ภาคผนวก ก

แร่แบไรต์ (Barite)

ชื่อแร่ มาจากภาษากรีก ซึ่งแปลว่า "heavy" หรือ "หนัก" เนื่องจากเป็นแร่ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะสูง

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบออร์โทรอมบิกผลึกมักจะเป็นแผ่นหนา ขาวขนานไปกับฐานของผลึกหรือรูปแท่งเหลี่ยม ๆ หรือพบเป็นผลึกเกิดรวมเป็นกลุ่มเหมือนดอกกุหลาบ เรียก "Crested Barite" หรือ "Barite roses" อาจพบเป็นแผ่นบางซ้อนกันค่อนข้างหนา (Coarsely laminated) หรือเป็นมวลเมล็ด หรือแบบเนื้อด้านเหมือนดิน มีแนวแตกเรียบเด่นสมบูรณ์ แข็ง 3-3.5 ถ.พ. 4.5 (จัดเป็นแร่อโลหะที่หนักผิดปกติแร่หนึ่ง) วาวคล้ายแก้วหรือวาวคล้ายมุก ขาวไม่มีสี สีขาว หรือมีสีออกน้ำเงิน เหลือง แดงอ่อน ๆ เนื้อแร่โปร่งใสไปจนกระทั่งโปร่งแสง

คุณสมบัติทางเคมี สูตรเคมี $BaSO_4$ มี BaO 65.7% SO_3 34.3% อาจมีธาตุสตรอนเชียมหรือตะกั่วเข้าแทนที่แบเรียมได้

ลักษณะเด่นและวิธีตรวจ สังเกตเป็นแร่ที่หนักดึงมือรู้สึกได้ทันที ดูลักษณะรูปผลึกเป็นแผ่นหนาและมีแนวแตกเรียบเด่นชัด มีดขีดเข้า

การเกิด มักจะพบเกิดเป็นกากแร่ในสายแร่โลหะ โดยเฉพาะมักจะเกิดร่วมกับเงิน ตะกั่ว สังกะสี ทองแดง โคบอลต์ แมงกานีส และแอนทิโมนี บางครั้งอาจพบเกิดเป็นสายแร่ตัดผ่านหินปูนมีแคลไซต์ปะปน หรือพบเกิดเป็นก้อนแร่ตกค้าง (Residual masses) ในดินเหนียวที่ซ้อนอยู่บนหินปูน หรือเป็นวัตถุประสานในหินทราย

แหล่งแร่

- ประเทศไทย พบที่ จ. ชลบุรี กาญจนบุรี เพชรบุรี นครศรีธรรมราช สุราษฎร์ธานี ตรัง กระบี่ เชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน แพร่ ตาก อุตรดิตถ์ ลำปาง พิจิตร เพชรบูรณ์ เลย และอุดรธานี

- ต่างประเทศ เช่น พบแบบผลึกในประเทศอังกฤษ โรมาเนีย สหรัฐอเมริกา แบบเป็นมวลสานเนื้อแน่นและเกิดเป็นสายแร่ตัดผ่านในหินปูนพบในสหรัฐอเมริกา เช่น ที่รัฐจอร์เจีย เทนเนสซี มิสซูรี

ประโยชน์

- มากกว่า 80% นำมาทำโคลนผง (Drilling mud) ซึ่งใช้ในการเจาะสำรวจน้ำมันหรือน้ำบาดาล ใช้ในอุตสาหกรรมทำแม่สีและเนื้อสี อุตสาหกรรมทำแก้ว ทำยาง ผ้าน้ำมัน กระดาษน้ำมัน พรมน้ำมัน และพลาสติก ใช้บดทำยาสำหรับรับประทานก่อนที่จะทำการฉายเอกซเรย์เกี่ยวกับการตรวจกระเพาะลำไส้ ใช้ทำ filler ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง ทำแป้งผัดหน้า

ภาคผนวก ข

หลักการแยกแร่โดยวิธีการลอยแร่

การแยกแร่โดยวิธีนี้อาศัยความแตกต่างคุณสมบัติทางเคมี-ฟิสิกส์ของผิวแร่ ในการดึงดูดหรือจับเกาะกับโมเลกุลของน้ำ กล่าวคือ เม็ดแร่ชนิดต่าง ๆ มีคุณสมบัติผิวเปียกน้ำได้ไม่เท่ากัน โดยธรรมชาติลักษณะทางฟิสิกส์ของผิววัตถุแห้งจะสามารถเกาะติดกับฟองอากาศได้ดีกว่าผิววัตถุเปียก ฉะนั้นแร่ที่จมอยู่ได้น้ำเมื่อสร้างให้ฟองอากาศเกิดขึ้น เม็ดแร่ผิวแห้งจะสามารถเกาะติดกับฟองอากาศลอยขึ้นสู่ผิวน้ำได้ ส่วนเม็ดแร่ผิวเปียกจะยังคงจมอยู่ ซึ่งเป็นการแยกเม็ดแร่ผิวเปียกน้ำกับผิวไม่เปียกน้ำหรือเม็ดแร่ผิวเปียกน้ำแตกต่างกันออกจากกันได้

ด้วยหลักการอันนี้ หากอาศัยเพียงแต่คุณสมบัติตามธรรมชาติของเม็ดแร่และของน้ำ จะไม่เป็นการเพียงพอที่จะทำการแยกแร่โดยวิธีนี้ ให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพได้ จึงต้องอาศัยเติมน้ำยาเคมีบางอย่างลงไปเพื่อช่วยให้สามารถแยกแร่ให้ได้ผลดีและมีประสิทธิภาพ

คุณสมบัติของผิวเม็ดแร่ในการลอยแร่

การที่ผิววัตถุมีแรงดึงดูดหรือจับเกาะกับโมเลกุลของน้ำ ซึ่งทำให้ผิววัตถุเปียกได้นั้น เนื่องจากตรงผิวของวัตถุมีพลังงานจำนวนหนึ่ง สะสมอยู่ในรูปของพลังงานศักย์ เรียกว่า พลังงานผิวอิสระ (free surface energy) ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคของสารชั้นผิวนอกสุดของวัตถุจับกับอนุภาคอื่น ๆ ได้อย่างไม่สมดุลย์ โดยจะเหลือแขนพลังงานอยู่จำนวนหนึ่งหันออกสู่ผิวอิสระ พลังงานนี้เองที่เป็นต้นเหตุให้อนุภาคของสารต่าง ๆ สามารถดึงดูดกันได้ ถ้าเป็นอนุภาคเดียวกันแรงดึงดูดระหว่างอนุภาคนั้นเรียกว่า cohesive force และถ้าเป็นอนุภาคต่างชนิดกันเรียกว่า adhesive force

ปรากฏการณ์ที่ผิวของเม็ดแร่เปียกน้ำก็เนื่องมาจากตรงผิวของเม็ดแร่มีพลังงานผิวอิสระอยู่ และสามารถดึงดูดกับโมเลกุลของน้ำรอบข้าง ทำให้เกิดเป็นชั้นน้ำบาง ๆ (hydrate film) ปกคลุมผิวแร่อยู่เมื่อแร่จมอยู่ในน้ำ เรียกปรากฏการณ์อันนี้ว่า "adsorption บนผิวเม็ดแร่" สำหรับเม็ดแร่ที่มีโครงสร้างเป็นชนิดโพลาร์ (Polar) จะยึดเกาะกันด้วยแรงเกาะกันทางเคมี (chemical bond) ซึ่งจะให้ความแข็งแรงในการยึดเกาะสูง จึงมีพลังงานผิวอิสระมาก ฉะนั้นแร่ที่มีโครงสร้างแบบนี้จึงสามารถเปียกน้ำได้ดี จัดเป็นประเภท chemical adsorption ส่วนเม็ดแร่ที่มีโครงสร้างเป็นชนิดนอน-โพลาร์ (Non-polar) จะยึดเกาะกับโมเลกุลอื่นด้วยแรงเกาะกันระหว่างโมเลกุล (Molecular bond) ที่เรียกว่า van de waals force ซึ่งจะให้ความแข็งแรงในการยึดเกาะต่ำ จึงมีพลังงานผิวอิสระน้อย ฉะนั้นแร่ที่มีโครงสร้างแบบหลังนี้ จึงไม่ค่อยเปียกน้ำจัดเป็นประเภท "physical adsorption"

ปฏิกิริยาระหว่างผิวแร่กับน้ำนอกจากจะสร้างชั้นน้ำบาง ๆ ปกคลุมผิวแร่แล้ว ยังสามารถละลายอนุภาคของแร่บางชนิดออกมาได้ด้วย อนุภาคที่ละลายออกมานี้เรียกว่า inevitable ion ซึ่งอาจจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการลอยแร่ได้จึงควรจะพยายามหลีกเลี่ยงหรือหาทางป้องกันไม่ให้เกิดขึ้นเป็นการดี

แสดง Classification of polar minerals Classification of polar minerals

Group 1	Group 2	Group 3 (a)	Group 4	Group 5
Galena	Barite	Cerrusite	Hematite	Zircon
Covellite	Anhydrite	Malachite	Magnetite	Willemite
Bornite	Gypsum	Azurite	Goethite	Hemimouphite
Chalcocite	Anglesite	Wulfemite	Chromite	Beryl
Chalcopyrite			I lmenite	Feldspar
Stibnite		**Group 3 (b)**	Corundum	Sillimanite
Argentite		Fluorite	Pyrolusite	Garnet
Bismuthibnite		Calcite	Limonite	Quartz
Millerite		Witherite	Borax	
Cobaltite		Magnesite	Wolframite	
Arsenopyrite		Dolomite	Columbite	
Pyrite		Apatite	Tantalite	
Sphalerite		Scheelite	Rutile	
Orpiment		Smithsonite	Cassiterite	
Pentlandite		Rhodochrosite		
Realgar		Siderite		
Native Au, Pt, Ag, Cu		Monazite		

ความเป็น Polar จากน้อยไปหามาก โดยเรียงจาก Group ซ้ายไป Group ขวา (จาก Wills B.A. Mimeral processing technology 2 ^{bd} Edition 1980)

จากตาราง จะเห็นว่าทองคำเป็นกลุ่มที่มีความเป็น polar น้อย อาจจัดเป็นพวก non-polar ซึ่งมีพลังงานผิวอิสระน้อย จึงไม่ค่อยเปียกน้ำมีผลให้ลอยได้ไม่ยากนัก ซึ่งต้องพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่น ๆ ประกอบอีกเช่น รูปร่างของเม็ดแร่ เป็นต้น

การลอยแร่แบบ Forth

การลอยแร่แบบ froth เป็นกระบวนการแยกแร่เชิงซ้อนหรือเกรดต่ำ ซึ่งขนาดอนุภาคโดยเฉลี่ยเล็กเกินกว่าที่จะแยกโดยแรงโน้มถ่วง หรือความแตกต่างของแรงโน้มถ่วงระหว่างแร่น้อยเกินไป กระบวนการนี้เกี่ยวข้องกับการทำให้เกิดฟองอากาศด้วยวิธีการอย่างหนึ่งอย่างใดในสารละลายแร่ (Pulp) อนุภาคแร่เฉพาะอย่างจะเกาะฟองอากาศ ซึ่งมีแรงลอยตัวเพียงพอเพื่อพาแร่สู่ผิวหน้าของ pulp ที่มี 3 ส่วน (ของแข็ง ของเหลว และก๊าซ) ซึ่งฟองอยู่ตัวจะจับแร่และสามารถกวาดออกได้หัวแร่ ดังนั้นการแยกขึ้นกับคุณสมบัติของผิวหน้าของแร่

การเกาะตัวของฟองอากาศกับผิวหน้าแร่ มุมที่เกาะระหว่างน้ำ อากาศและผิวของแข็งควรมีค่าสูง เช่น ผิวหน้าควรจะเป็น hydrophobic ตามธรรมชาติอย่างไรก็ตามผิวหน้าแร่จำนวนน้อยมากที่เป็น hydrophobic ตามธรรมชาติ ดังนั้นเพื่อให้ลอยแร่ได้ดี ผิวหน้าจำเป็นต้องทำให้เป็น hydrophobic ดังนั้นจึงต้องปรับสภาวะผิวหน้าด้วยน้ำยาเคมีที่เหมาะสม ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องกระทำอย่างเฉพาะเจาะจงเพื่อให้ผิวหน้าของแร่มีความเป็น hydrophobic ในขณะที่ผิวหน้าหางแร่ยังคงเป็น hydrophilic โดยทั่วไปน้ำยาลอยแร่แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. น้ำยาเคลือบผิวแร่ (Collectors)
2. น้ำยาเคลือบฟอง (Frothers)
3. น้ำยาปรับสภาพ (Modifiers)
   - 3.1 ตัวกด (Depressant)
   - 3.2 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Activator)
   - 3.3 ตัวปรับสภาพกรด-ด่าง (pH-regulator)
   - 3.4 ตัวเติมซัลไฟด์ (Sulfidizer)
   - 3.5 ตัวกระจายตะกอน (Disperser)
   - 3.6 ตัวรวมตะกอน (Flocculant)

น้ำยาเคลือบผิวแร่ (Collector)

เป็นสารเคมีอินทรีย์หรืออนินทรีย์ ทำหน้าที่เคลือบผิวแร่เพื่อเสริมสร้างคุณสมบัติความไม่เปียกน้ำ (Water repellant) ให้กับผิวแร่ มีทั้งชนิดที่ไม่แตกตัวเป็นอนุภาคที่มีประจุในน้ำ (Non-ionizing) เช่น

พวกน้ำมัน ซึ่งใช้เป็นน้ำยาเคลือบผิวกับแร่ที่มีคุณสมบัติไม่เปียกน้ำอยู่แล้ว เช่น ถ่านหิน, กราไฟต์, แร่กำมะถัน เป็นต้น ที่นิยมใช้กันแพร่หลาย ได้แก่ น้ำมันก๊าด (Kerosene) ส่วนชนิดที่แตกตัวเป็นอนุภาคที่มีประจุในน้ำ (Ionizing) จะให้อนุภาคประจุบวกหรืออนุภาคประจุลบ ไปจับกับผิวแร่ได้อย่างแข็งแรง ซึ่งน้ำยาเคลือบผิวแร่ชนิดนี้จะประกอบขึ้นด้วยส่วนที่เป็น polar part และ non-polar part โดยจะหันกลุ่มอะตอมที่เป็น polar part ซึ่งเรียกว่า solidophil gorup เข้าจับกับผิวแร่และหันส่วนที่เป็น non-polar part ออกหาโมเลกุลของน้ำ

สำหรับการลอยแร่นี้ ใช้ collector พวก xanthate ซึ่งเป็น collector ชนิด anion collector คือ อนุภาคที่จะไปจับกับผิวแร่มีประจุลบ และเกาะกับผิวแร่แบบ chemical adsorption อย่างแรงเป็นผลให้เกิดโลหะ xanthate ที่ไม่ละลายน้ำ (Strongly hydrophobic)

จากการศึกษาพบว่า xanthate ของพวก alkaline เช่น (Ca, Ba, Mg) จะละลายได้ดีและจะเป็น xanthate ที่ไม่มีความเป็น collector บนผิวแร่ที่เป็นออกไซด์ซิลิเกต หรืออลูมิโนซิลิเกต ซึ่งทำให้เลือกใช้ sodium ethyl xanthate ในการลอยแร่จากมลทินพวกทรายซึ่งมีปริมาณสูงในทางกลับกันหากใช้ collector ปริมาณมาก ก็จะไม่เป็นผลดีต่อการลอยแร่เลยเพราะ collector จะประพฤติตัวเป็น multilayer ซึ่งจะทำให้ผิวของอนุภาคมี collector ซึ่งเอาส่วน polar ออกทำให้แร่เปียกน้ำไม่เกิดการลอยเกาะติดกับฟองอากาศขึ้นมากับส่วนหัวแร่

น้ำยาเคลือบฟอง (Frother)

เป็นน้ำยาเคมีประเภท heteropholar compound กล่าวคือ มีทั้งส่วน polar part และ non-polar part เช่นเดียวกับน้ำยาเคลือบผิวแร่เติมลงไปเพื่อช่วยให้ฟองอากาศมีเสถียรภาพดีขึ้น เหนียวไม่แตกง่าย และลดความตึงผิว ที่มีใช้กันอยู่อาจแบ่งออกเป็น 2 พวกคือ

- น้ำยาเคลือบฟองมาตรฐาน เช่น น้ำมันสน, cresylic acid
- น้ำยาเคลือบฟองสังเคราะห์ เช่น พวกแอลกอฮอล์ และแอลเตอร์ต่าง ๆ

สำหรับฝุ่นแร่ โดยเฉพาะที่มีขนาดละเอียดมากนั้น จำเป็นต้องใช้ frother ซึ่งใช้ได้ผลดีกับการลอยแร่ซึ่งเป็น slime และฟองอากาศที่มีเสถียรภาพพอที่จะรับกับเม็ดแร่ที่มีทั้งมีความถ่วงจำเพาะสูงและรูปร่างเป็นหยักเหลี่ยม ทำให้ฟองแตกง่าย จากที่กล่าวมา frother ชนิด strong alcohol frother, polyprapylene glycal, cresylec acid, aerofloat 25 aerofloat 31 aerofloat 208 และ aerofloat 3477 เป็นต้นจึงเหมาะกับการลอยแร่

น้ำยาปรับสภาพ (Modifier or Regulator)

เป็นน้ำยาเคมีอินทรีย์และอนินทรีย์ที่เติมลงไป เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของน้ำยาเคมีชนิดอื่นหรือปรับสภาพของสารละลายให้เหมาะสมที่แร่จะลอยได้ ได้แก่

1) ตัวกด (Depressant) เป็นตัวกดแร่ที่ไม่ต้องการให้ลอย มิให้ลอยขึ้นมากับแร่ที่ต้องการให้ลอย เช่น โซเดียมซัลไฟด์, ไซยาไนด์, โซเดียมซิลิเกต, ปูนขาว เป็นต้น ซึ่งแต่ละชนิดมีคุณสมบัติกดแร่ต่างชนิดกัน ซึ่งต้องพิจารณาลักษณะแร่วิทยาของแร่แต่ละแห่งไป

จากการสังเกตภายใต้กล้อง พบว่า ส่วนใหญ่ จะเป็นเศษทรายเล็ก ๆ ส่วนใหญ่โดยมีเหล็กปนอยู่จำนวนหนึ่ง (ซึ่งสามารถขจัดออกได้ โดยอาศัยแรงดึงดูดทางแม่เหล็ก) ในกรณีนี้จึงใช้โซเดียมซิลิเกตในการกดทรายไม่ให้ลอยสู่เบื้องบนพร้อมกับฟองอากาศ และเพิ่มประสิทธิภาพของแร่ที่จะลอยขึ้นมาโดยปราศจากการรบกวนของมลทินพวกทราย นอกจากนี้โซเดียมซิลิเกตยังเป็นตัวกระจายตะกอน (Dispressser) ซึ่งทำหน้าที่กระจายอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ในเศษฝุ่นทองที่รวมเป็นกลุ่มจับเป็นก้อน และรบกวนต่อระบบการลอยเศษทองด้วย

2) ตัวเร่งปฏิกิริยา เป็นตัวทำให้น้ำยาเคลือบผิวทำปฏิกิริยากับผิวเม็ดแร่ได้ดีขึ้นและช่วยเพิ่มคุณสมบัติเคลือบผิวแร่ให้ไม่เปียกน้ำดียิ่งขึ้นที่นิยมใช้กันมา เช่น ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ใช้เร่งปฏิกิริยาแร่ออกไซด์ของโลหะมิใช่เหล็กคอปเปอร์ซัลเฟต ($CuSO_4$) ใช้เร่งปฏิกิริยาแร่ซัลไฟด์ของโลหะหนัก, ตะกั่วในเตรท [$Pb(NO_3)_2$] หรือตะกั่วอซิเตท ใช้เร่งปฏิกิริยาแร่พลวงซัลไฟด์เหล่านี้ เป็นต้น

3) ตัวปรับสภาพกรด-ด่าง เป็นตัวปรับสภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสารละลายให้เหมาะสมที่แร่จะลอยได้ ทั้งนี้เพราะว่าสภาพของสารละลายที่แร่ หนึ่ง ๆ จะสามารถลอยได้ดีนั้นจะต้องมีสภาพที่เหมาะสมเฉพาะตัวสำหรับแร่นั้นเท่านั้น เช่น แร่ตะกั่ว มีสภาพของสารละลายเหมาะสมต่อการลอยที่เป็นด่างอ่อน ๆ เป็นต้น สารที่นิยมใช้ปรับสภาพกรด-ด่าง ถ้าปรับสภาพให้เป็นกรด เช่น กรดกำมะถัน, กรดเกลือ เป็นต้น และถ้าปรับสภาพให้เป็นด่าง เช่น ปูนขาว, เถ้าโซดา เป็นต้น

4) ตัวเติมซัลไฟด์ เป็นสารเคมีที่เติมลงไปเพื่อทำปฏิกิริยากับผิวแร่ให้เป็นสารประกอบซัลไฟด์ซึ่งง่ายต่อการลอยยิ่งขึ้น ที่เรียกว่าการทำ sulfidization สารที่นิยมใช้กันมี โซเดียมซัลไฟด์ (Na_2S) ไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) เป็นต้น

5) ตัวกระจายตะกอน เป็นตัวที่ทำหน้าที่กระจายอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ของสารที่จะรวมกลุ่มจับกันเป็นก้อน และรบกวนต่อระบบการลอยแร่ สารที่ใช้กันมีโซเดียมซิลิเกต (Na_2SiO_3) , โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) , โซเดียมฟอสเฟต ($Na_4P_4O_7$) เป็นต้น

6) ตัวรวมตะกอน เป็นตัวที่ทำหน้าที่รวมอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ของสาร ในกรณีที่ต้องการให้พวกตะกอนรวมกลุ่มจับตัวกัน สารที่ใช้กันมี ปูนขาว, กาว, สารสังเคราะห์ซูเปอร์ฟลอค เป็นต้น

สำหรับการเลือกใช้น้ำยาปรับสภาพนั้นได้เลือกใช้ตัวกด เพียงอย่างเดียว โดยสารอื่น เช่น ตัวปรับสภาพกรด-ด่าง ก็ทำการทดลองที่สภาพเป็นกลาง ส่วนสารเคมีอื่นล้วนแล้วแต่ยังไม่จำเป็นมากนักสำหรับการลอยแร่

การลอยแร่นับเป็นวิธีการแยกแร่ที่ทันสมัยและได้ผลดีมากวิธีหนึ่ง การลอยแร่ในปัจจุบันส่วนใหญ่หรือเกือบทั้งหมดจะใช้เซลล์ลอยแร่ (Mechanical cell) ซึ่งมีใบพัดกวนให้อนุภาคต่าง ๆ แขวนลอยอยู่ในน้ำ อย่างไรก็ตามเมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการประเมินผลการลอยแร่ด้วยเซลล์ลอยแร่ และมีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องลอยแร่ออกมาในรูปแบบใหม่ ๆ อันก่อให้เกิดผลกำไรมากขึ้น กล่าวคือ สามารถลดค่าใช้จ่ายในการลงทุนทั้ง Capital และ Operating costs อีกทั้งยังปรับปรุงประสิทธิภาพในการแต่งแร่ให้ได้หัวแร่ที่มีเกรดสูงและเก็บแร่ (Recovery) ได้มากขึ้นบทความต่อไปนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยีการลอยแร่ โดยเริ่มจากการลอยแร่ด้วยเซลล์แบบเก่า การใช้น้ำล้างในเซลล์ลอยแร่รวมถึงกลไกการปะปนของแร่มลทินในหัวแร่ และเครื่องลอยแร่แบบใหม่ คือคอลัมน์และเจมสันเซลล์

เซลล์ลอยแร่ (Mechanical cells)

การลอยแร่ด้วยเซลล์ได้มีการใช้มาเป็นเวลาหลายปีโดยใช้เซลล์ลอยแร่ทำเป็นชุดต่อเนื่องหลาย ๆ เซลล์ (Tanks in series) เซลล์ชุดแรกใช้ลอยแร่ ซึ่งผ่านการบดละเอียดจาก Ball mill เรียกว่า Roughers หางแร่จาก Roughers ซึ่งยังมีแร่เศรษฐกิจหลงเหลืออยู่จะถูกนำไปลอยอีกครั้งในเซลล์ชุดที่สองเรียกว่า Scavengers ซึ่งบางครั้งอาจไม่จำเป็นก็ได้ขึ้นกับเปอร์เซ็นต์ของแร่เศรษฐกิจในหางแร่ สำหรับหัวแร่จาก Roughers จะถูกไปลอยซ้ำในเซลล์ชุด Cleaners และจะได้หัวแร่สะอาดเพื่อการใช้งานหรือจำหน่ายต่อไป การใช้เซลล์ลอยแร่เป็นจำนวนมากมาต่อกันเป็น Tanks in series นั้น เป็นการเพิ่ม recovery ให้สูงขึ้นกว่าการใช้เซลล์ลอยแร่ขนาดใหญ่เพียงเซลล์เดียว

แร่ผสมน้ำ (Slurry) เมื่อถูกป้อนไปยังเซลล์ลอยแร่แล้ว ก็จะถูกปรับสภาพด้วยน้ำยาเคมีที่เหมาะสมและปริมาณที่พอเหมาะเพื่อให้แร่ที่ต้องการลอยมีคุณสมบัติไม่เปียกน้ำดียิ่งขึ้น (Non-wetting หรือ Hydrophobic) สามารถเกาะฟองอากาศและลอยขึ้นสู่ผิวน้ำเป็นชั้นของแร่ลอย (Froth zone) จากนั้นแร่ใน froth zone ก็จะถูกปาดออกไปเป็นหัวแร่ (Concentrate) การกวนของใบพัดในเซลล์ลอยแร่นั้น ก็เพื่อให้แร่แขวนลอยอยู่ในน้ำ แร่มีการสัมผัสกับน้ำยาเคมีและฟองอากาศได้อย่างทั่วถึงและการกวนนี้ยังทำหน้าที่เหมือนปั๊มดูดอากาศเข้าทางเพลากลวงที่อยู่รอบแกนใบพัด (ซึ่งเซลล์ลอยแร่บางชนิดใช้อากาศจากเครื่องเป่าลมที่ติดตั้งภายนอก) นอกจากนี้การกวนของใบพัดยังเป็นการเสียดสีกับอากาศ (Air) ที่เข้ามาให้ได้ฟองอากาศ (Bubbles) ที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามฟองอากาศนี้จะมีขนาดเล็กเท่า ๆ

กัน มีความเหนียวมากขึ้นและมีความหนาของชั้นแร่ลอยสม่ำเสมอ (Froth stability) หากใช้น้ำยาเคลือบฟอง (Frother) ช่วย สำหรับแร่ที่ไม่เกาะฟองอากาศ (Hydrophilic) ก็จะจมอยู่ในชั้นแร่ผสมน้ำ (Slurry zone) และจะถูกส่งไปทำการแยกแร่ในขั้นต่อไปหรืออาจจะทิ้งเป็นหางแร่เลยก็ได้

การลอยแร่ด้วยเซลล์นี้ไม่สามารถให้ผลการแยกแร่ได้สะอาดถึงร้อยเปอร์เซ็นต์ เนื่องจากมีกลไกต่าง ๆ มากมายที่ก่อให้เกิดการปะปนของแร่มลทินหรือกากแร่เข้าไปในหัวแร่ (Gangue recovery mechanisms) ซึ่งปัญหานี้อาจแก้ไขได้โดยวิธีการลอยซ้ำหลาย ๆ ครั้งใน Cleaner cells เพื่อให้ได้หัวแร่ที่มีคุณภาพตามความต้องการของตลาด แต่วิธีการลอยแร่ซ้ำในเซลล์ขั้นต่อไปนั้นเป็นการเพิ่ม Capital และ Operating costs รวมถึงการลดประสิทธิภาพของกระบวนการแต่งแร่ด้วย (Loss of processing efficiency)

จะเห็นว่าการทำงานของเซลล์ลอยแร่นั้นก่อให้เกิดความขัดแย้งกันเองกล่าวคือ จะต้องมีการกวนของใบพัดเพื่อให้แร่เกิดการแขวนลอยอยู่เสมอและช่วยให้เม็ดแร่มีโอกาสสัมผัสกับฟองอากาศมากขึ้น แต่ขณะเดียวกันการกวนนี้เองเป็นเหตุให้เร่มลทินปะปนเข้าไปในชั้นแร่ลอย (Gangue entrainment) ซึ่งกลไกนี้จะกล่าวต่อไปภายหลัง

การใช้น้ำล้างในเซลล์ลอยแร่ (Froth washing in Entrainment cells)

เนื่องจากแร่มลทินที่ไม่ต้องการลอยปะปนขึ้นไปยังชั้น froth zone ทำให้หัวแร่มีเกรดต่ำลง ดังนั้นการที่จะลดมลทินเหล่านี้ได้จึงเป็นสิ่งสำคัญยิ่งในการลอยแร่ที่ดี วิธีการหนึ่งที่น่าสนใจที่สามารถช่วยลดปัญหานี้ได้คือการใช้น้ำล้าง (Wash water) ฉีดพ่นลงยังชั้น froth zone ที่กำลังไหลล้นหรือถูกปาดออกเป็นหัวแร่ วิธีการนี้เรียกว่า Froth washing สำหรับการฉีดพ่นน้ำล้างนี้จะใช้น้ำหมุนเวียน (recycle water) ฉีดผ่านท่อที่เจาะรูเล็ก ๆ หรือหัวฉีด (Nozzles) การนำเอา Froth washing มาประยุกต์ใช้กับเซลล์ลอยแร่ช่วยทำให้ประสิทธิภาพในการลอยแร่ดียิ่งขึ้น เนื่องจากชั้นแร่ลอยมีความหนา (Froth thickness) สม่ำเสมอ และในขณะเดียวกันน้ำล้างนี้จะล้างหัวแร่ให้สะอาดทำให้ได้หัวแร่ที่มีเกรดสูงขึ้น ลดปัญหาการมีแร่มลทินปะปนลงไปได้ วิธีการดังกล่าวได้ถูกนำมาใช้และประสบความสำเร็จเป็นครั้งแรกมากว่า 25 ปี แล้วในโรงลอยแร่ถ่านหินแห่งหนึ่งในประเทศรัสเซียยังผลให้ recovery เพิ่มขึ้นและลดปริมาณเถ้า (Ash content) ในหัวแร่อีกด้วย

ในระยะ 4-5 ปีมานี้ การนำเอา Froth washing มาใช้ ได้เป็นที่ยอมรับในหลายประเทศ เนื่องจาก Grade และ Recovery สูงขึ้น และยังช่วยลดปัญหาการยุบตัวของแร่ใน Froth zone ลงไปยัง slurry zone ในกรณีที่แร่ใน froth zone มีความหนาแน่นมาก หรือที่เรียกว่า Froth knock down ซึ่งการใช้น้ำล้างจะช่วยทำให้เกิดการไหลล้น (Drainage) ของแร่ใน froth zone ดีขึ้นนั่นเองตัวอย่างการใช้ Froth washing

กับเซลล์ลอยแร่ เช่น ที่ประเทศแคนาดาก็ได้มีการทดลองที่เหมือง Falconbridge ทำให้ได้หัวแร่นิกเกิลเพิ่มขึ้นจาก 2.3 เป็น 2.7 ออนซ์ต่อตัน Recovery เพิ่มขึ้นจาก 66.5% เป็น 67.8% ที่เหมือง Les Mines Selbaie ได้หัวแร่ทองแดงเพิ่มขึ้นจาก 22.7% เป็น 25.5% Recovery เพิ่มจาก 47% เป็น 50% นอกจากนี้ที่เหมือง Zinc Corporation of America ในประเทศสหรัฐอเมริกาก็ได้มีการทดลองใช้ Froth washing เช่นกันในเซลล์ทำความสะอาดหัวแร่สังกะสี (Zinc cleaner circuit) โดยใช้น้ำล้างฉีดผ่านหัวฉีดฝอย (nozzles) พ่นลงยังผิวหน้าของแร่ที่กำลังไหลล้น เป็นระยะเวลาประมาณ 3 เดือน ผลการทดลองพบว่าการใช้ Froth washing ช่วยลดแร่มลทินที่ปะปนขึ้นไปในหัวแร่ได้มาก ทำให้ได้หัวแร่สังกะสีสะอาดขึ้นจาก 50.9% เป็น 56.1% และ recovery เพิ่มขึ้นจาก 89% เป็น 90% (เปอร์เซ็นต์หัวแร่และ recovery ดังกล่าวจะเป็นค่าเฉลี่ย)

การนำเอา Froth washing มาประยุกต์ใช้กับเซลล์ลอยแร่นี้สามารถสรุปได้ว่าเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการแต่งแร่ (Metallurgical performance) ทั้ง Grade และ Recovery โดยเน้นที่การกำจัดหรือลดปริมาณแร่มลทินในหัวแร่หรือที่เรียกว่า Gangue entrainment นั่นเอง

กลไกการปะปนของแร่มลทินในหัวแร่ (Gangue recovery mechanisms)

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นว่ามีกลไกหลายอย่างที่เป็นเหตุให้เกิดการปะปนของแร่มลทินเข้าไปในหัวแร่กลไกเหล่านั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

ในการทำงานของเซลล์ลอยแร่จะแบ่งเป็น 2 ชั้นใหญ่ ๆ คือ ชั้นของแร่ที่ลอยขึ้นไป (Froth zone) และชั้นของแร่ผสมน้ำ (Slurry zone) ดังนั้นการปะปนของแร่มลทินเข้าไปในหัวแร่ก็จะแบ่งตามชั้นทั้งสองนั้นด้วย โดยในชั้น froth zone แร่มลทินจะปะปนไปในลักษณะถูกกับดัก (Entrapment) หรือปะปนเข้าไปกับน้ำ (Hydraulic entrainment) เกิดขึ้นเนื่องจากฟองอากาศที่พาเอาแร่ที่ลอยได้ดี (floatable) ซึ่งเกาะติดอยู่นั้นลอยขึ้นไปในชั้น froth zone เกิดการเชื่อมติดกัน (Bridging) ทำให้แร่มลทินหรือแร่ที่ไม่สามารถลอยได้ (non-floatable) ถูกกักอยู่ระหว่างการเชื่อมเกาะกันฟองอากาศนั้น ส่วนการเข้าไปแบบ hydraulic entrainment นั้นเกิดขึ้นจากการที่น้ำพาเอาเม็ดแร่ขนาดละเอียด (Fines) ซึ่งอาจจะเป็นแร่มลทินเข้าไปในชั้น froth zone

สำหรับในชั้น Slurry zone การปะปนเข้าไปของแร่มลทินจะเกิดแบบ Slime coating และ entrainment โดยที่แบบ Entrainment จะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ Hydraulic และ Mechanical ซึ่งอธิบายได้ดังนี้การเกิดแบบ Slime coating เกิดขึ้นจากการที่มีฝุ่นแร่ (Slime) มลทินไปเคลือบผิวของเม็ดแร่เศรษฐกิจที่มีขนาดใหญ่กว่า ทำให้เม็ดแร่เศรษฐกิจนั้นประพฤติตัวเป็นแร่เศรษฐกิจและลอยขึ้นไปเป็นหัวแร่ ทำให้หัวแร่ไม่สะอาดมีเกรดต่ำลง ส่วนการเกิดแบบ Hydraulic entrainment ในชั้น slurry

zone นั้น เกิดขึ้นจากการที่ฟองอากาศลอยขึ้นไปชั้น froth zone ฟองอากาศจะลากเอาอนุภาคขนาดละเอียด (Fine particles) ติดไปด้วยตามแนวลาด (Wake) นั้น ปรากฏการณ์นี้เปรียบเทียบได้กับการยกก้อนกรวดตามท้องน้ำขึ้นมาซึ่งจะเห็นดินติดขึ้นมาด้วยตามแนวลาก และการเกิดแบบ Mechanical entrainment เกิดจากการกวนของใบพัดในเซลล์ลอยแร่ ซึ่งก่อให้เกิดสภาวะปั่นป่วน (Slurry turbulence) โดยเฉพาะบริเวณชั้นแบ่งระหว่าง froth zone และ slurry zone หรือที่เรียกว่า Interface level นั้น การกวนจะทำให้แร่มลทินปะปนเข้าไปยังหัวแร่ใน froth zone ได้

จากกลไกเหล่านี้นี่เอง ทำให้มีการปรับปรุงและพัฒนาการลอยแร่ให้ได้ผลดียิ่งขึ้น ซึ่งนอกจากจะนำเอา froth washing มาใช้แล้วยังได้มีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องลอยแร่ออกมาในลักษณะรูปร่างที่แตกต่างไปจากเดิมอีกด้วย เช่น การลอยแร่ด้วยคอลัมน์ (Column flotation) การลอยแร่ด้วยเซลล์เจมสัน (Jameson cell) เป็นต้น

การลอยแร่ด้วยคอลัมน์ (Flotation column)

การลอยแร่ด้วยคอลัมน์ นับเป็นวิทยาการใหม่ที่สำคัญและน่าสนใจมากวิธีหนึ่งในอุตสาหกรรมการแต่งแร่ในระยะหลังนี้ และอาจจะเป็นทางเลือกอีกทางหนึ่งจากการลอยแร่ด้วยเซลล์ลอยแร่ด้วย การลอยแร่ด้วยคอลัมน์นี้มีต้นกำเนิดมาจากประเทศแคนาดา ซึ่งมีการคิดค้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1960 แต่ยังไม่เป็นที่ยอมรับ ต่อมาได้มีการทดลองลอยแร่ซัลไฟด์ด้วยคอลัมน์ ผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่เหนือกว่าการลอยแร่แบบเก่าหรือใช้เซลล์ลอยแร่ ทั้งทางด้านคุณภาพของหัวแร่ (Grade) และเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่ (Recovery) นอกจากนั้นยังสามารถแต่งแร่เม็ดละเอียดได้ถึง 400 เมช อีกด้วย ในปี ค.ศ. 1981 ก็ได้มีการนำคอลัมน์มาใช้ในอุตสาหกรรมเหมืองแร่เป็นครั้งแรกในการลอยแร่โมลิบดินัมขั้นสะอาด (Cleaners) และคอลัมน์ก็ได้แสดงให้เห็นผลอันยอดเยี่ยม กล่าวคือคอลัมน์จำนวน 3 ตัว สามารถใช้แทนเซลล์ลอยแร่ได้ถึง 13 เซลล์ อีกทั้งยังได้หัวแร่ที่มีเกรดและ recovery สูงกว่าการลอยด้วยเซลล์ลอยแร่ด้วย ด้วยเหตุนี้เองทำให้คอลัมน์เป็นที่ยอมรับกว้างขวางขึ้น

รูปร่างลักษณะและการทำงานของคอลัมน์จะแตกต่างจากเซลล์ลอยแร่โดยสิ้นเชิง โดยคอลัมน์จะมีลักษณะเป็นแท่งยาวตั้งแต่ 1 เมตรขึ้นไป มีเส้นผ่าศูนย์กลางอย่างน้อย 2.5 ซม. โดยทั่วไปจะมีสัดส่วนของความยาวต่อเส้นผ่าศูนย์กลางเป็น 10:1 คอลัมน์จะไม่มีใบพัดกวนแร่ให้เกิดสภาวะปั่นป่วน เช่น เซลล์ลอยแร่ ในการผลิตฟองอากาศนั้น อากาศ (Air) จะถูกพ่นเข้าสู่คอลัมน์ผ่านตัวทำฟองอากาศ (Sparger) ซึ่งมีรูพรุนละเอียดรอบ ๆ ทำให้ได้ฟองอากาศที่มีขนาดเล็กเท่า ๆ กัน นอกจากนี้แล้ว จะมีการใช้น้ำล้าง (Wash water) ฉีดผ่านท่อเจาะรู (Distributor) หรือหัวฉีดทางตอนบนของคอลัมน์ด้วย

สำหรับแร่ป้อน (feed slurry) นั้นจะถูกปรับสภาพผิวด้วยน้ำยาเคมีให้มีคุณสมบัติในการลอยดีขึ้นในถังกวน (Conditioning tank) เสียก่อนแล้วจึงป้อนเข้าสู่คอลัมน์ที่ระดับ 0.5 – 1.5 เมตร ต่ำจากส่วนบนของคอลัมน์ในคอลัมน์ก็จะประกอบด้วย Slurry zone และ Froth zone เช่นเดียวกับในเซลล์ลอยแร่ แต่ในคอลัมน์นั้น Slurry zone จะเรียกว่า Collection zone ซึ่งอยู่ใต้ Interface level การที่เรียกว่า Collection zone นั้นเนื่องจากอนุภาคต่าง ๆ จากแร่ป้อนจะชนในทิศทางที่ส่วนกับฟองอากาศที่ผลิตโดย sparger ซึ่งติดตั้งอยู่ตอนล่างของคอลัมน์และแร่ที่ต้องการลอยจะถูกเก็บ (Collected) ได้โดยการเกาะติดกับฟองอากาศและลอยขึ้นไปเหนือ Interface level เข้าสู่ froth zone และไหลล้นออกไปยังส่วนที่เก็บหัวแร่ (Concentrate launder) สำหรับ froth zone ในคอลัมน์จะเรียกว่า Cleaning zone แทน ใน Cleaning zone นี้จะมีน้ำล้างฉีดพ่นทางตอนบนเพื่อช่วยสร้างชั้นของแร่ลอย (froth stability) และไหลล้นสู่ที่เก็บหัวแร่ได้ง่ายขึ้น ขณะเดียวกันน้ำล้างจะช่วยล้างแร่มลทินที่ปะปนขึ้นไปใน Cleaning zone เป็นการทำให้ได้หัวแร่ที่สะอาดขึ้นสำหรับทางแร่หรือแร่ที่ไม่ต้องการลอยนั้นจะถูกปั๊มออกทางตอนล่างของคอลัมน์

ตัวแปร (Operational variable) ที่สำคัญตัวหนึ่งที่จำเป็นต้องควบคุมเพื่อให้การทำงานของคอลัมน์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ คือ ความหนาของ cleaning zone ซึ่งเรียกว่า Froth depth หรือ Interface level กล่าวคือ ถ้าความหนา (froth depth) น้อยไป หัวแร่ที่ได้มีเกรดต่ำลงเนื่องจากแร่มลทินที่ปะปนขึ้นไปใน cleaning zone ถูกกำจัดโดยน้ำล้างได้เพียงบางส่วน และถ้าความหนามากเกินไป recovery ก็จะลดลงเพราะปริมาตรของ collection zone น้อยลง ซึ่งเป็นการลดโอกาสของแร่ที่จะชนและเกาะติดกับฟองอากาศนั่นเอง

ในปัจจุบันนี้นับว่าคอลัมน์มีบทบาทมากทีเดียวในการแต่งแร่ การนำเอาคอลัมน์มาใช้ในอุตสาหกรรมลอยแร่ขนาดใหญ่เริ่มเป็นที่ยอมรับมากขึ้นคอลัมน์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้แทนเซลล์ลอยแร่ โดยเฉพาะในขั้นตอนลอยแร่สุดท้ายหรือ cleaner circuit ทั้งนี้ก็ด้วยเหตุผลที่ว่าการลอยแร่ด้วยคอลัมน์สามารถแต่งแร่ได้หัวแร่ที่สะอาดเพราะมีน้ำล้างช่วยลดปริมาณแร่มลทินที่ปะปน โดยส่วนใหญ่คอลัมน์จะถูกนำมาใช้กับการลอยแร่ base metal เช่น การลอยแร่ทองแดง แร่ตะกั่ว แร่สังกะสี นอกจากนี้ก็ใช้ลอยแร่โมลิบดินัม แร่โครไมต์ ถ่านหินขนาดละเอียด (ultrafine coal) ตลอดจนแร่มีค่า เช่น เงินหรือทอง เป็นต้น คอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 ฟุต สูง 35 ฟุต จำนวน 2 ตัว ถูกนำมาใช้ในการลอยแร่ที่เหมือง Oracle Ridge ในรัฐอริโซนา ประเทศสหรัฐอเมริกา และได้หัวแร่ที่เกรดสูงประกอบด้วยแร่ทองแดง ทอง และเงิน คอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 ฟุต สูง 53 ฟุต ถูกนำมาใช้ในการลอยแร่สังกะสีที่เหมือง Murchison Zinc Company ประเทศออสเตรเลีย

ข้อดี ของการลอยแร่ด้วยคอลัมน์ก็คือ ลดค่าใช้จ่ายทั้ง Capital และ Operating costs หัวแร่มีเกรดสูงเปอร์เซ็นต์การเก็บแร่สูง สามารถแต่งแร่ขนาดละเอียดได้อย่างมีประสิทธิภาพและง่ายต่อการติดตั้งด้วยระบบควบคุมอัตโนมัติ ส่วนข้อเสีย ได้แก่ กรณีที่ผิวแร่เกิดการออกซิเดชั่นได้ง่าย ระยะเวลาในการเดินทาง (Residence time) ของอนุภาคจะนาน ทำให้ประสิทธิภาพในการลอยแร่ไม่ดีเท่าลอยด้วยเซลล์ลอยแร่

อย่างไรก็ตาม การลอยแร่ด้วยคอลัมน์ยังคงมีการพัฒนาต่อไปเพื่อที่จะให้การลอยมีประสิทธิภาพสูงที่สุด ซึ่งหมายถึง ได้รับผลตอบแทนสูงสุดนั่นเอง การพัฒนาดังกล่าวได้แก่ การผลิตฟองอากาศให้มีขนาดเล็ก (Microbubble column flotation) การสร้างชั้นของแร่ที่ลอยขึ้นไปใน cleaning zone ให้มีความหนาแน่น (packed bed) เป็นต้น

การลอยแร่ด้วยเซลล์เจมสัน (Jameson cell)

เมื่อประมาณปี ค.ศ.1987 บริษัท Mount lsa Mines Limited ร่วมกับ Professor Graeme Jameson แห่งมหาวิทยาลัยนิวคลาสเซิล รัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย ได้ประดิษฐ์เครื่องมือที่ใช้ในการลอยแร่แบบใหม่ซึ่งดัดแปลงการทำงานจากคอลัมน์ โดยเห็นว่าน้ำล้างที่ใช้ในคอลัมน์ จะส่งผลให้เกิดการลดแร่มลทินใน cleaning zone เท่านั้น ดังนั้นจึงควรแยกชั้นที่เกิดปรากฏการณ์นี้ออกจาก collection zone ทำให้สามารถควบคุม froth depth ได้ง่ายขึ้น ต่อจากนี้ยังพบว่าคอลัมน์ที่ใช้นั้นมีความสูงมากประมาณ 10-20 เมตร แต่จะมี froth depth เพียง 0.5-1.0 เมตร เท่านั้น ปริมาตรส่วนใหญ่จะเป็น Collection zone ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการเดินทางของอนุภาคในคอลัมน์ (residence time) นานเกินไป ความสูงของคอลัมน์นี้ยังเป็นการเพิ่มค่าใช้จ่ายอีกด้วยทั้งในการสูบ (pumping) แร่ป้อนขึ้นไปยังจุดป้อนแร่ที่สูงมาก และการผลิต compressed air ที่มีความดันที่สูงกว่าความดันซึ่งเกิดจาก hydrostatic head ของแร่ผสมน้ำในคอลัมน์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงคิดสร้างคอลัมน์ที่ไม่ต้องการความสูงนัก ลดปริมาตรของ Collection zone ให้น้อยลงที่สุดและเครื่องลอยแร่นี้เรียกว่า Jameson cell เพื่อเป็นเกียรติแก่ผู้ประดิษฐ์ ซึ่งรูปร่างของ Jameson cell ซึ่งเป็นการรวมเอาคอลัมน์และเซลล์ลอยแร่มาประกอบเข้าด้วยกันในที่นี้ตัวคอลัมน์จะเรียกว่า Downcomer แร่ป้อนซึ่งได้รับการปรับสภาพผิวให้เหมาะแก่การลอยแล้วจะถูกป้อนสู่ Downcomer โดยผ่านหัวฉีด (nozzle) ทำให้ความดันทางตอนบนของ Downcomer มีค่าน้อยกว่าความดันของบรรยากาศ ดังนั้นอากาศ (Air) จึงถูกดูดเข้ามาใน Downcomer โดยอัตโนมัติ อนุภาคในแร่ป้อนจะชนกับอากาศเกิดเป็นฟอง (Froth) ซึ่งประกอบด้วยปริมาตรของอากาศประมาณ 50-60% จะไหลลงสู่เซลล์หรือถัง แร่ที่ลอยได้ดีก็จะเกาะฟองอากาศลอยขึ้นไปยังตอนบนของเซลล์ซึ่งมี

น้ำล้างขจัดแร่มลทินฉีดอยู่เหนือเซลล์ จากนั้นแร่ลอยก็จะไหลล้นไปเป็นหัวแร่ ส่วนหางแร่จะถูกดูดออกทางตอนล่างของเซลล์

จากการทดลองใช้ Jameson cell ซึ่ง Downcomer มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 เมตร สูง 1.1 เมตร ในการลอยแร่สังกะสีที่ Mount Isa Mines Limited เปรียบเทียบกับคอลัมน์ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.0 เมตร สูง 10 เมตร ปรากฏว่าหัวแร่ที่แต่งได้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน แต่ residence time ใน Jameson cell เพียง 10 นาที

ในปัจจุบัน Jameson cell ก็เป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมแต่งแร่มากได้มีการใช้ Jameson cell ในเหมืองหลายแห่งในประเทศออสเตรเลีย เช่น ที่ Newlands Coal สามารถลอยถ่านหินขนาด 100 ไมครอนที่มีปริมาณเถ้า (ash) ปนอยู่ 15-45% ได้ถ่านหินที่สะอาดขึ้นมีเถ้าปน 10% และได้ recovery สูงถึง 92% โดยใช้ Jameson cell 2 ตัว ที่ Mount Isa Mines ใช้ Jameson cell เพียง 1 ตัว ในการลอยแร่ตะกั่ว/สังกะสีได้หัวแร่ที่ประกอบด้วย 65% Pb และ 5% Zn ขณะที่ได้หัวแร่ 55% Pb และ 10% Zn จากการแต่งแร่ด้วยเซลล์ลอยแร่จะเห็นว่าการลอยแบบเลือกชนิด (Selectivity) โดย Jameson cell มีประสิทธิภาพกว่า และเมื่อเดือนเมษายน ปี ค.ศ. 1991 Jameson cell ก็ประสบความสำเร็จในการลอยแร่ทองแดงที่ Mamut Copper Mines Sbn Bhd ในรัฐซาบาห์ ประเทศมาเลเซีย นอกจากนี้แล้วได้มีการนำเอา Jameson cell ไปใช้ในการลอยแร่ขั้นต้น (Rougher) และได้ผลดีด้วย โดยสามารถผลิตหัวแร่สะอาด (final concentrate) ได้ทันทีจากการลอยในขั้นต้นเพียงขั้นเดียว

นับว่า Jameson cell เป็นเทคโนโลยีที่น่าสนใจอีกก้าวหนึ่งของการลอยแร่ที่ลดค่าใช้จ่ายทั้ง Capital และ Operating costs เนื่องจากไม่ต้องใช้ตัวผลิตฟองอากาศ เช่น ตัวเป่าลม หรือ คอมเพรสเซอร์ และดูเหมือนว่า Operating cost จะเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของคอลัมน์

การพัฒนาทางเทคโนโลยีการลอยแร่ได้ก้าวหน้าไปอย่างมาก นับตั้งแต่การนำเอาวิธีการใช้น้ำล้างมาประยุกต์ใช้กับเซลล์ลอยแร่ไปจนถึงเครื่องลอยแร่ที่มีรูปร่างและการทำงานแปลกแตกต่างไปจากเดิม ซึ่งในปัจจุบันการยอมรับเอาเทคโนโลยีอันใหม่นี้มาใช้ในขนาดอุตสาหกรรมได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จะเห็นว่ามีการเอาคอลัมน์หรือเจมสันเซลล์เข้าร่วมทำงานในการจะใช้ในการลอยแร่แต่งแร่ด้วย ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ในการลอยแร่ขั้นสะอาด (Cleaner circuit) เนื่องจากหัวแร่ที่ได้มีเกรดสูง แร่มลทินที่ปะปนขึ้นไปถูกขจัดหรือถูกลดปริมาณลง อย่างไรก็ตามถึงแม้ว่าจะมีการคิดค้นเครื่องมือแบบใหม่ ๆ ออกมา เซลล์ลอยแร่ก็ยังคงมีการใช้ต่อไปโดยเฉพาะในการลอยแร่ขั้นต้น (Rougher circuit) ซึ่งเน้นที่การเก็บแร่ให้ได้มากที่สุด ดังนั้นในการเลือกใช้เครื่องมือในการลอยแร่จะต้องคำนึงถึงขั้นตอนของการใช้งานด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อให้เกิดผลตอบแทนสูงสุดนั่นเอง