

# การแต่งแร่คาลโคไพไรต์แหล่ง ต.ทุ่งทอง อ.หนองบัว

จ.นครสวรรค์

## Processing of Chalcopyrite from Thungtong Sub-District, Nong Bou District, Nakornsawon Province

สุทธิเทพ รมยเวศม์\* และ ลัดดาวัลย์ ดุลย์

Suttithep Rommayawes\* and Laddawon Dul

สาขาวิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา  
อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50300

Mining Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering,  
Rajamangala University of Technology Lanna, Muang, Chiang Mai 50300, Thailand  
E-mail: sutti\_r@rmutl.ac.th, Tel: +6653-921444

### บทคัดย่อ

แร่ทองแดงชนิดคาลโคไพไรต์ (Chalcopyrite) ที่เกิดร่วมกับแร่เหล็กในแหล่งแร่เหล็กทุ่งทอง ต.ทุ่งทอง อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์ ซึ่งมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์แร่เหล็กในแหล่งดังกล่าวมีค่าลดลง จึงได้นำตัวอย่างแร่ มาทำการทดลองเพื่อแยกแร่ทองแดงออกจากแร่เหล็ก โดยนำไปแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะด้วยโต๊ะแยกแร่ (Shaking Table) และวิธีการลอยแร่ (Flotation) ซึ่งตัวอย่างแร่ที่เก็บจากหน้าเหมืองเพื่อนำมาทดลองจะมีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงประมาณ 7-8% โดยขนาดของแร่ที่นำไปแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะและวิธีการลอยแร่ คือ -25 +45 เมช และ -80 เมช ตามลำดับ ซึ่งผลการแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะได้ผลการแต่งที่ไม่ดีนักโดยหัวแร่มีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงเพิ่มขึ้นจาก 8.86% เป็น 11.80% แต่ผลการแต่งด้วยวิธีลอยแร่ให้ผลเป็นที่น่าพอใจคือมีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงในหัวแร่เพิ่มขึ้นจาก 7.65% เป็น 27.38% และมีเปอร์เซ็นต์การเก็บโลหะทองแดง (Percent Recovery) ได้เท่ากับ 75.88% ที่ค่า pH=11 ปริมาณ K-Ethyl Xanthate 10% จำนวน 25 g/ton แร่ป้อน

### ABSTRACT

Chalcopyrite is a form of copper ore, associated with Magnetite in Thungtong deposit in Thungtong Sub-District, Nong Bou District, Nakornsawon Province. The copper ore is a cause of lower the iron percentage of the run-of-mine. To separated copper from iron ore, a gravity concentration by shaking table and Copper flotation were studied. A set of run-of-mine samples was collected and the copper percentage of the samples were range approximately 7-8%. The sample sizes for the gravity concentration and the flotation studies were -25 +45 mesh and -80 mesh, respectively. The result of gravity concentration was disappointing because the copper percentage was slightly higher from 8.86% to 11.80%. The flotation result, however, was very favorable. The copper percent was greatly improved from 7.65% to 23.78% with 75.88% percent recovery at pH=11 and 10% K-Ethyl Xanthate of 25 g per ton.

## 1. บทนำ

เหมืองแร่ของ บริษัท เอส. เค. มินอรัล จำกัด ซึ่งตั้งอยู่ที่ ต.ทุ่งทอง อ.หนองบัว จ.นครสวรรค์ ได้ทำการผลิตแร่เหล็ก ด้วยวิธีการทำเหมืองเปิด โดยแร่เหล็กส่วนมากที่พบจะเป็นแร่แมกนีไทต์และมีแร่โลหะซัลไฟด์ชนิดอื่นๆ เกิดรวมอยู่ด้วย ซึ่งแร่คาลโคไพไรท์ก็เป็นแร่ทองแดงซัลไฟด์ชนิดหนึ่งที่เกิดร่วมกับแร่เหล็กดังกล่าว เมื่อทางบริษัทฯ ทำการผลิตแร่เหล็กก็จะมีแร่คาลโคไพไรท์ปะปนมากับแร่เหล็กที่ทำการผลิตจากหน้าเหมือง ทำให้เปอร์เซ็นต์เหล็กของแร่ลดลงและยังพบแร่คาลโคไพไรท์อีกหลายบริเวณ แม้บริเวณดังกล่าวไม่พบแร่เหล็กก็ตาม ซึ่งแร่คาลโคไพไรท์นั้นเป็นแร่ที่มีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงค่อนข้างสูง คือมีโลหะทองแดงเป็นส่วนประกอบ 34.5% สามารถนำมาแต่งเพื่อขายโลหะทองแดงได้

ดังนั้นหากทำการแต่งแร่เพื่อแยกแร่คาลโคไพไรท์ออกจากแร่เหล็กได้ ก็จะสามารถเพิ่มเปอร์เซ็นต์เหล็กได้ และอาจยังสามารถขายโลหะทองแดงได้อีกด้วย หากมีปริมาณสำรองมากเพียงพอ โดยในการศึกษาเพื่อทำการแต่งแร่นั้นจะใช้ 2 วิธีคืออาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะของแร่ เพราะค่าพิกคการแยก (Concentration Criterion) ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกว่าจะสามารถแยกได้ด้วยวิธีการนี้ได้หรือไม่ที่ขนาดเท่าใดของแร่ทั้งสองมีค่า 1.31 และทำการแต่งแร่โดยใช้วิธีการลอยแร่ เนื่องจากแร่คาลโคไพไรท์เป็นแร่ซัลไฟด์ซึ่งมีคุณสมบัติเหมาะสมในการแยกโดยวิธีลอยแร่เพราะคุณสมบัติของผิวแร่ลอยด้วยตัวเอง

## 2. ลักษณะการเกิดแร่และศักยภาพของแหล่งแร่ [1]

จากข้อมูลธรณีวิทยาแหล่งแร่ของบริษัท เอส. เค. มินอรัล จำกัด พบว่าบริเวณแหล่งแร่ดังกล่าวมีการให้แร่ 2 ชนิด คือแร่เหล็กชนิดแมกนีไทต์ (Magnetite) ฮีมาไทต์ (Hematite) และแร่ทองแดงซัลไฟด์ชนิดคาลโคไพไรท์ ซึ่งแร่ทั้ง 2 ชนิดเป็นแร่ที่มีโอกาสที่จะพบในปริมาณที่มากในแหล่งดังกล่าว ซึ่งธาตุเหล็กและธาตุทองแดงมีแหล่งกำเนิดจากน้ำแร่ร้อนหลังการเกิดสการ์น คล้ายคลึง

กันโดยเกิดการแปรสัณฐานเป็นสการ์นในบริเวณที่มีการเลื่อนแบบช้อน (Thrust) โดยครั้งแรกทำให้เกิดสการ์นครั้งที่สองทำให้เกิดเป็นแหล่งแร่เหล็ก ครั้งที่สามทำให้เกิดแหล่งแร่ทองแดง หลังจากการเลื่อนครั้งแรกจะมีการปรับตัวของเปลือกโลกโดยการเลื่อนเกิดขึ้นในลักษณะคล้ายเดิม ในระนาบเดิม น้ำแร่ร้อนอุณหภูมิสูงที่มีแร่แมกนีไทต์จะขึ้นมาตามระนาบรอยเลื่อนและแทนที่เนื้อหินจนเป็นแหล่งแร่เหล็ก และเมื่อมีการเคลื่อนตัวอีกครั้ง แร่คาลโคไพไรท์จะขึ้นมาแทรกในรอยแตกของเหล็กและสการ์น โดยมักมีความสัมพันธ์กันอย่างใกล้ชิดกับแหล่งแร่เหล็ก แต่มีการกระจายผิงประหรือแทรกในรอยแตกของหินสการ์นด้านหินเพดานเหนือสายแร่เหล็กขึ้นมาได้ออกอย่างน้อย 15 เมตร ดังนั้นถ้าพบแร่เหล็กบริเวณใดก็จะให้แร่ทองแดงตั้งแต่บริเวณสายแร่เหล็กขึ้นมาในหินเพดาน

## 3. การแต่งแร่คาลโคไพไรท์

### 3.1 การเก็บตัวอย่าง

ในการเก็บตัวอย่างแร่เพื่อนำมาทดลองจะเก็บแร่ก่อนจากหน้าเหมือง โดยจะเลือกเก็บในบริเวณที่พบแร่คาลโคไพไรท์จำนวนมากและคาดว่ามีส่วนเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงสูง ซึ่งจะสังเกตจากแร่ก่อนที่มีคาลโคไพไรต์ปนอยู่เป็นส่วนใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 1



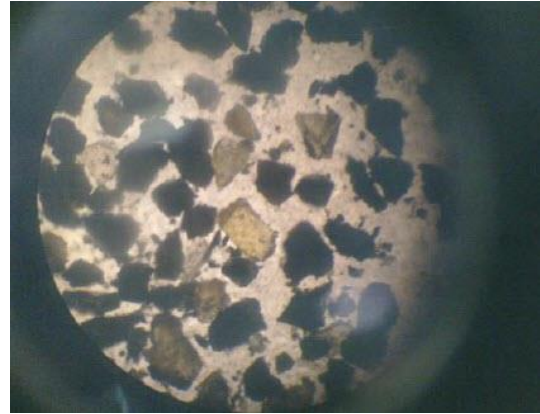
รูปที่ 1 ตัวอย่างแร่ก่อนจากหน้าเหมือง

### 3.2 การเตรียมตัวอย่าง

หลังจากทำการเก็บตัวอย่างแล้วก็จะนำตัวอย่างแร่ก้อนทั้งหมดมาบดรวมกันโดยใช้เครื่องบด Jaw Crusher และ Roll Crusher จากนั้นทำการ ชักตัวอย่างเพื่อนำไปคัดขนาดหาขนาดที่แร่เริ่มแยกตัวจากมลทิน (Liberation Size) ด้วยกล้องจุลทรรศน์ เพื่อกำหนดขนาดแร่ที่จะนำไปแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ[2] และส่งวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงด้วยวิธีทางเคมี และนำตัวอย่างแร่ที่ผ่านการบดขึ้นต้นแต่มีขนาดโตกว่าขนาดเม็ดแร่ที่จะนำไปแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะไปบดละเอียดด้วยเครื่องบด Rod Mill ให้มีขนาด -80 เมช เพื่อนำไปแต่งด้วยวิธีการลอยแร่ และชักตัวอย่างเพื่อนำวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดง

### 3.3 การแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ

จากข้อมูลของบริษัทฯ พบว่าแร่คาลโคไพไรต์ในแหล่งจะเกิดร่วมกับแร่เหล็ก แร่ไพไรต์และแร่ควอตซ์เป็นหลัก ซึ่งเมื่อนำแร่ที่คัดขนาดแล้วมาหาขนาดแร่ที่แยกตัวจากมลทินด้วยกล้องจุลทรรศน์ พบว่า ขนาดแร่ที่แยกตัวจากมลทินโตที่สุดคือขนาด -25 +35 เมช ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งขนาดดังกล่าวละเอียดเกินไปที่จะแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ เนื่องจากเกิดการแยกแร่มีค่าเพียง 1.31 [3] ดังนั้นจึงได้ทำการทดลองแต่งด้วยวิธีดังกล่าวเพียงแค่ 2 ตัวอย่างเท่านั้นและได้กำหนดขนาดแร่เพื่อใช้แต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะไว้ที่ขนาด -25 +45 เมช และจากขนาดดังกล่าวจึงได้เลือกใช้การแต่งด้วยโตะสั้น



รูปที่ 2 แร่ขนาด -25 +45 เมช ที่ถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

### 3.4 การแต่งด้วยวิธีลอยแร่ [4]

เมื่อนำแร่มาบดละเอียดให้มีขนาด -80 เมชแล้ว ก็จะนำแร่ดังกล่าวมาดำเนินการดังนี้

- ชักตัวอย่างจากแร่ดังกล่าวจำนวน 16 ตัวอย่างๆ ละ 250 กรัม
- ออกแบบชุดการทดลองลอยแร่ โดยเปลี่ยนค่า pH และ ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวเม็ดแร่ เพื่อหาค่า pH และ ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวเม็ดแร่ที่ทำให้หัวแร่ภายหลังการแต่งมีค่าเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงสูงสุด ซึ่งชุดการทดลองแสดงดังตารางที่ 1
- ทำการกวนแร่ให้เข้ากับน้ำเป็นเวลา 2 นาที โดยใช้ของผสม (Pulp) ที่ความเข้มข้น 20% Solid ความเร็วรอบ 900 rpm.
- วัดค่า pH ของของผสม จากนั้นเติมน้ำปูนขาวให้ของผสมมีค่า pH ตามชุดการทดลอง ซึ่งน้ำปูนขาวยังทำหน้าที่เป็นตัวกดแร่ไพไรต์และแร่แมกนีไทต์
- เติมน้ำยา K-Ethyl Xanthate เพื่อเคลือบผิวเม็ดแร่ ตามปริมาณที่ได้กำหนดไว้ในชุดการทดลอง กวนของผสมไว้ 1 นาที ซึ่งการเลือกใช้น้ำยา K-Ethyl Xanthate นั้นอาศัยข้อมูลจากการลอยแร่ทองแดงในแหล่งอื่นที่มีแร่เกิดปะปนกับแร่คาลโคไพไรต์ในลักษณะเดียวกับแหล่งนี้
- เติม Pine Oil เพื่อเคลือบฟองอากาศ ในปริมาณ 40 g/ton จากนั้นกวนของผสมต่อไปอีก 3 นาที เปิดช่อง

อากาศเพื่อให้เกิดฟองอากาศ จากนั้นทำการกวาด ฟองอากาศปนแร่ จนกว่าฟองอากาศจะมีสีขาวจึงหยุดปาด ฟองอากาศ

- นำหัวแร่และหางแร่ที่ได้ไปกรอง จากนั้นนำไป อบให้แห้ง
- ชั่งน้ำหนักหัวแร่และหางแร่ที่ผ่านการอบแห้ง แล้ว บันทึกลง จากนั้นชั่งตัวอย่างหัวแร่เพื่อส่งวิเคราะห์หา เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงด้วยวิธีทางเคมี
- ทำการทดลองซ้ำจนครบทุกค่า pH และปริมาณ น้ำยาเคลือบผิวเม็ดแร่ ที่กำหนดไว้ในชุดทดลอง

ตารางที่ 1 ค่า pH และปริมาณน้ำยาเคลือบผิวเม็ดแร่แต่ละ ชุดตัวอย่าง

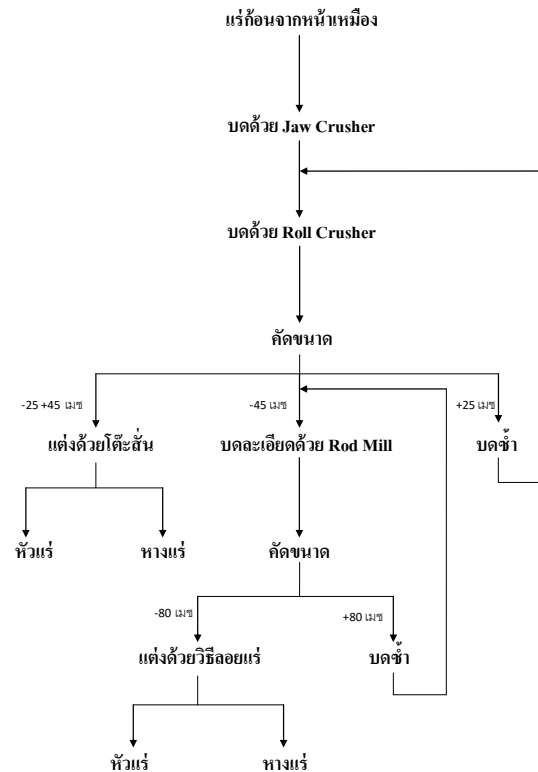
การทดลอง ชุดที่	ค่า pH	ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวเม็ดแร่ (g/ton)	สัญลักษณ์
1	9	25	FCu1
		50	FCu2
		75	FCu3
		100	FCu4
2	10	25	FCu5
		50	FCu6
		75	FCu7
		100	FCu8
3	11	25	FCu9
		50	FCu10
		75	FCu11
		100	FCu12
4	12	25	FCu13
		50	FCu14
		75	FCu15
		100	FCu16

### 3.5 ผังการแต่งแร่

ขั้นตอนการแต่งแร่ทั้งหมด เมื่อนำมาเขียนเป็น ผังผังการแต่งแร่โดยสังเขปจะแสดงดังรูปที่ 3

### 4. ผลการทดลอง

หลังจากได้ผลวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงใน แร่ป้อนและหัวแร่ที่ได้จากการแต่งทั้งหมดแล้ว ก็จะนำ ข้อมูลดังกล่าวรวมทั้งน้ำหนักของแร่ป้อนและหัวแร่ที่ได้ มาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การเก็บโลหะทองแดง (Percent Recovery) ได้ผลดังตารางที่ 2 – 4



รูปที่ 2 ผังผังการแต่งแร่โดยสังเขป

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์โลหะทองแดงในแร่ป้อน

ขนาดเม็ดแร่	เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดง (%)
-25 +45 เมช	8.68
-80 เมช	7.65

**ตารางที่ 3** ผลการแต่งแร่โดยอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะ

การทดลองที่	น้ำหนักแร่ป้อน (g)	น้ำหนักหัวแร่ (g)	เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงในหัวแร่ (%)	การเก็บโลหะทองแดง (%)
1	1,000	655	11.58	87.40
2	1,000	646	11.80	87.81

**ตารางที่ 4** ผลการแต่งแร่ด้วยวิธีลอยแร่

สัญลักษณ์	ค่า pH	น้ำหนักหัวแร่ (g)	เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดง (%)	การเก็บโลหะทองแดง (%)
FCu1	9	67	17.78	62.29
FCu2		64	17.31	57.93
FCu3		62	18.14	58.81
FCu4		45	19.83	46.66
FCu5	10	59	16.16	49.85
FCu6		62	16.11	52.23
FCu7		58	16.28	49.37
FCu8		59	16.12	49.73
FCu9	11	53	27.38	75.88
FCu10		58	25.62	77.70
FCu11		59	25.76	79.47
FCu12		60	25.12	78.81
FCu12	12	59	21.56	66.51
FCu14		59	20.54	63.37
FCu15		60	20.94	65.69
FCu16		64	17.81	59.60

## 5. สรุป

จากการทดลองพบว่า การแต่งแร่ด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะไม่ค่อยได้ผลดีมากนัก คือเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงเพิ่มขึ้นจาก 8.86% เป็น 11.80% ในการทดลองที่ให้เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดง

สูงสุด เนื่องจากขนาดเม็ดแร่ที่นำมาทดลองมีขนาดเล็กเกินไปเมื่อเทียบกับฟลักการแยกแร่ที่ 1.31 ซึ่งขนาดเม็ดแร่ที่สามารถแยกได้ด้วยวิธีนี้ที่ค่าฟลักการแยกดังกล่าวควรจะมีขนาด 4-10 เมช ในส่วนของการแยกแร่ด้วยวิธีการลอยแร่นั้น ได้ผลดี ที่ค่า pH=11 คือได้เปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงสูงสุดและมีเปอร์เซ็นต์การเก็บโลหะทองแดงสูงสุดด้วยเช่นกัน ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงสูงสุดคือ 27.38% มีเปอร์เซ็นต์การเก็บโลหะทองแดงสูงสุดคือ 79.47% แต่มีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงเพียง 25.76% ดังนั้นปริมาณ K-Ethyl Xanthate จะขึ้นอยู่กับเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงที่ต้องการ เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์การเก็บโลหะทองแดงสูงสุด

## 6. แนวทางการพัฒนา

เนื่องจากในการทดลองนี้แร่ที่นำมาแต่งด้วยวิธีการลอยแร่จะนำแร่ที่มีขนาด -45 +80 เมช ไปบดซ้ำให้มีขนาดเล็กกว่า 80 เมช ดังนั้นหากนำหัวแร่ที่ผ่านการแต่งด้วยวิธีอาศัยความแตกต่างของความถ่วงจำเพาะมารวมกับแร่ขนาด -45 +80 เมช แล้วไปบดซ้ำเพื่อนำไปแต่งด้วยวิธีการลอย ก็น่าจะทำให้หัวแร่ที่ผ่านการลอยมีเปอร์เซ็นต์โลหะทองแดงและการเก็บโลหะทองแดงสูงขึ้นไปด้วย

## 7. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัท เอส.เค. มินอรัล จำกัด ที่อนุเคราะห์ ตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองและขอขอบคุณ รศ.นิคม โชติกานนท์ ที่ให้คำแนะนำตลอดการทดลองในครั้งนี้

## เอกสารอ้างอิง

- [1] ชาญวิทย์ เปรมกมล. รายงานการสำรวจธรณีวิทยาแหล่งแร่เหล็ก ตำบลทุ่งทอง อำเภอหนองบัว จังหวัดนครสวรรค์. กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2547; 4-18.
- [2] นิคม โชติกานนท์. ความรู้พื้นฐานการแต่งแร่. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2540; 9.

- [3] นิคม โชติกานนท์. การแต่งแร่. ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2536; 143-144.
- [4] Fuerstenau, D.W. Froth Flotation 50<sup>th</sup> Anniversary Volume. The American Institute of Mining, New York, US, 1962; 390-393.