 18
ตารางที่ 2.5 ความยากง่ายในการเปียกน้ำของเม็ดอนุภาคแร่..... 22
ตารางที่ 3.1 ข้อกำหนดของมาตรฐานของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์..... 28
ตารางที่ 3.2 สภาวะการลอยแร่..... 33
ตารางที่ 4.1 ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในทรายเหลือทิ้ง..... 37
ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีในทรายเหลือทิ้งในขนาดต่างๆ..... 41
ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีในทรายเหลือทิ้งขนาด-30 เมช และ -60 เมช..... 43
ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองล้างฝุ่นแร่..... 41
ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่..... 46
ตารางที่ 4.6 รายละเอียดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการลอยแร่ต่อตัน..... 47
ตารางที่ 4.7 ปริมาณแร่ไม่ติดแม่เหล็กและแร่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง..... 47
ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบในแร่เฟลด์สปาร์หลังจากการคัดแยกแร่ติดแม่เหล็ก 49
ตารางที่ 5.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน..... 54
ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน..... 55
ตารางที่ 5.3 สมมุติฐานของกรณีศึกษาพื้นฐาน..... 58
ตารางที่ 5.4 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง..... 59
ตารางที่ 5.5 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน (PP)
ของกรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง..... 60
ตารางที่ 5.6 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง..... 61
ตารางที่ 5.7 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน
(PP)ของ กรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง..... 62
ตารางที่ 5.8 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง..... 63
ตารางที่ 5.9 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน
(PP)ของ กรณีศึกษาที่ราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เปลี่ยนแปลง..... 64

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 แผนผังการผลิตทราย..... 6
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของแร่เฟลด์สปาร์..... 7
ภาพที่ 2.3 รูปผลึกของแร่ไมโครไคลน์..... 8
ภาพที่ 2.4 รูปผลึกของแร่ไมโครไคลน์แร่ซานีดีนและแร่ออร์โทเคลส..... 8
ภาพที่ 2.5 รูปผลึกของแร่ออร์โทเคลส..... 9
ภาพที่ 2.6 รูปผลึกของกลุ่มแร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์..... 10
ภาพที่ 2.7 แผนภูมิรูปสามเหลี่ยมแสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์..... 10
ภาพที่ 2.8 หลักการลอยแร่..... 16
ภาพที่ 2.9 ลักษณะการดูดซึมของโมเลกุลสารเคลือบผิวบนผิวหน้าของเม็ดแร่หรือวัสดุ... 17
ภาพที่ 2.10 การเกาะติดของฟองอากาศกับผิวหน้าเม็ดแร่หรือวัสดุที่ถูกเคลือบด้วย
สารเคลือบ..... 17
ภาพที่ 2.11 ภาวะสมดุลระหว่างเม็ดแร่กับฟองอากาศและน้ำ..... 20
ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่นำมาศึกษาวิจัย..... 29
ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการศึกษาการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทราย
เหลือทิ้ง..... 30
ภาพที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยด้วยXRD..... 36
ภาพที่ 4.2 การกระจายน้ำหนักของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง..... 38
ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด +30 เมช..... 39
ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด -30+60 เมช..... 39
ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด -60 เมช..... 40
ภาพที่ 4.6 ปริมาณสะสมของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งแต่ละขนาด..... 42
ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณแร่ต่างๆที่ได้จากการลอยตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง
ขนาด -30 เมช และ-60 เมช..... 45
ภาพที่ 4.8 เม็ดแร่ที่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง..... 48
ภาพที่ 4.9 เม็ดแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง..... 48
ภาพที่ 5.1 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV)ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ค่า
ต่างๆ..... 60
ภาพที่ 5.2 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV)ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่
ค่าต่างๆ..... 62
ภาพที่ 5.3 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV)ของราคาแร่เฟลด์สปาร์ที่ราคา
ต่างๆ..... 63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ทรายเหลือทิ้ง เป็นทรายละเอียดท้ายรางที่เหลือทิ้งจากการผลิตทรายก่อสร้างซึ่งกระบวนการในการผลิตทรายก่อสร้าง จะมีการทำความสะอาดและคัดแยกขนาดของทราย โดยแบ่งทราย ออกเป็น 3 ชนิดคือ ทรายหยาบ เป็นทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2-4.75 มิลลิเมตรใช้ในงานคอนกรีตเทพื้นฐานราก และงานที่ต้องการแรงอัดมาก ทรายกลาง เป็นทรายที่มีขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตรใช้ในงานคอนกรีตปูนก่อที่ต้องรับแรงอัดปูนฉาบผนังใต้ดินพื้นคาน และทรายละเอียดเป็นทรายที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 - 0.5 มิลลิเมตรใช้งานในปูนก่อปูนฉาบปูนถือ นอกจากนี้ทรายมักถูกใช้เป็นวัสดุในการถมและปรับพื้นที่ให้ได้ระดับที่ต้องการรวมทั้งใช้ในอุตสาหกรรม โดยมีราคาอยู่ที่ประมาณ 95 บาทต่อตัน สำหรับ ทรายหยาบ ทรายกลาง ทรายละเอียด และราคาประมาณ 65 บาทต่อตันสำหรับทรายถมในทรายประกอบไปด้วย แร่ควอรตซ์ (Quartz) แร่เฟลด์สปาร์ (Feldspar) และ แร่ไมกา (Mica) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งจะมีอัตราส่วนแตกต่างกันในแต่ละแหล่ง โดยทั่วไปจะมีแร่ควอรตซ์ในอัตราส่วนที่มากที่สุดรองลงมาคือ แร่เฟลด์สปาร์ และ แร่ไมกา แต่ในบางพื้นที่อาจมีแร่เฟลด์สปาร์ในอัตราส่วนที่สูง ซึ่งเหมาะแก่การนำมาคัดแยกเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เฟลด์สปาร์ (Feldspar) เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญชนิดหนึ่ง มี ซิลิกา โพแทสเซียม โซเดียม และ แคลเซียมเป็นส่วนประกอบที่สำคัญสามารถจำแนกออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือ Plagioclase Feldspar และ Alkaline Feldspar หรือ Potassium Feldspar (K-Feldspar) เฟลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมเซรามิก อุตสาหกรรมเครื่องแก้วและกระจก ผลผลิตเฟลด์สปาร์ในประเทศไทยส่วนหนึ่งจะใช้ในอุตสาหกรรมภายในประเทศ และส่วนหนึ่งส่งออกจำหน่ายยังต่างประเทศ เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเฟลด์สปาร์ก้อนและบด ซึ่งมีราคาขายแตกต่างกันตามชนิดของเฟลด์สปาร์ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จะมีสูงกว่าโซเดียมเฟลด์สปาร์และเฟลด์สปาร์บดจะมีราคาสูงกว่าเฟลด์สปาร์ก้อน โดยราคาจะตามประกาศของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและ การเหมืองแร่ (กพร.) โซเดียมเฟลด์สปาร์ประเภทบดมีราคาอยู่ที่ 1,400 บาทต่อตัน และราคาของ โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ประเภทบดมีราคาอยู่ที่ 2,400 บาทต่อตัน

ทรายเหลือทิ้งที่ศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ นำมาจากแหล่งทรายบ้านโป่งในจังหวัดราชบุรีซึ่ง แหล่งทรายนี้เป็นแหล่งที่มีปริมาณทรายมาก ในการผลิตทรายก่อสร้างของแหล่งนี้ทรายที่ต้องการส่วนใหญ่จะเป็นทรายขนาดหยาบและขนาดกลางเพื่อนำมาใช้ผลิตคอนกรีต จึงมีทรายละเอียดที่เหลือจากการผลิตที่ไม่ได้เอามาใช้ประโยชน์ และนำทรายในส่วนนั้นทิ้งไป โดยปริมาณทรายละเอียดที่เหลือทิ้งในปัจจุบันมีประมาณ 320,000 ตัน และมีพื้นที่รองรับทรายที่เหลือทิ้ง

ประมาณ 48 ไร่ เมื่อดูจากข้อมูลผลวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ของทรายเหลือทิ้ง จากแหล่งทราย บ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี พบว่าส่วนประกอบของทรายเหลือทิ้งประกอบไปด้วยแร่ควอรตซ์ (Quartz) 73.1 เปอร์เซ็นต์ แร่ไมโครไคลน์ (Microcline) 19.3 เปอร์เซ็นต์ แร่อัลไบต์ (Albite) 4.3 เปอร์เซ็นต์ แร่มัสโครไวต์ (Muscovite) 2.1 เปอร์เซ็นต์ และแร่แคลไซต์ (Calcite) 1.1 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าทรายเหลือทิ้งมีส่วนประกอบของแร่ไมโครไคลน์ ซึ่งเป็น เฟลด์สปาร์ชนิด โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่มีปริมาณมากถึง 19.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับทรายจากแหล่งอื่นๆ เช่น ทรายจาก อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ที่มีส่วนประกอบเป็น แร่ควอรตซ์ (Quartz) 97.6 เปอร์เซ็นต์ แร่ไมโครไคลน์ (Microcline) 2.4 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นได้ว่าทรายจากแหล่งอื่นมีปริมาณแร่เฟลด์สปาร์ในปริมาณที่น้อยกว่ามาก

ตารางที่1.1 แสดงผลวิเคราะห์แหล่งทรายต่างๆ

Code	Sample Name	Calcite	Quartz	Muscovite	Microcline	Albite	Sum.
1017R	ทรายละเอียดบ้านบึง รอบที่1	-	97.8	-	2.2	-	100
1018R	ทรายละเอียดบ้านบึง รอบที่2	-	97.3	-	2.7	-	100
1019R	ทรายละเอียดบ้านบึง รอบที่3	-	97.6	-	2.4	-	100
1020R	ทรายบ้านโป่ง	1.1	73.1	2.1	19.3	4.3	100

ดังนั้นเมื่อดูจากผลวิเคราะห์สามารถพิจารณาได้ว่าทรายเหลือทิ้งจากแหล่งทรายบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งมีแร่เฟลด์สปาร์ชนิดโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และมีปริมาณการผลิตได้ไม่มากนักในประเทศ อีกทั้งมีราคาที่ค่อนข้างสูง จึงเหมาะแก่การนำมาคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ออกมาเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่างๆ แต่ปัญหาของการตัดสินใจดังกล่าวอยู่ที่เทคโนโลยีที่ใช้ในการคัดแยกเฟลด์สปาร์ และต้นทุนของการคัดแยก ซึ่งจำเป็นต้องมีการศึกษาความเป็นไปได้เบื้องต้น ของการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากแหล่งทรายเหลือทิ้งดังกล่าว

งานวิจัยศึกษาเกี่ยวกับความเป็นไปได้เบื้องต้น ของการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายละเอียดท้ายรางที่เหลือทิ้ง จากการผลิตทรายก่อสร้าง จากแหล่งทรายบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยการนำกระบวนการแต่งแร่ ด้วยวิธีการลอยแร่มาทดลองเพื่อหาปริมาณของ

แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่คัดแยกออกมาแล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์เพื่อใช้ในการตัดสินใจ โดยนำมาคิดประมาณเป็นมูลค่าของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ทั้งหมด โดยต้องมีการหักค่าใช้จ่ายในการคัดแยกออก แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ว่ามีความคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยเพียงใด ซึ่งจะเห็นได้ว่าราคาของทราย เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์นั้นมีความแตกต่างกันมากดังนั้นในการแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ออกจากทรายดังกล่าวอาจจะสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มของทรายเหลือทิ้งจากแหล่งทรายนี้ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อให้ทราบว่าแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่คัดแยกได้มีคุณภาพเหมาะสมในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมได้หรือไม่

1.2.2 เพื่อให้ทราบว่าการลงทุนในกระบวนการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งมีความคุ้มค่าหรือไม่

1.2.3 เพื่อเป็นข้อมูลที่ช่วยในการตัดสินใจลงทุนของผู้ผลิตในการดำเนินโครงการ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1การวิเคราะห์ตัวอย่างจากทรายเหลือทิ้งทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพจะใช้เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และ เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) และอื่นๆ

1.3.2 การเลือกใช้กระบวนการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ ด้วยวิธีการลอยแร่นำมาใช้ในการทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

1.3.3 การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาประเมินความคุ้มค่า ของการเพิ่มมูลค่าแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง จะใช้วิธีการเก็บข้อมูลในด้านปริมาณแร่ต่างๆ ที่ได้จากการทดลองและคุณภาพของแร่ รวมทั้งปริมาณสารเคมีที่ใช้

1.3.4 นำข้อมูลที่ได้จากการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งมาวิเคราะห์ว่าคุ้มค่าหรือไม่ ซึ่งจะถูกวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์

1.3.5 การวิจัยนี้ใช้แหล่งทรายเหลือทิ้งในพื้นที่ปัจจุบัน ของบริษัทผลิตภัณฑ์และวัตถุก่อสร้างจำกัด(ซีแพค)ในธุรกิจซิเมนต์ เครือซิเมนต์ไทย ในอำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำข้อมูลจากการทดลองมาวิเคราะห์ปริมาณของ แร่เฟลด์สปาร์ในทรายเหลือทิ้งที่ทำการศึกษาได้

1.4.2 สามารถนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์มาประมาณมูลค่าทั้งหมดของแร่เฟลด์สปาร์ที่ได้จากกระบวนการแต่งแร่ได้

1.4.3 สามารถนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการแต่งแร่เฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งมาใช้ในการตัดสินใจในการดำเนินงานของผู้ผลิตต่อไปว่าคุ้มค่าหรือไม่

1.5 วิธีดำเนินการวิจัย

1.5.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.5.2 ศึกษาและวิเคราะห์ ทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ ของทรายเหลือทิ้งจากแหล่งทรายบ้านโป่งในจังหวัดราชบุรี

- ศึกษาและวิเคราะห์ขนาดของทรายในพื้นที่
- ศึกษาและวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)
- ศึกษาวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

1.5.3ศึกษากระบวนการแต่งแร่เฟลด์สปาร์ด้วยวิธีการลอยแร่ รวมทั้งสารเคมีที่ใช้

1.5.4 ประยุกต์ใช้การแต่งแร่เฟลด์สปาร์ด้วยวิธีการลอยแร่มาใช้ในการแยกทรายเหลือทิ้ง

- การทดลองการแต่งแร่เฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งในห้องปฏิบัติการ
- เก็บข้อมูลของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ควอรตซ์ และไมกา ที่ได้จากการทดลอง
    - ปริมาณของแร่แต่ละชนิดที่ได้จากการทดลอง
    - คุณภาพของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่ได้จากการทดลอง
    - ปริมาณของสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

1.5.5 นำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์

1.5.6 วิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการทดลองและจัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 **ทรายก่อสร้าง** (บริษัทผลิตภัณฑ์และ วัตถุก่อสร้างจำกัด)

ทราย (sand) หมายถึง เม็ดวัตถุตะกอนทีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ 2.0-0.063 มิลลิเมตร ซึ่งประกอบด้วยวัตถุที่เป็นเศษหินเศษแร่ขนาดเล็กมีลักษณะร่วนซุย ไม่เกาะติดกัน การนำทรายมาใช้งานด้านโยธาใน อุตสาหกรรมก่อสร้างคือ วัตถุผสมละเอียดที่มีขนาดผ่านตะแกรงร่อน 4.75 มิลลิเมตรได้ ซึ่งจะเป็น เศษหินหรือแร่ก็ได้ โดยทั่วไปเม็ดทรายแข็งแกร่งทนทาน มีเหลี่ยมคมไม่ขยายตัวมากมีสารประกอบอื่นเจือปนอยู่น้อย โดยทรายที่ใช้ผสมปูนซีเมนต์จะเรียกว่าวัสดุผสมละเอียด (fine aggregate) มีขนาด 4.75 -0.07 มิลลิเมตร

2.1.1 ชนิดของทราย

1. ทรายแม่น้ำ เป็นทรายที่เกิดจากการกัดเซาะของกระแสน้ำแล้วค่อยๆ ตกตะกอนสะสมกลายเป็นแหล่งทรายอยู่ใต้ท้องน้ำ โดยทรายละเอียดนั้น จะถูกกระแสน้ำพัดพามารวมกันบริเวณท้ายน้ำ

2. ทรายบกเป็นทรายที่เกิดจากการตกตะกอนที่ทับถมกัน ของลำน้ำเก่าที่แปรสภาพเป็นพื้นดินโดยมีซากพืช ซากสัตว์ ทับถมกันบริเวณผิวหน้า

2.1.2 ประโยชน์ของทรายก่อสร้างและราคา

การนำทรายไปใช้งานจะขึ้นอยู่กับขนาดของเม็ดทรายซึ่งแบ่งแยก ได้ดังนี้

1. ทรายละเอียดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 - 0.5 มิลลิเมตรใช้งานในปูนก่อ ปูนฉาบ ปูนถือ และมีราคา 95 บาทต่อตัน

2. ทรายกลางขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 - 3.0 มิลลิเมตรใช้ในงานคอนกรีต ปูนก่อที่ต้องรับแรงอัด ปูนฉาบผนังใต้ดินพื้นคาน และมีราคา 95 บาทต่อตัน

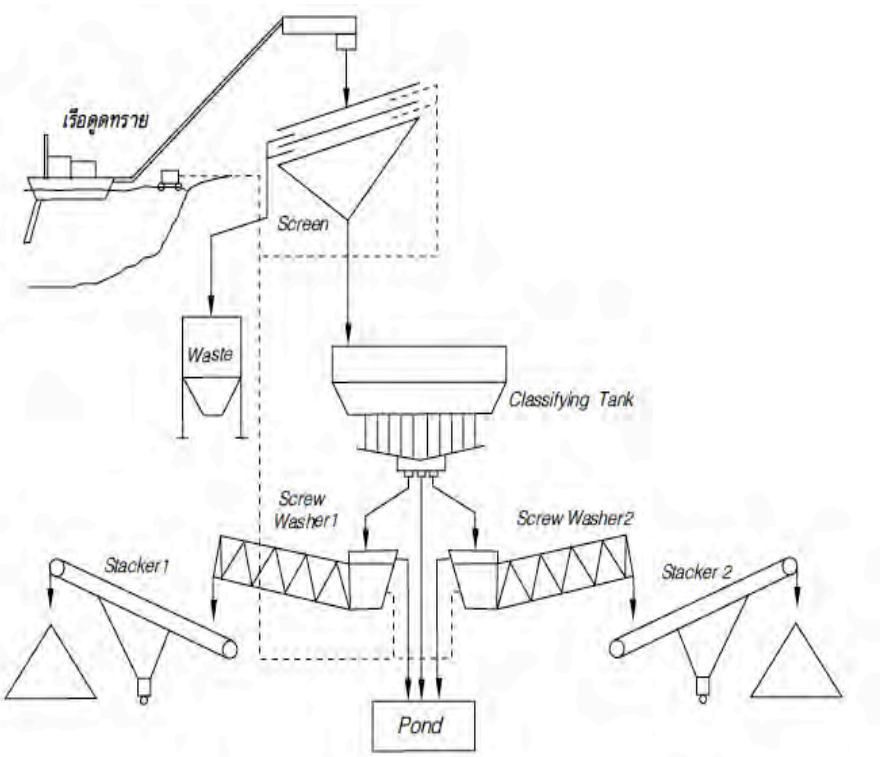
3. ทรายหยาบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 4.75 มิลลิเมตร ใช้ในงานคอนกรีตเทพื้นฐานรากและงานที่ต้องการแรงอัดมาก และมีราคา 95 บาทต่อตัน

4. ทรายถม นำมาใช้ปรับถมพื้นที่มีราคา 65 บาทต่อตัน

2.1.3 การผลิตทรายก่อสร้าง

ขั้นตอนการผลิตทรายเริ่มจาก เรือดูดทรายทำหน้าที่ดูดทรายจากบ่อทรายเพื่อส่ง

เข้าตะแกรงป้อนแร่ (Feeder) แล้วคัดเอาก้อนหินและรากไม้ออกไปจากนั้นป้อน เข้าสู่ตะแกรงร่อน (Screen) เพื่อคัดเอาทรายที่มีขนาดใหญ่เกินออกไปแล้วส่งเข้าเครื่องคัดขนาด (Classifying tank) โดยจะคัดขนาดออกเป็นขนาดหยาบ และขนาดละเอียด จากนั้นนำทรายไปล้างทำความสะอาดและทำให้แห้งต่อไปดังแสดงในภาพที่2.1



ภาพที่2.1 แผนผังการผลิตทราย
ที่มา : บริษัทผลิตภัณฑ์และ วัตถุก่อสร้างจำกัด(ซีแพค)

จะเห็นว่าในกระบวนการผลิตทรายก่อสร้าง จะมีการคัดแยกขนาดของทรายออกเป็นขนาดต่าง คือทรายหยาบ ทราบกลาง ทรายละเอียด โดยแหล่งทรายที่นำมาศึกษาในครั้งนี้คือแหล่งทรายบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งในการผลิตทรายของแหล่งทรายนี้ต้องการ ทรายหยาบและทรายกลาง ส่วนทรายขนาดละเอียด ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเม็ดทราย 1.5 - 0.5 มิลลิเมตร ทางผู้ผลิตจะคัดทิ้งออกไป

2.1.4 **ทรายเหลือทิ้ง**

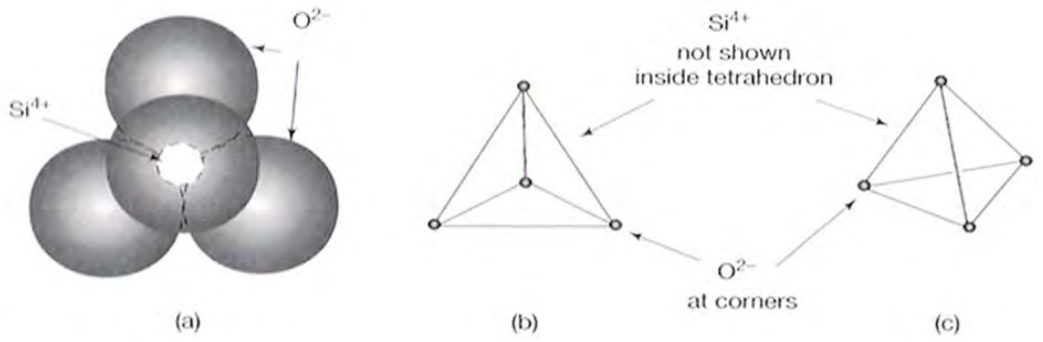
ทรายเหลือทิ้งเป็นทรายที่ถูกคัดออกจาก กระบวนการคัดแยกโดยตะแกรงร่อนและเครื่องคัดขนาด โดยปกติขนาดของทรายเหลือทิ้งคือทรายขนาดที่ใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตร และขนาดต่ำกว่า 0.5 มิลลิเมตรและไม่ได้นำเอามาใช้ประโยชน์ แต่สำหรับทรายเหลือทิ้งของแหล่งทรายบ้านโป่งนี้ คือทรายที่มีขนาดเม็ดทรายใหญ่กว่า 4.75 มิลลิเมตรและทรายละเอียดที่มีขนาดต่ำกว่า 1.5 มิลลิเมตร โดยทรายส่วนที่เหลือทิ้งจากการผลิตนี้ไม่ได้เอามาใช้ประโยชน์

และนำทรายในส่วนนั้นทิ้งไปโดยปริมาณทรายละเอียดที่เหลือทิ้งในปัจจุบัน มีประมาณ 320,000 ตัน

2.2 แร่เฟลด์สปาร์ (สุจิตร พิตรากุล, 2530 ; อายุวัฒน์ สว่างผล, 2543 ; ดรุณี วัฒนศิริเวช,2552)

แร่เฟลด์สปาร์ หรือ หินฟันม้า เป็นแร่ประกอบหิน (Rock-forming mineral) ที่สำคัญพบได้โดยทั่วไป แร่เฟลด์สปาร์มีสารประกอบของแอลคาไลอะลูมิเนียมซิลิเกต (Alkalies Aluminium Silicate) และแอลคาไลน์เอิร์ทของสารประกอบโซเดียม โพแทสเซียม และแคลเซียม สามารถพบมากที่สุดบนเปลือกโลก โดยมีปริมาณของแร่เฟลด์สปาร์มากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนั้น จะเป็นแร่กลุ่มซิลิเกตอื่นๆ เช่น ไพรอกซีน ควอรตซ์ เป็นต้น ส่วนกลุ่มแร่ที่ไม่ใช่ซิลิเกต (Non Silicate minerals) มีประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์

โครงสร้างของแร่เฟลด์สปาร์ เป็นโครงร่างแห 3 มิติ เกิดจากการเชื่อมโยงกันของออกซิเจน ทั้ง 4 อะตอมของ oxygen-silicon tetrahedron นอกจากนี้ Al^{3+} ยังเข้าไปแทนที่ Si^{4+}บางส่วน และช่องว่างในโครงสร้างร่างแหยังถูก K^{+} Na^{+} Ca^{+}เข้าไปอยู่ขนาดของอนุมูล Na^{+} เท่ากับ 0.98° Ca^{+2}เท่ากับ 1.06° K^{+}เท่ากับ 1.33° เนื่องจาก Na^{+}และ Ca^{+}มีขนาดใกล้เคียงกัน สารประกอบทั้งสองจึงมีการละลายที่ดี ส่วน K^{+}มีขนาดใหญ่มาก จึงละลายกับสารประกอบ Na^{+} และ Ca^{+} ได้เพียงบางส่วนเฟลด์สปาร์ที่มี Na^{+}และ Ca^{+2} เป็นส่วนประกอบจะมีโครงสร้างเป็นไตรคลินิค (Triclinic) และเฟลด์สปาร์ที่มี K^{+} เป็นส่วนประกอบจะมีโครงสร้างเป็น โมโนคลินิค (Monoclinic) โครงสร้างของเฟลด์สปาร์จะเปลี่ยนไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น



ภาพที่2.2 โครงสร้างของแร่เฟลด์สปาร์
ที่มา: Perkin,2002

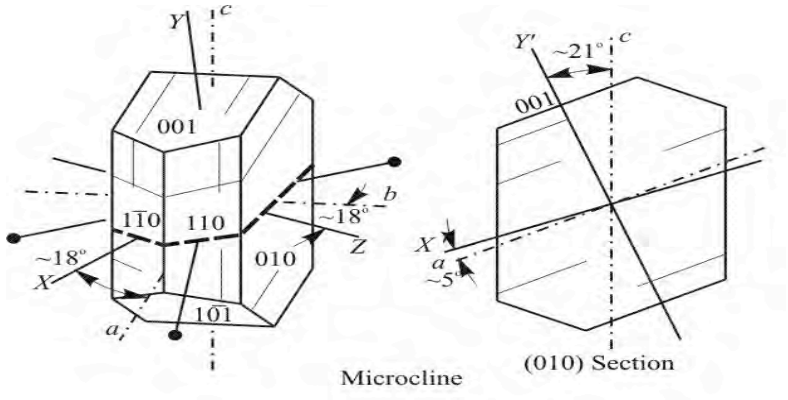
2.2.1 ชนิดของแร่เฟลด์สปาร์ (สุจิตร พิตรากุล, 2530)

แร่เฟลด์สปาร์ จะมีสารประกอบของ แอลคาไลน์ และแอลคาไลน์เอิร์ทเจือปนอยู่หลายชนิดซึ่งสามารถแบ่งแร่เฟลด์สปาร์ออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ กลุ่มแร่แอลคาไล เฟลด์สปาร์

และ กลุ่มแพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นแร่ชนิด ต่างๆ ได้หลายชนิดด้วยกัน ที่สำคัญคือ

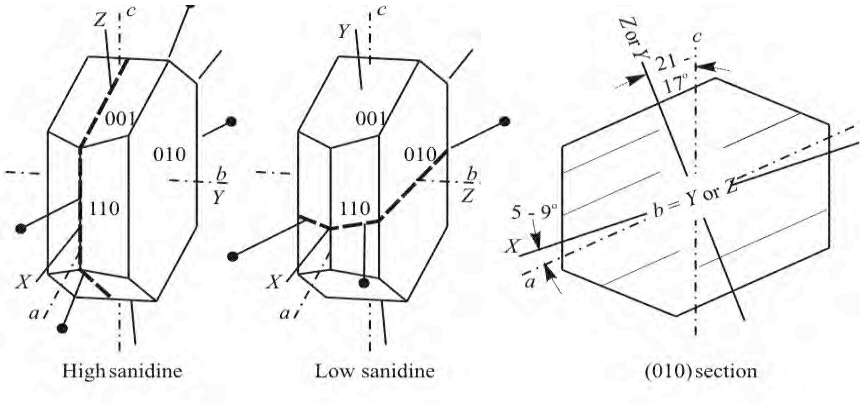
1. โพแทสเฟลด์สปาร์ หรือ อัลคาไลน์ เฟลด์สปาร์ (Potash feldspar or Alkali feldspar; $KAlSi_2O_8$) ได้แก่

- แร่ไมโครไคลน์ (Microcline) มีสูตรทางเคมีคือ $KAl_2Si_2O_8$เหมือนกับแร่ออร์โทเคลส แต่อาจจะมีโซเดียมไปแทนโพแทสเซียมบางส่วน ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง



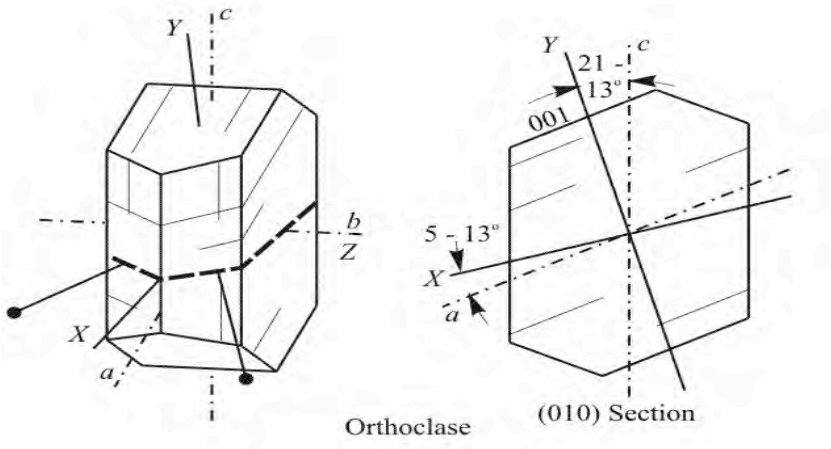
ภาพที่2.3 รูปผลึกของแร่ไมโครไคลน์
ที่มา: http://hays.outcrop.org/GSCI310/lecture37.html

- แร่ซานีดีน (Sanidine) ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียงและมักมีขนาดเล็กหรือเล็กมาก



ภาพที่2.4 รูปผลึกของแร่ไมโครไคลน์ แร่ซานีดีน และ แร่ออร์โทเคลส
ที่มา : http://hays.outcrop.org/GSCI310/lecture37.html

- แร่ออร์โทเคลส (Orthoclase) มีสูตรทางเคมีคือ $KAl_2Si_2O_8$เหมือนกับแร่ไมโครไคลน์ ผลึกอยู่ในระบบหนึ่งแกนเอียง



ภาพที่2.5 รูปผลึกของแร่ออร์โทเคลส
ที่มา : http://hays.outcrop.org/GSCI310/lecture37.html

2. โซดา-ไลม์ เฟลด์สปาร์ หรือ แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์ (Soda-lime feldspar or Plagioclase feldspar (Na, Ca) (Al, Si) $AlSi_2O_8$) กลุ่มแร่นี้มีโครงสร้างผลึกเหมือนกัน คือผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง แต่มีองค์ประกอบของโซดา (Na2O) และไลม์ (CaO) เป็นสัดส่วนต่างๆกัน ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 6 ลำดับ ตามความสัมพันธ์กันของจำนวนแอลไบต์ และอะนอร์ไทต์ ดังนี้

- แร่แอลไบต์ (Albite) เป็นแร่ที่สำคัญที่สุดที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ในทางการค้ามีสูตรทางเคมีคือ $NaAl_2Si_2O_8$ประกอบด้วยอัลไบต์ 100-90 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 0-10 เปอร์เซ็นต์ ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียงและอาจเกิดเป็นผลึกแฝด

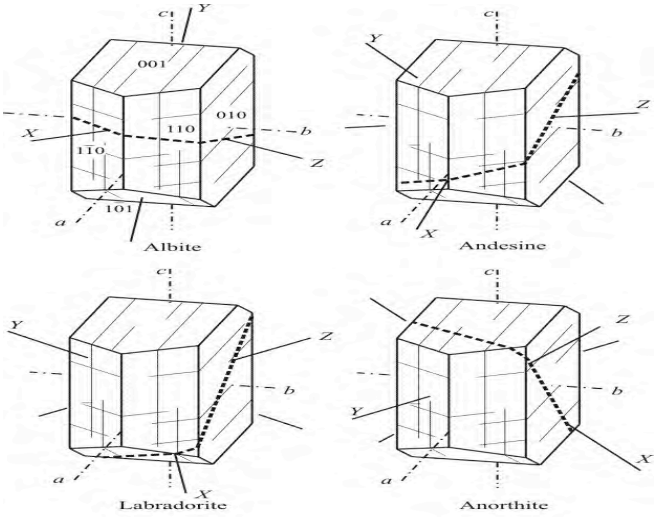
- แร่โอลิโกเคลส (Oligoclase) มีสูตรทางเคมีคือ Na Ca $Al_2Si_2O_8$ ประกอบด้วย อัลไบต์ 90-70 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 10-30 เปอร์เซ็นต์ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง

- แร่แอนดีซีน (Andesine) ประกอบด้วยอัลไบต์ 70-50 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 30-50 เปอร์เซ็นต์ ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง อาจเกิดเป็นผลึกแฝด

- แร่แลบราโดไรต์ (Labradorite) ประกอบด้วยอัลไบต์ 50-30 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 50-70 เปอร์เซ็นต์ ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง มักเกิดเป็นผลึกแฝด

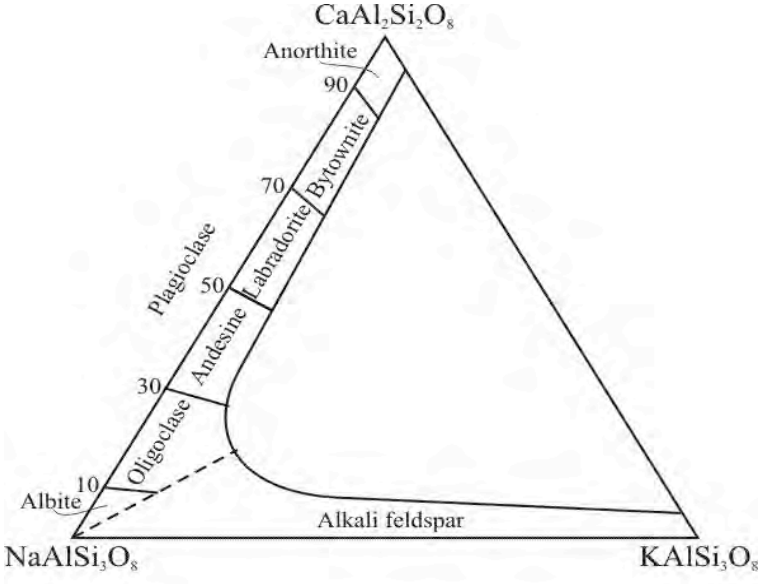
- แร่ไบโทว์ไนต์ (Bytownite) เป็นแร่ที่ไม่ค่อยพบบ่อยนัก ประกอบด้วยอัลไบต์ 30-10 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 70-90 เปอร์เซ็นต์ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง

- แร่อะนอร์ไทต์ (Anorthite) มีสูตรทางเคมีคือ $CaAl_2Si_2O_8$ ประกอบด้วยอัลไบต์ 10-0 เปอร์เซ็นต์ และอะนอร์ไทต์ 90-100 เปอร์เซ็นต์ ผลึกอยู่ในระบบสามแกนเอียง



ภาพที่2.6 รูปผลึกของกลุ่มแร่แพลจิโอเคลสเฟลด์สปาร์
ที่มา: http://hays.outcrop.org/GSCI310/lecture37.html

ความสัมพันธ์โดยทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์สามารถแสดงในแผนภูมิรูปสามเหลี่ยม ดังภาพที่2.6เฟลด์สปาร์ชนิดที่นำมาใช้ประโยชน์ได้อยู่ในช่วงที่เป็นออร์ดทเคลส - ไมโครไคลน์ - เพอร์ไทด์ - แอลไบต์ - โอลิโกเคลส



ภาพที่2.7 แผนภูมิรูปสามเหลี่ยม แสดงความสัมพันธ์ของกลุ่มแร่เฟลด์สปาร์
ที่มา : สุจิตร พิตรากุล, 2530

2.2.2 **คุณสมบัติทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์** (กรมทรัพยากรธรณี, 2526)

แร่เฟลด์สปาร์ทุกชนิดมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน ซึ่งคุณสมบัติทางกายภาพโดยทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์ แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1คุณสมบัติทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์

คุณสมบัติทั่วไปของแร่เฟลด์สปาร์	
แนวแตกเรียบ (Cleavage)	2 ทิศทาง ทำมุมตั้งฉากหรือเกือบตั้งฉาก
ความแข็ง (Mohs' Scale of Hardness)	6.0 - 6.5
รอยแตก (Fracture)	ไม่เรียบ
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	2.56 - 2.76
สี (Color)	หลายสี เช่น ขาว,เทา,น้ำตาล,ชมพู,เหลือง , เขียว โดยขึ้นอยู่กับมลทินที่ปะปนอยู่
สีผง (Streak)	สีขาว
ความวาว (Luster)	คล้ายแก้วถึงคล้ายมุก(Vitreous to Pearly)
ความเหนียว (Tenacity)	เปราะ (Brittle)
จุดหลอมเหลว (Melting Point)	อุณภูมิ 1,110-1,532 องศาเซลเซียส
การติดแม่เหล็ก	ไม่ติดแม่เหล็ก
ระดับการให้แสงผ่าน (Degree of transparent)	โปร่งแสงถึงโปร่งใสของออร์โทเคลสและไมโครไคลน์, แอลไบต์ถึงกึ่งโปร่งใส
การนำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า
การเปียกน้ำ (Wettability)	จัดอยู่ในกลุ่มแร่ซิลิเกตที่เปียกน้ำได้ดี

ในการตรวจสอบว่าเป็นแร่เฟลด์สปาร์หรือไม่นั้น จะสังเกตลักษณะของแนวแตกเรียบของหินจะปรากฏเป็น 2 รอยเท่านั้น หรือเป็นมวลเม็ดที่มีรูปร่างไม่สม่ำเสมอ หรือเป็นผลึกใหญ่ในหินเพกมาไทต์ แนวแตกเรียบ 2 แนวที่ปรากฏจะมีลักษณะ ที่ตั้งฉากกันได้หรือไม่ตั้งฉากกันก็ได้ตามแต่ชนิดของแร่เฟลด์สปาร์ที่พบ นอกจากนี้ยังสามารถใช้วิธีทดสอบความแข็งของแร่เฟลด์สปาร์โดยใช้แร่ควอรตซ์ขูดที่เนื้อหินจะปรากฏรอยอยู่ที่หินนั้น เนื่องจากแร่เฟลด์สปาร์มีความแข็งน้อยกว่าแร่ควอรตซ์

แร่เฟลด์สปาร์มีคุณสมบัติลดจุดหลอมตัวเพื่อทำให้เกิดแก้ว (Glassy phase) ขึ้นระหว่างการเผาทำให้เนื้อผลิตภัณฑ์แข็งแกร่งและโปร่งแสงการนำแร่เฟลด์สปาร์ไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆขึ้นอยู่กับสมบัติทางเคมีและกายภาพเป็นสำคัญคุณสมบัติที่จัดว่ามีคุณค่าที่สำคัญมี 2 ประการคือ

1. จุดหลอมตัวต่ำเมื่อเทียบกับสารประกอบที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์อื่นๆ ผงเฟลด์สปาร์ที่ผสมอยู่จะทำหน้าที่คล้าย ฟลักซ์ (Flux) กล่าวคือ จะหลอมเยิ้มตัวเป็นแก้วภายในเนื้อเซรามิกส์ ทำให้ผลิตภัณฑ์มีเนื้อแข็งแกร่ง คุณสมบัตินี้ได้จากธาตุแอลคาไลน์ คือ K_2O และ Na_2O ที่มีอยู่ในเนื้อแร่ทำให้แร่เฟลด์สปาร์เป็นวัตถุดิบที่สำคัญ ในการผลิตเครื่องถ้วยชาม เครื่องเคลือบดินเผา กระเบื้องต่างๆ เครื่องสุขภัณฑ์ ลูกถ้วยไฟฟ้า ตลอดจนเครื่องเคลือบโลหะ ในการทำแผ่นกระเบื้อง หรือถ้วยชาม จะใช้แร่เฟลด์สปาร์ 10 – 50 เปอร์เซ็นต์ ของส่วนผสม และใช้ทำน้ำยาเคลือบประมาณ 30 – 50 เปอร์เซ็นต์

โซเดียมเฟลด์สปาร์มีจุดหลอมเหลวต่ำ และมีความหนืดตัวน้อยกว่าโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยการหลอมละลาย อาจทำให้ตัวเครื่องเคลือบดินเผารูปร่าง เปลี่ยนไปจากเดิมได้จึงนิยมใช้ทำแก้วมากกว่า ส่วนน้ำยาเคลือบและตัวเครื่องเคลือบชนิดทนความร้อนสูง จึงควรใช้โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ในการผลิตมากกว่า

2. ส่วนประกอบของแร่ที่เป็นอะลูมิน่า (Al_2O_3) นั้นเมื่อหลอมตัวกับแก้วอะลูมิน่าสามารถเข้าไปแทนที่ซิลิคอนในสาร SiO_2 ได้คุณสมบัตินี้ทำให้แก้วมีความเหนียวทนทานต่อการกระทบกระแทก ความกดดัน ความร้อนเฉียบพลัน กรดและด่างได้สูง นอกจากนั้นยังทำให้อยู่ตัวไม่กลายสภาพเป็นผลึกแร่ขณะเย็นตัว ดังนั้นจึงสามารถจัดรูปร่างได้ เช่น แก้วทนไฟ ขวดน้ำอัดลม เฟลด์สปาร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมแก้วจะต้องมีปริมาณของอะลูมิน่าไม่ต่ำกว่า 17เปอร์เซนต์ และใช้ได้ทั้งโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์และโซเดียมเฟลด์สปาร์

2.2.3 มาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ในอุตสาหกรรม

การนำแร่เฟลด์สปาร์ไปใช้ในอุตสาหกรรมนั้นต้องอาศัยส่วนประกอบทางเคมีเป็นหลักดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานของเฟลด์สปาร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมดังนี้คือ

1. กำหนดเป็นอัตราส่วนหรือผลรวมของ K_2O กับNa_2O
2. จำกัดปริมาณร้อยละของ SiO_2, Al_2O_3, CaO และFe_2O_3
3. กำหนดเป็นปริมาณร้อยละขั้นต่ำสุดของ K_2O, Na_2O และAl_2O_3
4. กำหนดสมบัติทางกายภาพอื่น ๆ เช่น จุดหลอมตัวสีก่อนเผาและหลังเผา

ตารางที่ 2.2 ข้อกำหนดของแร่เฟลด์สปาร์ในด้านการซื้อขาย

องค์ประกอบเคมี และลักษณะทางกายภาพ	แร่ควอรตซ์ผลิตแก้ว	แร่เฟลด์สปาร์ ผลิตเซรามิกส์	แร่เฟลด์สปาร์ ผลิตแก้ว
SiO_2	97 - 99	65 – 68	65 – 68
AL_2O_3	0.3	18.5	ต่ำสุด 18.0
$K_2O + Na_2O$	0.2	12.5	ต่ำสุด 12.0
Fe_2O_3	0.3 - 0.03	สูงสุด 0.1	สูงสุด 0.08
LOI	0.5 – 0.2	0.5	0.4
ขนาด (ไมครอน)	600 – 74	420 - 74	-74

2.2.4ประโยชน์ของแร่เฟลด์สปาร์

แร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้นั้น มีการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญในอุตสาหกรรมโดยสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมต่างๆดังนี้

1. อุตสาหกรรมเซรามิกส์

อุตสาหกรรมเซรามิกส์ มักใช้แร่เฟลด์สปาร์ผสมในเนื้อดิน เพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์เซรามิกส์หลอมตัวที่อุณหภูมิต่ำ และมีความโปร่งแสง นอกจากนี้ใช้เป็นส่วนประกอบที่สำคัญในน้ำยาเคลือบสำหรับเซรามิกส์คุณภาพสูง กำหนดให้มีปริมาณ K_2O มากกว่า 8 – 10 เปอร์เซ็นต์ Na_2O ต่ำกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ แร่ควอรตซ์ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์ ผลิตภัณฑ์ลูกถ้วยไฟฟ้า ผลิตภัณฑ์ที่ทนความร้อนสูง ทั้งเนื้อดินปั้น และน้ำยาเคลือบ นิยมใช้โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์สำหรับผลิตภัณฑ์คุณภาพต่ำกระเบื้องชนิดต่างๆ สามารถใช้ได้ทั้งโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์เฟลด์สปาร์ผสม และอาจมีแร่ควอรตซ์ ถึง 30 เปอร์เซ็นต์ การทำผลิตภัณฑ์ที่มีสีขาวควรมี Fe_2O_3 น้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์สำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีสีอาจมี Fe_2O_3 ได้ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ การทำถ้วยชามหรือกระเบื้องต่างๆเฟลด์สปาร์ที่ใช้ผสมลงในเนื้อดินมีประมาณ10 – 15 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำยาเคลือบจะมีเฟลด์สปาร์ผสมประมาณ 30 – 50 เปอร์เซ็นต์

2. อุตสาหกรรมแก้ว

ในอุตสาหกรรมแก้ว มักใช้ทั้งโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และโซเดียมเฟลด์สปาร์ อะลูมิน่าในแร่เฟลด์สปาร์เมื่อหลอมตัวกับแก้วสามารถเข้าไปแทนที่ซิลิคอนทำให้ผลิตภัณฑ์แก้วที่ได้มีความเหนียวคงทนต่อการกระทบกระแทก ความร้อนเฉียบพลันทนกรดด่างสูงและทำให้อยู่ตัวไม่กลายเป็นผลึกแร่ขณะเย็นตัวจึงสามารถจัดรูปร่างได้ในอุตสาหกรรมแก้วต้องมี Al_2O_3 ไม่ต่ำกว่า 17 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์แก้วใสต้องมี Fe_2O_3 น้อยกว่า 0.1 เปอร์เซ็นต์ และอาจมีได้ถึง 0.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับผลิตภัณฑ์แก้วสี

3. อุตสาหกรรมอื่นๆ

เช่นอุตสาหกรรมผงขัดทำความสะอาดผลิตภัณฑ์แก้ว อุตสาหกรรมสี และยาฆ่าแมลงจะใช้แร่เฟลด์สปาร์บดนอกจากนั้นยังใช้เป็นตัวเติมในอุตสาหกรรมพลาสติกและยาง รวมทั้งใช้ในทันตกรรม เป็นต้น

2.2.5การกำเนิดและแหล่งแร่เฟลด์สปาร์ในประเทศไทย(อายุวัฒน์ สว่างผล, 2543)

1. การกำเนิดแร่เฟลด์สปาร์

แร่เฟลด์สปาร์เป็นแร่ประกอบหินที่สำคัญพบได้ทั่วไปใน หินอัคนี หินแปร โดยแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ปริมาณสูงได้จากสายแร่น้ำแร่ร้อนในสายเพกมาไทต์ (Pegmatite) นอกจากนี้ยังมีการผลิตแร่เฟลด์สปาร์จากส่วนที่เป็นหินกราฟิกแกรนิต (Graphic granite) หินแกรนิตสีขาว (Leucocratic granite) หินแอไพต์ และหินเฟลด์สปาร์ (Feldspar rock)

สายเพกมาไทต์มักเกิดในตัวหินแกรนิต หรือ บริเวณรอบๆ หินแกรนิต ขนาด รูปร่าง และทิศทางของสายเพกมาไทต์ขึ้นอยู่กับรอยแตกในหินแกรนิต หรือหินข้างเคียง การให้แร่เฟลด์สปาร์ชนิดใดขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของหินหนืด (Magma) ในประเทศไทยพบสายเพกมาไทต์แทรกอยู่ใน หินแกรนิต หินไนส์ และหินชีสต์ เป็นส่วนใหญ่ แร่เฟลด์สปาร์ในสายเพกมาไทต์ เกิดร่วมกับแร่ควอรตซ์ แร่ไบโอไทต์ แร่มัสโคไวต์ และแร่อื่นๆ เช่น แร่การ์เนต เป็นต้น

2. แหล่งแร่เฟลด์สปาร์

แหล่งแร่เฟลด์สปาร์ของประเทศไทยพบอยู่ใน 3 ภาคของประเทศไทย คือ ภาคเหนือ ภาคกลาง ภาคใต้ โดยมีแหล่งผลิตแร่เฟลด์สปาร์ดังนี้

- แหล่งผลิตแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่สำคัญคือ ตำบลท้องฟ้า จังหวัดตาก และที่ อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี

- แหล่งผลิตแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์ ในภาคเหนือแหล่งผลิตที่สำคัญ คือ ตำบลน้ำค้าง จังหวัดตาก ซึ่งมีการผลิตมากกว่าแหล่งอื่น ภาคกลาง มีการผลิตที่ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี นอกจากนั้นยังมีที่ อำเภอ บ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี ในภาคใต้มีแหล่งผลิตที่สำคัญคือ อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช

2.2.6 การผลิตและการใช้งานในประเทศ (กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

การผลิตแร่เฟลด์สปาร์ในประเทศไทย มีการผลิตได้ทั้งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ชนิดก้อนและบด และโซเดียมเฟลด์สปาร์ชนิดก้อนและบด การผลิตแร่เฟลด์สปาร์แบ่งออกเป็นชนิดต่างๆได้ดังนี้

1. โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ก้อนและบด ในรอบ 5 ปีที่ผ่านมามีปริมาณการผลิตแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ก้อนโดยรวม 26,060เมตริกตัน โดยในปี 2009 ผลิตได้มากที่สุดถึง 9,772 เมตริกตัน และการผลิตแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์บดโดยรวม 243 เมตริกตันและผลิตได้มากที่สุดในปี 2008 จำนวน 123เมตตริกตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

2. โซเดียมเฟลด์สปาร์ทั้งก้อนและบดในรอบ 5 ปีที่ผ่านมา มีปริมาณการผลิตแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์ก้อนโดยรวม 3,736,496 เมตริกตัน โดยในปี 2006 ผลิตได้มาที่สุดถึง 1,055,615 เมตริกตัน และการผลิตแร่โซเดียมเฟลด์สปาร์บดโดยรวม 20,763 เมตริกตัน และผลิตได้มากที่สุดในปี 2007จำนวน 9,685 เมตตริกตัน ดังแสดงในตารางที่ 2.3

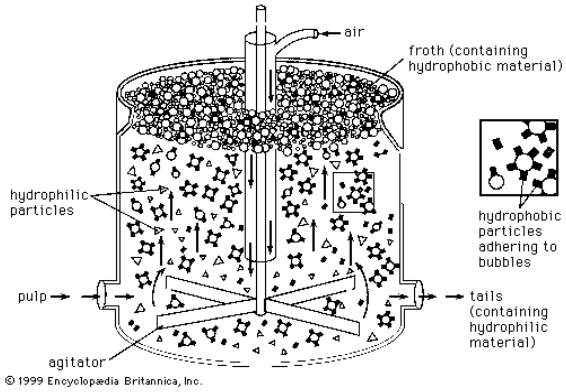
ตารางที่ 2.3 การผลิตและการใช้แร่เฟลด์สปาร์ในประเทศ

ประเภทของแร่เฟลด์สปาร์	2006	2007	2008	2009	2010
โซเดียมเฟลด์สปาร์ (ก้อน)					
ปริมาณการผลิต(เมตริกตัน)	1,055,615	672,545	666,881	708,735	632,720
มูลค่า (ล้านบาท)	738.9	470.8	466.8	496.1	442.9
การใช้ในประเทศ (เมตริกตัน)	98,711	89,245	90,205	139,750	239,877
มูลค่า (ล้านบาท)	69.1	62.5	63.1	97.8	167.9
โซเดียมเฟลด์สปาร์ (บด)					
ปริมาณการผลิต(เมตริกตัน)	7,702	9,685	3,191	65	120
มูลค่า (ล้านบาท)	10.8	13.6	4.5	0.1	0.2
การใช้ในประเทศ (เมตริกตัน)	277,042	193,860	201,745	170,723	171,233
มูลค่า (ล้านบาท)	387.9	271.4	282.4	239	239.7
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (ก้อน)					
ปริมาณการผลิต(เมตริกตัน)	4,367	2,438	423	9,772	9,060
มูลค่า (ล้านบาท)	7.4	4.1	0.7	16.6	15.4
การใช้ในประเทศ (เมตริกตัน)	4,520	2,070	1,004	2,906	3,330
มูลค่า (ล้านบาท)	7.7	3.6	1.7	4.9	5.7
โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ (บด)					
ปริมาณการผลิต(เมตริกตัน)	-	-	123	120	-
มูลค่า (ล้านบาท)	-	-	0.3	0.3	-
การใช้ในประเทศ (เมตริกตัน)	-	-	45	52	-
มูลค่า (ล้านบาท)	-	-	0.1	0.1	-

2.3 การคัดแยกด้วยการลอยแร่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2531; ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 2551)

กระบวนการลอยแร่ ยึดหลักในการแยกแร่ออกจากกันโดยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของผิวแร่ต่อน้ำที่แตกต่างกัน เป็นกระบวนการที่ทำให้เม็ดแร่เลือกเกาะตัวกับน้ำ หรืออากาศ ซึ่งสามารถทำให้เกิดการแยกระหว่างเม็ดแร่สองชนิด ที่มีคุณสมบัติในการเกาะตัวกับน้ำหรืออากาศต่างกันได้ กระบวนการลอยอาศัยคุณสมบัติทางเคมีพื้นผิวของแร่และการเคลื่อนที่ของอนุภาคในของเหลวเป็นหลักในการทำงาน เป็นกระบวนการดั้งเดิมที่มีการพัฒนาและใช้งานแพร่หลายในการคัดแยกและปรับปรุงคุณภาพแร่โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มแร่ซัลไฟด์ และได้ประยุกต์ใช้ในการคัดแยกวัสดุประเภทอื่น

แร่แต่ละชนิดเมื่อใส่ลงในน้ำจะมีแรงดึงดูดกับน้ำหรือเปียกน้ำไม่เท่ากัน โดยผลของสารเคมี และถ้าทำให้เกิดฟองอากาศขึ้นในน้ำ แร่ที่ไม่เปียกน้ำจะมีโอกาสเกาะติดฟองอากาศได้ดีกว่าแร่ที่เปียกน้ำ ฟองอากาศจะพาแร่ที่เกาะติดมาด้วยขึ้นสู่ผิวน้ำเป็นแร่ลอย ส่วนแร่ที่เปียกน้ำจะไม่เกาะกับฟองอากาศก็จะจมอยู่ในน้ำ โดยทั่วไปแล้วแร่ที่ลอยจะเป็นหัวแร่ ส่วนแร่ที่จมอยู่จะเป็นหางแร่ อย่างไรก็ตามการลอยแร่บางครั้งอาจเป็นการลอยมลทินบางชนิดออกจากหัวแร่ก็ได้



ภาพที่2.8 หลักการลอยแร่

ที่มา : http://www.zzywzg.com/en/ArticleShow.asp?ArticleID=565

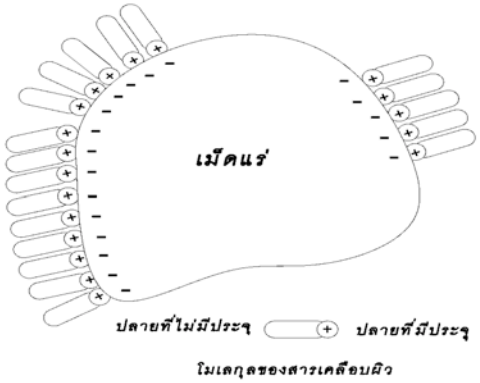
2.3.1 คุณสมบัติของแร่ต่อการลอยแร่

คุณสมบัติที่ผิวแร่หรือพลังงานผิวอิสระ(Free surface energy) หรือในของเหลวเรียกว่าแรงตึงผิวพลังงานผิวอิสระนี้ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของแร่ และวิธีการจับกัน (Bonding) ของอนุภาคเล็กๆ หรือ โมเลกุลของแร่นั้นๆ กล่าวคือแขนของโมเลกุลซึ่งอยู่ภายในจะมีการจับกันอย่างสมดุล แต่โมเลกุลที่อยู่ผิวนอกสุดจะมีแขนเหลืออยู่ที่มีพลังงานสามารถจับกับโมเลกุลอื่นๆที่มาสัมผัสได้

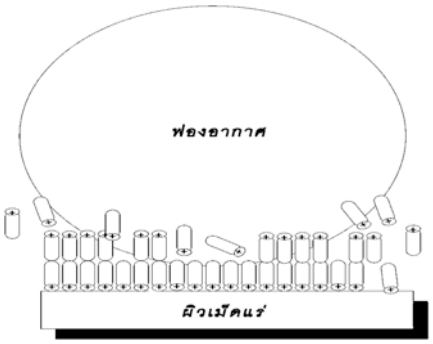
พลังงานที่ผิวของสารประกอบแต่ละชนิด ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ชนิด และวิธีการจับกันของแขนโมเลกุล การบดแร่ให้แตกออกจากกันจะทำให้แขนของการจับขาดออก

จากกันเกิดแขนอิสระซึ่งสามารถจับกับโมเลกุลอื่นที่มาสัมผัสได้ ถ้าจากเดิมการจับกันเป็นการจับที่มีพลังงานสูงหรือการจับตัวที่เป็นพันธะทางเคมี (chemical bond) การที่จะทำให้แขนของการจับนี้ขาดออกจากกันก็ต้องใช้พลังงานที่สูงกว่า และแขนอิสระที่เกิดขึ้นใหม่ก็จะมีพลังงานสูง เช่นเดียวกัน ถ้านำแร่หรือสารประกอบที่มีพลังงานที่ผิวสูงเช่นนี้ใส่ลงไปในของเหลวเช่น น้ำ แร่ และสารประกอบ จะเปียกน้ำได้ง่ายชั้นน้ำที่ห่อหุ้มผิวแร่จะหนาไม่เหมาะแก่การลอยแร่ประเภทนี้ได้แก่ แก้ว ควอรตซ์ ซิลิกา แร่ส่วนใหญ่และสารประกอบออกไซด์ต่างๆ เป็นต้น

สารประกอบบางชนิดมีการจับกันระหว่างโมเลกุลอย่างเบาบาง เมื่อเทียบกับชนิดแรกการที่จะทำให้หลุดออกจากกันก็อาจทำได้ง่ายโดยใช้แรงเพียงเล็กน้อย และโดยมากเป็นวัสดุที่เปราะ และมักแตกตามรอยผลึก แขนของการจับกันแบบนี้เป็นการจับตัวที่เป็นพันธะทางกายภาพ (physical bond) เมื่อแร่เช่นนี้อยู่ในน้ำจะเปียกน้ำได้ยากกว่าแร่ประเภทแรก และจะลอยได้ดี แร่ประเภทนี้ ได้แก่ แกรไฟต์ ถ่านหิน แร่ซัลไฟด์ต่างๆเป็นต้น นอกจากนั้นพลังงานผิวอิสระยังขึ้นอยู่กับสภาพการเกิดทางธรณีวิทยาของแร่ และสภาพแวดล้อมอื่นๆโดยเฉพาะอย่างยิ่งสารละลายน้ำ อากาศที่สัมผัสอยู่กับแร่ ด้วยเหตุนี้คุณสมบัติในการลอยแร่แต่ละชนิด ตลอดจนชนิด และปริมาณน้ำยาลอยแร่ที่ใช้จึงอาจแตกต่างกันได้มากในแต่ละแหล่ง



ภาพที่2.9 ลักษณะการดูดซึมของโมเลกุลสารเคลือบผิวบนผิวหน้าของเม็ดแร่หรือวัสดุ (ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 2551)



ภาพที่2.10 การเกาะติดของฟองอากาศกับผิวหน้าเม็ดแร่หรือวัสดุที่ถูกเคลือบด้วยสารเคลือบผิว 2 ชั้นโมเลกุล (ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 2552)

ประสิทธิภาพของการลอยแร่ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ และตัวแปรเปลี่ยนหลายอย่างเช่น ชนิดของแร่และมลทินที่เจือปน วิธีการบด ขนาดของเม็ดแร่ ประเภทของน้ำยาลอยแร่และปริมาณการใช้ ลักษณะของเครื่องลอยแร่ เป็นต้น ดังแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่2.4 องค์ประกอบและตัวแปรในการลอยแร่ (กรมทรัพยากรธรณี, 2531)

วัตถุดิบ	การบดและการคัดขนาด	การกวนของผสม	การลอย
1.ลักษณะของแร่มีค่าและเพื่อนแร่ที่มีค่า 2.มลทินที่เกิดร่วมกับแร่ 3. ส่วนประกอบของแร่ที่ละลายน้ำได้ 4. ความมากน้อยของการได้ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนมาแล้ว 5.ส่วนประกอบของน้ำที่ใช้ในการลอยแร่ 6.มลทินที่ละลายได้ในน้ำโดยเฉพาะเกลือของโลหะหนัก 7.การมีแก๊สบางชนิด เช่น H_2S หรือ SO_2 ในน้ำที่ใช้ 8. ความเป็นกรด-ด่างของน้ำที่ใช้	1. ความละเอียดของอนุภาคและการอยู่ร่วมกันอย่างใกล้ชิด 2. ขนาดความแข็งของแร่และมลทิน 3. เวลาสัมพัทธ์ สำหรับแร่ชนิดต่างๆ ในขณะทำการบด 4. ชนิดของเครื่องบด 5. ชนิดของตัวกลางในการบด เช่น ลูกเหล็กกลม แท่งเหล็กกลม หรือลูกบดแบบหินแข็ง 6. การเกิด (Oxigation) ระหว่างการบด 7. สารเคมีที่เติมระหว่างการบด 8.ความหนาแน่นของของผสมระหว่างการบด 9.ความช้าเร็วในการหมุนเวียนของวงจรการบด	1.ความเข้มข้นของของผสม 2.สารเคมีที่เติมขณะกวนแร่ 3.อุณหภูมิขณะกวนแร่ 4.เวลาในการกวนแร่ 5.ความแรงของการกวน	1.ความถ่วงจำเพาะ ของแร่ 2.ขนาดของอนุภาค 3.ความเข้มข้นของของผสม 4.อุณหภูมิขณะลอย 5.สภาพความเป็นกรด-ด่าง 6.แร่ที่หมุนเวียนเข้า-ออกในเครื่องลอยแร่ 7.เวลาที่ใช้ในการลอยแร่ 8.ลักษณะหรือประเภทของเครื่อง 9.ความเร็วของใบพัดกวนแร่ 10.ลักษณะการผลิตฟองอากาศและปริมาณฟอง 11.สารเคมีที่เติม

แร่และวัสดุที่นำมาแต่งด้วยวิธีการลอยแร่ อาจแบ่งออกตามคุณสมบัติทางด้านการการลอยแร่และประเภทของน้ำยาที่ใช้ ออกเป็น 6 ประเภท คือ

1. แร่ซัลไฟต์ของโลหะหนัก และโลหะธรรมชาติ ได้แก่ แร่ซัลไฟต์ของทองแดง ตะกั่ว สังกะสี เหล็ก ปรอท สารหนู พลวง นิกเกิล โคบอลต์ และ บิสมัท เป็นต้น ส่วนโลหะธรรมชาติ ได้แก่ ทองคำ แร่ซัลไฟต์ต่างๆ สามารถแยกแต่ละประเภทออกจากกันได้ดีด้วยการลอยแร่ เนื่องจากธรรมชาติของแร่เอง แร่และสารประกอบพวกนี้สามารถคัดแยกแต่ละชนิดออกจากกันได้ผลดีด้วยวิธีลอย สารเคมีที่ใช้มักจะอยู่ในกลุ่มของแซนเทต (Xanthate) ไดไทโอฟอสเฟต (Dithiophosphate) และไดไทโอคาร์บาเมต (Dithiocarbamate) แร่และสารประกอบกลุ่มนี้ ถ้าบดทิ้งไว้ในอากาศนานๆจะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเกิดเป็นออกไซด์คลุมผิวทำให้ยากต่อการเคลือบผิวเพื่อการลอย

ระยะเวลาที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาพเป็นออกไซด์ ขึ้นอยู่กับชนิดของแร่ และสารประกอบ ซึ่งเรียงตามลำดับยากไปง่ายดังนี้ คาลโคไซท์ (Chalcocite, Cu_2S) กาลีนา (Galena, PbS) สังกะสีซัลไฟด์ (Sphalerite, ZnS) บอร์ไนท์ (Bornite, Cu_3FeS_2) ไพไรท์ (Pyrite, FeS_2) และ อาร์ซีโนไพไรท์ (Arsenopyrite, FeAsS) โดยที่แร่คาลโคไซท์จะถูกทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ยากที่สุด และอาร์ซีโนไพไรท์จะถูกออกซิไดซ์ได้เร็วที่สุด ฉะนั้นในการลอยแร่ในกลุ่มนี้จึงไม่ควรบดทิ้งไว้นานๆ

2. แร่อโลหะและแร่ที่มีคุณสมบัติไม่เปียกน้ำโดยธรรมชาติ ได้แก่ แร่ทัลก์ ถ่านหิน แกรไฟต์ กำมะถัน และโมลิบดินัม แร่พวกนี้ลอยได้เองหรือลอยได้ง่าย อาจใช้สารเคลือบฟองอย่างเดียวก้สามารถแยกออกจากแร่อื่นๆได้

3. แร่คาร์บอเนตและซัลเฟตของโลหะที่ไมใช่เหล็ก เช่น ได้แก่ แร่คาร์บอเนต และซัลเฟตของ ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสี เป็นต้น การลอยแร่พวกนี้ จะต้องเปลี่ยนผิวแร่ให้กลายเป็นซัลไฟต์ เสียก่อน

4. เกลือของแคลเซียม แมกนีเซียม แบเรียม และสตรอนเซียม ได้แก่ แร่ชีไลต์ (Scheelite, $CaWO_4$) อะพาไทต์ (Apatite, $Ca(F,Cl)(PO_4)_3$) ฟลูออไรต์ (Fluorite, CaF_2) แคลไซต์ (Calcite, $CaCO_3$) แบไรต์ (Barite, $BaSO_4$) แมกนีไซต์ (Magnesite, $MgCO_3$) เป็นต้น แร่กลุ่มนี้สามารถลอยได้ผลค่อนข้างดีแต่ต้องเลือกใช้น้ำยาลอยแร่และควบคุมสภาวะการลอยให้เหมาะสม

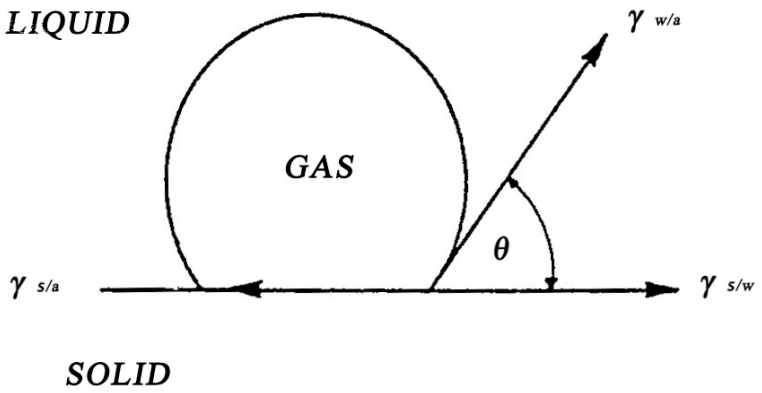
5. แร่ออกไซด์และซิลิเกต ได้แก่ ทราย (Silica ,SiO2) คอรันดัม) Corundum , Al2O3) รูไทล์ (Rutile ,TiO2) เซอร์คอน (Zircon, $ZrSiO_4$) ไคยาไนต์ (Kyanite, Al_2SiO_5) เฟลด์สปาร์ (Feldspar, $(Na,K,Ca)AlSi_3O_8$) สปอร์ดูมีน (Spordumene, $NaAl(SiO_3)_2$) ไมกา (Mica, $KAl_2(Si_3AlO_{10})(OH,F)_4$) ดินขาว (Clay, $2H_2O.Al_2O_32SiO_2$) แร่ใยหิน (Chrysotile, $3MgO.2SiO_22H_2O$) เป็นต้น การลอยแร่ประเภทนี้ยังไม่สามารถลอยได้ผลดีนัก เนื่องจากมีธรรมชาติที่เปียกน้ำได้ง่าย และมักเกิดร่วมกันหลายชนิด น้ำยาที่ใช้ในการลอยแร่ต้องเป็นน้ำยาชนิดแรง จึงไม่สามารถเจาะจงชนิดแร่ที่จะลอยได้ และต้องควบคุมสภาวะแวดล้อมเป็นอย่างดี

6. เกลือแร่ซึ่งสามารถละลายน้ำได้ ได้แก่ เฮไลต์ (Halite:NaCl) ซิลไวต์ (Sylvite : KCl) และ คานาลไลต์ (Carnallite: $KMgCl_3$) เป็นต้น การลอยเกลือเหล่านี้ต้องทำงานในสารละลายที่อิ่มตัว และใช้สารเคมีเคลือบผิวที่เหมาะสม การลอยแร่ประเภทนี้ใช้แพร่หลายในต่างประเทศโดยเฉพาะแร่โพแทซ

2.3.2 หลักการลอยแร่

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการลอยมีทั้งความสามารถในการทำปฏิกิริยาของสารเคมี การดูดซึมบนผิวหน้าการเกาะติดของฟองอากาศและเม็ดอนุภาคและแรงที่ใช้ในการลอยตัว ของฟองอากาศและเม็ดวัสดุ เมื่อนำมาประยุกต์ในระบบ 3 สถานะในการลอยการลอยแร่จะต้องใช้หลักของฟิสิกส์เคมีของเม็ดแร่ (Physico - chemical Properties co Minerals) โดยใช้ความสัมพันธ์ของแรงที่เกิดขึ้นระหว่าง เม็ดแร่ น้ำ สารเคมี และฟองอากาศ ดังภาพที่2.10 จะเห็นว่าเมื่อแรงดึงทำให้เกิดมุมสัมผัส ซึ่งเป็นมุมระหว่างผิวของเม็ดแร่กับฟองอากาศในสภาวะสมดุลจะเขียนสมการได้ดังนี้

$$\gamma_{s/a} = \gamma_{s/w} + \gamma_{w/a} + cos\theta$$



ภาพที่2.11 ภาวะสมดุลระหว่างเม็ดแร่กับฟองอากาศและน้ำ (B.A. Wills,1988)

โดยที่ $\gamma_{s/a}\gamma_{s/w}$ และ $\gamma_{w/a}$ คือพลังงานผิว ระหว่างของแข็งกับฟองอากาศ ของแข็งกับน้ำ และน้ำกับฟองอากาศ ตามลำดับ พลังงานที่จะใช้แยกฟองอากาศออกจากเม็ดแร่เรียกว่า Work of Adhestion ซึ่งเท่ากับพลังงานที่ใช้แยกของแข็งกับฟองอากาศ เพื่อสร้างการแยกระหว่างผิวของของแข็งกับน้ำ และฟองอากาศกับน้ำ

นั่นคือ $W_{s/a} = \gamma_{w/a} + \gamma_{s/w} - \gamma_{s/a}$

และเมื่อรวมกับสมการ $\gamma_{s/a} = \gamma_{s/w} + \gamma_{w/a} + \cos\theta$ จะได้ว่า

$$W_{s/a} = \gamma_{w/a}(1 - \cos\theta)$$

จะเห็นว่า เมื่อ θ มีค่ามากขึ้นค่า Work of Adhestion จะมากตามจึงแยกผิวระหว่างเม็ดแร่กับอากาศได้ยากขึ้น กล่าวคือ การลอยแร่จะทำได้ง่ายขึ้น หรือ Floatability ของเม็ดแร่จะเพิ่มขึ้นตามค่ามุมสัมผัส

มุมสัมผัส เป็นมุมที่ฟองอากาศทำมุมกับผิวหน้าของ ของแข็งที่อยู่ในแนวระนาบเมื่อเกาะติดกัน ดังนั้น มุมสัมผัสจึงมีความสำคัญในการเกาะติดของฟองอากาศกับเม็ดอนุภาคในระบบสามสถานะเมื่อมีการลอยเกิดขึ้นขนาดของมุมสัมผัสขึ้นอยู่กับคุณสมบัติบนผิวหน้าของวัสดุของแข็งนั้นๆ และการปรับสภาพผิวหน้าโดยสารเคลือบผิว การวัดมุมสัมผัสมีวิธีการวัดได้ในห้องทดลองและสามารถใช้เป็นดัชนีชี้ถึงแนวโน้มประสิทธิภาพในการยึดเกาะของฟองอากาศ ดังนี้

ถ้ามุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 0 องศา แสดงว่าผิวหน้าจะเปียกน้ำโดยสิ้นเชิงการสัมผัสกันระหว่างอากาศกับผิวเม็ดอนุภาคจะไม่เกิดขึ้นและไม่มีการลอย

ถ้ามุมสัมผัสมีค่าเท่ากับ 180 องศา ผิวหน้าจะเกาะตัวกับฟองอากาศเท่านั้นโดยขับไล่น้ำออกไปหมด แต่วัสดุที่ให้มุมสัมผัสมากที่สุดเท่าที่พบในห้องปฏิบัติการ คือขี้ผึ้งซึ่งมีมุมสัมผัสประมาณ 110 องศา

ถ้ามุมสัมผัสเท่ากับ 90 องศา การยึดเกาะของฟองอากาศและการเปียกน้ำเป็นไปเท่าๆกัน

ดังนั้นอาจแยกแร่และวัสดุออกได้เป็น 2 จำพวกตามขนาดของมุมสัมผัส คือ

1. วัสดุที่มีแนวโน้มที่เปียกน้ำง่าย ได้แก่ วัสดุที่มีมุมสัมผัสกัน น้อยกว่า 90 องศา

2. วัสดุที่มีแนวโน้มที่ไม่เปียกน้ำ หรือเปียกน้ำได้ยาก ได้แก่ วัสดุที่มีมุมสัมผัสกันมากกว่า 90 องศา

มุมสัมผัสมีค่ามาก หมายถึง ระบบนั้นๆ จะทนต่อแรงดึงเนื่องจากน้ำหนักของเม็ดอนุภาคแร่ และแรงที่เกิดจาการปั้นป่วนได้มาก ทำให้ปริมาณการเก็บได้มากกว่า และลอยได้ที่ขนาดเม็ดอนุภาคหยาบกว่า

ในเม็ดอนุภาคของแข็งอะตอมจะจัดเรียงตัวกันในแบบต่างๆ ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางเคมีของสารประกอบ หรือวัสดุนั้น ๆ สารประกอบที่มีการเกาะยึดตัวของอะตอม เป็นแบบโควาเลนท์ (covalent) จะเป็นสารประกอบจำพวกมีขั้ว (polar) เพราะจะมีพลังงานอิสระ ที่ผิวสูงและจะทำปฏิกิริยากับน้ำได้โดยง่าย จึงเป็นอนุภาคที่เปียกน้ำง่าย แร่และวัสดุในกลุ่มนี้ยังสามารถ

แบ่งออกได้ตามระดับของความมีขั้วหรือความยากง่ายในการเปียกน้ำซึ่งจะเพิ่มขึ้นจาก 1 ถึง 5 ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5ความยากง่ายในการเปียกน้ำของเม็ดอนุภาคแร่

1	2	3	4	5
ตะกั่วซัลไฟด์ (Galena) พลวง (Stibnite) ไพไรท์ (Pyrite)	แบไรท์ (Barite) ยิปซั่ม (Gypsum) แอนไฮไดรท์ (Anhydrite)	ฟลูออไรท์ (Fluorite) แคลไซท์ (Calcite) โดโลไมท์ (Dolomite) อะปาไตท์ (Apatite)	เหล็กเฮมาไตท์ (Hematite) เหล็กแมกนีไตท์ (Magnetite) โครไมท์ (Chromite)	เซอร์คอน (Zircon) เบอริล (Beryl) เฟลด์สปาร์ (Feldspar) การ์เนต (Garnet) ควอรตซ์ (Quartz)

จะเห็นว่าระดับของความยากง่าย ในการเปียกน้ำ จะเพิ่มขึ้นจากแร่ หรือสารประกอบซัลไฟด์ ซัลเฟต คาร์บอเนต ฟอสเฟต ออกไซด์ และซิลิเกต ซึ่งหมายถึงระดับความยากในการเกาะยึดของฟองอากาศในการลอยเพิ่มขึ้นตามลำดับ

2.3.3 **สารเคมีปรับสภาพในการลอยแร่**

สารเคมีที่ใช้ในกระบวนการลอยแร่ แบ่งตามหน้าที่ออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่

1. **สารเคลือบผิว** (Collector)

สารเคลือบผิวคือสารเคมีที่ใช้สำหรับไปเคลือบผิวแร่ ที่ต้องการจะลอยโดยทำให้ผิวแร่มีคุณสมบัติไม่เปียกน้ำ และเหมาะที่จะเกาะจับกับฟองอากาศ ได้แก่สารประกอบอินทรีย์ประเภทโมเลกุลของมันประกอบด้วยหน่วยซึ่งมีลักษณะผิดแผกกัน กล่าวคือ มีกลุ่ม Polar และกลุ่ม Non-Polar เป็นพวก Hydrocarbon (HC) ในขณะที่สารจำพวกพวกนี้เคลือบผิวแร่ โมเลกุลของมันจะจัดตัวหันด้าน Non-Polar สัมผัสกับน้ำซึ่งทำให้ผิวแร่มีคุณสมบัติไม่เปียกน้ำ ส่วนอีกด้านหนึ่งจะเกาะจับกับผิวแร่

สารเคลือบผิวบางชนิดเป็นสารประกอบที่ไม่แตกตัวเป็นอิออนในน้ำ แต่เมื่อถูกดูดซึมเกาะติดบนผิวหน้าเม็ดแต่เมื่อถูกดูดซึมเกาะติดบนผิวหน้าเม็ดอนุภาคแล้วจะทำให้ไม่เปียกน้ำได้เหมือนกันเช่น น้ำมัน ดังนั้นสารเคลือบผิวจึงแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มหลัก ได้แก่

1.1) สารเคลือบผิวที่ให้ประจุลบเมื่อละลายแตกตัวในน้ำ

เป็นสารเคลือบผิวที่มีขั้วที่มีประจุเป็นประจุลบอยู่ข้างหนึ่งและมีแขนหรือกลุ่มของไฮโดรคาร์บอน ที่เป็นกลุ่มที่ไม่เปียกน้ำอยู่อีกปลายหนึ่งสารเคลือบผิวประเภทนี้ใช้มากที่สุดในการลอยมีสูตรทางเคมีโดยทั่วไปคือ ***RAH*** โดย*R*เป็นกลุ่มอนุมูลอินทรีย์ และ *AH* เป็นกลุ่มอนุมูลประจุลบซึ่งเมื่อละลายในด่างจะเปลี่ยนเป็นเกลือต่างซึ่งจะแตกตัวให้ประจุลบ

$$RAH + NaOH \rightarrow RANa$$

$$RA.Na \rightarrow RA^{-} + Na^{+}$$

RA^{-} จะทำปฏิกิริยากับผิวเม็ดอนุภาคซึ่งอาจจะเป็นการดึงดูด โดยแรง ทางไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุลบและประจุบวกบนผิวหน้าเม็ดอนุภาค หรือเป็นการดูดซึมทางเคมีสารเคลือบผิวประเภทนี้ใช้กับแร่และวัสดุส่วนใหญ่เช่นแร่กลุ่มซัลไฟด์กลุ่มออกไซด์ คาร์บอเนต และซัลเฟต สารเคลือบผิวประเภทนี้มีหลายชนิด เช่น กรดโอลีอิค(Oleic acid) แซนเทต (Xanthate) ไดไทโอฟอสเฟต (Dithiophosphate) ซัลโฟเนต (Sulphonate)และซัคซิเนต (Succinate) เป็นต้น

1.2) สารเคลือบผิวที่ให้ประจุบวกเมื่อละลายแตกตัวในน้ำ

สารเคลือบผิวกลุ่มนี้เป็นสารเคมี ที่มีขั้วที่มีประจุเป็นประจุบวกอยู่ข้างหนึ่งและมีแขนหรือกลุ่มของไฮโดรคาร์บอนที่เป็นกลุ่มที่ไม่เปียกน้ำอยู่อีกปลายหนึ่งได้แก่สารประกอบ อามีน (Amines) ซึ่งส่วนใหญ่สกัดมาจากไขมันธรรมชาติ และเรียกชื่อตามประเภทไขมันที่ใช้กลุ่มไฮโดรคาร์บอนมีทั้งอัลคิล (Alkyl) และเอริล (Aryl) ซึ่งความยาวของแขนถูกจำกัดโดยความสามารถในการละลายของอามีนโดยอาจอยู่ในรูปของคลอไรด์ หรืออะซีเตท เพื่อทำให้การละลายดีขึ้น สูตรเคมีของสารเคลือบผิวประเภทนี้โดยทั่วไปก็คือ $R \cdot NH_2$ หรือ $R_1R_2 \cdot NH$ ซึ่งจะละลายในกรดและให้ประจุบวกออกมาทำปฏิกิริยา กับส่วนที่เป็นประจุลบบนผิวหน้าเม็ด อนุภาค

1.3) สารเคลือบผิวกลุ่มที่ไม่มีประจุ

สารเคลือบผิวประเภทนี้เป็นสารเคมี ที่เติมลงไปเพื่อให้เคลือบบนผิวหน้าที่มีสารเคลือบผิวเคลือบอยู่แล้วหรือบนผิวหน้าของเม็ดอนุภาควัสดุที่ไม่มีประจุ ดังนั้น สารเคลือบผิวชนิดนี้จึงช่วยเพิ่มความไม่เปียกน้ำของเม็ดอนุภาคแต่ไม่สามารถเลือกทำปฏิกิริยาโดยเฉพาะเจาะจงได้ สารเคลือบผิวประเภทนี้เป็นน้ำมันชนิดต่างๆเช่น น้ำมันเครื่อง ครีโอโสต (Creosote) เป็นต้น สารเคลือบผิวจำพวกนี้จะเคลือบผิวโดยทั่วไปไม่เฉพาะเจาะจงจึงใช้ในการลอยในบางกรณีเท่านั้นเช่น การลอยถ่านหินเป็นต้น

2. สารเคลือบฟอง (Frothers)

สารเคลือบฟองเป็นสารอินทรีย์ที่ไปทำให้ฟองอากาศ มีคุณสมบัติเหมาะต่อการเกาะจับของเม็ดแร่ และทำให้กลุ่มฟองอากาสมีความเหนียวพอสมควรไม่แตกง่ายฟองอากาศที่เปราะเกินไปจะไม่สามารถพยุงเม็ดแร่ให้ลอยถึงผิวน้ำได้ แต่ถ้าเหนียวเกินไปก็จะทำให้มีปัญหาในการล้างเอาแร่ออก หรือในตอนคัดน้ำทิ้ง และยังมีผลให้แร่ที่ไม่ต้องการติดขึ้นมาด้วย

สารเคลือบฟอง ไม่ควรจะถูกดูดซึมหรือเคลือบบนผิวหน้าเม็ดอนุภาคสารเคมี ในกลุ่มนี้ ได้แก่ กลุ่มอัลกอฮอล์ (Alcohol) ไกลคอลอีเธอร์(Glycol Ethers) น้ำมันสน(pine oil) กรดกรีซิลิค(Cresylic acid) เมธิลไอโซบิวธิลคาร์บินอล (Methyl Isobutyl Carbinol MIBC) และโพลีโพรพิลีนไกลคอลอีเธอร์ (Polypropylene Glycol Ethers) เป็นต้น สารเคมีที่ใช้เป็นสารเคลือบฟองส่วนใหญ่จะมีสูตรทางเคมีทั่วไปคือ ***R OH*** เช่นน้ำมันสน ครีโอโซตและ MIBC แต่สารเคลือบผิวบางชนิดทำหน้าที่ในการเคลือบฟองด้วยเหมือนกัน เช่น กรด โอลีอิค ซึ่งถ้าใช้เป็นสารเคลือบฟองโดยตรง จะทำให้มีเสถียรภาพมากเกินไปจนทำให้การไหล หรือเคลื่อนย้ายถ่ายเททำได้ลำบาก สารเคลือบฟองที่ดีควรจะมีอำนาจการเคลือบผิวน้อยที่สุด และทำให้ฟองอากาศมีเสถียรภาพพอที่จะพยุงเม็ดแร่ และวัสดุลอยขึ้นมาได้ แต่ไม่เหนียวจนเกินไปจนยากแก่การเคลื่อนย้ายถ่ายเท

3. สารเคมีปรับสภาพ

สารเคมีปรับสภาพเป็นสารเคมีต่างๆที่ทำหน้าที่นอกเหนือไปจากน้ำยาเคลือบผิวแร่และน้ำยาเคลือบฟองอากาศ แบ่งตามหน้าที่ออกได้ดังนี้

3.1) สารเคมีปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH modifier)

สารเคมีเหล่านี้เป็นกรดหรือด่างธรรมดาโดยทำหน้าที่ 3 ประการคือ ควบคุมการแตกตัวของสารเคมี ควบคุมการดูดซึมของสารเคมีบนผิวเม็ดอนุภาค และควบคุมปฏิกิริยาระหว่างสารเคมีในระบบ

3.2) สารเคมีปรับสภาพผิว (activator)

สารเคมีประเภทนี้ใช้เปลี่ยนหรือปรับสภาพผิวเม็ดแร่และวัสดุให้เหมาะแก่การทำปฏิกิริยากับสารเคลือบผิว เพื่อเพิ่มความเฉพาะเจาะจง ในการดูดซึมบนผิวหน้า โดยการเสริมสมรรถนะของสารเคมีเคลือบผิว

3.3) สารเคมีกดเม็ดอนุภาค (depressant)

สารเคมีชนิดนี้จะทำให้ผิวของเม็ดอนุภาคไม่ทำปฏิกิริยาหรือชะลอ การดูดซึมสารเคลือบผิวที่แตกตัวอยู่ในน้ำหรือประจุของสารเคลือบผิวที่เคลือบอยู่ก่อนแล้วหมดประสิทธิภาพ

3.4) สารเคมีกระจายเม็ดอนุภาค (dispersant)

สารเคมีประเภทนี้ใช้เพื่อกระจายให้เม็ดอนุภาคไม่รวมกลุ่มเกาะตัวกันทำให้มีผิวหน้าที่เป็นอิสระต่อกัน การดูดซึมบนผิวหน้าของแต่ละเม็ดอนุภาคจึงเกิดขึ้นได้มากที่สุด

3.5) สารเคมีที่ใช้เพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะ

สารเคมีบางชนิดอาจถูกนำมามาใช้เพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ เช่น ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) ที่อาจใช้เพื่อดูดซับกำจัดอิออน หรือโมเลกุลที่ไม่ต้องการออกจากสารละลาย หรือน้ำเนื่องจากมีผลกระทบต่อการทำปฏิกิริยาการดูดซึมและลดประสิทธิภาพการลอย

2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิทักษ์ หาญจวณิช สมบูรณ์ รอดเกิด โกศล สุขสอาด และอัมพร จิตต์สมบูรณ์ (2523) ได้ศึกษาการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างหางแร่ ในเขตแหล่งแร่ในจังหวัดตาก และจังหวัด ราชบุรี โดยวิธีการลอยแร่ซึ่งอยู่ในสภาพความเป็นกรด-ประจุบวก มีการลอยแร่ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการลอยแร่ไมกา โดยใช้กรดซัลฟูริคเป็นตัวปรับค่า pH สารละลาย Amine เป็นสารเคลือบผิว และน้ำมันสนเป็นสารเคลือบฟอง ในขั้นตอนที่ 2 เป็นการลอยแร่เหล็กโดยใช้กรดซัลฟูริคเป็นตัวปรับค่า pH สารละลายPetroleum sulfonate เป็นสารเคลือบผิว และน้ำมันสนเป็น สารเคลือบฟอง และในขั้นตอนสุดท้าย เป็นการลอยแร่เฟลด์สปาร์โดยใช้กรดไฮโดรฟลูออริกเป็นตัว ปรับค่า pH สารละลาย Amine เป็นสารเคลือบผิว และน้ำมันสนเป็นสารเคลือบฟอง ซึ่งผลที่ได้คือ สามารถแยกแร่เฟลด์สปาร์ได้สะอาดและมีปริมาณมากพอสมควร ที่ขนาดเม็ดแร่ - 65 เมช โดยมีผลวิเคราะห์ทางเคมีของ K_2O+Na_2O สูงถึง 14.15 เปอร์เซ็นต์

เบญจพล ถาคำ (2008) ได้ศึกษาการใช้เซลล์แบบกลไกและเซลล์คอลัมน์ขนาดห้องปฏิบัติการเพื่อแยกแร่เฟลด์สปาร์ แร่ที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์ แร่ควอรตซ์ แร่มัสโคไวต์ แร่ไบโอไทต์ และแร่การ์เนต ซึ่งมีผลวิเคราะห์เคมีดังนี้ SiO_2 74. 87 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 4.49 เปอร์เซ็นต์ K_2O 65.4 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.44 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.04 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 14. 52 เปอร์เซ็นต์ MgO 0. 05 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.57เปอร์เซ็นต์ และการสูญเสียน้ำหนักจากการเผาไหม้ 0.37 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากเปอร์เซ็นต์ของ Na_2O ใกล้เคียงกับ K_2O แสดงว่าแร่เฟลด์สปาร์จากแหล่งนี้เป็นแร่เฟลด์สปาร์ผสม สำหรับขนาดที่เหมาะสมต่อการลอยแร่คือ 35+325 เมช ผลการลอยแร่ ด้วยเซลล์แบบกลไกที่สภาวะเหมาะสมที่สุด พบว่ามีผลการเก็บแร่เฟลด์สปาร์ได้ 40. 39 เปอร์เซ็นต์ และผลวิเคราะห์เคมีคือ SiO_2 68.53 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 6.60 เปอร์เซ็นต์ K_2O 5.69 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.12 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.01 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 17. 87เปอร์เซ็นต์ MgO 0.05 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.81 เปอร์เซ็นต์ และการสูญเสียน้ำหนักจากการเผาไหม้ 0. 32 เปอร์เซ็นต์ และผลการลอยแร่ด้วยเซลล์คอลัมน์ที่สภาวะเหมาะสมที่สุด พบว่ามีผลการเก็บแร่เฟลด์สปาร์ได้ 33. 44เปอร์เซ็นต์ ผลวิเคราะห์ทางเคมีคือ $SiO_2$67.83 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 6.39 เปอร์เซ็นต์ K_2O 5.89 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.13เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.01 เปอร์เซ็นต์ $Al_2O_3$18. 62 เปอร์เซ็นต์ MgO0 . 05เปอร์เซ็นต์ CaO 0. 72เปอร์เซ็นต์ และการสูญเสียน้ำหนักจากการเผาไหม้ 0. 36 เปอร์เซ็นต์

วิทย์ทวิน แสงประเสริฐ และสมศักดิ์ สายสิญจน์ชัย (2011)ได้ศึกษาการคัดแยกแร่เฟลด์สปาร์จากหินผุกร่อนที่ใช้สำหรับถมปรับพื้นที่ โดยใช้การลอยแร่พบว่าสภาวะที่เหมาะที่สุดในการลอยแร่เฟลด์สปาร์คือ ในขั้นตอนแรกการลอยแร่ไมกา ใช้ H_2SO_4 25 มิลลิลิตร ปรับค่า pH

ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่ไมกาใช้สารเคลือบผิวชนิด AOA 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่ไมกาออกมาเมื่อลอยแร่ ในขั้นตอนที่สองการลอยแร่เหล็กปรับค่า pH โดยใช้ H_2SO_4 25 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่เหล็กใช้สารเคลือบผิวชนิด NANSA 30 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่เหล็กออกมา และขั้นตอนสุดท้ายการลอยแร่เฟลด์สปาร์ ปรับค่า pH โดยใช้ HF 50 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่เฟลด์สปาร์ใช้สารเคลือบผิวชนิด ATD 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่เฟลด์สปาร์ออกมา ส่วนแร่ที่จมอยู่ด้านล่างคือ แร่ควอรตซ์ โดยในขั้นตอนนี้สามารถปรับคุณภาพแร่เฟลด์สปาร์ให้สามารถใช้ได้ในอุตสาหกรรม

Akira Katayanagi (1977) ได้ศึกษาการลอยแร่เฟลด์สปาร์ออกจากทรายซิลิกา โดยใช้กรดไฮโดรคลอริกเป็นตัวปรับสภาพ ซึ่งจากเดิมมักนิยมใช้กรดกัดแก้วหรือกรดไฮโดรฟลูออริกเพื่อปรับสภาพผิวแร่ และใช้สารเคลือบผิว เช่น อลิฟาติกเอมีน และใช้สารเคลือบฟองจำพวกน้ำมันสน เพื่อลอยแยกเอาแร่เฟลด์สปาร์ออกจากแร่ควอรตซ์ ในการทดลองนี้เป็นการปรับปรุงกระบวนการสำหรับการแยกแร่เฟลด์สปาร์ จากทรายซิลิกาที่มีองค์ประกอบของแร่เฟลด์สปาร์และซิลิกาโดยอาศัยกระบวนการลอยแร่ ซึ่งในการทดลองได้ใช้ส่วนผสมของ ปิโตรเลียมซัลโฟเนต (Petroleum sulfonate) ร่วมกับเกลืออัลคิล อัลคิลีนไดอามีน (Alkyl - Alkylenediamine salf) รวมกับ อัลคิลามีน (Alkylamine) เป็นสารเคมีสำหรับลอยแร่ ในสภาพที่เป็นกรดจากการใช้กรดไฮโดรคลอริกจากกระบวนการนี้จะได้แร่เฟลด์สปาร์ที่มีคุณภาพดีโดยอาศัยขั้นตอนการลอยแร่เพียงขั้นตอนเดียวโดยไม่ต้องลอยแร่ซ้ำหลายขั้นตอนซึ่งมีความยุ่งยากในการปรับกระบวนการใหม่

V. Bozkurt Y. Ucbas S. Koca และH. Ipek (2006) ได้ศึกษาการแต่งแร่เฟลด์สปาร์จากหินแทรไคต์โดยใช้การลอยแร่โดยหินแทรไคต์ที่นำมาทดลองจะมีส่วนประกอบของแร่ซานีดีน แร่แอลไบต์ แร่อนอร์ไทต์ แร่ควอรตซ์ แร่คริสโตแบไรต์ แร่ไบโอไทต์ แร่ฮีมาไทต์ และแร่อะพาไทต์ โดยในการทดลองใช้แร่ป้อนที่มีส่วนประกอบของ 5.02 เปอร์เซ็นต์ K_2O 3.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2 1.778เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3และ 0.253เปอร์เซ็นต์ TiO_2 ซึ่งในการลอยแร่จะแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ในขั้นตอนแรกจะลอยแรไบโอไทต์ออกมาโดยใช้ Cationic Collectors ในขั้นตอนที่สองจะเป็นการลอยเอาเหล็ก และสิ่งเจือปนอื่นๆออกมาโดยทั้งสองขั้นตอนนี้จะใช้กรดซัลฟูริกในการปรับค่า pH ในขั้นตอนสุดท้ายจะลอยแร่เฟลสด์ปาร์ออกมาโดยจะเติมกรดไฮโดรฟลูออริกเป็นตัวปรับค่า pH จากกระบวนการนี้จะได้แร่เฟลด์สปาร์ที่มีส่วนประกอบดังนี้ 5.72 เปอร์เซ็นต์ K_2O 5.33เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.321 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 และ 0.080 เปอร์เซ็นต์ TiO_2

C. Karaguzel I. Gulgonul C. Demir M. Cinar และ M.S. Celik(2006) ได้ศึกษาการแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากแร่เฟลด์สปาร์ที่มีเนื้อผลึกหยาบโดยการใช้การ

ลอยแร่แร่เฟลด์สปาร์ทั้งสองตัวคือ โซเดียมเฟลด์สปาร์ และโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ สามารถพบได้ในหินแกรนิต หินไซยาไนท์ หินแทรไคต์ ซึ่งแร่เฟลด์สปาร์ทั้งสองตัวนี้จะมีโครงสร้างทางเคมีและคุณสมบัติทางเคมีกายภาพเดียวกัน ในการทดลองจะใช้หินเพกมาไทต์ ที่มี K_2O 3.78 เปอร์เซ็นต์ และ Na_2O3.37เปอร์เซ็นต์ และมีอัตราส่วนของ K_2Oต่อNa_2O (3.78:3.37) เท่ากับ1.12 โดยจะทดลองสองแบบคือ ใช้ค่า pH ปกติตามธรรมชาติและแบบที่ปรับค่า PH โดยจะใช้กรดไฮโดรฟลูออริกและกรดซัลฟูริก การทดลองพบว่าได้ K_2O จาก 3.78 เปอร์เซ็นต์ เป็น 10.51 เปอร์เซ็นต์ และ Na_2O จาก 3.37เปอร์เซ็นต์ เป็น 3.02เปอร์เซ็นต์และมีอัตราส่วนของ K_2O ต่อ Na_2O เพิ่มเป็น 3.48 นอกจากนี้ยังได้แร่อื่นๆเช่น แร่ควอรตซ์ ที่เป็นหางแร่ที่สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแก้วได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 แผนการศึกษาวิจัย

ในการผลิตทรายก่อสร้างจะมีทรายขนาดละเอียดที่มีน้อยกว่า 1 มิลลิเมตรและทรายขนาดหยาบที่มีขนาดมากกว่า 4.75 มิลลิเมตร ที่ถูกคัดแยกออกมาโดยทางผู้ผลิตจะถือว่าเป็นทรายที่ไร้ประโยชน์ แต่เนื่องจากได้มีการเล็งเห็นว่าในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรควรใช้ในเกิดความคุ้มค่ามากที่สุด อีกทั้งได้มีการนำทรายเหลือทิ้งนี้มาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบ ซึ่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์นั้นเป็นแร่ที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่สำคัญและมีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงมีความคิดที่นำทรายเหลือทิ้งส่วนนี้มาเพิ่มมูลค่าเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก แต่เนื่องจากในการนำแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์มาใช้งานต่างๆในอุตสาหกรรมเซรามิกนั้นมีการกำหนด ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีต่างๆของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์อีกทั้งค่าใช้จ่ายในการลงทุนค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ในห้องปฏิบัติการเสียก่อน เพื่อดูองค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่คัดแยกได้ว่าเหมาะสมสำหรับใช้ใน อุตสาหกรรมได้หรือไม่ และต้องมีการประเมินมูลค่าของการลงทุนแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ว่ามีความคุ้มค่ามากน้อยเพียงใด

การวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการศึกษาตัวอย่างทรายเหลือทิ้งโดยปรับปรุงคุณภาพของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่คัดแยกได้ให้คุณภาพตรงตามข้อกำหนดของมาตรฐานของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกโดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อกำหนดของมาตรฐานของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์

องค์ประกอบเคมีและ ลักษณะทางกายภาพ	แร่เฟลด์สปาร์ผลิตเซรามิก (ปริมาณคิดเป็นเปอร์เซนต์)
SiO_2	65 – 68
AL_2O_3	18.5
$K_2O + Na_2O$	ไม่น้อยกว่า12.5
Fe_2O_3	สูงสุด 0.1
LOI	0.5
ขนาด (ไมครอน)	420 - 74

3.2 วัตถุดิบที่ใช้ในการวิจัย

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งใช้ในการทดลองวิจัย ได้รับมาจากบริษัทผลิตภัณฑ์ และวัตถุก่อสร้างจำกัด(cpac)ซึ่งเป็นทรายเหลือทิ้งจากการผลิตทรายก่อสร้างจากแหล่งทรายบ้านโป่ง

อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

ภาพที่ 3.1 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่นำมาศึกษาวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบไปด้วย

1. ตะแกรงมาตรฐาน (Sieve Size)
2. กล้องจุลทรรศน์ (Optical microscope)
3. ตะแกรงสั่น (Vibrating screen)
4. เซลล์ลอยแร่ (Denver flotation cell)
5. เครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก (Wet magnetic separator)
6. เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)
7. เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)
8. เครื่องบด (Ring mill)
9. เตาอบ (Oven)
10. เครื่องชั่ง

3.4 สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัย

1. สารเคมีเคลือบผิวแร่ เอมีน (Amines) ชนิด AOA (Cationic collector) ความเข้มข้น 1%

2. สารเคมีเคลือบผิวแร่ ปิโตรเลียมซัลโฟเนต (Petroleum Sulfonate) ชนิด NANSA (Anionic collector) ความเข้มข้น 1%

3. สารเคมีเคลือบผิวแร่ เอมีน (Amines) ชนิด ATD (Cationic collector) ความเข้มข้น 1%

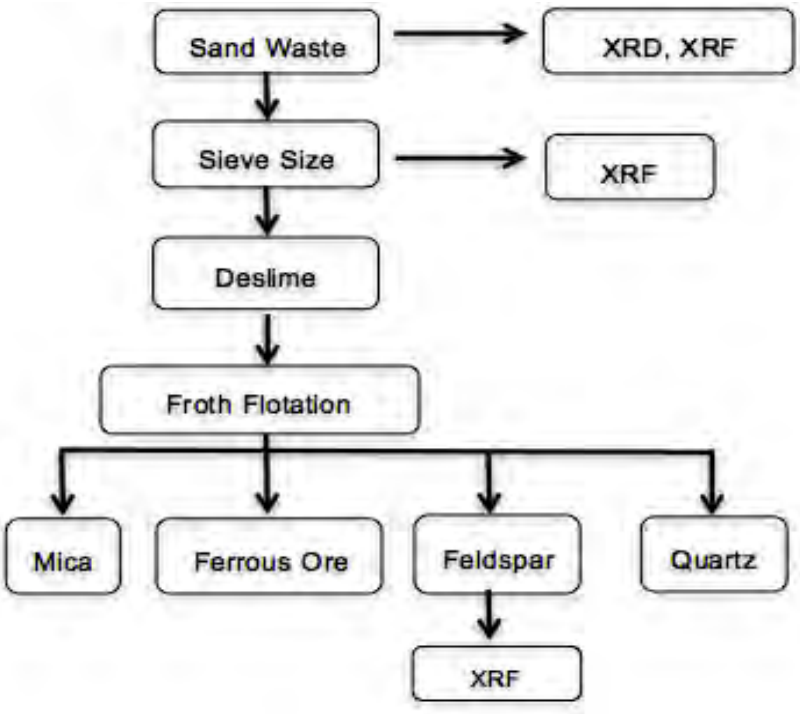
4. กรดซัลฟูริก (98% H_2SO_4)

5. กรดไฮโดรฟลูออริค (70% HF)

6. น้ำมันสน (Pine oil)

3.5 วิธีดำเนินการวิจัย

การทดลองประกอบไปด้วยการศึกษาข้อมูลเบื้องต้น โดยการศึกษาเอกสารข้อมูลต่างๆ องค์ประกอบความรู้พื้นฐาน ศึกษาข้อมูลเกี่ยวการลอยแร่ และมาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ศึกษาตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยการวิเคราะห์ขนาดของตัวอย่าง และนำมาศึกษาองค์ประกอบของแร่โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) และศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) จากนั้นทดลองด้วยวิธีการลอยแร่ พร้อมทั้งศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยและเอกสารที่อ้างอิงที่เกี่ยวข้องเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองดังแสดงในภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แผนผังขั้นตอนการศึกษาการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

3.5.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

ในการวิเคราะห์ได้ทำการชักตัวอย่างโดยวิธีการ Coning and Quartering จากนั้น นำไปบดด้วยเครื่องบดจนตัวอย่างมีขนาดละเอียดประมาณ 200 เมช จากนั้นนำตัวอย่างไปใส่ในแผ่นหลุมใส่ตัวอย่างแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) แล้ว วิเคราะห์ชนิดของแร่ที่เป็นองค์ประกอบและบันทึกผล

3.5.2 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ในการวิเคราะห์ทำการชักตัวอย่างด้วยวิธีการทำ Coning and Quartering จากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดจนตัวอย่างมีขนาดละเอียดประมาณ 200 เมช แล้วนำไปอัดเป็นแผ่นโดยการใส่ตัวอย่างในถ้วยอะลูมิเนียม แล้วอัดด้วยเครื่องอัดขนาด 20 ตันเวลาประมาณ 20 วินาที จนได้ตัวอย่างเป็นแผ่นแบนแล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) เพื่อดูองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งต่อไป

3.5.3 การศึกษาขนาดของตัวอย่าง โดยการคัดขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน

เนื่องจากตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่นำมาทดลองนั้น มีขนาดละเอียดอยู่แล้วจึงไม่จำเป็นที่จะต้องบดลดขนาดแร่แต่จำเป็นต้องศึกษาขนาดของตัวอย่างเพื่อดูการกระจายขนาดของตัวอย่างและวิเคราะห์ว่าขนาดตัวอย่างดังกล่าวนี้เป็นขนาดที่เหมาะสมสำหรับการลอยแร่หรือไม่ โดยดำเนินการวิเคราะห์ดังนี้

1. นำตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธี Coning and Quartering แล้วชั่งน้ำหนักให้ได้ 200 กรัม
2. นำตัวอย่างทรายเหลือทิ้งมาคัดขนาดด้วยตะแกรงขนาด 30 เมช 60 เมช 100 เมช 140 เมช และ 200 เมช
3. นำตัวอย่างแร่ที่ค้างตะแกรงขนาดต่างๆนั้นไปชั่งน้ำหนัก พร้อมบันทึกผล
4. ทำซ้ำจากข้อ 1-3 ประมาณ 3 ครั้ง พร้อมบันทึกผล

3.5.4 การศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์

การศึกษาคุณสมบัติตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบของแร่ และขนาดการแยกตัวเป็นอิสระ (Liberation Size) ของแร่เฟลด์สปาร์ ซึ่งเป็นแร่ที่สนใจ โดยการนำตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดต่างๆที่ได้จากการคัดขนาดด้วยตะแกรง มาส่องด้วยกล้อง

จุลทรรศน์ เพื่อดูแร่ที่เป็นองค์ประกอบของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในแต่ละขนาด พร้อมทั้งพิจารณาการแยกตัวออกเป็นอิสระของเม็ดแร่ พร้อมบันทึกผล

3.5.5การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาดต่าง ๆด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดต่างๆ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ โดยดูที่ปริมาณของสารประกอบ K_2O Na_2O SiO_2 AL_2O_3 และ Fe_2O_3เป็นต้น ที่มีอยู่ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาดที่เลือกนำมาทดลองเพื่อนำมาใช้ในการอ้างอิงต่อไป

3.5.6 การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช มีวัตถุประสงค์เพื่อ ต้องการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ โดยดูที่ปริมาณของสารประกอบ K_2O Na_2O SiO_2 AL_2O_3 และ Fe_2O_3 เป็นต้น ที่มีอยู่ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาดที่เลือกนำมาทดลองเพื่อนำมาใช้ในการอ้างอิงต่อไป

3.5.7 การลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

ในการทดลองการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งนั้น ตัวอย่างที่นำมาทดลองจะมี 2 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างขนาดที่เล็กกว่า 30 เมช และ ตัวอย่างที่มีขนาดเล็กกว่า 60 เมช ในอันดับแรกนั้นจะทำการล้างตัวอย่างทรายขนาดต่างๆที่นำมาทดลองเพื่อกำจัดฝุ่นแร่ที่มีขนาดเล็กกว่า 200 เมช ออกไปก่อนเนื่องจากฝุ่นแร่เหล่านี้จะไปมีผลต่อประสิทธิภาพของการลอย และทำให้สิ้นเปลืองน้ำยาเคลือบผิวแร่

วิธีการทดลองล้างฝุ่นแร่

1. เตรียมตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดเล็กกว่า 30 เมช 4000 กรัม
2. นำตัวอย่างที่เตรียมไว้ใส่ในเซลล์ลอยแร่ เติมน้ำ 4 ลิตร เปิดเครื่องประมาณ 5 - 10 นาที
3. จากนั้นเทน้ำออกและเติมใหม่ในปริมาณที่เท่าเดิม และทำซ้ำในข้อ 1 ประมาณ 4 – 5 ครั้ง
4. นำตัวอย่างที่ผ่านการล้างเรียบร้อยแล้วไปอบและชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกผล

5. ทำซ้ำจากข้อ 1 – 4 โดยเปลี่ยนเป็นตัวอย่างขนาด -60 เมช

วิธีการทดลองลอยแร่

การทดลองการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับของชนิดแร่ที่ลอยออกมา โดยขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนการลอยแร่กลุ่มแร่ไมกา ต่อมาเป็นขั้นตอนการลอยแร่กลุ่มแร่เหล็ก และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการลอยแร่เฟลด์สปาร์ส่วนแร่ควอรตซ์ จะเป็นแร่ที่จมอยู่ด้านล่าง โดยมีรายละเอียดการทดลองโดยควบคุมตัวแปรต่างๆให้อยู่ในสภาวะต่างๆดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.2 สภาวะการลอยแร่

ตัวแปร	เงื่อนไข
รอบในการกวน	1200 รอบต่อนาที
ขนาดตัวอย่างที่นำมาศึกษา	-30+200 เมช และ -60+200 เมช
ชนิดน้ำยาเคลือบผิว	AOA (Cationic collector) NANSA (Aionic collector) ATD (Cationic collector)
ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวที่ใช้	30 ลิตรต่อตัน
ชนิดน้ำยาเคลือบฟอง	น้ำมันสน
ระยะเวลาในการกวนผสม	5 นาที
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	H_2SO_4 pH 2 HF pH 2
ระยะเวลาในการลอย	5 นาที
อุณหภูมิ	อุณหภูมิห้อง

ขั้นตอนที่ 1 การลอยแร่ไมกา

1. นำตัวอย่างขนาดเล็กกว่า 30 เมช ที่ผ่านการล้างทำความสะอาดแล้วใส่ใน เซลล์ลอยแร่ จากนั้นเติมน้ำลงไป 4 ลิตร แล้วเปิดเครื่อง

2. เติมกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่า pH ให้ได้ pH 2

3. จากนั้นเติมสารเคลือบผิวชนิด AOA ความเข้มข้น1% ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวน 5 นาที

4. เติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด

5. จากนั้นเปิดให้อากาศเข้าไปในเซลล์ลอยแร่ แล้วทำการลอยแร่ไมกา

ขั้นตอนที่ 2 การลอยแร่กลุ่มแร่เหล็ก

1. หลังจากลอยแร่ไมกาออกแล้ว เทน้ำออกจากเซลล์ลอยแร่ จากนั้นเติมน้ำลงไป 4 ลิตร แล้วเปิดเครื่อง

2. เติมกรดซัลฟูริค (H_2SO_4) ความเข้มข้น 10% ปริมาณ 25 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่า pH ให้ได้ pH 2

3. จากนั้นเติมสารเคลือบผิวชนิด NANSA ความเข้มข้น1% ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวน 5 นาที

4. เติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด

5. จากนั้นเปิดให้อากาศเข้าไปในเซลล์ลอยแร่ แล้วทำการลอยแร่กลุ่มแร่เหล็กออกมา

ขั้นตอนที่ 3 การลอยแร่เฟลด์สปาร์

1. หลังจากลอยแร่กลุ่มแร่เหล็กออกแล้วเทน้ำออกจากเซลล์ลอยแร่ จากนั้นเติมน้ำลงไป 4 ลิตร แล้วเปิดเครื่อง

2. เติมกรดไฮโดรฟลูออริค (HF) ความเข้มข้น10% ปริมาณ 50 มิลลิลิตร เพื่อปรับค่า pH ให้ได้ pH 2

3. จากนั้นเติมสารเคลือบผิวชนิด ATD ความเข้มข้น1% ปริมาณ 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวน 5 นาที

4. เติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด

5. จากนั้นเปิดให้อากาศเข้าไปในเซลล์ลอยแร่ แล้วลอยแร่เฟลด์สปาร์ออกมาโดยที่แร่ควอรตซ์จะจมอยู่ด้านล่าง

ทำซ้ำทั้ง 3 ตอนด้วยตัวอย่างขนาดเล็กกว่า 60 เมช จากนั้นนำแร่ที่ได้จากการลอยทั้ง 3 ขั้นตอนไปอบให้แห้ง แล้วชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกผล แล้วนำแร่เฟลด์สปาร์ที่ได้จากการทดลองไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

3.5.8 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ทั้ง 2 ขนาด มีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ โดยดูที่ปริมาณของสารประกอบของ K_2O Na_2O SiO_2 AL_2O_3 และ Fe_2O_3 เป็นต้น เพื่อนำมาเปรียบเทียบ และเลือกตัวอย่างที่มีองค์ประกอบทางเคมีที่ดีที่สุดและสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกได้

3.5.9 การทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก

การศึกษาการคัดแยกแร่แม่เหล็กออกจากแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ก็เพื่อแยกเอาแร่ที่ติดแม่เหล็กออก เนื่องจากแร่ที่มีองค์ประกอบของเหล็กเหล่านี้ จะมีผลต่อการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิก เพราะจะให้สีของผลิตภัณฑ์เซรามิกไม่ได้สีตามต้องการ โดยทำการทดลองพร้อมบันทึกข้อมูลปริมาณแร่ที่ได้ทั้งแร่ติดแม่เหล็กและไม่ติดแม่เหล็ก

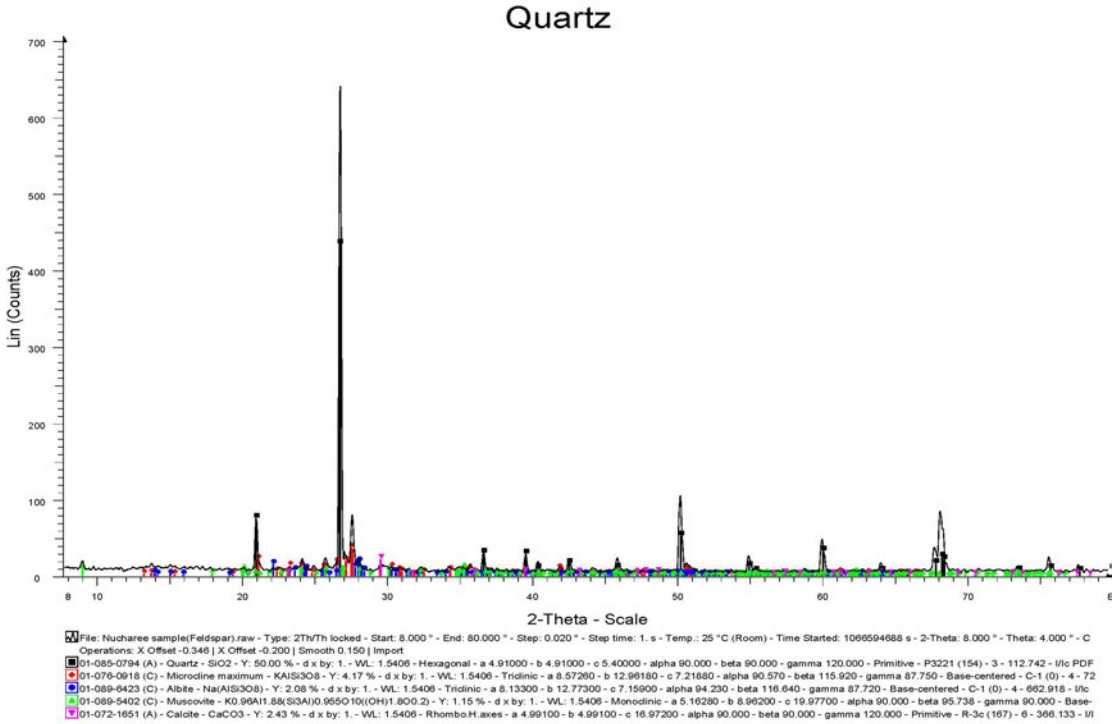
3.5.10 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกมีวัตถุประสงค์เพื่อต้องการวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์โดยดูที่ปริมาณของ สารประกอบของ Fe_2O_3 เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานของปริมาณของ Fe_2O_3 ที่กำหนดในมาตรฐานของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

4.1 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบในทรายเหลือทิ้งด้วยเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ จะบ่งบอกถึงองค์ประกอบของแร่ที่เป็นองค์ประกอบในทรายเหลือทิ้ง ทำให้ทราบว่าทรายเหลือทิ้งที่นำมาทดลองนั้นมีองค์ประกอบของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ต้องการนำมาศึกษาหรือไม่ จึงเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญในการพิจารณาตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง โดยผลของการวิเคราะห์ทรายเหลือทิ้งแสดงดัง ภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ผลวิเคราะห์ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วย XRD

จากการวิเคราะห์แร่ที่เป็นองค์ประกอบในตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง โดยใช้เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) พบว่าในตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง มีองค์ประกอบของแร่คือ แร่ควอรตซ์ (Quartz) แร่ไมโครไคลน์ (Microcline) แร่แอลไบต์ (Albite) แร่มัสโคไวต์ (Muscovite) และ แร่แคลไซต์ (Calcite) ซึ่งแร่ที่เราสนใจคือแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ โดยผลวิเคราะห์ตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ทำให้ทราบว่าในตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง มีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบซึ่งก็คือ แร่ไมโครไคลน์ซึ่งเป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ชนิดหนึ่ง

จากการศึกษาข้างต้นเมื่อทราบว่าในทรายเหลือทิ้ง มีองค์ประกอบของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์นั้นจึงนำตัวอย่างทรายเหลือทิ้งนั้นไปวิเคราะห์ ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) เพื่อดูองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ต่อไป

4.2 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะบ่งบอกถึงองค์ประกอบหลักของทรายเหลือทิ้งว่ามีธาตุใดเป็นองค์ประกอบและมีปริมาณเท่าไร

ผลจากการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งพบว่า มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ ดังนี้ SiO_2 84.45 เปอร์เซ็นต์ K_2O 6.45 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.74 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 6.15 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.30 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.23 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.08 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.24 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.26 เปอร์เซ็นต์ โดยในการวิเคราะห์จะพิจารณาธาตุหลักๆ 5 ธาตุดังนี้คือ SiO_2 K_2O Na_2O Al_2O_3 และ Fe_2O_3

ตารางที่ 4.1 ธาตุที่เป็นองค์ประกอบในทรายเหลือทิ้ง

สารประกอบออกไซด์	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
SiO_2	84.45
K_2O	6.45
Na_2O	0.74
Al_2O_3	6.15
Fe_2O_3	1.30
CaO	0.23
P_2O_5	0.08
TiO_2	0.24
MgO	0.26

จากการศึกษาข้างต้น เมื่อดูจากองค์ประกอบทางเคมีจะเห็นว่าตัวอย่างทรายเหลือทิ้งนี้มีองค์ประกอบของธาตุ K_2O 6.45 เปอร์เซ็นต์ และ Na_2O 0.74 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นองค์ประกอบของแร่เฟลด์สปาร์ โดยเมื่อดูปริมาณของธาตุ K_2O และ Na_2O นั้นแสดงให้เห็นว่าตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่นำมาศึกษานี้นั้น เป็นแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ไม่ใช่แร่โซเดียมเฟลด์สปาร์ หรือแร่เฟลด์สปาร์ผสม และเมื่อดูจากปริมาณของธาตุ K_2O ที่มี ปริมาณ 6.45 เปอร์เซ็นต์ นั้นสามารถสรุปได้ว่าทรายเหลือทิ้งแหล่งนี้มีความเป็นได้ที่จะนำมาปรับปรุง

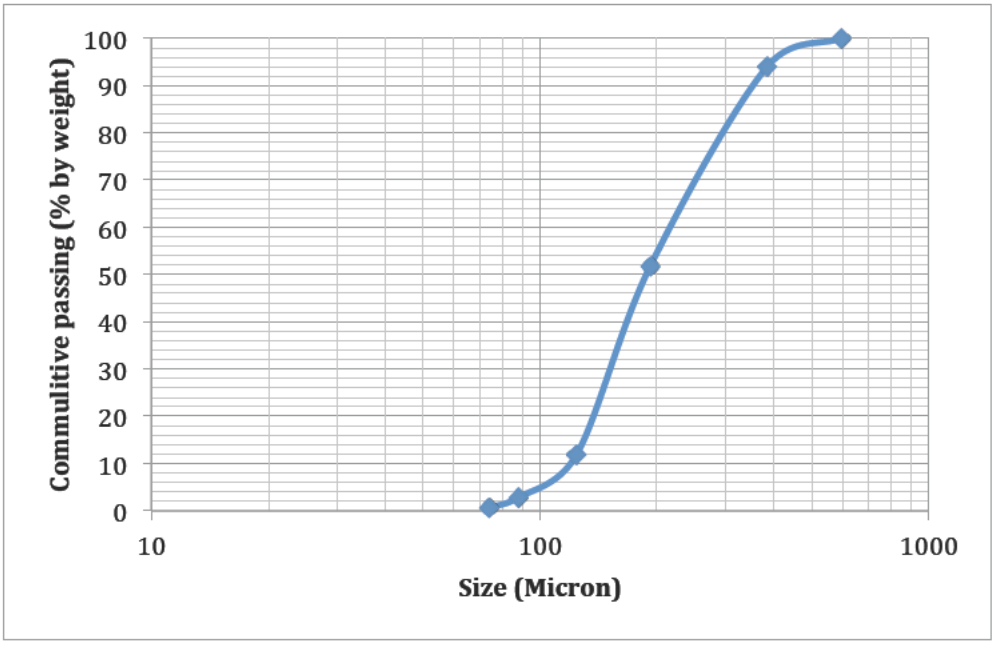
คุณภาพของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ เพื่อให้ได้คุณภาพ ตามความต้องการของอุตสาหกรรมเซรามิก ต่อไป

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากผลวิเคราะห์จะเห็นว่ามีธาตุ SiO_2 ซึ่งเป็นแร่ควอรตซ์และมีปริมาณมากที่สุดถึง 84.45 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในมาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ในอุตสาหกรรมจำกัดปริมาณของ ธาตุ SiO_2 ไม่เกิน 70 เปอร์เซ็นต์นอกจากนั้นยังมีธาตุ Fe_2O_3 ซึ่งเป็นสารประกอบของเหล็กที่ต้องกำจัดออกให้ต่ำกว่า 0.1เปอร์เซ็นต์

4.3 ผลการศึกษาขนาดของตัวอย่างโดยการคัดขนาดด้วยตะแกรงมาตรฐาน

การคัดแยกวัสดุหรือแร่นั้นจะมีประสิทธิภาพที่ดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของแร่ที่นำมาศึกษาโดยในการศึกษาการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยการลอยแร่นั้นควรหาขนาดที่เหมาะสมสำหรับการลอยแร่และเป็นขนาดที่มีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การศึกษานี้ทำการคัดขนาดตัวอย่างทรายเหลือทิ้งโดยใช้ตะแกรงขนาดมาตรฐานขนาด 30 เมช 60 เมช100 เมช 140 เมช และ 200 เมชตามลำดับ โดยแบ่งช่วงขนาดของทรายเหลือทิ้งดังนี้คือ +30 เมช-30+60 เมช -60+100 เมช -100+140 เมช -140+200 เมช และ -200 เมช โดยมีการกระจายของขนาดดังแสดงในภาพที่ 4.2



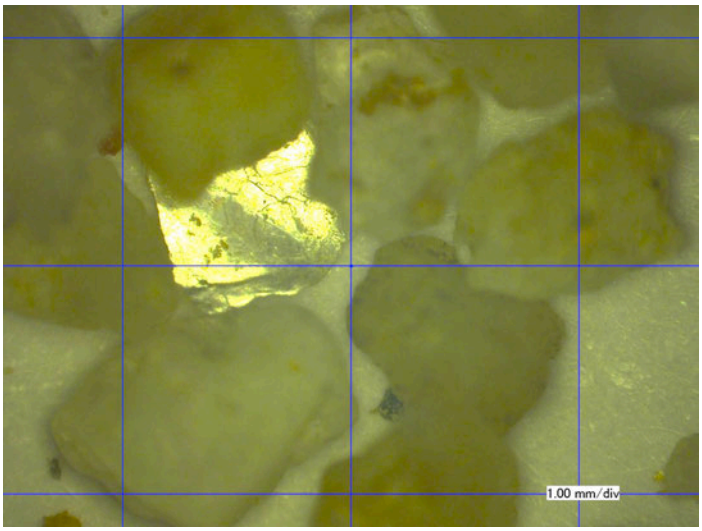
ภาพที่ 4.2 การกระจายน้ำหนักของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง

จากการวิเคราะห์ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งพบว่ามีการกระจายตัวมากที่สุด ที่ ขนาด -30+60 เมช รองลงมาคือ ขนาด -60+100 เมชแม้ว่าขนาดการแยกตัวเป็นอิสระของแร่เฟลด์สปาร์นั้นคือขนาด -60 เมช แต่เนื่องจากกระบวนการบดย่อยแร่นั้นใช้พลังงานมาก ทำให้สูญ

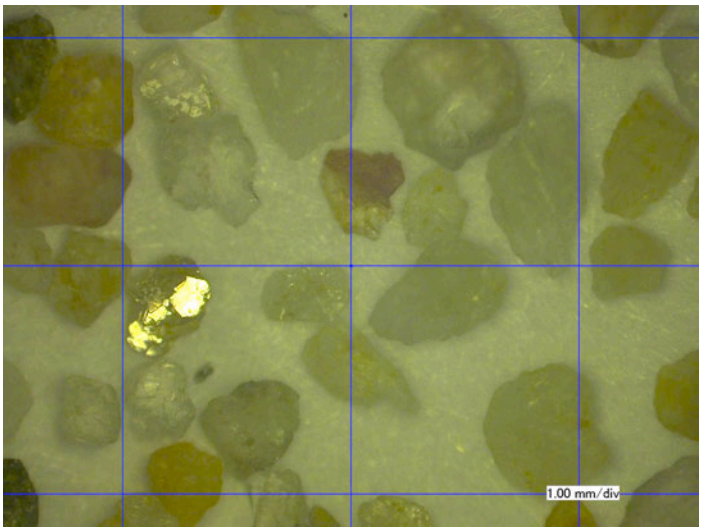
เสียค่าใช้จ่ายมากเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองครั้งนี้ จึงศึกษาตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่ ขนาด -30 เมช และ -60 เมช ทั้งนี้จะดูข้อมูลจากการทดลองการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่าง ทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์เพิ่มเติมในการพิจารณา

4.4 ผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์

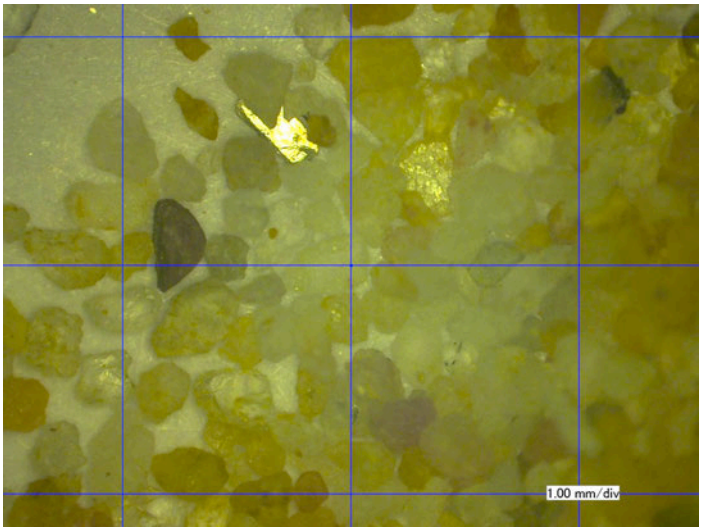
การศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ด้วยกล้องจุลทรรศน์มีวัตถุประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบของแร่และขนาดการแยกตัวเป็นอิสระ (Liberation) ของแร่เฟลด์สปาร์ออกจากมลทินโดยดูการแยกตัวเป็นอิสระของแร่ในขนาดต่างๆดังนี้คือ + 30 เมช - 30 +60 เมช และ - 60 เมช ตามลำดับ



ภาพที่ 4.3 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด +30 เมช



ภาพที่ 4.4 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด -30+60 เมช



ภาพที่ 4.5 ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาด -60 เมช

ผลการศึกษาคุณสมบัติของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าองค์ประกอบของทรายเหลือทิ้งส่วนใหญ่เป็น แร่ควอรตซ์ แร่เฟลด์สปาร์ และ แร่มัสโคไวท์ ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด + 30 เมช เม็ดแร่ยังมีการคาบเกี่ยวกันของเม็ดแร่โดยยังมีแร่ควอรตซ์คาบอยู่ในเม็ดแร่เฟลด์สปาร์จำนวนมาก ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช พบว่า ยังมีการคาบเกี่ยวกันของเม็ดแร่ควอรตซ์กับแร่เฟลด์สปาร์ อยู่บ้างแต่ในปริมาณที่น้อยมาก และในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช พบว่าเม็ดแร่ควอรตซ์ และแร่เฟลด์สปาร์มีการหลุดแยกออกเป็นอิสระจากกัน

จากผลการศึกษาตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง จะเห็นว่าการแยกตัวเป็นอิสระของแร่เฟลด์สปาร์ และ แร่ควอรตซ์จะแปรผันตรงกับขนาดความละเอียดของแร่ โดยมีการแยกตัวเป็นอิสระ มากที่สุดที่ขนาด -60 เมช

4.5 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างในขนาดต่าง ๆด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ในขนาดต่างๆ ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะบ่งบอกถึงองค์ประกอบหลักของทรายเหลือทิ้งในขนาดต่างๆว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของ K_2O ในปริมาณเท่าไร และทรายเหลือทิ้งในขนาดที่ต้องการจะศึกษามีปริมาณของ K_2O มากพอที่จะนำมาคัดแยกได้หรือไม่

ผลจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดต่างๆพบว่าในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด +30 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 84.63 เปอร์เซ็นต์ K_2O

5.17เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.45 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 7.60 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.21 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.16 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.07 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.10 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.13 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 79.63เปอร์เซ็นต์ K_2O 7.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.63 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 10.13 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.35 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.13 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.08 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.16 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.18 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช นั้นมีนั้นมีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 83.78 เปอร์เซ็นต์ K_2O 6.08 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.99 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 6.68 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.46 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.16 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.07 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.34 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.22 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 องค์ประกอบทางเคมีในทรายเหลือทิ้งในขนาดต่างๆ

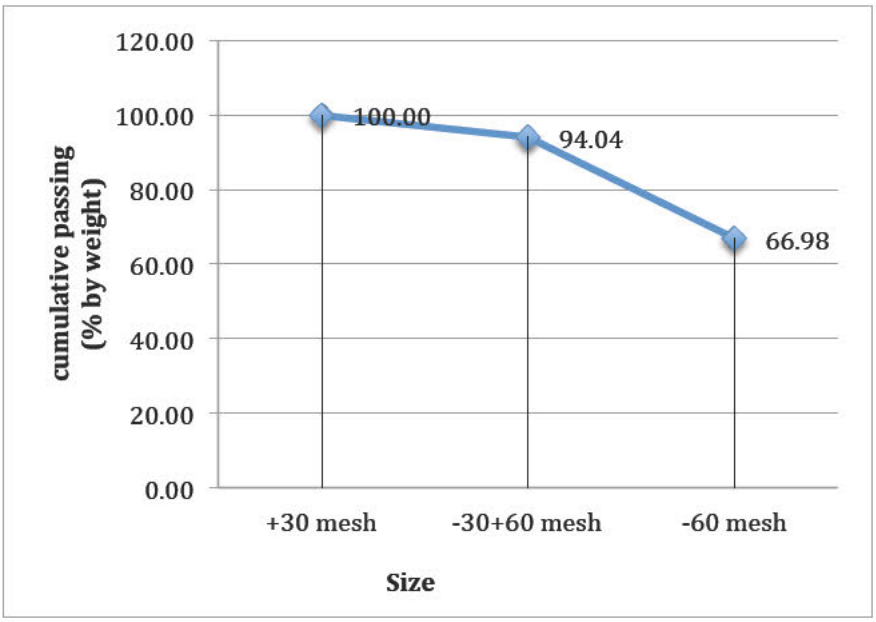
องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)		
	+30 mesh	-30+60 mesh	-60 mesh
K_2O	5.17	7.37	6.08
CaO	0.16	0.13	0.16
TiO_2	0.10	0.16	0.34
Fe_2O_3	1.21	1.35	1.46
Al_2O_3	7.60	10.13	6.68
SiO_2	84.63	79.63	83.78
P_2O_5	0.07	0.08	0.07
Na_2O	0.45	0.63	0.99
MgO	0.13	0.18	0.22

จากผลวิเคราะห์ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาดต่างๆนั้นในตัวอย่างขนาด +30 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ K_2O 5.17 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอีกสองขนาดจะเห็นว่า มีปริมาณของ K_2O น้อยกว่าและเมื่อนำข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดมาพิจารณาด้วยพบว่าตัวอย่างขนาด -30 เมช นี้ไม่เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการลอยแร่เนื่องจากเม็ดแร่ไม่หลุดแยกออกเป็นอิสระจากกัน แม้จะมีปริมาณองค์ประกอบของธาตุ K_2O 5.17 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการนำแร่ส่วนนี้มาใช้ก็ต้องนำไปผ่านกระบวนการบดแร่ก่อนจึงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ K_2O 7.37 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอื่น ๆ จะเห็นว่ามีปริมาณของ K_2O มากที่สุด และเมื่อนำ

ข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดมาพิจารณาด้วยพบว่าตัวอย่างขนาด -30+60 เมช นี้เหมาะสำหรับการนำไปใช้ในการทดลองลอยแร่เนื่องจากเม็ดแร่หลุดแยกออกเป็นอิสระจากกัน แม้จะมีบางส่วนที่ไม่หลุดแยกออกเป็นอิสระจากกัน และมีปริมาณสะสมค้างตะแกรงของแร่ตัวอย่าง 94.04 เปอร์เซนต์ แต่เมื่อดูถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ตัวอย่างทรายเหลือ ทิ้งขนาด -30+60 เมช นี้มีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการลอยแร่

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมชนั้นมีนั้นมีองค์ประกอบของธาตุ K_2O 6.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดอื่นๆ จะเห็นว่ามีปริมาณ K_2O น้อยกว่า ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช แต่เมื่อดูข้อมูลจากการวิเคราะห์ขนาดตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60เมช เม็ดแร่มีการหลุดแยกออกเป็นอิสระจากกันและมีปริมาณสะสมค้างตะแกรงของแร่ตัวอย่าง 66.98 เปอร์เซนต์ และเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการลอยแร่



ภาพที่ 4.6 ปริมาณสะสมของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งแต่ละขนาด

4.6 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ในขนาดที่นำมาใช้ในการทดลองด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะบ่งบอกถึงองค์ประกอบหลักของทรายเหลือทิ้ง ในขนาดที่นำมาใช้ทดลองลอยแร่ว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ โดยดูที่ปริมาณของสารประกอบ K_2O Na_2O SiO_2 AL_2O_3 และ Fe_2O_3เป็นต้นที่มีอยู่ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาดที่เลือกนำมาทดลองว่ามีปริมาณเท่าไร เพื่อนำมาใช้ในการอ้างอิงต่อไป

ผลจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาดต่างๆพบว่า ในตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด +30 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 84.63 เปอร์เซ็นต์ K_2O 5.17เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.45 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 7.60 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.21 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.16 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.07 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.10 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.13 เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช นั้นมีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 79.63เปอร์เซ็นต์ K_2O 7.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 0.63 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 10.13 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 1.35 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.13 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.08 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.16 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.18 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4.3 องค์ประกอบทางเคมีในทรายเหลือทิ้งขนาด-30 เมช และ -60 เมช

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)	
	-30 เมช	-60 เมช
K_2O	6.90	6.44
CaO	0.18	0.22
TiO_2	0.19	0.33
Fe_2O_3	0.89	1.51
Al_2O_3	6.55	7.04
SiO_2	83.57	82.90
P_2O_5	0.09	0.08
Na_2O	0.91	1.01
MgO	0.16	0.28

4.7 ผลการศึกษาการแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งโดยใช้กระบวนการลอยแร่

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการลอยแร่เฟลด์สปาร์ พบว่ามีกระบวนการที่ใช้ในการลอยแร่ไม่แตกต่างกันมากนัก โดยที่ในแต่ละวิธีการที่ใช้จะแตกต่างกันที่ ชนิดของสารเคลือบผิว ปริมาณของสารเคลือบผิวที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนของการลอย อัตรารอบในการกวนแร่ และค่า pH ของของผสม เป็นต้น โดยต้องมีการล้างเอาฝุ่นแร่ออกก่อนทำก่อนลอยแร่เนื่องจากฝุ่นแร่เหล่านี้จะไปรบกวนสภาวะในการลอยแร่ทำให้ต้องใช้สารเคลือบผิวมากขึ้น หรือการเก็บหัวแร่ไม่ได้ผลตามต้องการ

การศึกษาการลอยแร่โพแทสเซียมได้เลือกใช้สภาวะที่เหมาะสม ในการลอยแร่ดังนี้คือ หลังจากนำตัวอย่างทรายเหลือทิ้งไปล้างเอาฝุ่นแร่ออกเรียบร้อยแล้ว นำตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง 1000 กรัม ใส่ในเซลล์ลอยแร่ขนาด 5,000 มิลลิลิตรของ Denver ใช้น้ำ 4,000 มิลลิลิตร

จากนั้นปรับค่า pH โดยใช้ H_2SO_4 ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ 25 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่ไมกา ใช้สารเคลือบผิวเอมีน ชนิด AOA (Cationic collector) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่ไมกาออกมาเมื่อลอยแร่ไมกาออกมาหมดแล้วจากนั้นเทน้ำออกแล้วเติมน้ำลงไปใหม่ในปริมาณเท่าเดิมปรับค่า pH โดย ใช้ H_2SO_4 ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ 25 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่ที่มีองค์ประกอบของเหล็กใช้สารเคลือบผิวชนิด NANSA (Anionic collector) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ 30 มิลลิลิตร โดยใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่ที่มีองค์ประกอบของเหล็กออกมา เมื่อลอยแร่เหล็กออกมาหมดแล้วจากนั้น เทน้ำออกแล้วเติมน้ำลงไปใหม่ในปริมาณเท่าเดิมปรับค่า pH โดยใช้ HF ความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ 50 มิลลิลิตร ปรับให้ได้ค่า pH เท่ากับ 2 ในขั้นตอนการลอยแร่เฟลด์สปาร์ใช้ สารเคลือบผิวชนิด ATD (Cationic collector) ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์ 30 มิลลิลิตร ใช้เวลาในการกวนปรับสภาพ 5 นาที หลังจากนั้นเติมน้ำมันสนลงไปประมาณ 10 หยด แล้วจึงทำการลอยแร่เฟลด์สปาร์ออกมา ส่วนแร่ที่จมอยู่ด้านล่างคือ แร่ควอรตซ์

4.7.1 ผลการศึกษาการทดลองล้างฝุ่นแร่จากทรายเหลือทิ้ง

การศึกษาการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งได้ทำการทดลองการลอยแร่โดยใช้ตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง 2 ขนาดคือ ขนาด -30 เมช และขนาด -60 เมช โดยจากการศึกษาการทดลองล้างฝุ่นแร่โดยใช้เซลล์ลอยแร่นั้น ในการล้างตัวอย่างทรายเหลือทิ้งจากตัวอย่างทรายเหลือทิ้งจำนวน 4000 กรัมเมื่อล้างทำความสะอาดเอาฝุ่นแร่ออกโดยใช้เวลากวนล้าง ครั้งละ 5 นาทีจำนวน 5 ครั้ง แล้วนำตัวอย่างทรายเหลือทิ้งไปอบ พบว่าในตัวอย่างขนาด -30 เมช นั้นน้ำหนักของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่เหลือคือ 97.54 เปอร์เซ็นต์ ส่วนแร่ฝุ่นแร่ที่หายไปคือ 2.46 เปอร์เซ็นต์ และในการล้างตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง ขนาด - 60 เมช พบว่าน้ำหนักของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งที่เหลือ คือ 97.64 เปอร์เซ็นต์ ส่วนฝุ่นแร่ที่หายไปคือ 2.34 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่4.4 ผลการทดลองล้างฝุ่นแร่

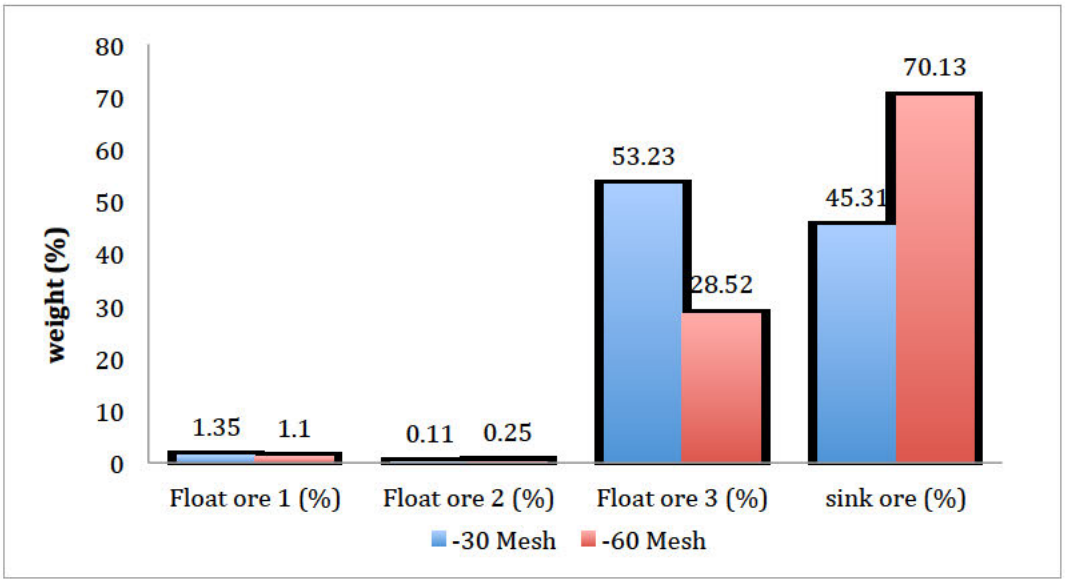
ขนาด(เมช)	ปริมาณของแร่ที่เหลือหลังจากล้าง (%โดยน้ำหนัก)	ปริมาณของแร่ที่หายไป (%โดยน้ำหนัก)
-30	97.54	2.46
-60	97.64	2.34

4.7.2 ผลการศึกษาการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างขนาด -30 เมช

ผลการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช ตามขั้นตอนที่กล่าวมาเบื้องต้นนั้นพบว่าปริมาณของแร่ลอยครั้งที่ 1 ซึ่งมีแร่ไมกาเป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้คือ 1.35 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแร่ลอยครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นแร่ที่มีส่วนประกอบของเหล็กเป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้คือ 0.11 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแร่ที่ลอยได้ครั้งที่ 3 ซึ่งมีแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้ 53.23 เปอร์เซ็นต์และปริมาณของแร่จมซึ่งมีแร่ควอรตซ์เป็นส่วนใหญ่ที่จม คือ 45.31 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาคผนวก ก

4.7.3 ผลการศึกษาการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างขนาด -60 เมช

ผลการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช ตามขั้นตอนที่กล่าวมาเบื้องต้นนั้นพบว่าปริมาณของแร่ลอยครั้งที่ 1 ซึ่งมีแร่ไมกาเป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้คือ 1.1 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแร่ลอยครั้งที่ 2 ซึ่งเป็นแร่ที่มีส่วนประกอบของเหล็กเป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้คือ 0.25 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณของแร่ที่ลอยได้ครั้งที่ 3 ซึ่งมีแร่เฟลด์สปาร์เป็นส่วนใหญ่ที่ลอยได้ 28.52 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแร่จมซึ่งมีแร่ควอรตซ์เป็นส่วนใหญ่ที่จมคือ 70.13 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในภาคผนวก ก



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบปริมาณแร่ต่างๆที่ได้จากการลอยตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช และ-60 เมช

4.8 ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ที่ไดจากการลอยแร่ทั้ง 2 ขนาดด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะบ่งบอกถึง

องค์ประกอบหลักของแร่เฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของ K_2O Na_2O SiO_2 AL_2O_3และ Fe_2O_3ในปริมาณเท่าไร และเหมาะสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ หรือไม่

ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในแร่เฟลด์สปาร์ ที่ลอยได้จากการลอยแร่ ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด +30 เมช นั้นพบว่ามีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 76.87 เปอร์เซ็นต์ K_2O 11.06 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.48 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 8.65 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.73 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.18 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.10 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.17 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.08 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในแร่เฟลด์สปาร์ ที่ลอยได้จากการลอยแร่ ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช นั้นพบว่ามีองค์ประกอบของธาตุ SiO_2 76.10 เปอร์เซ็นต์ K_2O 8.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.04 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 12.34 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.95 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.19 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.12 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.31 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.15 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 องค์ประกอบทางเคมีของแร่เฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่

องค์ประกอบทางเคมี	ปริมาณ (เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก)	
	-30 เมช	-60 เมช
K_2O	11.06	8.37
CaO	0.18	0.19
TiO_2	0.17	0.31
Fe_2O_3	0.73	0.95
Al_2O_3	8.65	12.34
SiO_2	76.87	76.10
P_2O_5	0.10	0.12
Na_2O	1.48	1.04
MgO	0.08	0.15

จากการพิจารณาแร่เฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมชพบว่า เปอร์เซนต์การเก็บแร่ได้ ของ K_2O ของตัวอย่างขนาด -30 เมชคือ 91.27 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณของ K_2O+Na_2O เท่ากับ 12.54 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณมากพอที่จะใช้ได้ในอุตสาหกรรมเพราะในเกณฑ์มาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์กำหนดให้ปริมาณของK_2O+Na_2O ต่ำสุดที่ต้องการ คือ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาปริมาณของ Al_2O_3 ซึ่งมี 8.65 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อ ดูปริมาณของ SiO_2 ซึ่งมี 76.87 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่ามีค่ามากกว่าค่ามาตรฐานของ SiO_2 ที่กำหนดไว้

จากการพิจารณาแร่เฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมชพบว่า เปอร์เซนต์การเก็บแร่ได้ของ K_2O ของตัวอย่างขนาด -60 เมชคือ 37.01 เปอร์เซ็นต์ มีปริมาณของ K_2O+Na_2O เท่ากับ 9.41 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมีปริมาณน้อยกว่าเกณฑ์มาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ที่กำหนดให้ปริมาณของ K_2O+Na_2O ต่ำสุดที่ต้องการคือ 12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณา ปริมาณ ของ Al_2O_3 ซึ่งมี 12.34 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าน้อยกว่าค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ และเมื่อ ดูปริมาณของ SiO_2 ซึ่งมี 76.10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่ามีค่าเกินกว่าค่ามาตรฐานของ SiO_2 ที่กำหนดโดยในการลอยแร่ในขั้นตอนต่างๆ มีรายละเอียดและปริมาณการใช้สารเคมีดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 รายละเอียดและปริมาณสารเคมีที่ใช้ในการลอยแร่ต่อตัน

รายการ	รายละเอียด	ความเข้มข้น	จำนวน (ลิตรต่อตัน)
1	เอมีน ชนิด AOA	1 เปอร์เซนต์	30
2	ปิโตรเลียมซัลโฟเนต ชนิด NANSA	1 เปอร์เซนต์	30
3	เอมีน ชนิด ATD	1 เปอร์เซนต์	30
4	กรดซัลฟูริก H_2SO_4	98 เปอร์เซนต์	5
5	กรดไฮโดรฟลูออริก HF	70 เปอร์เซนต์	6.5
6	Pine oil	-	2

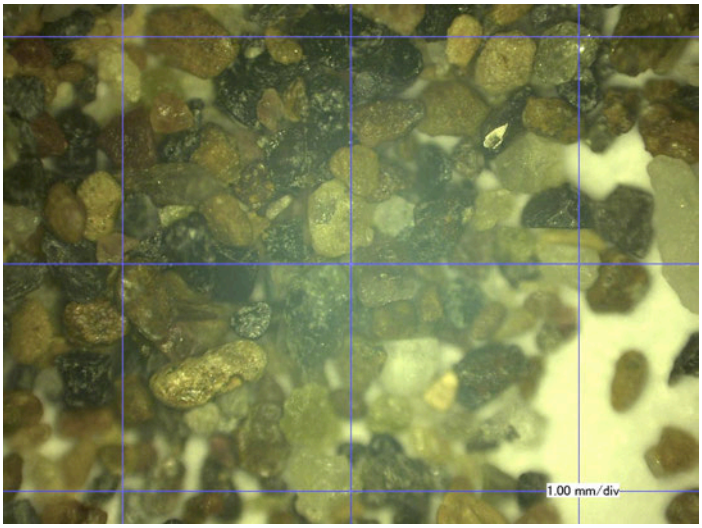
4.9 ผลการทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก

ผลการคัดแยกตัวอย่างทรายเหลือทิ้งในขนาดที่นำมาใช้ในการทดลองด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกข้อมูลที่ได้จากการทดลองจะบ่งบอกถึง ปริมาณแร่ติดแม่เหล็กและแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กที่สามารถคัดแยกออกได้ในปริมาณเท่าใดเพื่อเป็นข้อมูลในการอ้างอิงต่อไป

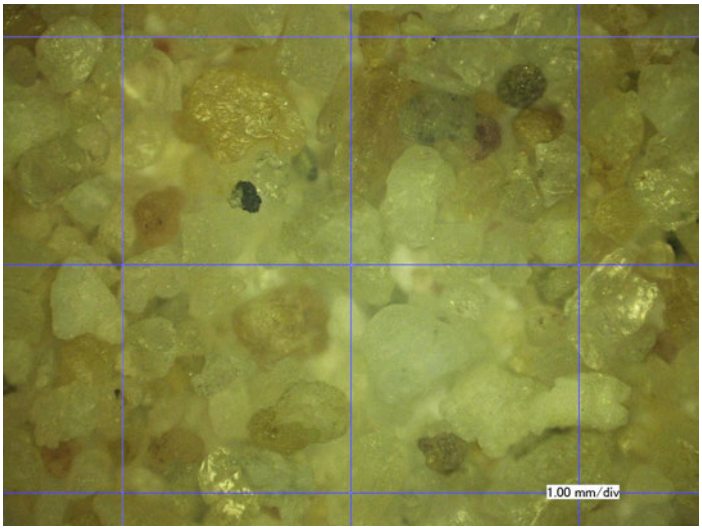
จากการศึกษาการคัดแยกแร่ติดแม่เหล็ก ด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกออกจากแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์พบว่า ปริมาณของแร่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลองคัดแยกคือ 0.45 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ไม่ติดแม่เหล็กที่ได้คือ 99.55 เปอร์เซนต์ ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ปริมาณแร่ไม่ติดแม่เหล็กและแร่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง

แร่	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
แร่ไม่ติดแม่เหล็ก	99.55
แร่ติดแม่เหล็ก	0.45



ภาพที่ 4.8 เม็ดแร่ที่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง



ภาพที่ 4.9 เม็ดแร่ที่ไม่ติดแม่เหล็กที่ได้จากการทดลอง

4.10 **ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์** (XRF)

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการคัดแยกโดยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์จะบ่งบอกถึงองค์ประกอบของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ที่ได้จากการคัดแยกว่ามีองค์ประกอบทางเคมีของ Fe_2O_3 ในปริมาณเท่าไร และเหมาะสำหรับนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกได้หรือไม่

ตารางที่ 4.8 องค์ประกอบในแร่เฟลด์สปาร์หลังจากการคัดแยกแร่ติดแม่เหล็ก

สารประกอบออกไซด์	ปริมาณ (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)
SiO_2	80.56
K_2O	9.70
Na_2O	1.20
Al_2O_3	7.22
Fe_2O_3	0.51
CaO	0.26
P_2O_5	0.07
TiO_2	0.21
MgO	0.05

ผลจากการวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบในแร่เฟลด์สปาร์ หลังจากผ่านเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกพบว่าในกระบวนการนี้สามารถลดปริมาณของ Fe_2O_3 จาก 0.73% เป็น 0.51% ซึ่งมีปริมาณของ Fe_2O_3 ที่วิเคราะห์ได้จากตัวอย่างที่ได้คัดแยกแร่ติดแม่เหล็กออกแล้วนั้นมีค่ามากเกินกว่าค่าที่มาตรฐานอุตสาหกรรมเซรามิกกำหนด

บทที่ 5

การวิเคราะห์การลงทุนการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการทดลองลอยแร่เฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งนั้นแม้ว่าจะมีปริมาณของ K_2O รวมกับ Na_2O เกินค่ามาตรฐานของแร่เฟลด์สปาร์ที่กำหนด แต่แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากทรายเหลือทิ้งนี้ ก็ไม่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรมได้เนื่องจากปริมาณของ SiO_2 มีปริมาณมากกว่าค่ามาตรฐานที่อุตสาหกรรมต้องการ และปริมาณของ Al_2O_3 มีปริมาณน้อยกว่าขั้นต่ำที่อุตสาหกรรมยอมรับได้

อย่างไรก็ตามแม้ว่าแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ จะไม่สามารถใช้ในอุตสาหกรรมได้แต่หากสามารถนำไปเป็นส่วนผสมในการผลิตเซรามิกส์หรือกระจกได้ก็จะทำให้แหล่งทรายเหลือทิ้งแหล่งนี้มีคุณค่ายิ่งขึ้น และเป็นการใช้ประโยชน์ทรัพยากรอย่างยั่งยืนดังนั้นจึงเป็นต้องวิเคราะห์การลงทุนการลอยแร่เฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งแหล่งนี้ โดยการวิเคราะห์การลงทุนลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ทำในภายใต้เงื่อนไขที่ว่า แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้นี้สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้

5.1 การวิเคราะห์ทางเลือกการลงทุน (สถาบันพัฒนาความรู้ตลาดทุน ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2548)

งบประมาณการลงทุนหมายถึงการใช้จ่ายลงทุนเพื่อให้ได้มาซึ่งสินทรัพย์โดยคาดหวังว่าสินทรัพย์เหล่านั้นจะสามารถสร้างรายได้ กระแสเงินสดตลอดจนให้ผลตอบแทน แก่ผู้ลงทุนตามที่คาดหวังในอนาคต

การตัดสินใจเกี่ยวกับงบประมาณลงทุน เป็นการตัดสินใจของบรษัทที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการตัดสินใจลงทุนในโครงการ หรือสินทรัพย์ถาวรต่างๆจะมีผลกระทบกับกระแสเงินสดของบริษัท เป็นระยะเวลาหลายปีหลังจากการตัดสินใจโดยปกติแล้วการตัดสินใจลงทุนมักใช้เงินทุนจำนวนมากหากตัดสินใจผิดพลาด หรือ ประมาณการกระแสเงินสดของการลงทุนคลาดเคลื่อนไปมาก บริษัทก็จะสูญเสียสภาพคล่องทางการเงิน และสูญเสียโอกาสทางธุรกิจจากการที่เงินทุนต้องไปจมอยู่กับการลงทุนที่ไม่ก่อให้เกิดกระแสเงินสดรับ ตามที่ได้ประมาณการไว้ ดังนั้น ผู้บริหาร นักประเมิณโครงการ และผู้ที่เกี่ยวข้อง จึงจำเป็นต้องศึกษาหลักเกณฑ์และเทคนิคในการวิเคราะห์การลงทุนต่างๆ เพื่อให้การตัดสินใจลงทุนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

5.2 เกณฑ์ในการประเมินโครงการลงทุน (สถาบันพัฒนาความรู้ตลาดทุน ตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย, 2548)

ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางเลือกในการลงทุนอัตราผลตอบแทนของการลงทุนเป็นอัตราคิดลดที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิของรายได้ หรือ ผลประโยชน์เท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายในการลงทุน ผลตอบแทนในอัตรานี้เป็นผลตอบแทนที่จะได้ตลอดช่วงอายุของโครง

การ โครงการที่มีผลการตอบแทนการลงทุนสูงกว่าอัตราขั้นต่ำที่กำหนดจะเป็นโครงการที่เหมาะสมที่จะดำเนินการต่อไป โดยอัตราคิดลดควรมากกว่าอัตราดอกเบี้ยในขณะนั้น และมักใช้เกณฑ์ในการพิจารณาดังนี้อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return, IRR) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value, NPV) เป็นต้น

5.2.1 **ระยะเวลาคืนทุน** (Payback Period, PP)

ระยะเวลาคืนทุนคือ จำนวนปีที่กิจการได้รับเงินลงทุนเริ่มต้นของโครงการกลับคืนหรือระยะเวลาที่กระแสเงินสดสะสมของโครงการเป็นศูนย์พอดี โดยแบ่งเป็น 2 กรณีคือ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน (PP)} = \frac{\text{เงินลงทุนเริ่มต้น}}{\text{กระแสเงินสดสุทธิ}}$$

ในการใช้หลักเกณฑ์ระยะเวลาการคืนทุนในการประเมินโครงการ องค์กรธุรกิจจะตั้งเป้าหมายไว้ก่อนว่าต้องการจะได้เงินลงทุนคืนจากโครงการนี้ภายในระยะเวลาเท่าใด ดังนั้นถ้าระยะเวลาคืนทุนที่คำนวณได้น้อยกว่าหรือเท่ากับระยะเวลาคืนทุนที่ตั้งเป้าหมายไว้ องค์กรธุกิจจะก็จะลงทุนในโครงการนั้นแต่ถ้าระยะเวลาคืนทุนที่คำนวณได้มากกว่า องค์กรธุรกิจก็จะไม่ลงทุน

ในกรณีที่มีหลายโครงการองค์กรธุรกิจควรเลือกลงทุนในโครงการที่มีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นควรใช้ปัจจัยอื่นร่วมด้วยในการพิจารณา เช่น ภาวะการแข่งขัน การเสื่อมของเครื่องจักร ความเสี่ยงของโครงการ เป็นต้น

5.2.2 **มูลค่าปัจจุบันสุทธิ** (Net Present Value, NPV)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ หมายถึงค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิ ซึ่งใช้ต้นทุนของเงินทุนเป็นอัตราคิดลดแล้วนำมาหักด้วยจำนวนเงินที่ลงทุนซึ่งสามารถหามูลค่าปัจจุบันสุทธิได้ดังนี้

$$NPV = PVNCF - I$$

โดยที่ PVNCF = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง n
ที่คิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ (i%)

I = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายลงทุน

จากสูตร $NPV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1-k)^1} + \frac{CF_2}{(1-k)^2} + \ldots + \frac{CF_n}{(1-k)^n}$

CF_n = กระแสเงินสด ณ ปีที่ n

n = 0,1,2,…,n

k = ต้นทุนส่วนเพิ่มของเงินทุน

เมื่อคำนวณค่า NPV ออกมาแล้วถ้าค่า NPV เป็นบวกหมายความว่าผล

รวมของกระแสเงินสดรับสุทธิ ตลอดอายุของโครงการซึ่งคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน มีค่าสูงกว่าจำนวนเงินที่ลงทุนโครงการลงทุนนั้นจะให้ผลตอบแทนสูงกว่าจำนวนเงินที่ลงทุน องค์กรธุรกิจจะตัดสินใจลงทุนในโครงการนั้นถ้าค่า NPV ที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบหมายความว่าผลรวมของกระแสเงินสดรับสุทธิตลอดอายุของโครงการ ซึ่งคิดเป็นมูลค่าปัจจุบันมีค่าต่ำกว่าจำนวนเงินที่ลงทุน องค์กรธุรกิจจะไม่ลงทุนในโครงการนั้น

สำหรับกรณีที่โครงการลงทุนที่ให้ค่า NPV เป็นบวกมีอยู่หลายโครงการ องค์กรธุรกิจจะเรียงลำดับโครงการจากโครงการที่ให้ NPV สูงไปหาต่ำ และจะเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV สูงสุดก่อน

5.2.3 **อัตราผลตอบแทนภายใน** (Internal Rate of Return, IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน หมายถึง อัตราหักลดกระแสเงินสดรับสุทธิที่คาดว่าจะได้รับตลอดอายุของโครงการ ให้มีมูลค่าปัจจุบันเท่ากับเงินลงทุนเมื่อเริ่มต้น การคำนวณอัตราผลตอบแทนภายในหาได้ดังนี้

$$PVNCF = I$$

โดยที่ PVNCF = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง n
ที่คิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ (i%)

I = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายลงทุน

จากสูตร $NPV = 0 = CF_0 + \frac{\mathbf{CF_1}}{(1-IRR)^1} + \frac{\mathbf{CF_2}}{(1-IRR)^2} + \ldots + \frac{\mathbf{CF_n}}{(1-IRR)^n}$

CF_n = กระแสเงินสด ณ ปีที่ n

n = 0,1,2,…,n

เมื่อคำนวณค่าIRR ของโครงการได้แล้ว ก็นำมาเปรียบเทียบกับต้นทุนของเงินทุนและองค์กรธุรกิจจะตัดสินใจลงทุนเมื่อ IRR มากกว่าเงินลงทุนและจะตัดสินใจไม่ลง ทุนเมื่อถ้าค่า IRR น้อยกว่าเงินลงทุน

ในกรณีที่มีหลายโครงการมีโครงการลงทุนที่ให้ค่า IRR สูงกว่าค่าเงินลงทุนหลายโครงการ องค์กรธุรกิจก็จะเรียงลำดับโครงการจากโครงการที่ให้ค่า IRR สูงไปต่ำ และจะเลือกโครงการ ที่ให้ค่า IRR สูงสุด

5.2.4 **ดัชนีกำไร** (Profitability Index, PI)

ดัชนีกำไร หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดสุทธิรวมตลอดอายุของโครงการกับเงินลงทุนสุทธิ

$$PI = \frac{PVNCF}{I}$$

โดยที่ PVNCF = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับสุทธิตั้งแต่ปีที่ 1 ถึง n
ที่คิดลดด้วยอัตราผลตอบแทนขั้นต่ำที่ต้องการ (i%)
I = ค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่ายลงทุน

$$\text{จากสูตรดัชนีกำไร (PI)} = \frac{\text{มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดรับ}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย}}$$

$$\text{หรือ ดัชนีกำไร (PI)} = \frac{\mathbf{NPV + 1}}{\text{มูลค่าปัจจุบันของกระแสเงินสดจ่าย}}$$

เมื่อคำนวณค่า PI ของโครงการได้แล้วองค์กรธุรกิจจะตัดสินใจลงทุนเมื่อ PI มากกว่า 1 และจะตัดสินใจไม่ลงทุนเมื่อถ้าค่า IRR น้อยกว่า 1 ในกรณีที่มีหลายโครงการ มีโครงการลงทุนที่ให้ค่า PI สูงกว่า 1 หลายโครงการ องค์กรธุรกิจก็จะเรียงลำดับโครงการจากโครงการที่ให้ค่า PI สูงไปต่ำ และจะเลือกโครงการ ที่ให้ค่า PI สูงสุด

ในการประเมินโครงการวิธีการหากระแสเงินสดในอัตราคิดลด เป็นวิธีการที่ใช้ได้แพร่หลาย และต้องพิจารณาอัตราคิดลดที่นำมาใช้ให้เหมาะสม โดยอาจจะต้องรวมเอาผลกำไร ความเสี่ยง และอัตราภาษีรวมไว้ด้วยสำหรับโครงการของเอกชน

การประมาณกระแสเงินสดสุทธิ (net cash flow) ที่คาดว่าจะได้รับในอนาคตอันเนื่องมาจากการลงทุน และควรเป็นกระแสเงินสดสุทธิหลังหักภาษีแล้ว กระแสเงินสดสุทธิคำนวณได้จากส่วนต่างระหว่างกระแสเงินสดรับ กับกระแสเงินสดจ่าย ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

กระแสเงินสดสุทธิ = กระแสเงินสดรับ - กระแสเงินสดจ่าย

โดยกระแสเงินสดรับ หมายถึง รายรับที่คาดว่าจะได้รับจากการดำเนินโครงการในแต่ละช่วงเวลา และ กระแสเงินสดจ่าย หมายถึง รายจ่ายต่างๆที่คาดว่าจะเกิดขึ้นจากการดำ เนินงานในแต่ละช่วงเวลา

5.3 การประมาณค่าใช้จ่ายในการประเมินโครงการ (ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์, 2553)

ในการลงทุนทำโรงงานแต่งแร่ข้อมูลที่สำคัญเบื้องต้นสำหรับการประเมินโครงการ คือ ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการทำงานโดยมีการแสดงรายละเอียดของค่าใช้จ่ายดังนี้

5.3.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital costs)

การประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนเบื้องต้นอาจมีความไม่แน่นอนสูง เนื่องจากความแตกต่างของพื้นที่ตั้ง การออกแบบ มาตรฐานการก่อสร้าง และวิธีประมาณการ โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการลงทุนจะประมาณจาก ค่าที่ดิน ค่าก่อสร้างโรงงาน ราคาเครื่องจักรอุปกรณ์หลัก รวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการลงทุนครั้งแรก โดยมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 5.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์, 2553)

(1)	ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์หลัก (รวม)	1.0
(2)	ค่าติดตั้ง	17-25 % ของ (1)
(3)	ระบบท่อรวมติดตั้ง	17-25 % ของ (1)
(4)	ระบบไฟฟ้ารวมติดตั้ง (ไม่รวมระบบไฟฟ้าในสำนักงาน)	13-25 % ของ (1)
(5)	ระบบวัดคุม	3-12 % ของ (1)
(6)	อาคารโรงงานรวมระบบไฟฟ้าเครื่องกล	33-50 % ของ (1)
(7)	อาคารอื่นๆ (โรงซ่อม สำนักงาน ฯลฯ)	7-15 % ของ (1)
(8)	ระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการสนับสนุน	7-15 % ของ (1)
(9)	ค่าปรับพื้นที่และองค์ประกอบ (เช่น รั้ว ถนน)	3-18 % ของ (1)
(10)	ค่าบริหารจัดการการก่อสร้าง	10-12 % ของ (1)
(11)	ค่าบริหารโครงการรวมค่าวิศวกรรมและค่าก่อสร้าง	30-33 % ของ (1)
(12)	ค่าเผื่อขาด	10-15 % ของ (1)
(13)	ค่าใช้จ่ายลงทุนคงที่	รวม (1) ถึง (12)
(14)	ค่าที่ดิน	
(15)	ค่าดอกเบี้ยระหว่างการก่อสร้าง	
(16)	เงินทุนหมุนเวียน (ประมาณเท่ากับค่าใช้จ่ายทำงาน 3 เดือน)	
(17)	ค่าใช้จ่ายในการเริ่มเดินระบบ	
(18)	ค่าใช้จ่ายลงทุนทั้งหมด	รวม (13) ถึง (17)

5.3.2 **ค่าใช้จ่ายในการทำงาน** (Operating costs)

ค่าใช้จ่ายในการทำงานโดยทั่วไปมักจะประมาณการเป็นค่าใช้จ่ายต่อปีและค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิต การประมาณค่าใช้จ่ายในการทำงานเบื้องต้นสามารถพิจารณาจากรายการค่าใช้จ่ายแปรผันที่รู้ราคาได้ และประมาณค่าใช้จ่ายรายการอื่นที่ไม่รู้ค่า เป็นสัดส่วนตามความเหมาะสม ค่าใช้จ่ายในการทำงานแบ่งออกได้เป็น

1. ค่าใช้จ่ายตรง **(Direct costs)** ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าน้ำ ค่าพลังงาน ค่าจ้างแรงงาน ค่าบำรุงรักษา ค่าวัสดุสิ้นเปลือง สารเคมี ค่าเผื่อเหลือเผื่อขาด เป็นต้น

2. ค่าใช้จ่ายทางอ้อม **(Indirect costs)** ได้แก่ค่าเงินเดือนและค่าจ้างในส่วนอื่นๆ เช่น ฝ่ายบริหาร ห้องวิเคราะห์ เป็นต้น ค่าใช้จ่ายสำนักงาน ค่าติดต่อสื่อสารและยานพาหนะ

ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการ ค่าภาษีและ ค่าประกันภัย เป็นต้น ค่าใช้จ่ายในการทำงานจะประมาณการจากจำนวนวันในการทำงานใน 1 ปี โดยจะแสดงเป็นค่าใช้จ่ายต่อปี และค่าใช้จ่ายต่อหน่วยการผลิต ซึ่งเมื่อรวมค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี จะได้เป็นค่าใช้จ่ายต้นทุนการผลิตต่อหน่วยที่ผลิตได้

ตารางที่ 5.2 ค่าใช้จ่ายในการทำงาน (ขวัญชัย ลีเผ่าพันธ์, 2553)

ค่าใช้จ่ายตรงในการผลิต(ต่อปี)		
(1)	ค่าวัตถุดิบ	
	วัตถุดิบในการผลิต	จากราคาวัตถุดิบต่อหน่วยและอัตราการ
	การป้อนต่อปี	
	วัสดุพลอยได้และซาก (รายได้)	จากราคาวัสดุต่อหน่วยและอัตราที่ได้ต่อปี
(2)	ค่าพลังงานและน้ำใช้	จากมวลสมดุลกระบวนการ
(3)	ค่าจ้างแรงงาน	จากแผนกำลังคน
(4)	ค่าควบคุมงาน	10 - 15% ของ (3)
(5)	ค่าใช้จ่ายสวัสดิการและบริหาร	30 – 50% ของ (3) และ (4)
(6)	ค่าบำรุงรักษา	2 – 10% ของค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี
(7)	ค่าวัสดุสิ้นเปลือง	0.5 – 1.0% ของค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี
(8)	ค่าวิเคราะห์ทดสอบ (ถ้ามี)	10 – 20% ของ (3)
(9)	ค่ากำจัดของเสีย	จากปริมาณของเสียและค่ากำจัดต่อหน่วย
(10)	ค่าธรรมเนียมต่างๆ (ถ้ามี)	1 – 5% ของรายได้จากการขาย
(11)	ค่าเผื่อขาด	1 – 5% ของ (1) ถึง (10)
ค่าใช้จ่ายอื่นๆ		
(1)	ภาษี	3% ของค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี
(2)	ค่าประกันภัย	0.5 – 1% ของค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี
(3)	ค่าบริหารจัดการ	50 – 70% ของ (3) (4) และ (6)
(4)	ค่าการตลาดและการขาย (ถ้ามี)	

5.4 การวิเคราะห์การลงทุนการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

แนวทางในการวิเคราะห์ โครงการการลงทุนลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบว่าการลงทุนนี้มีความคุ้มค่า และน่าลงทุนมากน้อยเพียงใดโดยใช้การประมาณการกระแสเงินสดของโครงการในอัตราคิดลด หลักเกณฑ์ในการพิจารณายอมรับโครงการหรือไม่นั้นจะใช้ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ระยะเวลาคืนทุน (Playback Period) และดัชนีราคา (PI)

5.4.1 การประมาณค่าใช้จ่าย รายได้ ปริมาณแร่ และหลักเกณฑ์ต่างๆ ของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

การประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนเริ่มต้นเป็นการประมาณการรายการสินทรัพย์และจำนวนเงินที่ลงทุนเมื่อแรกเริ่มตั้งธุรกิจว่าโครงการมีเงินลงทุนเท่าไร ในการวิเคราะห์เงินทุนโครงการเริ่มต้นจะต้องพิจารณาถึงเงินลงทุนในสินทรัพย์ถาวรและค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและแหล่งที่มาของเงินทุนทั้งทุนส่วนของเจ้าของและจากแหล่งเงินกู้อื่นๆโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital expenditures) ค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากแหล่งทรายเหลือทิ้งซึ่งประมาณค่าใช้จ่ายต่างๆได้ดังนี้ ค่าที่ดิน ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์หลัก ค่าติดตั้งเครื่องจักร ค่าอาคารโรงงานรวมระบบไฟฟ้าเครื่องกล ค่าก่อสร้างอาคารสำนักงาน ค่าติดตั้งระบบท่อ ค่าติดตั้งระบบไฟฟ้า ค่าระบบน้ำเสีย ค่าระบบสาธารณูปโภค ค่าประมาณการเผื่อเหลือเผื่อขาด ค่าธรรมเนียมต่างๆก่อนการดำเนินงาน เงินทุนหมุนเวียน

โดยกำหนดให้ เงินลงทุนในโครงการแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ทั้งหมดเป็นเงินลงทุนของเจ้าของกิจการเองโดยการประมาณค่าใช้จ่ายในการลงทุนในการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากแหล่งทรายเหลือทิ้งนั้นมีรายละเอียดดังภาคผนวก

2. ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating expenditures) ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ในการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากแหล่งทรายเหลือทิ้ง โดยอาศัยข้อมูลจากตารางที่ 5.2 ในการพิจารณาซึ่งประมาณค่าใช้จ่ายต่างๆได้ดังนี้ ค่าวัถุดิบในการผลิต ค่าดูดทราย ค่าสารเคมีที่ใช้ในการลอยแร่ ค่าภาคหลวงแร่ ค่าไฟฟ้า และน้ำประปา ค่าจ้างแรงงาน ค่าใช้จ่ายสวัสดิการและบริหาร ค่าบำรุงรักษา ค่าวิเคราะห์ ทดสอบ ค่าวัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ ค่าการตลาดและการขาย

โดยการประมาณค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ของการลงทุนการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากแหล่งทรายเหลือทิ้งนั้นมีรายละเอียดดังภาคผนวก

3. รายได้ของโครงการในการดำเนินการแต่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง เจ้าของโครงการจะได้รับรายได้หลักจากการขายแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ และแร่ควอรตซ์ ซึ่งราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ชนิดบดมีราคา 5,000-6,000 บาทต่อตัน และแร่ควอรตซ์ 1,000-1,200 บาทต่อตัน

4. ปริมาณของแร่ต่างๆที่ผลิตได้ ปริมาณการของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ แร่ควอรตซ์ แร่ไมก้า และแร่ที่ มีส่วนประกอบของเหล็ก ที่ได้จากการผลิตได้จากการประมาณการจากผลการทดลอง โดยกำหนดให้มีปริมาณแร่ป้อน 50 ตันต่อชั่วโมง ดังแสดงในภาคผนวก

5. จำนวนชั่วโมงในการทำงานต่อปี ในการดำเนินงานกำหนดให้ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง โดยทำงานอาทิตย์ละ 6 วัน และมีวันหยุดราชการ 13 วันต่อปี วันหยุดปกติ 48 วันต่อปี กำหนดให้มีการซ่อมบำรุงรักษา 30 วันต่อปี และกำหนดให้มีวันที่หยุดเนื่องเหตุสุดวิสัยอีก 30 วัน ดังนั้นใน 1 ปีมีวันการทำงานจริง 280 วัน และคิดเป็น 2,272 ชั่วโมงต่อปี

6. อัตราการคิดลดที่ใช้ในโครงการจะใช้อัตราการคิดลด 12 เปอร์เซ็นต์ในภาวะปกติ

7. ภาษี การคิดภาษีเป็นการคิดภาษีจากรายได้สุทธิทั้งหมด โดยคิดอัตรภาษีที่ 30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี

8. ค่าเสื่อมราคา เป็นค่าใช้จ่ายประเภทหนึ่งทางบัญชี และทางภาษีอากรเพื่อคำนวณหากำไรสุทธิของกิจการ โดยค่าใช้จ่ายนี้ไม่ได้เป็นค่าใช้จ่ายที่มีการจ่ายเป็นตัวเงินแต่เป็นค่าใช้จ่ายที่ประมาณการขึ้นมาสำหรับสินทรัพย์ที่มีอายุการใช้งานเกิน 1 ปี เช่น รถยนต์ อาคารสำนักงาน โดยกิจการไม่สามารถนำมาหักเป็นค่าใช้จ่ายได้ทั้งหมดในคราวเดียวโดยจะต้องมีการเฉลี่ยค่าใช้จ่ายหักออกไปในแต่ละปี ซึ่งหลักเกณฑ์ในการคิดคำนวณแตกต่างกันออกไปในแต่ละสินทรัพย์กล่าวคือ อาคารสิ่งก่อสร้าง มีอายุการใช้งาน 20 ปี และเครื่องจักรอุปกรณ์ในการแต่งแร่มีอายุการใช้งาน 10 ปี ยานพาหนะมีอายุ 5 ปี

เนื่องจากกิจการเหมืองแร่เป็นการประกอบการที่มีความเสี่ยงสูง เนื่องจากปัจจัยต่างๆเช่น ค่าใช้จ่ายในการทำเหมืองอาจเปลี่ยนแปลงตามภาวะค่าเงิน ค่าน้ำมันที่สูงขึ้น ค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้นหรือการเลือกใช้เครื่องจักรที่ผลิตในประเทศ หรือผลิตในต่างประเทศ หรือการใช้เครื่องจักรมือสอง และการเปลี่ยนแปลงราคาของแร่ ดังนั้นในการวิเคราะห์โครงการลงทุนในการแต่งโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์อาจมีความคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

5.4.2 สมมุติฐานการลงทุนกรณีศึกษาโครงการพื้นฐาน

ในกรณีศึกษาโครงการพื้นฐานกำหนดให้ ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์อยู่ที่ 5,500 บาทต่อตัน ค่าใช้จ่ายในการลงทุนซึ่งประกอบไปได้ ค่าที่ดิน ค่าเครื่องจักรอุปกรณ์ ค่าติดตั้งเครื่องจักร ระบบน้ำ ระบบไฟ เป็นต้น โดยมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนคือ 64.27 ล้านบาท

และค่าใช้จ่ายใน การดำเนินงาน ซึ่งประกอบไปด้วย ค่าวัตถุดิบ ค่าสารเคมี เงินเดือนพนักงาน 280.86 ล้านบาท โดยราคาในการผลิตต่อหน่วยคือ 2,516 บาทต่อตัน อัตราการคิดลด 12 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งรายละเอียดค่าใช้จ่ายต่างๆดังแสดงในตารางที่5.3 และแสดงรายละเอียดค่าใช้จ่ายดังภาคผนวก

ตารางที่ 5.3 สมมุติฐานของกรณีศึกษาพื้นฐาน

ตัวแปร	สมมุติฐาน
ราคาแรโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	5,500 บาทต่อตัน
ราคาแร่ควอรตซ์	1,000 บาทต่อตัน
ปริมาณแร่ป้อน	112,000 ตันต่อปี
ปริมาณแร่เฟลด์สปาร์	52,348.8 ตันต่อปี
ปริมาณแร่ควอรตซ์	48,625.92 ตันต่อปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	2,516 บาทต่อตัน
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน	64.27 ล้านบาท
อัตราคิดลด	12 เปอร์เซ็นต์
ภาษี	30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
เงินเฟ้อ	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ระยะเวลาโครงการ	10 ปี

จากการประมาณการกระแสเงินสดของโครงการกรณีศึกษาพื้นฐาน พบว่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการนี้เป็นบวกซึ่งได้เท่ากับ 9.056 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นว่าค่าของ NPV มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการที่ทำให้ค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับศูนย์ นั้นคือ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าอัตราคิดลดในสภาวะปกติ ดัชนีราคา (PI) ของโครงการได้เท่ากับ 1.14

เมื่อพิจารณาจากค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และดัชนีราคา (PI) แสดงให้เห็นว่าโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งนี้น่าลงทุนเนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลด และ ดัชนีราคา (PI) มากกว่า 1 โดยระยะเวลาคืนทุน (PP) ของโครงการนี้คือ 4 ปี 1 เดือน 12 วัน

5.5 การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

การวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ (Sensitivity Analysis) คือการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงในด้านต่างๆ ที่อาจเกิดจากความเสี่ยง และความไม่แน่นอนและทำให้ส่งผลกระทบต่อต้นทุนและผลตอบแทนของโครงการ โดยจะทำการศึกษาในกรณีต่างๆต่อไปนี้

5.5.1 กรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง

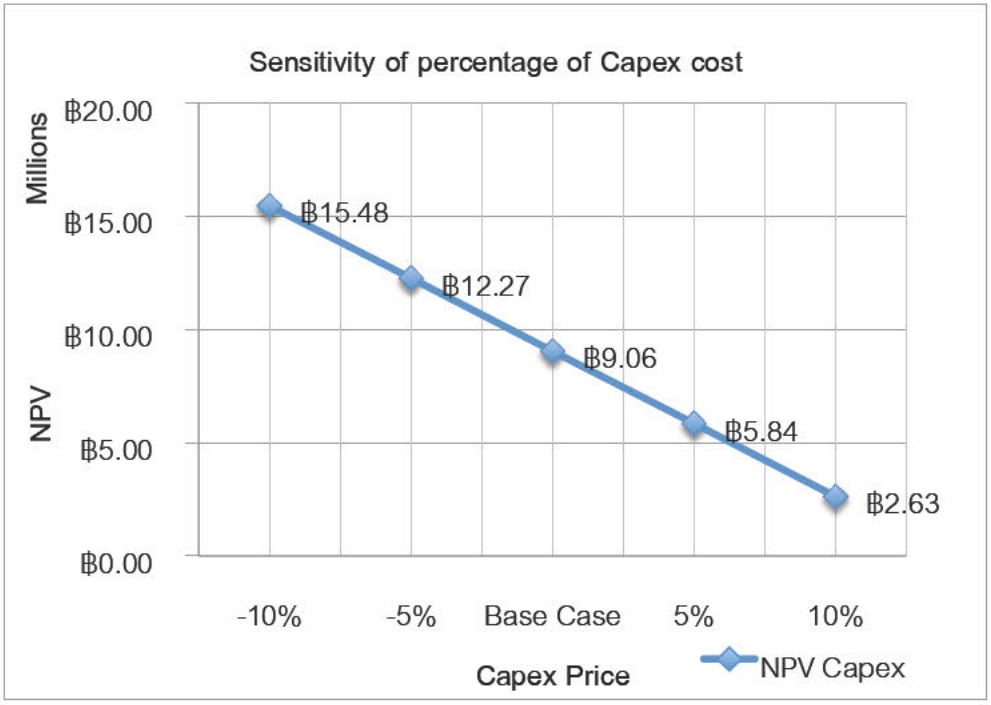
การศึกษากรณีนี้ เป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายในการลงทุน (Capital expenditures : Capex) ซึ่งกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 5.4 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร	สมมุติฐาน
ราคาแรโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	5,500 บาทต่อตัน
ราคาแร่ควอรตซ์	1,000 บาทต่อตัน
ปริมาณแร่ป้อน	112,000 ตันต่อปี
ปริมาณแร่เฟลด์สปาร์	52,348.8 ตันต่อปี
ปริมาณแร่ควอรตซ์	48,625.92 ตันต่อปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	2,516 บาทต่อตัน
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน เปลี่ยนแปลง	ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ จาก 64.27 ล้านบาท
อัตราคิดลด	12 เปอร์เซ็นต์
ภาษี	30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
เงินเฟ้อ	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ระยะเวลาโครงการ	10 ปี

จากการศึกษากรณีนี้เมื่อดูจากภาพที่ 5.1พบว่าค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ทั้ง 4 กรณีเป็นบวกแสดงให้เห็นว่าแม้ว่าโครงการนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิที่ได้ก็ไม่แตกต่างกันมากนักและมีค่ามากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของทั้ง 4 กรณีมากกว่าอัตราคิดลด 12 เปอร์เซ็นต์ และจะเห็นว่าค่าดัชนีราคา (PI) ของทั้ง 4 กรณี นี้มากกว่า 1

เมื่อพิจารณาจากค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และดัชนีราคา (PI) แสดงให้เห็นว่าหากโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งนี้มีค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ โครงการนี้ก็ยังน่าลงทุนเนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลด และ ดัชนีราคา (PI) มากกว่า 1



ภาพที่5.1 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของค่าใช้จ่ายในการลงทุนที่ค่าต่างๆ

ตารางที่ 5.5 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน (PP)ของกรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเปลี่ยนแปลง

กรณี	Capex ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	Capex ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	กรณีศึกษาพื้นฐาน	Capex เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์	Capex เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์
IRR	18%	17%	15%	14%	13%
PI	1.24	1.19	1.14	1.09	1.04
PP	4.7 ปี	4.4 ปี	4.2 ปี	5.9 ปี	5.7 ปี

5.5.2 กรณีที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง

การศึกษากรณีนี้ เป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (Operating expenditures : Opex) ซึ่งกำหนดให้ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงรายละเอียดสมมุติฐานดังตารางที่ 5.6

จากการศึกษากรณีนี้เมื่อดูจากผลของค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่า เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ แต่เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ10 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) จะน้อยกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนิน

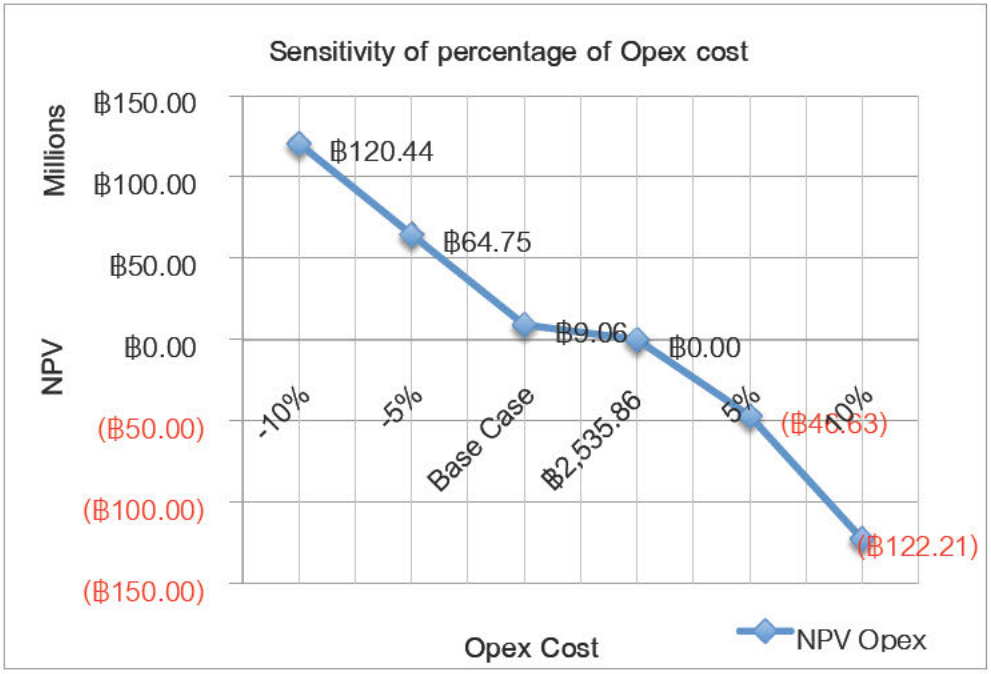
งานลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลด และเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) น้อยกว่าอัตราคิดลด และเมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น10 เปอร์เซ็นต์อัตราผลตอบแทน ภายใน (IRR) ไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากกิจการไม่มีผลกำไร และ ดัชนีราคา (PI) เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ และ 5 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีราคาจะมากกว่า 1 แต่เมื่อค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ10 เปอร์เซ็นต์ ดัชนีราคาจะน้อยกว่า 1

ตารางที่ 5.6 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร	สมมุติฐาน
ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	5,500 บาทต่อตัน
ราคาแร่ควอรตซ์	1,000 บาทต่อตัน
ปริมาณแร่ป้อน	112,000 ตันต่อปี
ปริมาณแร่เฟลด์สปาร์	52,348.8 ตันต่อปี
ปริมาณแร่ควอรตซ์	48,625.92 ตันต่อปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ จาก 2,516 บาทต่อตัน
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน เปลี่ยนแปลง	64.27 ล้านบาท
อัตราคิดลด	12 เปอร์เซ็นต์
ภาษี	30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
เงินเฟ้อ	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ระยะเวลาโครงการ	10 ปี

เมื่อพิจารณาจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) แสดงให้เห็นว่าหากโครงการนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์โครงการนี้น่าลงทุนเนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลด และ ดัชนีราคา (PI) มากกว่า 1 หากโครงการนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ โครงการนี้ไม่น่าลงทุน เนื่องจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) น้อยกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ต่ำกว่าอัตราคิดลด และ ดัชนีราคา (PI) น้อยกว่า 1 จะเห็นว่าค่าใช้จ่ายต่อหน่วยของการแต่งแร่ที่ทำให้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศูนย์ คือ 2,536 บาทต่อตัน

ในการพิจารณาการลงทุนแต่งแร่ ควรจะลงทุนก็ต่อเมื่อ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อตันแร่ป้อนต้องต่ำกว่า 2,536 บาท จึงจะทำให้โครงการมีผลกำไร



ภาพที่5.2 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ค่าต่างๆ

ตารางที่ 5.7 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน (PP)ของกรณีศึกษาที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง

กรณี	Opex ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	Opex ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	กรณีศึกษาพื้นฐาน	Opex เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์	Opex เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์
IRR	18%	17%	15%	-12%	-
PI	2.67	1.89	1.14	0.35	-0.69
PP	2.1 ปี	2.3 ปี	4.2 ปี	-	-

5.5.3 กรณีที่ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เปลี่ยนแปลง

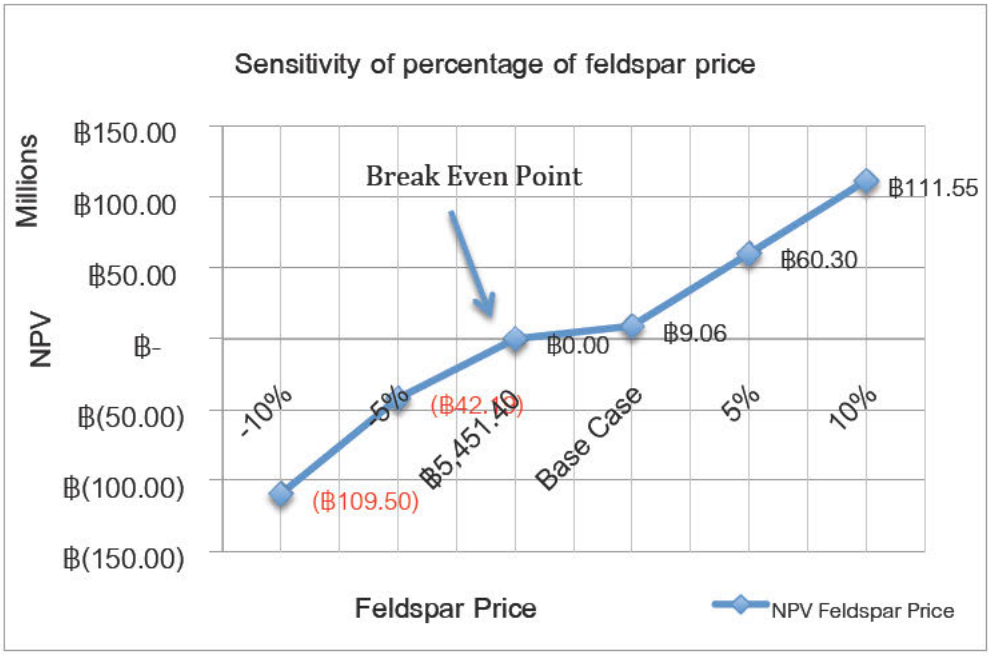
การศึกษากรณีนี้ เป็นการศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ซึ่งกำหนดให้ราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ ดังแสดงรายละเอียดสมมุติฐานดังตารางที่ 5.8

จากการศึกษากรณีนี้เมื่อดูจากผลของค่ามูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) พบว่าเมื่อราคาลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ และลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการนี้น้อยกว่าศูนย์ เมื่อราคาเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของโครงการนี้มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) เมื่อราคาลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ไม่สามารถหาค่าได้เนื่องจากกิจการไม่มีผลกำไร เมื่อราคาลดลง

5 เปอร์เซ็นต์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) น้อยกว่าอัตราคิดลด เมื่อราคาเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ อัตราผลตอบแทนภาย ใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลด

ตารางที่ 5.8 สมมุติฐานของกรณีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเปลี่ยนแปลง

ตัวแปร	สมมุติฐาน
ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์	ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ ลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์ 5,500 บาทต่อตัน
ราคาแร่ควอรตซ์	1,000 บาทต่อตัน
ปริมาณแร่ป้อน	112,000 ตันต่อปี
ปริมาณแร่เฟลด์สปาร์	52,348.8 ตันต่อปี
ปริมาณแร่ควอรตซ์	48,625.92 ตันต่อปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน	2,516 บาทต่อตัน
ค่าใช้จ่ายในการลงทุน เปลี่ยนแปลง	64.27 ล้านบาท
อัตราคิดลด	12 เปอร์เซ็นต์
ภาษี	30 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
เงินเฟ้อ	5 เปอร์เซ็นต์ต่อปี
ระยะเวลาโครงการ	10 ปี



ภาพที่5.3 กราฟเปรียบเทียบมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) ของราคาแร่เฟลด์สปาร์ที่ราคาต่างๆ

ตารางที่ 5.9 อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดัชนีราคา (PI) และระยะเวลาคืนทุน (PP)ของกรณีศึกษาที่ราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เปลี่ยนแปลง

กรณี	ราคา ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	ราคา ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์	กรณี ศึกษา พื้นฐาน	ราคา เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์	ราคา เพิ่มขึ้น 10 เปอร์เซ็นต์
IRR	-	-9%	15%	32%	48%
PI	-0.7	0.34	1.14	1.94	2.74
PP	-	-	4.2 ปี	2.2	2.9

เมื่อพิจารณาจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) แสดงให้เห็นว่าหากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการนี้ ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ จากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการพื้นฐานโครงการนี้จะขาดทุน เนื่องจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) น้อยกว่าศูนย์ หากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการนี้เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ จากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการพื้นฐานโครงการ 2 กรณีนี้น่าลงทุนเนื่องจากมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ จะเห็นว่าราคาที่ทำให้ค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นศุนย์คือ 5,451 บาทต่อตัน ซึ่งเป็นราคาที่ทำให้โครงการนี้คุ้มทุน

เมื่อพิจารณาจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) และ ดัชนีราคา (PI) จะเห็นว่าหากราคาลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์โครงการนี้จะขาดทุนเนื่องจาก อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ต่ำกว่าอัตราการคิดลดปกติ และดัชนีราคา (PI) น้อยกว่าศูนย์ เมื่อราคาเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์โครงการนี้จะน่าลงทุน เนื่องจากอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราการคิดลด และดัชนีราคา (PI) มากกว่า1

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัย การลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ทราบว่า แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากทรายเหลือทิ้งนั้น มีคุณภาพเหมาะสมในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้หรือไม่ และวิเคราะห์โครงการการลงทุนการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยการลอยแร่ว่ามีความคุ้มค่าและน่าลงทุนเพียงใด

จากการศึกษาตัวอย่างทรายเหลื้อทิ้งโดยอาศัยการศึกษาหลายๆ วิธีร่วมกันได้แก่ การศึกษา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ การศึกษาด้วย เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) ตลอดจน การศึกษาด้วยเครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) พบว่าทรายหลือทิ้งแหล่งนี้มีแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เป็นองค์ประกอบและมีปริมาณของK_2O มากพอที่จะนำมาทดลองคัดแยกและมีความเป็นไปที่จะลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ออกมาได้

สำหรับการกระจายตัวของทรายเหลือทิ้งที่นำมาทดลองนั้นมีการกระจายตัวมากที่สุดที่ขนาด -30+60 เมช แต่ในทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช นี้มีเม็ดแร่ที่ยังคาบเกี่ยวกันของแร่ควอรตซ์กับแร่เฟลด์สปาร์แต่มีในปริมาณที่น้อย และในการศึกษาทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช พบว่าเม็ดแร่ควอรตซ์และแร่เฟลด์สปาร์มีการหลุดแยกออกเป็นอิสระจากกัน ดังนั้นในการทดลองจึงเลือกใช้ทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช และ -30 เมช มาใช้ในการลอยแร่

จากการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ได้ของ K_2O 37.01 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ SiO_2 76.10 เปอร์เซ็นต์ K_2O 8.37 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.04 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 12.34 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.95 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.19 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.12 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.31 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ขนาด -60 เมชนี้ไม่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรรมได้เนื่องจากมีปริมาณของ K_2O น้อยกว่าค่ามาตรฐานของแร่ที่อุตสาหกรรมต้องการ

จากการทดลองลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ได้ ของ K_2O 91.27 เปอร์เซ็นต์ โดยมีผลวิเคราะห์ทางเคมี คือ SiO_2 76.87 เปอร์เซ็นต์ K_2O 11.06 เปอร์เซ็นต์ Na_2O 1.48 เปอร์เซ็นต์ Al_2O_3 8.65 เปอร์เซ็นต์ Fe_2O_3 0.73 เปอร์เซ็นต์ CaO 0.18 เปอร์เซ็นต์ P_2O_5 0.10 เปอร์เซ็นต์ TiO_2 0.17 เปอร์เซ็นต์ และ MgO 0.08 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยแร่ขนาด -30 เมชนี้แม้จะมีปริมาณของ K_2O+Na_2O มากกว่า12 เปอร์เซ็นต์ แต่ก็ไม่สามารถนำมาใช้ในอุตสาหกรรรมได้เนื่องจากมีปริมาณของ SiO_2 มากเกินกว่าค่ามาตรฐานของแร่ที่อุตสาหกรรมต้องการ

การทดลองคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วย เครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียกสามารถลดปริมาณของแร่ติดแม่เหล็ก จากตัวอย่างแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จาก 0.73 เปอร์เซนต์ เป็น 0.51 เปอร์เซนต์ แม้ว่าในกระบวนการนี้จะสามารถลดปริมาณของแร่ติดแม่เหล็กได้ แต่ก็ไม่สามารถนำแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ มาใช้ในอุตสาหกรรมได้เนื่องจากปริมาณของ Fe_2O_3 ยังมากกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 0.1 เปอร์เซนต์

จากการวิเคราะห์โครงการพื้นฐานการลงทุนลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ จากทรายเหลือทิ้งพบว่าโครงการนี้ให้ค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) เท่ากับ 9.056 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นว่าค่าของ NPV มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ของโครงการคือ 15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งมากกว่าอัตราการคิดลดที่ตั้งไว้คือ 12 เปอร์เซ็นต์ และดัชนีราคา (PI) อยู่ที่ 1.14 ซึ่งมากกว่า 1 ดังนั้นเมื่อ พิจารณาจากค่าของ มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) อัตราผลตอบแทนภาย ใน (IRR) และดัชนีราคา (PI) แสดงว่าโครงการการลงทุนลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งนี้น่าลงทุน ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยมีระยะเวลาคืนทุนของโครงการ นี้อยู่ที่ 4 ปี 1 เดือน 12 วัน

จากกรณีศึกษาการวิเคราะห์ความอ่อนไหวของโครงการ จะเห็นว่าหากค่าใช้จ่ายในการลงทุนลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ ก็ไม่มีผลต่อมูลค่าปัจจุบันสุทธิของโครงการนี้มากนัก ดังนั้นหากมีการเพิ่มเครื่องจักรบางชนิดเช่น การล้างขัดสีผิว ซึ่งอาจจะทำให้ค่าใช้จ่ายในการลงทุนเพิ่มขึ้นจากเดิม 5 เปอร์เซ็นต์หรือ 10 เปอร์เซนต์แต่โครงการนี้ก็ยังน่าลงทุน

จากศึกษากรณีที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ จะเห็นว่าหากโครงการนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานลดลงโครงการนี้จะน่าลงทุนเนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) มากกว่าอัตราคิดลดของโครงการพื้นฐาน และดัชนีราคา (PI) มากกว่า 1 และหากโครงการนี้มีค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานเพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ และ 10 เปอร์เซ็นต์ โครงการนี้จะไม่น่าลงทุน เนื่องจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) น้อยกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) น้อยกว่าอัตราการคิดลดของโครงการพื้นฐาน และดัชนีราคา (PI) มีค่าน้อยกว่า 1 โดยที่ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานต่อตันแร่ป้อนต้องต่ำกว่า 2,516 บาทต่อตัน โครงการนี้จึงจะมีผลกำไร

จากศึกษากรณีที่ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ลดลง 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์ และ เพิ่มขึ้น 5 เปอร์เซ็นต์ 10 เปอร์เซ็นต์จากราคา 5,500 บาทต่อตัน แสดงให้เห็นว่าหากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการนี้ลดลงโครงการนี้ไม่น่าลงทุน เนื่องจากค่าของมูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) น้อยกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) น้อยกว่าอัตราการคิดลดของโครงการพื้นฐาน และดัชนีราคา (PI) มีค่าน้อยกว่า 1 หากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ของโครงการนี้ เพิ่มขึ้นจากราคาของแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ของโครงการพื้นฐานโครงการนี้น่าลงทุนเนื่องจาก มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) มากกว่าศูนย์ อัตราผลตอบแทนภายใน

(IRR) มากกว่าอัตราคิดลดของ โครงการพื้นฐาน และดัชนีราคา (PI) มากกว่า 1 โดยที่ราคาแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ต้องมาก กว่า 5,451 บาทต่อตัน โครงการนี้จึงจะมีผลกำไร

6.2 **ข้อเสนอแนะ**

แนวทางในการศึกษาต่อคือการที่จะนำแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้จากทรายเหลือทิ้งนี้ไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ เนื่องจากแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ลอยได้นั้นมีคุณภาพไม่ตรงตามมาตรฐานของแร่ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกถ้าหากมีการนำแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์นี้ไปทดลองใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆและหากสามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมได้ก็จะสามารถใช้แหล่งทรายนี้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี(2526) . แร่ . พิมพ์ครั้งที่ 3 .กรุงเทพฯ: ศรีพิมพ์การพิมพ์.

ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์.การเก็บกลับคืนทรัพยากรและการนำกลับมาใช้ใหม่.พิมพ์ครั้งที่1.กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2553.

ดรุณี วัฒนศิริเวช และ สุธี วัฒนศิริเวช.การวิเคราะห์แร่ดิน เคลือบ และตำหนิในผลิตภัณฑ์เซรามิก.1,000. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ:สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,2552.

พิทักษ์ หาญจวณิช . การวิจัยลอยแร่เฟลด์สปาร์ เพื่ออุตสาหกรรมเซรามิก.ฝ่ายแต่งแร่และใช้แร่ กองการเหมืองแร่ :กรมทรัพยากรธรณี.

ไพรัตน์ เตชะวิวัฒนาการ .การแต่งแร่เฟลด์สปาร์เกรดต่ำโดยเทคนิคการแยกแม่เหล็กความเข้มข้นสูงแบบเปียกและการลอยแร่. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และธรณีวิทยาเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2538.

บริษัทผลิตภัณฑ์และ วัตถุก่อสร้างจำกัด, คอนกรีตเทคโนโลยี.[ออนไลด์].2553.แหล่งที่มา:http://www.cpac.co.th/cpacnew/knowledge_cpac_book.php#cover [15 มกราคม 2555]

เบญจพล ถาคำ .การวิเคราะห์เชิงสมบัติ และพารามิเตอร์ของการลอยแร่เฟลด์สปาร์ โดยเซลล์คอลัมน์. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2538.

วิชาญ อมตาริยกุล .คู่มือการลอยแร่. สำนักงานทรัพยากรธรณีเขต 2 (ภูเก็ต) :กรมทรัพยากรธรณี, 2531.

ภิญโญ มีชำนะ.เอกสารประกอบคำสอนรายวิชา Mineral and Process Engineering. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

สถาบันพัฒนาความรู้ตลาดทุนตลาดหลักทรัพย์แห่งประเทศไทย.การเงินธุรกิจ.2,000.พิมพ์ครั้งที่1 . กรุงเทพฯ : บริษัทอมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด,2548.

สุจิตร พิตรากุล. แหล่งแร่และแร่ในอุตสาหกรรม. 500 .พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่:ศูนย์ส่งเสริมตำราและเอกสารวิชาการ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่,2530.

อายุวัฒน์ สว่างผล.วัตถุดิบที่ใช้แพร่หลายในงานเซรามิก.2,000.พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์,2543.

อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,กรม, ข้อมูลสถิติแร่. [ออนไลด์] .2552. แหล่งที่มา:http://www.dpim.go.th /mineralsminerals/mp004.php [26 ธันวาคม 2554]

อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,กรม, คุณลักษณะของแร่ ตามมาตรฐานการใช้งานและ

มาตรฐานการซื้อขายแร่ในตลาดแร่.[ออนไลด์].2552. แหล่งที่มา:http://www1.dpim.go.th/bdp/pdf/Industrial_Minerals-HandBook.pdf [26 ธันวาคม 2554]

อุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,กรม, ราคาประกาศแร่ ณ วันนั้นๆ.[ออนไลด์].2552. แหล่งที่มา:http://www.dpim.go.th/mineralsminerals/mp004.php [26 ธันวาคม 2554]

ภาษาอังกฤษ

Katayanagi, A . Hydrochloric acid Flotation Process for separating Feldspar from Siliceous Sand . United States Patent, July 1977.

Bozkurt,V and others. Recovery of feldspar from trachyte by flotation . Minerals Engineering, 2006:1216–1217.

Karaguzel,C and others. Concentration of K-feldspar from a pegmatitic feldspar ore by flotation . Int. J. Miner. Process, 2006:122–132.

Wills,B.A.Mineral Processing Technology.4th edition.Perganon Press,1988.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
ผลการทดลอง

ตารางก1การกระจายน้ำหนักของตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง

ช่วงขนาดแร่		ปริมาณ	
เมช	ไมครอน	ปริมาณ (กรัม)	น้ำหนักแร่สะสมค้างตะแกรง (%)
+30	595	11.87	100
-30+60	384	84.1	94.0358519
-60+100	192	79.5	51.76746524
-100+140	124	17.93	11.81102362
-140+200	88	4.37	2.797788574
-200	74	1.2	0.6031161
รวม		198.97	

ตารางที่ก2 ผลการทดลองล้างฝุ่นแร่

ขนาด (เมช)	ปริมาณ (กรัม) ก่อนล้าง	ปริมาณที่เหลือหลังล้าง (กรัม)		ปริมาณเฉลี่ยของแร่ที่เหลือหลังจากล้าง (%โดยน้ำหนัก)	ปริมาณเฉลี่ยของฝุ่นแร่ (%โดยน้ำหนัก)
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2		
-30	4000	3900.3	3902.7	97.54	2.46
-60	4000	3907.5	3905.2	97.66	2.34

ตารางที่ก3 ผลการทดลองการลอยแร่ของตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช

แร่	ปริมาณ *(กรัม)*					ปริมาณเฉลี่ย (%โดยน้ำหนัก)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	
Mica	12.6	15.3	9.6	11.2	17.2	1.35
Iron-bearing minerals	0.8	1.2	1.1	1.3	0.9	0.11
Feldspar	410.1	543.6	577.6	498.5	568.2	53.23
Quartz	552.8	417.3	389.9	464.7	386.7	45.31
รวม	976.3	977.4	978.2	975.7	973	100

ตารางที่ก4 ผลการทดลองการลอยตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช

แร่	ปริมาณ (กรัม)					ปริมาณเฉลี่ย (%โดยน้ำหนัก)
	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5	
Mica	7.4	10.4	17.9	5.7	12.5	1.1
Iron-bearing minerals	1.4	2.5	6.1	1.1	1.0	0.25
Feldspar	259.5	254.3	263.5	271.3	353.7	28.52
Quartz	701.1	707.3	703.9	705.	630.8	70.13
รวม	969.4	974.5	991.4	983.1	998	100

ตารางที่ก5ผลการทดลองการคัดแยกแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ด้วยเครื่องคัดแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก

แร่	ปริมาณ (กรัม)			ปริมาณเฉลี่ย (% โดยน้ำหนัก)
	ครั่งที่ 1	ครั้งที 2	ครั้งที่ 3	
Non-megnetic mineral	292.7	294.4	291.8	99.55
Megnetic mineral	1.1	1.3	1.6	0.45
รวม	293.8	295.7	293.4	100

ตารางที่ก6 ปริมาณการใช้สารเคมี และน้ำในการลอยแร่

สายเคมีที่ใช้ในการลอยแร่ (ต่อตัน)				
รายการ	รายละเอียด	จำนวน ลิตรต่อตัน	ราคาต่อหน่วย (บาท)	รวม (บาท)
1	AOA ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์	30	2.15	65
2	NANSA ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์	30	0.97	29
3	ATD ความเข้มข้น 1 เปอร์เซนต์	30	2.15	65
4	H2SO4 ความเข้มข้น 98 เปอร์เซนต์	5	180	900
5	HF ความเข้มข้น 70 เปอร์เซนต์	6.5	200	1,300
6	Pine oil	2	20	40
รวม				2,398

ภาคผนวก ข
ผลวิเคราะห์ XRD XRF

ข-1 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างทรายเหลือทิ้ง

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง : ทราย

เจ้าของตัวอย่าง : คุณนุชรี สองรักษ์
ภาควิชาปิโตรเลียมและเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ : เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ

วิธีวิเคราะห์ : Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry

เครื่องมือวิเคราะห์ : X-ray fluorescence spectrometer, Philips model PW 2400

ผู้วิเคราะห์ : นายสมบูรณ์ เหรียญภูมิการกิจ

วันที่วิเคราะห์ : 28 กันยายน 2553

ผลการวิเคราะห์

ปริมาณธาตุ (ร้อยละโดยน้ำหนัก)*										
Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	ZrO_2	BaO
0.74	0.26	6.15	84.45	0.08	6.45	0.23	0.24	1.30	0.01	0.06

* 1. ปริมาณธาตุหาโดยวิธี Theoretical formulas, "fundamental parameter calculations"
2. ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้คำนวณค่าให้อยู่ในรูป oxide ของธาตุนั้นๆ

ข-2 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30 เมช

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\02135506.pks

Sample +30

Summary of results

Sample:	02135506	558-2film
Measured:	2/14/12 14:13	
Quantified:	2/15/12 10:31	
Sum:	100. %	
RMS:	0.000	
Used lines:	9	
Traces:		
Qual. program:	SemIQ2004	

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
Na	Sample	Calibrated	Na2O	0.45	Fixed
Mg	Sample	Calibrated	MgO	0.137	Calculate
Al	Sample	Calibrated	Al2O3	7.6	Fixed
Si	Sample	Calibrated	SiO2	84.632	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5	0.074	Calculate
S	Sample	Calibrated	SO3	0.155	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O	5.17	Fixed
Ca	Sample	Calibrated	CaO	0.16	Fixed
Ti	Sample	Calibrated	TiO2	0.109	Calculate
Cr	Sample	Calibrated	Cr2O3	0.18	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3	1.215	Calculate
Zn	Sample	Calibrated	ZnO	0.022	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.087	Calculate
Pb	Sample	Manualy added	PbO	0.01	Fixed

Sample preparation

Sample type:	pressed powder
Area ratio:	1.38
Additive/sample:	0.
Film:	1
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sti
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Apply film corr.:	Yes
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Sealed detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

Disallowed elements

No elements disallowed

ข-3 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -30+60 เมช

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\02135507.pks

Sample

Summary of results

Sample:	02135507	558-3film	-30+60
Measured:	2/14/12 14:32		
Quantified:	2/15/12 10:32		
Sum:	100. %		
RMS:	0.000		
Used lines:	7		
Traces:			
Qual. program:	SemIQ2004		

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
Na	Sample	Calibrated	Na2O	0.63	Fixed
Mg	Sample	Calibrated	MgO	0.18	Fixed
Al	Sample	Calibrated	Al2O3	10.13	Fixed
Si	Sample	Calibrated	SiO2	79.65	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5	0.087	Calculate
S	Sample	Calibrated	SO3	0.082	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O	7.37	Fixed
Ca	Sample	Calibrated	CaO	0.13	Fixed
Ti	Sample	Calibrated	TiO2	0.169	Calculate
Cr	Sample	Calibrated	Cr2O3	0.114	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3	1.356	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.092	Calculate
Pb	Sample	Manualy added	PbO	0.01	Fixed

Sample preparation

Sample type:	pressed powder
Area ratio:	1.38
Additive/sample:	0.
Film:	1
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sti
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Apply film corr.:	Yes
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Sealed detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

Disallowed elements

No elements disallowed

Disallowed lines

No lines disallowed

ข-4 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างทรายเหลือทิ้งขนาด -60 เมช

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\543464-2.pks

Summary of results

Sample:	543464-2	-600+200
Measured:	10/26/11 12:50	
Quantified:	11/25/11 10:04	
Sum:	100. %	
RMS:	0.001	
Used lines:	12	
Traces:		
Qual. program:	SemIQ2004	

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
Na	Sample	Calibrated	Na2O /	0.996	Calculate
Mg	Sample	Calibrated	MgO /	0.229	Calculate
Al	Sample	Calibrated	Al2O3 /	6.683	Calculate
Si	Sample	Calibrated	SiO2 /	83.787	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5 /	0.077	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O /	6.082	Calculate
Ca	Sample	Calibrated	CaO /	0.163	Calculate
Ti	Sample	Calibrated	TiO2 /	0.344	Calculate
Cr	Sample	Calibrated	Cr2O3	0.078	Calculate
Mn	Sample	Calibrated	MnO2 /	0.025	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3 /	1.466	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.071	Calculate

Sample preparation

Sample type:	pressed powder
Area ratio:	1.71
Additive/sample:	0.
Film:	None
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sti
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Sealed detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

Disallowed elements

No elements disallowed

Disallowed lines

No lines disallowed

ข-5 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างแร่ป้อนขนาด-60 เมช

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\543464-1.pks

Summary of results

Sample:	543464-1	Feed Ore
Measured:	10/26/11 12:27	
Quantified:	11/25/11 10:03	
Sum:	100. %	
RMS:	0.001	
Used lines:	12	
Traces:	S	
Qual. program:	SemIQ2004	

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
Na	Sample	Calibrated	Na2O	1.015	Calculate
Mg	Sample	Calibrated	MgO	0.289	Calculate
Al	Sample	Calibrated	Al2O3	7.041	Calculate
Si	Sample	Calibrated	SiO2	82.906	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5	0.08	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O	6.445	Calculate
Ca	Sample	Calibrated	CaO	0.229	Calculate
Ti	Sample	Calibrated	TiO2	0.335	Calculate
Cr	Sample	Calibrated	Cr2O3	0.057	Calculate
Mn	Sample	Calibrated	MnO2	0.031	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3	1.517	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.056	Calculate

Sample preparation

Sample type:	pressed powder
Area ratio:	1.49
Additive/sample:	0.
Film:	None
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sti
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Sealed detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

Disallowed elements

No elements disallowed

Disallowed lines

No lines disallowed

ข-6 ผลวิเคราะห์ XRF แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยตัวอย่างขนาด-60 เมช

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\02135508.pks

Feldspar ①

Summary of results

Sample:	02135508 558-4film
Measured:	2/14/12 14:54
Quantified:	2/15/12 10:33
Sum:	100. %
RMS:	0.000
Used lines:	7
Traces:	
Qual. program:	Semi022004

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
Na	Sample	Calibrated	Na2O	1.04	Fixed
Mg	Sample	Calibrated	MgO	0.15	Fixed
Al	Sample	Calibrated	Al2O3	12.34	Fixed
Si	Sample	Calibrated	SiO2	76.102	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5	0.126	Calculate
S	Sample	Calibrated	SO3	0.181	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O	8.57	Fixed
Ca	Sample	Calibrated	CaO	0.19	Fixed
Ti	Sample	Calibrated	TiO2	0.31	Calculate
Cr	Sample	Calibrated	Cr2O3	0.144	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3	0.957	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.083	Calculate
Pb	Sample	Manually added	PbO	0.01	Fixed

Sample preparation

Sample type:	pressed powder
Area ratio:	1.38
Additive/sample:	0
Film:	1
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sfi
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Apply film corr.:	Yes
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Sealed detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

Disallowed elements

No elements disallowed

Disallowed lines

No lines disallowed

ข-7 ผลวิเคราะห์ XRF ตัวอย่างแร่ป้อนขนาด-30 เมช และแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ได้จากการลอยตัวอย่างขนาด -30 เมช

รายงานผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง : แร่

เจ้าของตัวอย่าง : คุณนุชรี สองรักษ์
ภาควิชาปิโตรเลียมและเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วัตถุประสงค์ : เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณธาตุ

วิธีวิเคราะห์ : Wavelength dispersive X-ray fluorescence spectrometry

เครื่องมือวิเคราะห์ : X-ray fluorescence spectrometer, Philips model PW2400

ผู้วิเคราะห์ : นายสมบูรณ์ เหรียญภูมิการกิจ

วันที่วิเคราะห์ : 20 มีนาคม 2555

ผลการวิเคราะห์

ตัวอย่าง	ปริมาณธาตุ(ร้อยละโดยน้ำหนัก)*														
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	Cr_2O_3	Fe_2O_3	ZrO_2	SnO_2	BaO	%LOI
Feldspar 2	1.48	0.08	8.65	76.87	0.10	0.03	11.06	0.18	0.17	0.03	0.73	<0.01	<0.01	0.08	0.5
Sample 2	0.91	0.16	6.55	83.57	0.09	0.03	6.90	0.18	0.19	0.04	0.89	0.01	0.03	0.04	0.4

* 1. ปริมาณธาตุหาโดยวิธี Theoretical formulas, "fundamental parameter calculations"

2. ปริมาณธาตุที่วิเคราะห์ได้คำนวณค่าให้อยู่ในรูป oxide ของธาตุนั้น ๆ

3. LOI = loss on ignition

ข-8 ผลวิเคราะห์ XRF แร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ที่ผ่านการคัดแยกด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กแบบเปียก

Chulalongkorn University

Quantified peaks in c:\superq\data\55158301.pks

Summary of results

Sample:	55158301
Measured:	4/30/12 13:34
Quantified:	4/30/12 13:54
Sum:	100. %
RMS:	0.000
Used lines:	14
Traces:	Cr Ni Cu Sr
Qual. program:	SemIQ2004

Concentrations

Analyte	Type	Calibration status	Compound	Concentration (%)	Calculation method
	Binder	Not matched	H3BO3	14.849	Fixed
Na	Sample	Calibrated	Na2O	1.204	Calculate
Mg	Sample	Calibrated	MgO	0.055	Calculate
Al	Sample	Calibrated	Al2O3	7.224	Calculate
Si	Sample	Calibrated	SiO2	80.563	Calculate
P	Sample	Calibrated	P2O5	0.07	Calculate
S	Sample	Calibrated	SO3	0.047	Calculate
K	Sample	Calibrated	K2O	9.706	Calculate
Ca	Sample	Calibrated	CaO	0.264	Calculate
Ti	Sample	Calibrated	TiO2	0.214	Calculate
Fe	Sample	Calibrated	Fe2O3	0.518	Calculate
Rb	Sample	Calibrated	Rb	0.016	Calculate
Y	Sample	Calibrated	Y2O3	0.007	Calculate
Zr	Sample	Calibrated	ZrO2	0.007	Calculate
Ba	Sample	Calibrated	BaO	0.105	Calculate

Sample preparation

Sample type:	Powder (binder: H3BO3)
Initial weight:	7.86 g
Final weight:	9.03 g
Area ratio:	1.52
Additive/sample:	0.15
Film:	None
Normalise:	to 100.0%
X-ray path:	Vacuum

Quantify parameters

Recipe:	c:\superq\data\new.rcp
Spectrometer resp. file:	c:\superq\data\semiq.sti
Use compound list:	c:\superq\example\semiq.cpl
Apply drift corr.:	No
Disall. elem. set:	None
Disall. lines set:	None
Error weighting:	Root
Max. Flow detector intensity:	2000 kcps
Max. Scaled detector intensity:	1000 kcps
Max. Scint detector intensity:	1000 kcps
Max. Duplex detector intensity:	3000 kcps

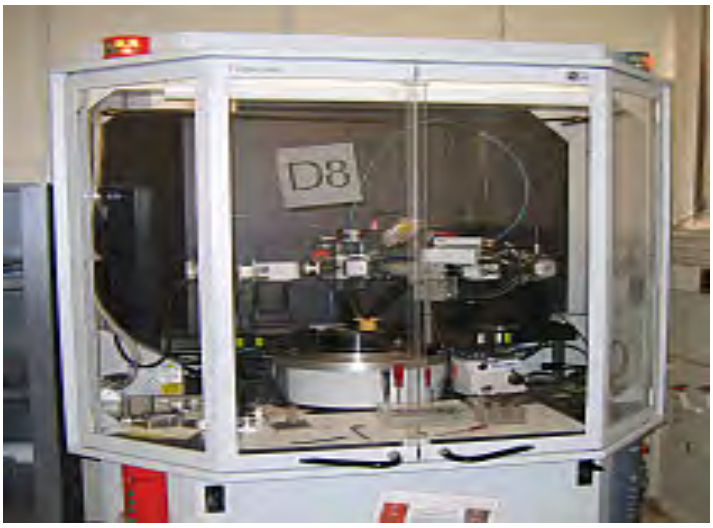
Disallowed elements

No elements disallowed

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ค-1 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ การจัดเรียงของอะตอมในโมเลกุล หรือโครงสร้างของผลึก (Crystal structure) ของสารประกอบต่างๆ ทั้งในเชิงคุณภาพ และปริมาณ การวิเคราะห์อาศันหลักการเลี้ยวเบนและ การกระเจิงของรังสีเอกซ์และความรู้เกี่ยวกับระบบโครงสร้างผลึก (crystallography) เป็นการ วิเคราะห์แบบไม่ทำลาย (non-destructive analysis) เครื่องมือชนิดนี้มีความสำคัญมากในการ ตรวจสอบวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ในกระบวนการผลิต เช่น ใช้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของธาตุ ต่างๆ ในตัวอย่างทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ใช้ศึกษาโครงสร้างอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งสามารถให้ข้อมูลเกี่ยวกับการเกิดพันธะเคมี ใช้ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างผลึกหรือโมเลกุล



รูปที่ค1 เครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

หลักการของเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD)

หลักการทำงานของเครื่องวิเคราะห์การเลี้ยวเบนรังสีเอกซ์ (XRD) อาศัยรังสีเอกซ์ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในการวิเคราะห์โครงสร้างผลึก คลื่นที่ใช้มีความยาวประมาณ 0.5-2.5˚A ซึ่งเป็นเป็นความยาวในช่วงของขนาดอะตอมหรือระยะห่างระหว่างชั้นของอะตอม เมื่อลำรังสีเอกซ์ตกกระทบผลึกจะเกิดการทะลุทะลวง กระเจิงและเลี้ยวเบน ในผลึกที่อะตอมมีการจัดเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ หากระยะห่างระหว่างชั้นของผลึก และมุมของรังสี ตกกระทบบนตัวอย่างมีความสัมพันธ์เป็นจำนวนเท่าของความยาวคลื่นตามกฎของแบร์(Bragg's equation) จะทำให้คลื่นเกิดการสอดแทรกแบบเสริมและแบบหักล้าง ทำให้สามารถหาโครงสร้างผลึกได้

ที่มา: วราลี บางหลวง

ค-2 เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF) เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบในสารตัวอย่าง โดยใช้การวัดปริมาณรังสีเอกซ์ฟลูออเรสเซนต์ ที่ปลดปล่อยออกมาจากธาตุองค์ประกอบแต่ละชนิดในสารตัวอย่าง

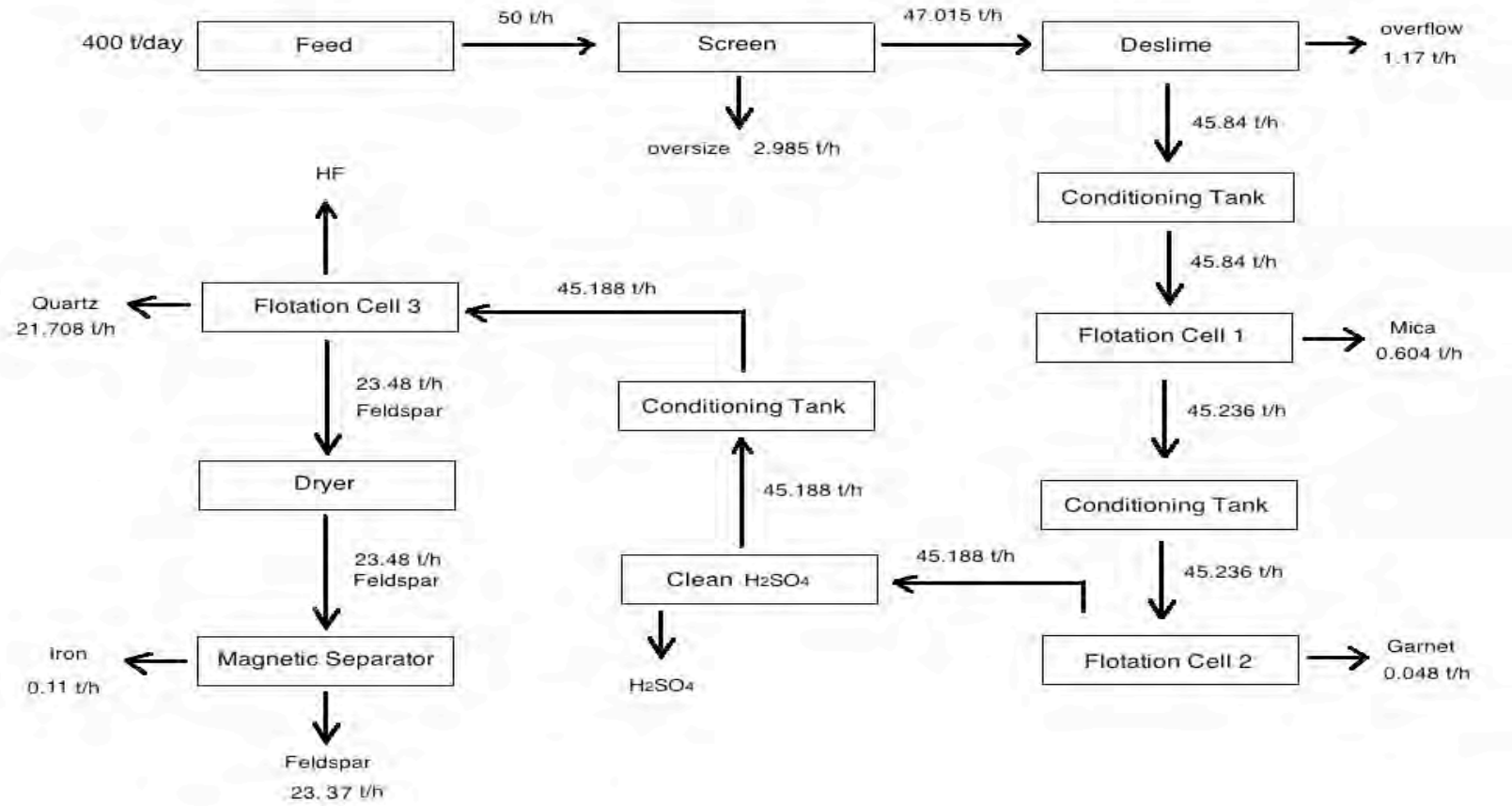
หลักการและวิธีการวิเคราะห์

เมื่อรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ จากหลอดรังสีเอกซ์ พุ่งเข้าชนสารตัวอย่าง จะเป็นผลให้อิเล็กตรอนวงในสุด ของอะตอมภายในสารตัวอย่างหลุดออกจากอะตอมในรูปโฟโต้อิเล็กตรอน ทำให้เกิดช่องว่างขึ้นในวงอิเล็คตรอนนั้น ซึ่งสภาวะนี้อะตอมจะไม่เสถียร อะตอมจะกลับสู่สภาวะที่เสถียรขึ้นโดยการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนวงนอกเข้ามาแทนที่ ช่องว่างดังกล่าว ซึ่งในการเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอนจะมีการปลดปล่อยรังสีเอกซ์ทุติยภูมิ ซึ่งปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ฟลูออร์เรสเซนต์ พลังงานของรังสีเอกซ์ทุติยภูมิที่ปลดปล่อยออกมาจะมีค่าที่แตกต่างกันขึ้นกับความแตกต่างของระดับพลังงานเริ่มต้นของอิเล็กตรอนวงนอก ที่เกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานกับระดับพลังงานของช่องว่าง ที่เกิดจากรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ รังสีเอกซ์ที่เกิดจากปรากฏการณ์ฟลูออเสเซนต์จะเป็นรังสีเอกซ์ที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะของธาตุแต่ละชนิด ดังนั้นเทคนิคนี้จึงใช้ในการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณธาตุองค์ประกอบของสารตัวอย่าง

รูปที่ค2 เครื่องวิเคราะห์การเรืองรังสีเอกซ์ (XRF)

ที่มา : http://www.bestsci.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=538907996&Ntype=17

ภาคผนวก ง
ประมาณอัตราการไหลของแร่ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ง1แผนผังการลอยแร่เฟลด์สปาร์และสมดุลมวลเบื้องต้นที่ได้จากการทดลอง

ง-1 การคำนวนสมดุลมวลเบื้องต้นของอัตราการไหลของแร่ในแต่ละขั้นตอนที่ได้จากการทดลอง

1. ตะแกรงคัดขนาด

กำหนดให้แร่ป้อน 50 ตันต่อชั่วโมง โดยให้ผ่านตะแกรงคัดขนาด ซึ่งต้องการแร่ที่ผ่านตะแกรงมีขนาด -30 เมชจากการผลทดลองการกระจายของขนาดทำให้ทราบว่าแร่ขนาด -30 เมชนั้นผ่านตะแกรง 94.04 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น

แร่ป้อน 100 ⟶ ได้แร่ผ่านตะแกรง 94.04

แร่ป้อน 50 ⟶ ได้แร่ผ่านตะแกรง $\frac{\mathbf{94.04}}{\mathbf{100}} \times 50 = 47.02$

ดังนั้นจะได้แร่ผ่านตะแกรง 47.02 ตันต่อชั่วโมง

2. การล้างฝุ่นแร่

หลังแร่ผ่านตะแกรงคัดขนาด กระบวนการต่อไปคือการล้างแร่เพื่อกำจัดฝุ่นแร่ที่มีขนาด - 200 เมชออกไปเนื่องจากฝุ่นแร่เหล่านี้จะไปรบกวนวงจรการลอยแร่จากผลการทดลองการล้างแร่ทำให้ทราบว่า ในกระบวนการนี้ทำให้ฝุ่นแร่หายไป 2.46 เปอร์เซ็นต์ และแร่ที่เหลือหลังจากการล้าง 97.54 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น

แร่ 100 เหลือแร่หลังจากล้าง 97.54

แร่ผ่านตะแกรง 47.02 เหลือแร่หลังจากล้าง $\frac{\mathbf{97.54}}{\mathbf{100}} \times 47.02 = 45.86$

ดังนั้นจะได้แร่หลังจากล้าง 47.02 ตันต่อชั่วโมง

โดยในการคำนวนสมดุลมวลเบื้องต้นในแต่ละขั้นตอนนั้นจะใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวนดังแสดงดังตัวอย่างข้างต้น

ภาคผนวก จ
กระแสเงินสดของโครงการลอยแรโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

สมมุติฐานทางการเงิน

ตารางที่1เงินลงทุนในสินทรัพย์ระยะยาว

เงินลงทุนในสินทรัพย์ระยะยาว		อายุการใช้งาน
ที่ดิน	14,400,000.00	
อาคารและสิ่งปลูกสร้าง	6,227,000.00	20
เครื่องจักรและอุปกรณ์	9,580,000.00	10
ยานพาหนะ 2 คัน	1,600,000.00	5
รวม	31,807,000	

ตารางที่2ค่าใช้จ่ายก่อนดำเนินกิจการ Capital Expenditure (CAPEX)

การติดตั้งเครื่องจักร (25% ของราคาเครื่องจักร)	2,395,000
ระบบท่อ (25% ของราคาเครื่องจักร)	2,395,000
ระบบไฟ (25% ของราคาเครื่องจักร)	2,395,000
ระบบน้ำเสีย (25% ของราคาเครื่องจักร)	2,395,000
ค่าระบบสาธารณูปโภค (15%ของราคาเครื่องจักร)	1,437,000
ค่าประมาณเผื่อเหลือเผื่อขาด (15%ของราคาเครื่องจักร)	1,437,000
ค่าธรรมเนียมต่างๆก่อนดำเนินงาน	10000000.00
	22,454,000
Total Capex	54,261,000

ตารางที่3 เงินทุนหมุนเวียน

เงินทุนหมุนเวียน	10000000

ตารางที่4 แหล่งเงินทุน

เงินลงทุนของเจ้ากิจการทั้งหมด	64,261,000
รวม	64,261,000

ตารางที่5รายได้ (Revenue)

ราคาแร่เฟลด์สปาร์ (บาทต่อตัน)	5000
ราคาแร่ควอรตซ์ (บาทต่อตัน)	1000
แร่เฟลด์สปาร์ที่ได้ต่อปี	52142.4
แร่ควอร์ตซ์ที่ได้ต่อปี	49320.576

ตารางที่6 ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน (OPEX)

ค่าจ้างแรงงงาน	จำนวน	ราคาต่อหน่วย	รวม
ผู้จัดการโรงงาน	1	35000	35000
วิศวกร	1	30000	30000
ฝ่ายบัญชี	1	20000	20000
ฝ่ายขาย	1	18000	18000
ฝ่ายการตลาด	1	18000	18000
หัวหน้าคนงาน	1	10000	10000
คนงาน	15	7000	105000
ยาม	1	7000	7000
แม่บ้าน	1	7000	7000
รวมค่าแรง			250000

ค่าวัตถุดิบ	112,000	10	1,120,000
ค่าดูดทราย	112,000	25	2,800,000
ค่าสารเคมี	112,000	2,398	268,576,000
ค่าน้ำประปา	1	1,500,000	1,500,000
ค่าไฟฟ้า	1	3,000,000	3,000,000
ค่าบำรุงรักษา(5%ของค่าใช้จ่ายลงทุน)	1	3,213,050	3,213,050
ค่าวัสดุสิ้นเปลืองอื่นๆ (1%ของค่าใช้จ่ายลงทุนต่อปี)	1	642,610	642,610
รวมค่าใช้จ่าย			280,851,660

ตารางที่7 รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของโครงการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้ง

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
ค่าใช้จ่ายในการแต่งแร่	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	2,808,516,600
ค่าแรง (เพิ่มขึ้น 10% ต่อปี)	250,000	250,000	275,000	302,500	332,750	366,025	402,628	442,890	487,179	535,897	589,487	3,984,356
ค่าเงินเฟ้อ เพิ่ม 5% ต่อปี	100	105	110.25	115.7625	121.550625	127.6281563	134.0095641	140.7100423	147.7455444	155.1328216	162.8894627	
ค่าแรงงานรวมเงินเฟ้อ		262500	303187.5	350181.5625	404459.7047	467150.9589	539559.3575	623191.058	719785.6719	831352.4511	960212 081	5461580.346
ค่าใช้จ่ายสวัสดิการและบริหาร		131250	151593.75	175090.7813	202229.8523	233575.4795	269779.6788	311595.529	359892.836	415676.2256	480106.0405	2730790.173
ค่าวิเคราะห์ทดสอบ		26250	30318.75	35018.15625	40445.97047	46715.09589	53955.93575	62319.1058	71978.56719	83135.24511	96021.2081	546158 0346
Total Opex		281,271,660	281,336,760	281,411,951	281,498,796	281,599,102	281,714,955	281,848,766	282,003,317	282,181,824	282,387,999	2,817,255,129

ตารางที่8 ค่าเสื่อม

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
ค่าเสื่อม (Depreciation)		1589350.00	1589350.00	1589350.00	1589350.00	1589350.00	1269350.00	1269350.00	1269350.00	1269350.00	1269350.00	14293500.00

ตารางที่ง9 งบกระแสเงินสดของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งพื้นฐาน

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
Capex	54261000											
เงินทุนหมุนเวียน	10000000											
	64261000											
ราคาแร่เฟลด์สปาร์ (บาทต่อตัน)	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4	5451.4
จำนวนขาย (ตัน)	52348.8	52348.8	52348.8	52348 8	52348.8	52348.8	52348.8	52348.8	52348.8	52348.8	52348.8	523488
ยอดขายแร่เฟลด์สปาร์ (บาท)		285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	285374248.3	2853742483
ราคาแร่ควอรตซ์	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
จำนวนขาย (ตัน)	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576	49320.576
ยอดขายแร่ควอรตซ์ (บาท)		49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	49320576	493205760
ยอดขายรวม		334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	334694824.3	3346948243
ค่าภาคหลวงแร่เฟลด์สปาร์	48.00	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	2512742.4	25127424
ค่าภาคหลวงแร่ควอรตซ์	30.00	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	1479617.28	14796172.8
ค่าการตลาดและการขาย	10%	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	33469482.43	334694824.3
รวมค่าใช้จ่ายจากการขาย		37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	37461842.11	374618421.1
Total Revenue		297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	297232982.2	2972329822

ตารางที่ง9 งบกระแสเงินสดของโครงการการลอยแร่โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์จากทรายเหลือทิ้งพื้นฐาน (ต่อ)

ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
ค่าใช้จ่ายในการแต่งแร่	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	280,851,660	2,808,516,600
ค่าแรง (เพิ่มขึ้น 10% ต่อปี)	250,000	250,000	275,000	302,500	332,750	366,025	402,628	442,890	487,179	535,897	589,487	3,984,356
ค่าเงินเฟ้อ เพิ่ม 5% ต่อปี	100	105	110.25	115.7625	121.550625	127 6281563	134.0095641	140.7100423	147.7455444	155.1328216	162.8894627	
ค่าแรงงานรวมเงินเฟ้อ		262500	303187.5	350181.5625	404459.7047	467150.9589	539559.3575	623191 058	719785 6719	831352.4511	960212.081	5461580.346
ค่าใช้จ่ายสวัสดิการและบริหาร		131250	151593.75	175090.7813	202229.8523	233575.4795	269779.6788	311595.529	359892.836	415676.2256	480106.0405	2730790.173
ค่าวิเคราะห์ทดสอบ		26250	30318.75	35018.15625	40445.97047	46715.09589	53955.93575	62319.1058	71978.56719	83135.24511	96021.2081	546158.0346
Total Opex		281,271,660	281,336,760	281,411,951	281,498,796	281,599,102	281,714,955	281,848,766	282,003,317	282,181,824	282,387,999	2,817,255,129
ปีที่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	total
ค่าเสื่อม (Depreciation)		1,589,350.00	1,589,350.00	1,589,350 00	1,589,350.00	1,589,350.00	1,269,350.00	1,269,350.00	1,269,350.00	1,269,350.00	1,269,350.00	14,293,500.00
รายได้ก่อนหักภาษี		14,371,972	14,306,872	14,231,682	14,144,837	14,044,531	14,248,677	14,114,867	13,960,315	13,781,808	13,575,633	140,781,194
ภาษี 30%	30%	4311591 662	4292061.662	4269504.512	4243451.004	4213359.202	4274603.171	4234459.955	4188094.54	4134542.486	4072689.864	42234358.06
รายได้หลังหักภาษี		10,060,381	10,014,811	9,962,177	9,901,386	9,831,171	9,974,074	9,880,407	9,772,221	9,647,266	9,502,943	98,546,835
กระแสเงินสด	- 64261000 00	11,649,731	11,604,161	11,551,527	11,490,736	11,420,521	11,243,424	11,149,757	11,041,571	10,916,616	10,772,293	48,579,335
	- 64261000 00	-52,611,269	-41,007,109	-29,455,582	-17,964,846	-6,544,325	4,699,099	15,848,856	26,890,427	37,807,042	48,579,335	

ตารางที่ง10 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV), อัตราผลตอบแทนภายใน(IRR), ดัชนีกำไร(PI)

NPV	฿9,056,994.47		
IRR	15%		
payback period	4.114	1.368	11.04
	(ปี)	(เดือน)	(วัน)
ระยะเวลาคืนทุน	4	1	12
PI	1 00001013		

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาว นุชรี สองรักษ์ เกิดวันที่ 26 มกราคม พ.ศ. 2524 ที่จังหวัด ตรัง สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนบ้านหัวหิน และมัธยมศึกษา จากโรงเรียนกันตังพิทยากร และ ระดับปริญญาตรีวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวัสดุศาสตร์อัญมณี และเครื่องประดับ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ในปีการศึกษา 2542

ปัจจุบันได้เข้ารับการศึกษาต่อใน หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมทรัพยากรธรณี ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และปิโตรเลียม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2552