หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ข้อมูลพื้นฐานในการลอยแร่ฟลูออไรต์

3.1 ฟลูออไรต์ (Fluorite) หรือ ฟลูออสปาร์ หรือ พลอยอ่อน

3.1.1 ชื่อแร่ รากฐานเดิมมาจากภาษาลาติน 'Fluere' หมายถึงการไหล(Flow) เพราะเหตุที่แร่ชนิดนี้หลอมละลายได้ง่ายกว่าแร่อื่นบางตัว แร่ฟลูออไรต์บางชนิดหรือบางแหล่งเรืองแสงได้ (Fluorescence) คำว่า Fluorite จึงแปรเปลี่ยนมาจากคำว่า Fluorescence นั่นเอง (ทรัพยากรธรณี, 2526)

3.1.2 คุณสมบัติทางฟิสิกส์ รูปผลึกระบบไอโซเมทริก รูปผลึกมักจะพบเกิดในลักษณะรูปลูกเต๋าหรือเกิดเป็นรูปลูกเต๋าสองลูกฝังซ้อนกันเป็นผลึกแฝด (Twin) หรืออาจเกิดในลักษณะเนื้อแน่นหรือแบบมวลเม็ดเกาะอัดกันแน่น ซึ่งมีทั้งแบบที่เกิดเป็นชั้น ๆ เหมือนขนมชั้น อาจจะเป็นชั้นที่มีเนื้อฟลูออไรต์ล้วน ๆ แต่ต่างสีกันหรือชั้นของฟลูออไรต์สลับกันเอง หรือกับควอร์ตซ์เนื้อเนียนละเอียดก็ได้ หรือมีเนื้อเหมือนน้ำตาลทรายหรือมองดูคล้ายหินทรายโดยทั่วไป อาจมีเนื้อเนียนละเอียดยิบซึ่งมองดูคล้ายควอร์ตซ์หรืออาจเกิดในลักษณะเป็นลูกเหมือนพวงองุ่น(Botryoidal)

ฟลูออไรต์มีแนวแตกเรียบที่สมบูรณ์ 4 ทาง ซึ่งเมื่อแตกออกมาแล้วจะมีลักษณะเหมือนรูปปิรามิดประกบกัน 2 ด้าน อาจทำให้หลงผิดคิดว่าเป็นรูปผลึกที่แท้จริงได้ แข็ง 4 ค่า ถ.พ.แปรเปลี่ยนได้ตั้งแต่ 3.Ø1-3.26 บางครั้งอาจจะสูงได้ถึง 3.6 เนื่องจากมีธาตุอิตเทรียม Yitrium และ ซีเรียม Cerium รวมอยู่ด้วย โดยปกติส่วนใหญ่มักจะมีควอร์ตซ์ปะปน วาวคล้ายแก้ว สีผงละเอียดของแร่สีขาว โปร่งใสถึงกึ่งโปร่งแสง มีหลายสี เช่น สีขาว เขียวอ่อน เขียวมรกต เหลืองอมน้ำตาล น้ำเงินอมเขียว น้ำเงินคล้ำค่อนข้างดำ และสีม่วง พวกที่มีเนื้อสมานแน่นมักจะมีแถบสีสลับกันให้เห็นเป็นชั้น ๆ

3.1.3 คุณสมบัติทางเคมี สูตรเคมี CaF_2 มี Ca 51.3% F 48.7% บางตัวอย่างอาจมีธาตุหายากรวมอยู่ด้วย โดยเฉพาะธาตุ Yttrium และ Cerium ซึ่งเกิดเข้าแทนที่ธาตุแคลเซี่ยม

3.1.4 ลักษณะเด่นและวิธีตรวจ หากพบเกิดเป็นผลึกจะมีลักษณะเหมือนลูกเต๋า หรืออาจเกิดเป็นแบบผลึกแผดมีแนวแตกเรียบ 4 แนว ทำให้เห็นเป็นรูปปิรามิดสองอันประกบกัน เอามีดขีดดูจะเป็นรอยหรือนำฟลูออไรต์ไปขีดแก้วดูจะขีดไม่เข้าผิดกับควอร์ตซ์ซึ่งขีดกระจกเข้า หากในเนื้อฟลูออไรต์มีควอร์ตซ์ฝังประกระจายก็ทำให้ยุ่งต่อการตรวจความแข็งและทำให้เข้าใจผิดได้ โดยปกติหยดกรดเกลือลงไปจะไม่ฟู ซึ่งเป็นข้อแตกต่างกับหินปูนหรือแคลไซต์ แต่ในบางครั้งฟลูออไรต์ก็อาจเกิดรวมอยู่กับหินปูนจึงฟู่กับกรดได้ ใส่กรดกำมะถันเข้มข้นและร้อนจะสลายตัวให้ควันของกรดกัดแก้ว(อันตรายมาก) วิธีตรวจอีกอย่างหนึ่งคือนำสารละลาย Sodium Alizarin Sulphonate ($Co.C_6H_4.Co.C_6H(OH)_2SO_3N$) ซึ่งมีสีเหลืองผสมกับสารละลาย Zirconnium Nitrate ในกรดเกลือจะทำให้สารละลายผสมมีสีม่วงแดง ถ้าเอาสารละลายนี้ใส่บนฟลูออไรต์ทิ้งไว้สักครู่ สารละลายที่ใส่ลงไปจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง แสดงว่าตัวอย่างนั้นเป็นฟลูออไรต์

3.1.5 การกำเนิด พบเกิดได้หลายแบบเช่นแบบสายแร่ แบบกรรมวิธีของก๊าซ (Pneumatolytic Deposits) แบบแทนที่ในหินท้องที่ เช่น หินปูน หินดินดาน และหินทราย เป็นต้น แบบที่เกิดเป็นเพื่อนแร่ในสายเปกมาไทต์ (Pegmatite) หรือเป็นแร่ประกอบหินในหินอัคนี

3.1.6 แหล่ง ในประเทศไทยนับว่าเป็นแหล่งผลิตที่สำคัญของโลกแห่งหนึ่ง ได้พบในบริเวณจังหวัดเชียงใหม่ ลำพูน แม่ฮ่องสอน ลำปาง เชียงราย แพร่ อุตรดิตถ์ สุโขทัย กำแพงเพชร ตาก นครสวรรค์ อุทัยธานี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี ราชบุรี เพชรบุรีและกระบี่ ในต่างประเทศ พบในเยอรมันตะวันตก ฝรั่งเศส อังกฤษ สเปน อิตาลี ประเทศกลุ่มคอมมิวนิสต์ แคนาดา เม็กซิโก (ซึ่งเป็นแหล่งผลิตฟลูออไรต์รายใหญ่ที่สุดของโลก) สหรัฐอเมริกา อาร์เจนตินา ชิลี สหภาพอาฟริกาใต้ ตูนิเซีย เกาหลีใต้ มองโกเลีย และญี่ปุ่น

3.1.7 ประโยชน์ ใช้เป็น Flux ในการถลุงเหล็กเพื่อช่วยให้สิ่งเจือปนในเหล็ก เช่น กำมะถัน ฟอสฟอรัส หลอมตัวเข้าไปรวมในตะกรันและช่วยให้ตะกรันไหลได้ง่ายด้วย ใช้ในการทำ Opalescent Glass ทำกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) ใช้ในอุตสาหกรรมทำอลูมิเนียม ทำอุปกรณ์ทางกล้องจุลทรรศน์ ใช้ผสมทำวัสดุเคลือบเหล็กและเหล็กกล้า ใช้ผสมทำอิฐพิเศษบางอย่าง ใช้ในอุตสาหกรรมผลิต Fiber Glass ก๊าซพวก Freon นับว่าเป็นก๊าซที่สำคัญ ใช้ในเครื่องทำความเย็นแบบต่าง ๆ ซึ่งไม่มีพิษเมื่อเกิดการรั่วขึ้นมา และอุตสาหกรรมผลิตแก้วชนิดต่าง ๆ ฯลฯ ในปัจจุบันแร่ฟลูออไรต์ส่วนใหญ่มักจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้ามากที่สุด รองลงมาก็เป็นอุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตอลูมิเนียม และอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

3.2 การลอยแร่ฟลูออไรต์เกรดเคมี

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิต-ส่งออกแร่ฟลูออไรต์รายใหญ่ของโลกรายหนึ่ง แร่ฟลูออไรต์ที่ส่งออกไปจำหน่ายต่างประเทศโดยมากเป็นแร่ฟลูออไรต์เกรดโลหะกรรม อย่างไรก็ตามในช่วงที่ภาวะราคาตลาดของแร่ฟลูออไรต์สูงมีสามโรงงานในประเทศไทยที่ผลิตแร่ฟลูออไรต์เกรดเคมีออกจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งเป็นของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่ง จำกัด บริษัทกระบี่ฟลูออไรท์ จำกัด และบริษัทตาดดาว จำกัด แร่ฟลูออไรต์ที่ผลิตและจำหน่ายไปต่างประเทศ มีคุณสมบัติโดยทั่ว ๆ ไปดังนี้

	CaF_2	ไม่ต่ำกว่า	97.0%
	SiO_2	ไม่สูงกว่า	1.0%
	$CaCO_3$	ไม่สูงกว่า	1.0%
	ความชื้น	ไม่สูงกว่า	10.0%
ขนาด	+ 100 เมช	5 - 20 %	
	+ 150 เมช	10 - 25 %	
	+ 200 เมช	10 - 25 %	
	- 325 เมช	30 - 60 %	

3.2.1 การดำเนินการลอยแร่ สิ่งที่สำคัญของการดำเนินการลอยแร่คือ

1) แร่ป้อน สิ่งที่ต้องพิจารณาในส่วนของแร่ป้อนมี ขนาดแร่ป้อน, การบด, การคัดขนาด, %CaF_2, %SiO_2, %$CaCO_3$, %$BaSO_4$, แร่แต่งง่ายหรือแต่งยาก, ชนิดของแร่, ขนาดของเม็ดแร่ที่จะแตกตัวเป็นอิสระ แร่ป้อนควรจะมีขนาดและเกรดสม่ำเสมอ และเป็นขนาดที่เหมาะสมด้วย การสำรองแร่เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง แร่ป้อนสำหรับโรงงานขนาดเล็ก (100-500 ตันของแร่ป้อนต่อวัน) ควรจะมี % CaF_2 50-75% และแร่ฟลูออไรต์บางแหล่งเท่านั้นที่สามารถนำมาแต่งด้วยวิธีการลอยแร่โดยได้หัวแร่ที่มีคุณภาพสูง นอกจากนี้ปริมาณของมลทินที่สำคัญอันได้แก่ PbS, FeS_2, $BaSO_4$, และ $CaCo_3$ ก็มีผลต่อน้ำยาที่ใช้และขั้นตอนการแต่งแร่ ซึ่งจะต้องนำมาพิจารณาอย่างละเอียดรอบคอบ

ตารางที่ 3.1

แสดงผลการลอยฟลูออไรต์ของแร่ป้อนที่มาจากเหมืองต่าง ๆ

แหล่งแร่	แร่ป้อน		หัวแร่			ประสิทธิภาพการแต่งแร่
	CaF_2	$CaCO_3$	CaF_2	$CaCO_3$	SiO_2	
พนมทวน	63.31	0.98	97.50	0.68	0.39	74.31
เขารวก	54.83	4.86	98.46	0.50	0.51	75.74
กระทะใหญ่	65.47	2.58	97.24	0.64	1.20	91.17
สลักพระ	52.36	4.47	98.08	0.76	0.73	70.43
บ้านโฮ่ง	64.69	0.67	96.75	0.63	2.12	86.73
สีม่วง	48.13	0.85	98.40	0.62	0.83	69.87
ตอม	38.80	0.75	97.92	0.67	0.83	63.75
กิ่งกาน	42.09	1.07	97.67	0.40	1.37	87.44
จอมทอง	40.50	10.01	97.21	1.33	0.90	76.10
วิโรจน์	68.40	0.14	99.02	0.20	0.31	79.04

การเตรียมแร่ป้อนสำหรับการลอยแร่ เพื่อให้ได้แร่ป้อนที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการคือ สามารถลอยได้หัวแร่ตามเกรดที่ต้องการ มีการเก็บแร่ได้สูง และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลอยแร่ต่ำ ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหลายประการ อาทิเช่น คุณสมบัติทางเคมีและทางฟิสิกส์ ความยากง่ายในการลอยแร่แต่ละแหล่งเป็นต้น การนำตัวแปรและข้อจำกัดต่าง ๆ เหล่านี้มาสัมพันธ์กันเพื่อหาอัตราส่วนการผสมแร่ป้อนที่เหมาะสมที่สุด โดยใช้เทคนิคการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programing) เป็นวิธีการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพ การหาคุณสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ของแร่จากแต่ละแหล่งทำได้โดยการวิเคราะห์ทดสอบในห้องทดลอง ความยากง่ายในการลอยได้ทดสอบโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์การหลุดแยก (Release Analysis) ของแร่ในการลอยแร่ ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้สมการเชิงเส้น โดยกำหนดให้มีค่าเก็บแร่ได้ (Recovery) สูงสุด และให้ดัชนีค่าใช้จ่ายในการลอยแร่ต่ำสุด บอกถึงอัตราส่วนที่เหมาะสมของแร่ป้อนที่จะเข้าสู่วงจรลอยแร่ (สุรชัย ปัทมศรีรัตนา, ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 2529)

2) การลดขนาดแร่ เป็นขั้นหนึ่งที่สำคัญมากในขบวนการแต่งแร่ เพราะช่วยให้แร่ที่มีค่าหลุดแยกเป็นอิสระจากมลทินที่เกิดร่วมกัน และมีขนาดที่เหมาะสมกับการแต่งแร่ขั้นต่อไป ทำให้แต่งแร่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ การบดแร่ (Grinding) เป็นขั้นตอนการลดขนาดขั้นสุดท้ายต่อจากการย่อยแร่ (Crushing) ซึ่งมักต่อเป็นวงจรปิดกับอุปกรณ์การคัดขนาด เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการบดแร่ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการบดแร่ในปัจจุบัน สามารถแบ่งเป็น 2 แนวทางด้วยกันคือการอิงพลังงานที่ใช้ในการบด (Energy Approach) ซึ่งใช้ในการทำนายถึงพลังงานที่ต้องใช้ในการบดกับการลดขนาดของแร่ อันเป็นหลักการออกแบบหม้อบดในหลายกรณี และการอิงกลไกการแตกหัก (Mechanistic Approach) ซึ่งช่วยทำนายการกระจายตัวของแร่ที่ได้จากการบด ทำให้สามารถเลียนแบบกระบวนการของวงจรการบดแร่โดยใช้ร่วมกับแบบจำลองของการคัดขนาดได้ (ฐิติศักดิ์ บุญปราโมทย์, ขวัญชัย ลีเผ่าพันธุ์, 2529) สำหรับในทางปฏิบัติสินแร่จากหน้าเหมืองจะต้องผ่านการย่อยให้มีขนาด 1/2" ทั้งหมด แล้วจึงจะป้อนเข้าเครื่องบด (Ball mill) กำลังขับเครื่องบดควรรักษาให้ได้ประมาณ 95%-98% ของกำลังเครื่อง ความเข้มข้นของแร่ในน้ำ (%solid) ในเครื่องบดควรรักษาไว้ที่ 68%-70% ชนิดและขนาดของลูกเหล็กที่ใช้จะต้องเลือกให้เหมาะสม และจะต้องทำการตรวจสอบคุณภาพการบดทุกวัน

สำหรับการคัดขนาดนิยมใช้ สไปราล คลาสสิไฟเออร์ (Spiral Classifier) และไฮโดรไซโคลน (Hydrocyclone) การทำงานของสไปราล คลาสสิไฟเออร์สรุปได้ดังนี้

1) Overflow ของ Classifier หยาบเกินไป มักเกิดจากสาเหตุดังนี้

- แร่ป้อนเข้า Classifier หยาบ แก้ไขโดยปรับระบบการบด
- น้ำน้อย (% Solids สูง) แก้ไขโดยเปิดน้ำมากขึ้น
- Overflow Wier ต่ำ แก้ไขโดยเสริมให้ Weir สูงขึ้น
- แร่ป้อนมากเกินไป แก้ไขโดยลดอัตราป้อนแร่
- ความเร็วการหมุนของเกลียวมากเกินไป

2) Overflow ของ Classifier ละเอียดเกินไป มักเกิดจากสาเหตุดังนี้

- แร่ป้อนมีขนาดละเอียด แก้ไขโดยเพิ่มอัตราป้อนแร่
- น้ำมากเกินไป (% Solids ต่ำ) แก้ไขโดยเปิดน้ำน้อยลง
- Weir สูงเกินไป แก้ไขโดยลด Weir ต่ำลง

ส่วนการทำงานของไซโคลนใช้หลักการแยกแร่ป้อนที่หยาบ(ไหลลงล่าง)ออกจากแร่ป้อนที่ละเอียด (ไหลขึ้นบน) ส่วนที่ละเอียดไหลขึ้นบนนั้นควรมีความเข้มข้นแร่ปนน้ำ(%Solids)ประมาณ 30% และมีแร่ละเอียดขนาดเล็กกว่า 325 เมชประมาณ 65% แร่ขนาดโตกว่า 100 เมช ไม่เกิน 2% ส่วนแร่หยาบที่ไหลลงล่างควรมีความเข้มข้นแร่ปนน้ำ(%Solids)ประมาณ 60%-70% ในส่วนของแร่ละเอียดที่ไหลขึ้นบน สามารถทำให้มีขนาดละเอียดมากขึ้นโดยวิธีดังนี้

- ลดขนาดทางออกของส่วนที่ไหลขึ้น (Vortex Finder)
- เพิ่มความเร็วของการป้อนแร่เข้าไซโคลน
- ลดความเข้มข้นแร่ปนน้ำ (%Solids) ของแร่ป้อนไซโคลน
- ลดขนาดทางเข้าของแร่ป้อน (Inlet Liner)

ในทางกลับกันถ้าต้องการให้แร่ในส่วนที่ไหลขึ้น มีความหยาบเพิ่มขึ้นก็ต้องใช้วิธีการตรงกันข้ามกับที่กล่าวมา ในสภาพใดก็ตามการเปลี่ยนขนาดของทางออกของส่วนที่ไหลลง (Apex) ยากที่จะควบคุมการไหลของส่วนที่ขึ้นได้ แต่สามารถควบคุมลักษณะการไหลของส่วนที่ไหลลงให้ถูกต้องได้ คือ มุมกรวยของลักษณะการไหลประมาณ 20-30° ถ้าส่วนที่ไหลลงของไซโคลนออกมามีลักษณะเป็นเกลียว นั่นแสดงว่าในส่วนนี้มีความเข้มข้นแร่ปนน้ำ (%Solids) มากควรใช้ขนาดให้กว้างขึ้น

และถ้าลักษณะการไหลมีลักษณะคล้ายการสเปรย์ หรือคล้ายใบพัด แสดงว่าความเข้มข้นแร่ในน้ำ (%Solids) น้อยควรใช้ขนาดทางออกส่วนล่างที่แคบลง

3.2.2 น้ำยาที่ใช้ในการลอยแร่ฟลูออไรต์

3.2.2.1 น้ำยาเคลือบผิวแร่ (Collector)

1) กรดโอลีอิก (Oleic Acid) สูตรเคมี $C_{18}H_{37}O_2$ เป็นของเหลวข้นผ่านการกลั่น (Distilled) ด้วยหนึ่งหรือสองขบวนการ อัตราการใช้ปกติอยู่ระหว่าง Ø.1-1.5 กก.ต่อตันแร่ป้อน มักเติมในช่วงเซลล์ชุดขั้นต้น (Rougher Cells) และเซลล์ชุดขั้นสะอาด (Scavenger)

2) น้ำยาเคลือบผิวแร่ W-229 เป็นน้ำยาชนิดใหม่ที่ผลิตโดยบริษัทไมนิ่งดีไซน์ (Mining Design) น้ำยาชนิดนี้ไม่ต้องใช้น้ำยาเคลือบฟอง (Frother) ต้องการเวลาในการปรับสภาพน้อย ใช้ได้ดีกับแร่ที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตปนอยู่มาก เหมาะกับแร่ฟลูออไรต์เป็นอย่างยิ่งโดยแทบจะไม่จำเป็นต้องปรับ pH หรือใช้น้ำยากดแร่ (Depressant) เช่น โซเดียมซิลิเกต น้ำแป้ง เดกซ์ทริน หรือ คิวบราโซ แต่ในทางปฏิบัติจะมีปัญหาในการป้อนน้ำยา และมีฟองมากยากแก่การควบคุม

3.2.2.2 น้ำยาปรับสภาพ (Modifier)

ก. สารกดเม็ดแร่ (Depressant)

1) น้ำแป้ง (Caustic Starch) เป็นสารที่ทำให้เกิดการรวมกลุ่มของแร่ช่วยให้กรดไขมันไปเคลือบผิวแร่ฟลูออไรต์ได้ดีขึ้น และเป็นตัวกดซิลิก้า (Silica) การเติมน้ำยาชนิดนี้ต้องควบคุมอย่างระมัดระวัง เพราะถ้ามากเกินไปจะเกิดการกดแร่ลงได้ สัดส่วนและการปฏิบัติเพื่อเตรียมสารละลายน้ำแป้ง ที่สำคัญอย่างยิ่งคือสัดส่วนของโซเดียมไฮ-

ดรอกไซด์หรือที่เรียกว่า โซดาไฟ (Sodium Hydroxide,NaOH) กับการทำให้เจือจางโดยน้ำ ถ้าเติมโซดาไฟไม่เพียงพอแป้งจะไม่เกิดการแตกตัวอย่างดี และถ้าเติมโซดาไฟมากเกินไปจะทำให้ได้ไอออนของไฮดรอกไซด์ (Hydroxide Ion, OH^-) เกิดขึ้นในกระบวนการลอยแร่ซึ่งไม่เป็นที่ต้องการในการลอยแร่ โดยธรรมชาติแล้วน้ำแป้งนี้มีฤทธิ์เป็นด่าง แต่มันก็ไม่เคยถูกใช้ในการปรับความเป็นกรด-ด่าง (pH) น้ำแป้งมีอายุการใช้งานสั้น ดังนั้นควรเตรียมของใหม่เพื่อใช้ในแต่ละวัน ถ้าน้ำแป้งถูกเตรียมไว้นานกว่า 24 ชั่วโมงควรทิ้งไปแล้วเตรียมของใหม่ขึ้นเพื่อนำไปใช้ น้ำแป้งจะเติมช่วงเซลล์ชุดลอยขั้นต้น อัตราการใช้ Ø.Ø1-2.Ø กก.ต่อตันแร่ป้อน

2) เดกซ์ทริน (Dextrin :Dextrose Monohydrate Polymer) สูตรเคมี $(C_6H_{10}O_5)n$ เดกซ์ทรินนับได้ว่าเป็นน้ำแป้งเหลว (Soluble Starch) ซึ่งเดกซ์ทรินที่ทำจากแป้งมันสำปะหลังจะมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกว่าเดกซ์ทรินที่ทำจากแป้งข้าวโพด ใช้ผสมกับโซดาไฟ (Caustic Soda) เรียกว่า น้ำแป้งเดกซ์ทริน (Caustic Dextrin) ใช้เป็นตัวตกตะกอน (Flocculant) และยังทำหน้าที่กดซิลิกา (Silica) มักจะเติมช่วงเซลล์ชุดลอยขั้นต้น อัตราการใช้ Ø.Ø1-Ø.5 กก.ต่อตันแร่ป้อน

3) โซเดี่ยมซิลิเกต (Sodium Silicate) สูตรเคมี Na_2SiO_3 ใช้เป็นตัวกดซิลิกา และการกระจายอนุภาคขนาดเล็ก (Deslime) ถ้าเติมมากเกินไปจะทำให้แร่ฟลูออไรต์ไม่ลอยดังนั้นต้องควบคุมอยู่เสมอ มักเติมช่วงเซลล์ชุดขั้นสะอาด อัตราการใช้ Ø.2-2 กก.ต่อตันแร่ป้อน

4) ดิวบราโช (Quebracho) เป็นสารผงที่ได้จากการสกัดจากเปลือกของต้นไม้พวกจีนัส ชินอบซิส (Genus Schinopsis) ได้พวกคอนเดนซ์เทนนิน (Condensed Tannins) ซึ่งประกอบไปด้วยโพลีฟรีนอล (Polyphenols) ใช้เป็นตัวกดแร่แคลไซต์ ถ้าเติมมากไปจะกดแร่ฟลูออไรต์ด้วย การใช้ในอัตราส่วนที่เหมาะสมจะช่วยกดซิลิกาอีกด้วย มักใช้ในช่วงเซลล์ชุดขั้นสะอาด อัตราการใช้ Ø.Ø1-Ø.25 กก.ต่อตันแร่ป้อน

5) โซเดียมไดโครเมต (Sodium Dichromate) สูตรเคมี $Na_2Cr_2O_7$ ใช้เป็นตัวกดแร่แบไรต์ ($BaSO_4$) และแร่กาลีนา (PbS) เหมาะที่จะใช้ในสภาพที่เป็นด่าง อาจเติมโซดาแอชช่วยปรับ pH

6) คอลเล็กซ์ (Collex) คือสารผสมที่เหลือจากโรงงานทำเยื่อกระดาษเป็นส่วนผสมของโซเดียมซัลไฟด์ ลิกนินซัลโฟเนต โซเดียมไฮดรอกไซด์ และ SO_2 ใช้ควบคุม pH และทำหน้าที่กดซิลิกา และแร่แบไรต์

7) แบเรียมคลอไรด์ สูตรเคมี $BaCl_2$ ใช้กดแร่แบไรต์

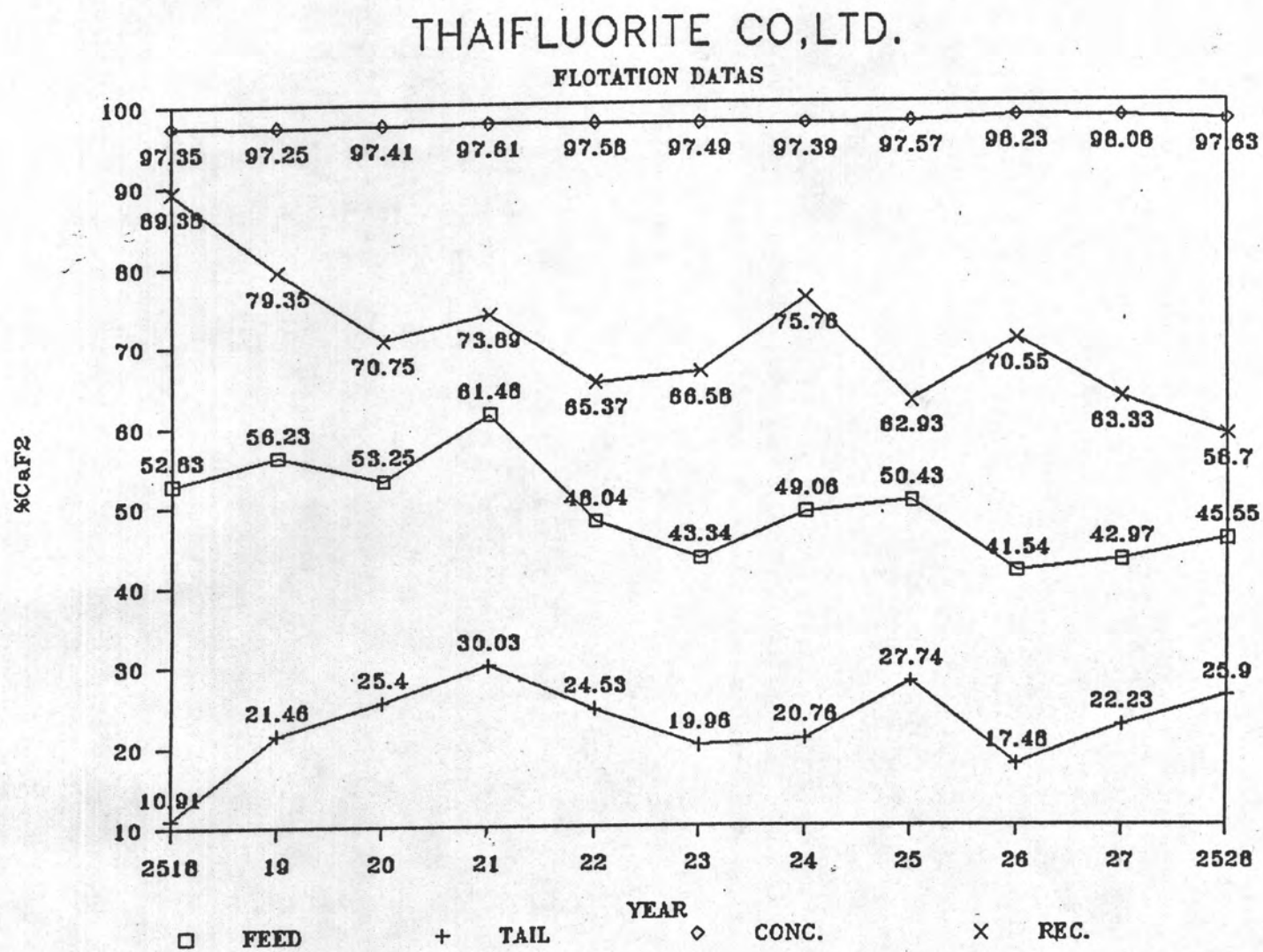
ข. สารปรับ pH (pH Modifier) โดยใช้ โซดาแอช (Soda Ash) สูตรเคมี Na_2CO_3 เป็นตัวทำให้น้ำกระด้างน้อยลง และใช้ปรับความเป็นกรด-ด่างในกระบวนการลอยแร่ ค่า pH จะอยู่ระหว่าง 8.8-9.2 ถ้าค่า pH สูงเกินไปจะทำให้เกิดฟองมาก แร่ลอยมาก และถ้าน้อยเกินไปก็จะทำให้เกิดฟองน้อยแร่ไม่ลอย มักเติมช่วงเซลล์ชุดขั้นต้น อัตราการใช้ Ø.5-1.5 กก.ต่อตันแร่ป้อน

ตัวอย่างกราฟแสดงอัตราการใช้ปริมาณน้ำยาเฉลี่ย (กก.ต่อตันแร่ป้อน) ในช่วงระยะเวลา1Ø ปี ของ บริษัท ไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี

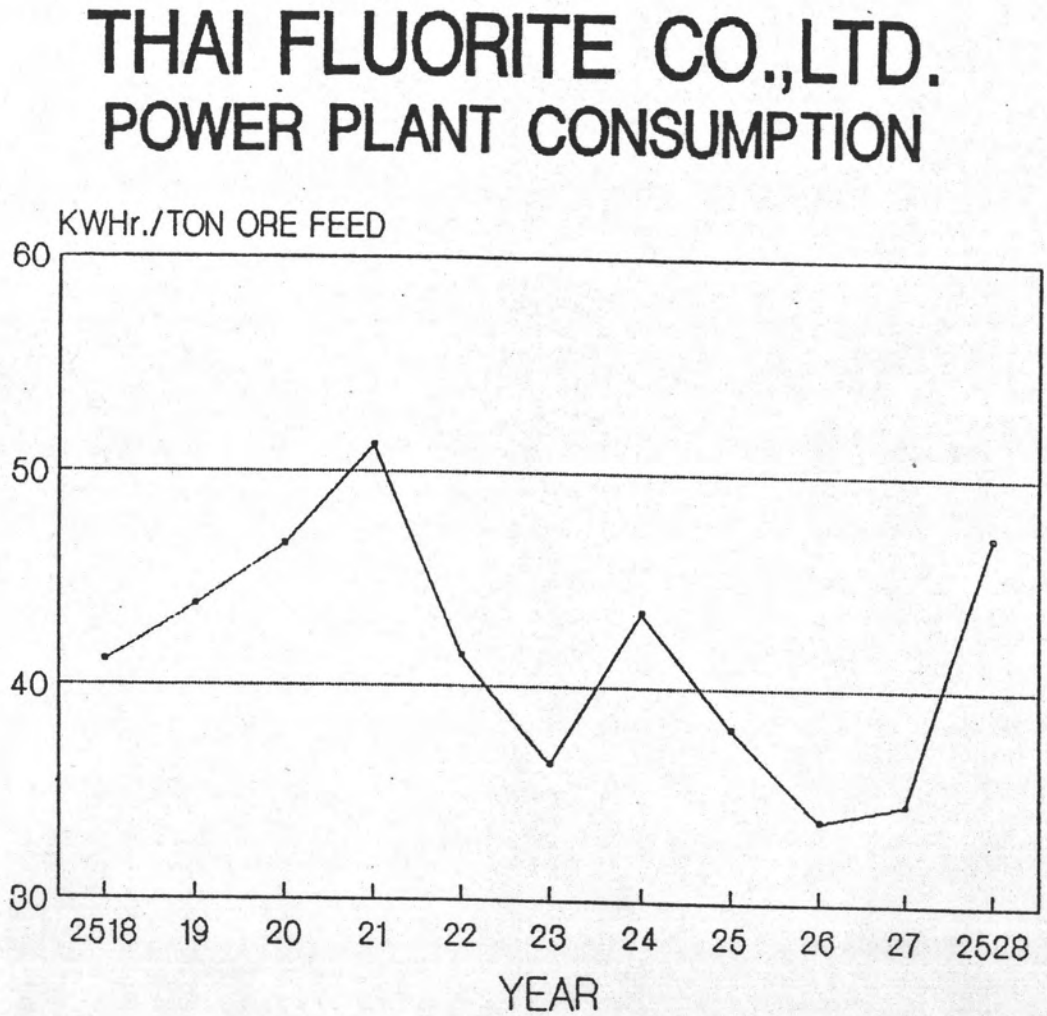
ตารางที่ 3.2

สถิติตัวเลขการปฏิบัติงานของโรงงานลอยแร่บริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

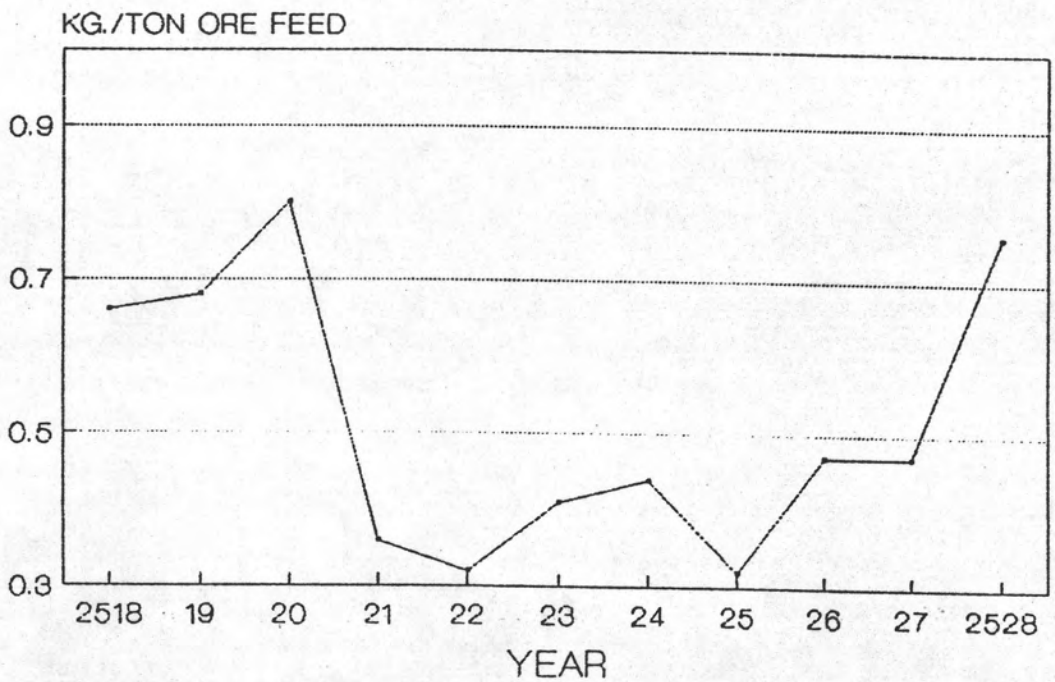
YEAR	2518	2519	2520	2521	2522	2523	2524	2525	2526	2527	2528
Ore to plant CaF2	52.83	56.23	53.25	61.48	48.04	43.34	49.06	50.43	41.54	42.97	45.55
Plant tailing CaF2	10.91	21.46	25.40	30.03	24.53	19.96	20.76	27.74	17.48	22.23	25.90
Concentrate CaF2	97.35	97.25	97.41	97.61	97.58	97.49	97.39	97.57	98.23	98.08	97.63
CaCO3	1.17	1.02	1.08	0.93	0.93	0.91	1.00	0.88	0.61	0.72	0.86
SiO2	0.88	1.00	1.04	1.04	0.99	1.21	1.11	1.06	0.77	0.77	0.97
H2O	10.95	10.73	10.89	10.46	11.11	10.47	10.69	10.81	10.52	9.93	10.86
Recovery wt.	48.50	45.88	33.67	46.54	32.18	29.60	38.16	32.53	29.38	27.79	27.39
Recovery CaF2	89.38	79.35	70.75	73.89	65.37	66.58	75.76	62.93	70.55	63.33	58.70
Cell recovery	90.96	85.61	77.41	77.52	80.80	78.71	83.25	80.64	81.41	76.32	76.76
T/Hr. plant feed	17.27	15.70	17.64	14.93	17.80	18.59	16.15	17.72	17.56	16.95	14.48
					CRUSHER						
Operating Hrs.	4081	5938	3417	2787	6179	5713	4846	3616	2660	2922	2627
T/Hr.	26.00	20.80	19.50	17.60	22.30	27.10	24.00	33.60	38.20	38.70	38.50
					MILL						
Operating Hrs.	6112	7800	7126	4061	7742	8374	7149	6856	5790	6637	7028
Downtime Hrs	2672	960	1514	331	1018	410	1582	1928	2970	2147	1732
Downtime %	30.42	10.96	17.52	7.54	11.62	4.67	18.12	21.95	33.90	24.44	19.77
T/Hr. feed	16.51	14.42	16.84	14.51	17.80	18.59	16.42	17.89	17.72	16.95	14.97
% -325 mesh	58.43	59.15	62.21	54.83				53.92	53.93	49.84	49.73
					KGS/TON MILL FEED						
Grinding ball	0.66	0.68	0.80	0.36	0.32	0.41	0.44	0.32	0.47	0.47	0.76
Collector	1.66	1.64	0.86	0.36	0.29	0.25	0.28	0.22	0.15	0.15	0.24
Starch	1.73	2.16	0.63	0.04		0.12	0.28	0.32	0.33	0.32	0.41
Sod Hydroxide	0.38	0.86	0.17	0.08	0.06	0.12	0.09	0.10	0.10	0.12	0.14
Soda ash	1.18	1.22	0.70	1.26	1.55	1.49	1.29	1.58	1.22	1.40	1.62
Quebracho			0.21	0.11	0.13	0.07	0.12	0.04	0.01	0.03	0.15
Dextrine			0.44	0.38	0.23	0.16	0.04	0.02	0.02	0.01	0.01
Emigol			0.06	0.04	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01
Sod Silicate				0.36	0.23	0.21	0.73	1.21	0.76	0.89	1.79
Magnafloc							0.03	0.02	0.01	0.02	0.02
Alum.										0.79	1.96
Power KWH/Tonfeed	41.13	43.74	46.57	51.19	41.41	36.39	43.46	38.11	33.81	34.62	47.19
Feed ton CaF2/Hr	9.12	8.83	9.39	9.18	8.55	8.06	7.92	8.94	7.29	7.04	6.60
Product CaF2/Hr	8.15	7.01	6.64	6.78	5.59	5.37	6.00	5.62	5.14	4.62	3.87
Ton CaF2/cell/Hr	1.36	1.17	1.11	1.13	0.93	0.90	1.00	0.94	0.86	0.77	0.65



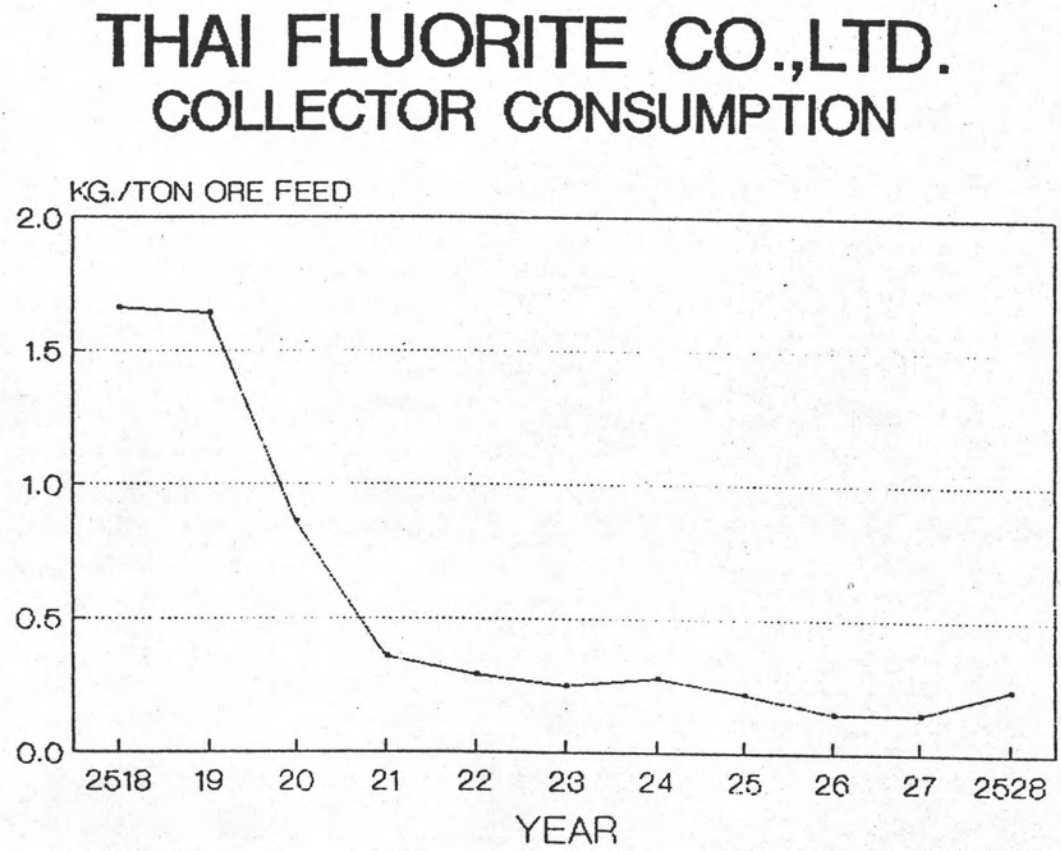
รูปที่ 3.1 ผลการลอยแร่ของโรงงานลอยแร่บริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด



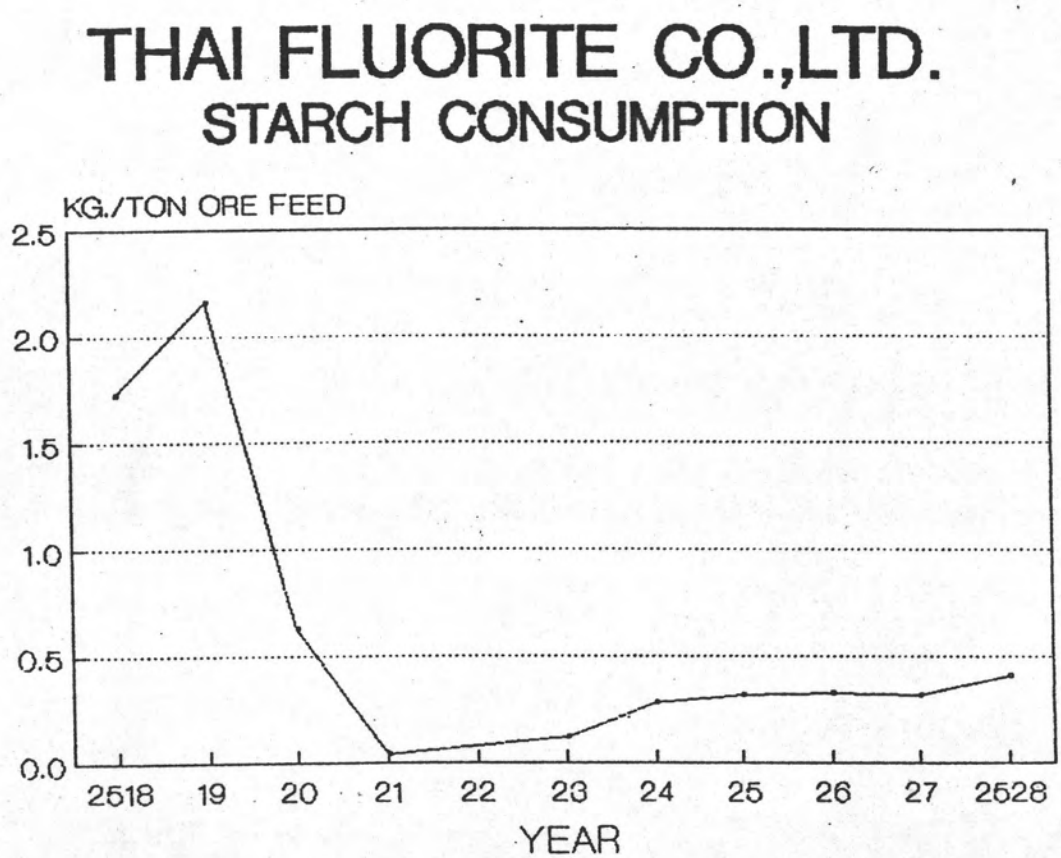
รูปที่ 3.2 อัตราการใช้พลังงานในการบดแร่โดย Ball Mill ของบริษัทไทยฟลูออไรท์ พรอเซสซิ่งจำกัด



รูปที่ 3.3 อัตราการใช้ลูกเหล็กในการบดแร่โดย Ball Mill ของบริษัทไทยฟลูออไรท์ พรอเซสซิ่งจำกัด

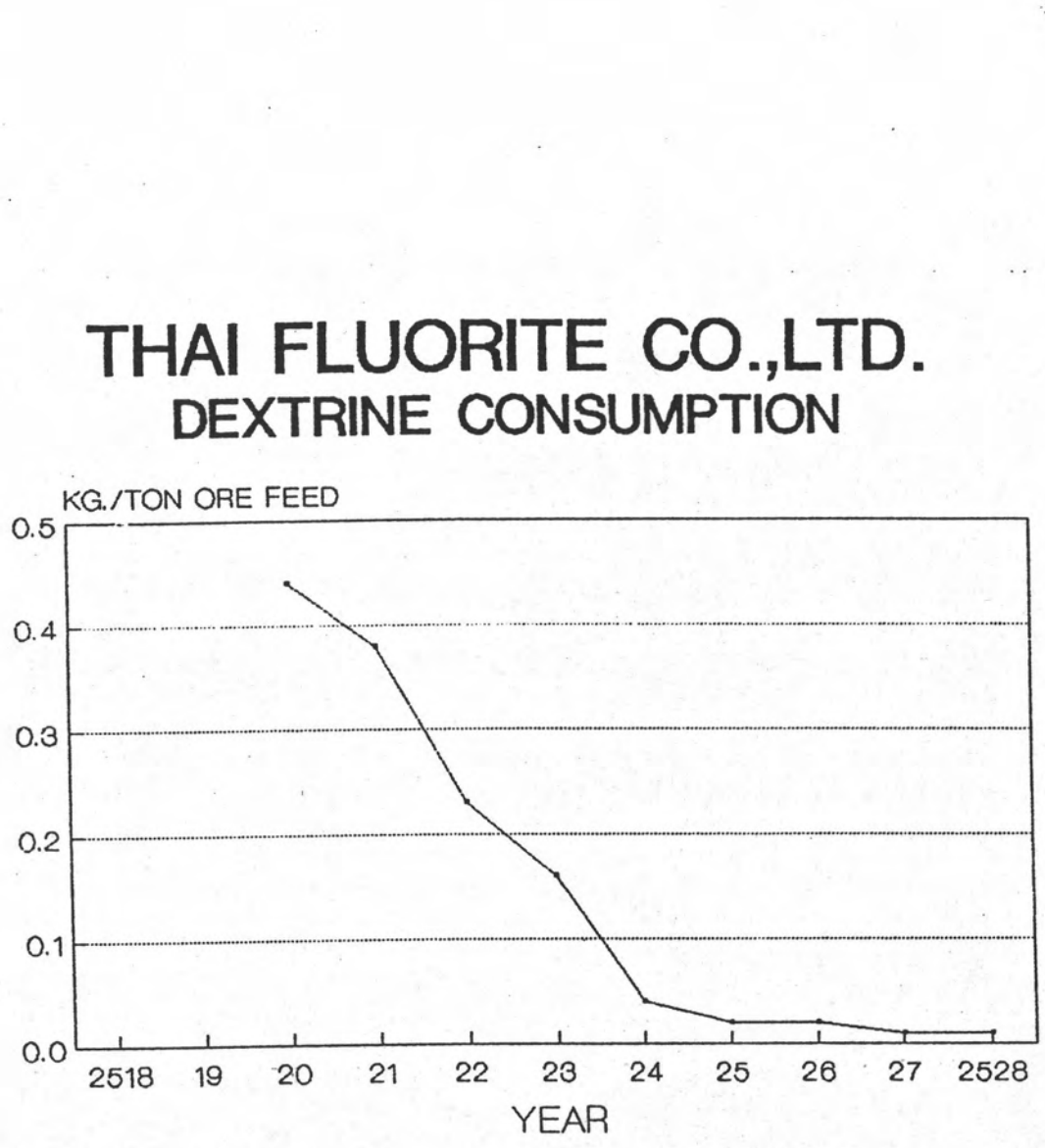


รูปที่ 3.4 อัตราการใช้น้ำยาเคลือบผิวแร่ของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

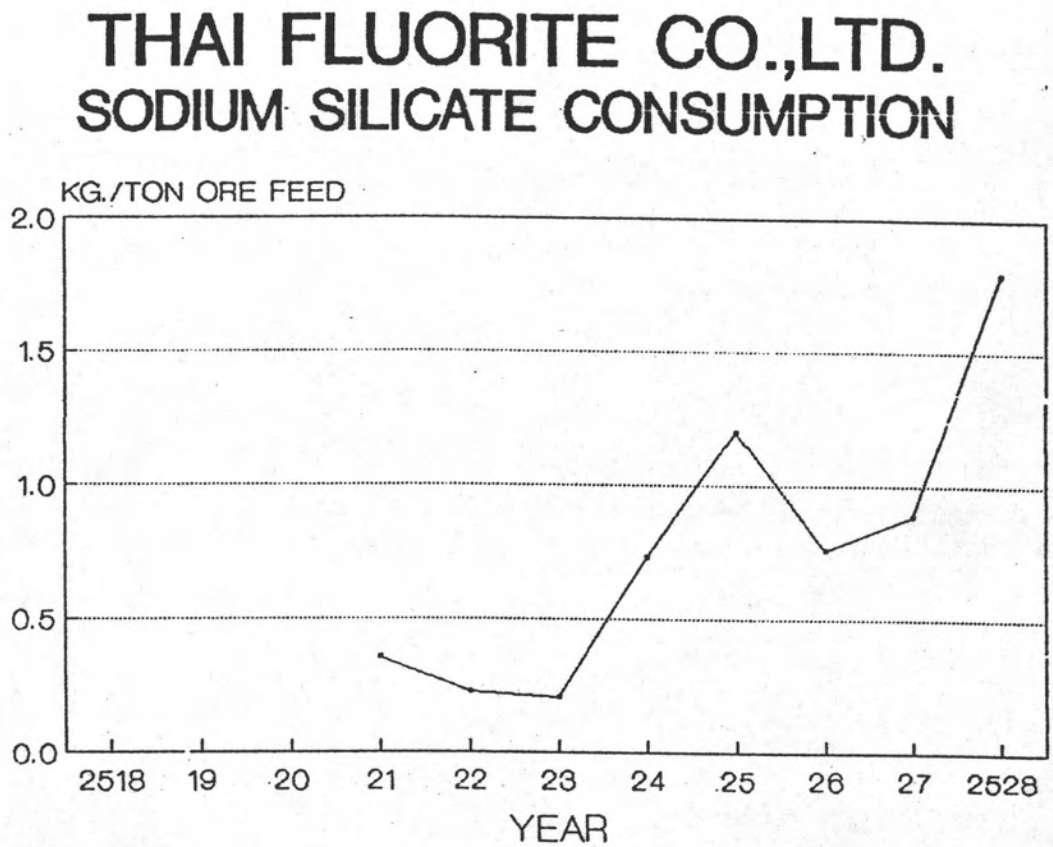


รูปที่ 3.5 อัตราการใช้น้ำแป้งของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

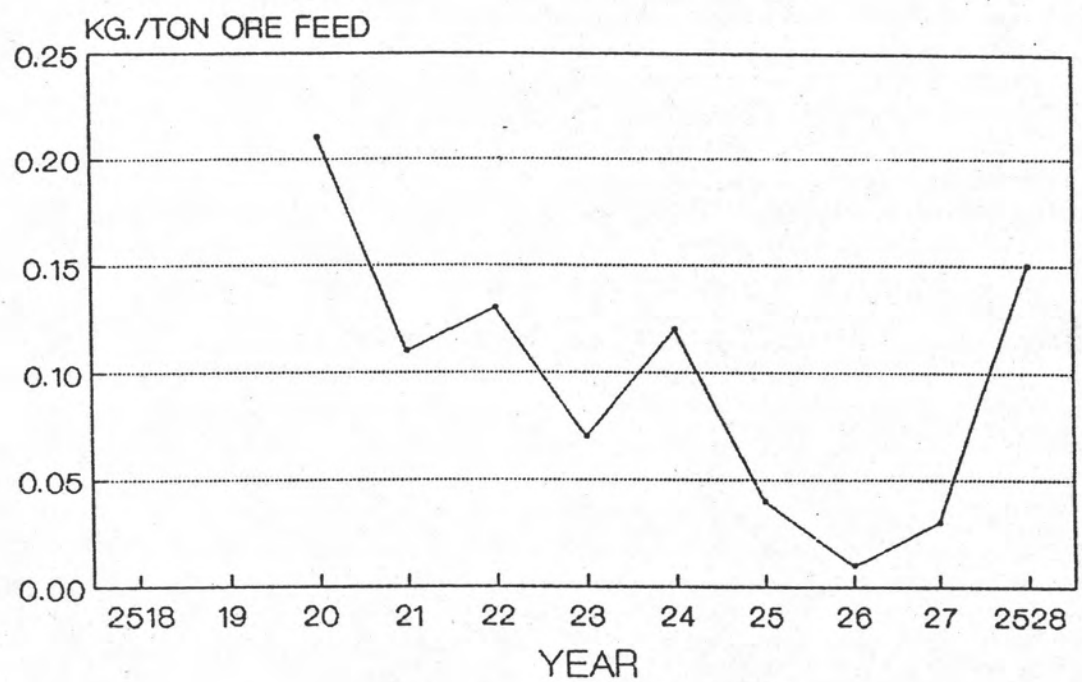
i1180721



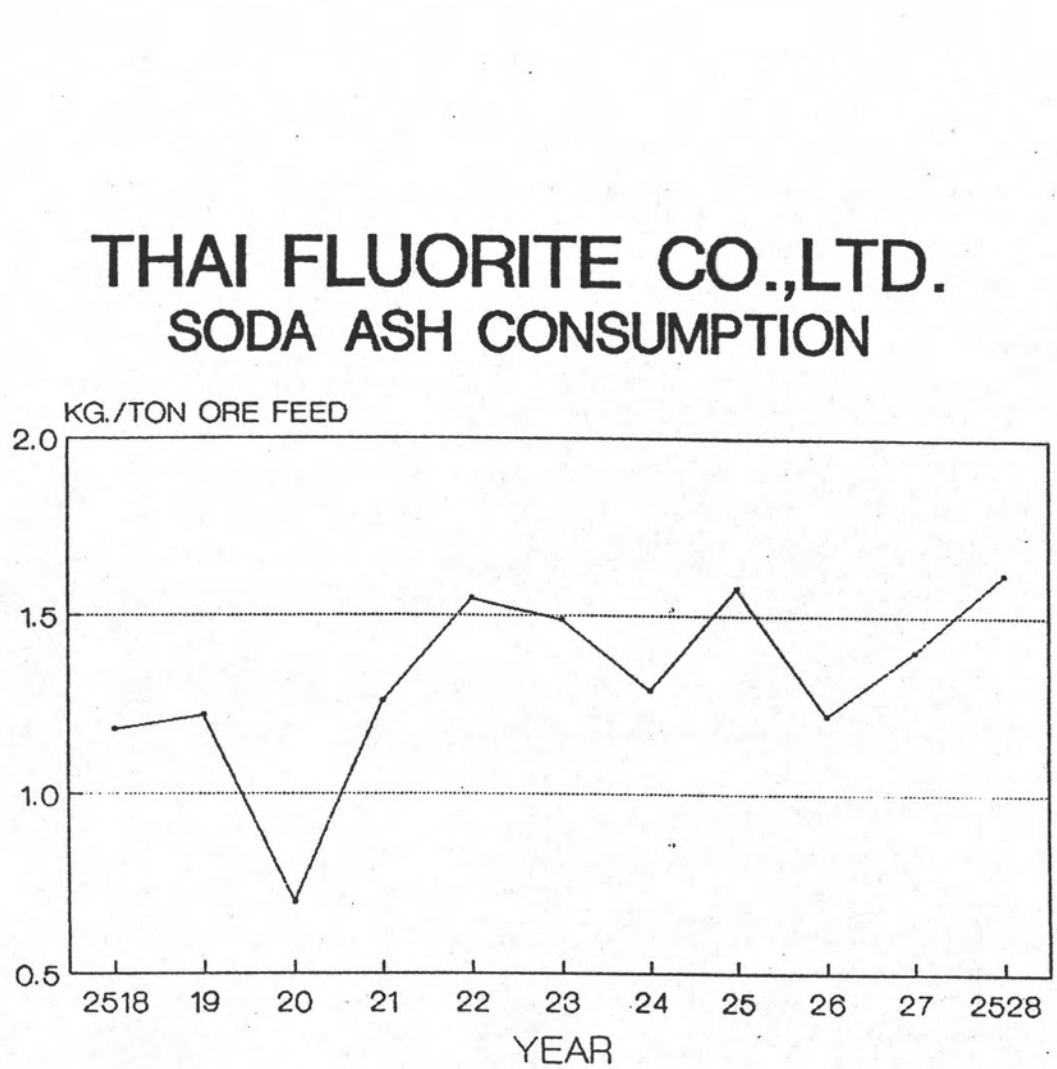
รูปที่ 3.6 อัตราการใช้ Dextrine ของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด



รูปที่ 3.7 อัตราการใช้ โซเดียมซิลิเกตของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด



รูปที่ 3.8 อัตราการใช้ คิวบราโช ของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด



รูปที่ 3.9 อัตราการใช้ โซดาแอช ของบริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

3.3 โรงงานลอยแร่ฟลูออไรต์ในเมืองไทย

3.3.1 บริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

บริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด ตั้งอยู่ที่ อ.บ้านลาด จ.เพชรบุรี กำลังการผลิตสามารถรับแร่ป้อนได้ 2Ø ตัน/ชม. ผลิตแร่เกรดเคมีได้ประมาณ 6,ØØØ ตัน/เดือน ขบวนการแต่งแร่แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ โรงงานย่อยแร่และโรงงานลอยแร่

3.3.1.1 โรงงานย่อยแร่ ทำหน้าที่รับแร่ป้อนจากเหมืองต่าง ๆ ซึ่งกองสต็อกอยู่ในลานแร่ของโรงงาน โดยแร่ดิบป้อนผ่านตะแกรงเหล็กรางรถไฟ (Grizzly Bar) ขนาด 8" จากนั้นการย่อยแร่จะแบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ การย่อยแร่แบบแห้ง และ การย่อยแร่แบบเปียก

ก) การย่อยแร่แบบแห้ง แร่ขนาดเล็กกว่า 8" ถูกคัดขนาดด้วยตะแกรงสั่นขนาด 1 1/2" แร่ขนาดโตกว่า 1 1/2" จะถูกบดด้วย Jaw Crusher 1" รวมกับแร่ซึ่งเล็กกว่า 1 1/2" ป้อนเข้าตะแกรงสั่นขนาด 1/2" แร่ซึ่งโตกว่า 1/2" จะถูกบดด้วย Cone Crusher 1/4" รวมกับแร่ซึ่งเล็กกว่า 1/2" ป้อนเข้าถังเก็บแร่ (Fine Ore Bin)

ข) การย่อยแร่แบบเปียก แร่ขนาดเล็กกว่า 8" ถูกคัดขนาดด้วยตะแกรงหมุน (Trommel Washer) แบ่งแร่ออกเป็น 3 ขนาด แร่ขนาดโตกว่า 3/4" จะถูกบดด้วย Jaw Crusher 1" แล้วป้อนเข้าตะแกรงสั่นขนาด 1/2" แร่ขนาดเล็กกว่า 3/4" แต่โตกว่า 1/4" ป้อนเข้าตะแกรงสั่นขนาด 1/2" แร่ขนาดเล็กกว่า 1/4" ป้อนเข้า Spiral Classifier แร่หยาบป้อนเข้าถังเก็บแร่ (Fine Ore Bin) แร่ละเอียดส่งเข้าวงจรบดแร่ในโรงลอยแร่ ส่วนแร่โตกว่าจากตะแกรงสั่นขนาด 1/2" จะถูกบดด้วย Cone Crusher 1/4" รวมกับแร่ซึ่งเล็กกว่า 1/2" ป้อนเข้าถังเก็บแร่ (Fine Ore Bin)

3.3.1.2 โรงงานลอยแร่ (Flotation Plant) รับแร่ป้อนจากถังเก็บแร่ (Fine Ore Bin) ทำการบดแร่ด้วย Ball Mill ประมาณ 2Ø ตัน/ชม. แล้วทำการคัดขนาดด้วย Hydrocyclone แร่หยาบทำการบดใหม่ ส่วนแร่ละเอียด (-325 เมช ประมาณ 6Ø%) จะป้อนเข้าวงจรลอยแร่ ซึ่งมีขนาดเซล 1 ลบ.เมตร จำนวน 79 เซล มีลำดับการลอยแร่ 7 ขั้นตอน คือ Rougher, Scavenger, 1st Cleaner, 2nd Cleaner, 3rd Cleaner, 4th Cleaner, 5th Cleaner และ 6th Cleaner ดังรายละเอียดตามตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3

วงจรลอยแร่ บริษัทไทยฟลูออไรท์พรอเซสซิ่งจำกัด

ลำดับการลอย	จำนวนเซล	หางแร่	หัวแร่
Rougher	32	ทิ้ง	ป้อน 1st Cleaner
1st Cleaner	15	ป้อน Rougher	ป้อน 2nd Cleaner
2nd Cleaner	8	ป้อน 1st Cleaner	ป้อน 3rd Cleaner
3rd Cleaner	6	ป้อน 2nd Cleaner	ป้อน 4th cleaner
4th Cleaner	6	ป้อน 3rd Cleaner	ป้อน 5th cleaner
5th Cleaner	6	ป้อน 4th Cleaner	ป้อน 6th cleaner
6th Cleaner	6	ป้อน 5th Cleaner	ป้อน Thickener

หมายเหตุ หัวแร่จาก 1st Cleaner จะถูกบด Regrind Mill ก่อนจะป้อนเข้า 2nd Cleaner

หัวแร่จะไหลลงไปตกตะกอนใน Thickener แล้วกรองน้ำออกโดยใช้ Filter ให้ได้ความชื้นประมาณ 1Ø% หัวแร่ที่ลอยได้มี CaF_2 97-98.5%, SiO_2 Ø.2-1.2%, $CaCO_3$ Ø.5-1.Ø% นอกนั้นเป็นมลทินอื่น ๆ ประสิทธิภาพในการลอยแร่ (Recovery) 6Ø-8Ø% ทั้งนี้ขึ้นกับแร่ดิบจากเหมืองต่าง ๆ ที่ป้อนเข้าโรงงาน

3.3.2 บริษัทกระบี่ฟลูออไรท์

ตั้งอยู่ที่ อ.คลองท่อม จ.กระบี่ กรรมวิธีการผลิตของโรงงานแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ โรงงานล้างแร่ (Washing Plant), โรงงานแยกแร่ด้วยมัชฌิมหนัก (Heavy Media Plant) และโรงงานลอยแร่ (Flotation Plant)

3.3.2.1 โรงงานล้างแร่ (Washing Plant) (ดูรูป 3.1Ø ประกอบ) ทำหน้าที่บดแร่ก้อนโตจากหน้าเหมืองโดย Jaw Crusher แล้วลำเลียงขึ้นสายพานป้อนเข้า Washing Drum เพื่อล้างดินเหนียวออกจากแร่ และทำการคัดขนาดด้วย Vibrating Screen แบ่งแร่ออกเป็น 3 ขนาด ขนาดที่โตกว่า 1Ø เมช จะส่งไปบดใหม่ด้วย Jaw Crusher และ Cone Crusher แล้วส่งกลับมาคัดขนาดอีกครั้ง แร่ก้อนที่เล็กกว่า 1Ø เมช จะถูกส่งไปโรงงานแยกแร่ด้วยมัชฌิมหนัก ส่วนแร่ละเลียดลอดตะแกรงจะป้อนเข้า Spiral Classifier คัดแร่ขนาดเม็ดทรายออกป้อนเข้าโรงงานลอยแร่ ส่วนที่เป็นแร่เม็ดละเอียด (Slime) และดินเหนียวไหลไปกักเก็บไว้ในบ่อดิน

3.3.2.2 โรงงานแยกแร่ด้วยมัชฌิมหนัก (Heavy Media Plant) การแต่งแร่ด้วยมัชฌิมหนักเป็นการแยกแร่โดยอาศัยความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยได้ โดยใช้น้ำยาหรือของเหลวที่มีความถ่วงจำเพาะสูง หรือของเหลวผสมสารบางอย่างทำให้น้ำยานั้นมีค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ระหว่างความถ่วงจำเพาะของแร่ทั้งสองอย่างที่จะนำมาแยกเป็นสารมัชฌิม เช่นในกรณีที่แร่ซึ่งปนกันอยู่มี ถ.พ. 2.6 และ 3.Ø ก็หาสารมัชฌิมซึ่งมี ถ.พ. ประมาณ 2.8 เมื่อผ่านแร่ลงไปในสารมัชฌิมแล้วกวนเบา ๆ แร่ที่มี ถ.พ.สูงกว่ามัชฌิมจะจม แร่ที่มี ถ.พ. ต่ำกว่ามัชฌิมจะลอย สามารถแยกออกจากกันได้ แร่ที่แยกได้นำมาล้างสารมัชฌิมออก ทำให้สารมัชฌิมมีความเข้มข้นเหมือนเดิมแล้วนำกลับไปใช้ในการแยกแร่ต่อไปได้อีก

สารที่จะนำไปใช้เป็นสารมัชฌิมนั้น นอกจากจะต้องคำนึงถึงความถ่วงจำเพาะที่เหมาะสมแล้วยังต้องพิจารณาถึงราคา ความหายากง่าย ความแข็ง หรือ ความกัดกร่อนต่อภาชนะและปฏิกิริยากับแร่ซึ่งจะนำมาแยก กรรมวิธีทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้อีก

และยังต้องพิจารณาถึงพิษหรืออันตรายอันเกิดขึ้นจากสารนั้น ๆ ด้วย สารมัชฌิมที่นิยมใช้กันอยู่แบ่งได้เป็น 3 ประเภทคือ

1) สารละลายของเกลือแร่บางชนิด (Solution of Salt in Water) เช่น สารละลายของเกลือแคลเซี่ยมคลอไรด์ ($CaCl_2$) ใช้เป็นมัชฌิมในการแยกถ่านหิน โดยทำให้สารมัชฌิมมี ถ.พ. 1.35 การนำสารละลายแคลเซี่ยมคลอไรด์กลับมาใช้อีกใช้วิธีต้มให้น้ำระเหยไปทำให้มีความเข้มข้นตามต้องการ

2) น้ำยาอินทรีย์เคมี (Organic Liquid) ส่วนมากใช้ในห้องทดลองไม่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมเพราะมีราคาแพง โดยเฉพาะอย่างยิ่งพวกที่มี ถ.พ. สูง ๆ และบางชนิดเป็นสารอันตรายต้องใช้ความระมัดระวังเป็นพิเศษ อาทิเช่น Tetra Bromo-ethane (T.B.E), Methyl Iodide Bromoform Methyl Bromide และ Carbontetrachloride เป็นต้น วิธีการทำความสะอาดเพื่อนำกลับมาใช้อีกต้องใช้สารเคมีและกรรมวิธีทางเคมีเข้าช่วย

3) ส่วนผสมของน้ำกับแร่หรือสารประกอบ (Suspension of Solid in Water) วิธีการนี้ทำโดยการนำเอาแร่หรือสารประกอบซึ่งมีขนาดเล็กมากจนเป็นผงละเอียดผสมกับน้ำแล้วกวนให้อยู่ในลักษณะแขวนลอย สามารถปรับ ถ.พ. ของมัชฌิมได้โดยการเลือกชนิดของสารหรือแร่และเปลี่ยนอัตราส่วนระหว่างของแข็งและน้ำให้เหมาะสม ที่นิยมใช้กันมากในวงการอุตสาหกรรมได้แก่ แมกนีไตต์และเฟอโรซิลิคอน เพราะราคาไม่แพงและหาได้ง่าย ความถ่วงจำเพาะของสารมัชฌิมอาจทำได้ประมาณ 1.2-3.2 นอกจากนั้นก็มีพวก แบไรท์, ไพไรท์, ตะกั่ว และทราย เป็นต้น การทำความสะอาดสารมัชฌิมเพื่อนำมาใช้อีกอาจทำได้หลายวิธีตามความเหมาะสมแล้วแต่ประเภทของสารมัชฌิม เช่น ถ้าเป็นควอทซ์หรือทรายก็ใช้แยกด้วยโต๊ะสั่น ถ้าเป็นแร่ตะกั่วก็อาจใช้วิธีลอยแร่ และถ้าเป็นเฟอโรซิลิคอนหรือแมกนีไทต์ก็แยกด้วยเครื่องแยกแร่แม่เหล็กเป็นต้น

โรงงานแยกแร่ด้วยมัชฌิมหนักบริษัทกระบี่ฟลูออไรท์ (ดูรูป 3.11 ประกอบ) จะรับแร่ป้อนจากโรงล้างแร่ ทำการแยกแร่ในถังหมายเลข 19 โดยใช้เฟอโรซิลิคอนเป็นสารมัชฌิม โดยแร่ฟลูออไรต์จะจมไหลออกด้านล่างส่วนทรายจะไหลออกด้านบน แล้วป้อนลงตะแกรงสั่นเพื่อทำการเอาสารมัชฌิมกลับมาใช้ใหม่ ขนาดของแร่ที่ซึ่งแยกโดยวิธีนี้ค่อนข้างโตเมื่อเทียบกับการแยกแร่วิธีอื่น ๆ ขนาดที่เหมาะสมประมาณ 10 เมช แร่ฟลูออไรต์ซึ่งแยกได้จะถูกบด

ด้วย Cone Crusher จนได้ขนาดเล็กกว่า 1/2" เพื่อส่งป้อนโรงงานลอยแร่ต่อไป

3.3.2.3 โรงงานลอยแร่ (Flotation Plant) (ดูรูป 3.12 ประกอบ) แบ่งออกเป็น 2 โรงงาน โรงงานลอยแร่โรงเก่าซึ่งซื้อมาจากประเทศเยอรมันนี รับแร่ป้อนจากโรงงานแยกแร่มัชฌิมหนัก ทำการบดด้วย Ball Mill ประมาณ 5 ตันต่อชม. แล้วทำการคัดขนาดด้วย Spiral Classifier และ Hydrocyclone แร่หยาบทำการบดใหม่ ส่วนแร่ละเอียด (-325 เมช ประมาณ 60%) ป้อนเข้าวงจรลอยแร่ซึ่งมีขนาดเซล 1 ล.บ.เมตร จำนวน 26 เซล มีลำดับการลอยแร่ 6 ขั้นตอน คือ Rougher, Scavenger, 1st Cleaner, 2nd Cleaner, 3rd Cleaner และ 4th Cleaner ดังรายละเอียดตามตาราง 3.4

ตารางที่ 3.4

วงจรลอยแร่โรงงานเก่า บริษัทกระบี่ฟลูออไรท์จำกัด

ลำดับการลอย	จำนวนเซล	หางแร่	หัวแร่
Rougher	7	ทิ้ง	ป้อน 1st Cleaner
1st Cleaner	5	ป้อน Scavenger	ป้อน 2nd Cleaner
Scavenger	5	ทิ้ง	ป้อน 1st Cleaner
2nd Cleaner	3	ป้อน 1st Cleaner	ป้อน 3rd cleaner
3rd Cleaner	3	ป้อน 2nd Cleaner	ป้อน 4th cleaner
4th Cleaner	3	ป้อน 3rd Cleaner	ป้อน Thickener

โรงงานลอยแร่โรงใหม่สร้างในประเทศไทย รับแร่ป้อนจากโรงงานแยกแร่มัชฌิมหนัก ทำการบดด้วย Ball Mill ประมาณ 10 ตัน/ชม. แล้วทำการคัดขนาดด้วย Hydrocyclone แร่หยาบจะวนไปทำการบดใหม่ ส่วนแร่ละเอียด (-325 เมช ประมาณ 60%) จะป้อนเข้าวงจรลอยแร่ ซึ่งมีขนาดเซล 1 ล.บ.เมตร จำนวน 24 เซล มีลำดับการลอยแร่ 6 ขั้นตอน คือ Rougher, Scavenger, 1st Cleaner, 2nd Cleaner, 3rd Cleaner และ 4th Cleaner ดังรายละเอียดตามตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5

วงจรลอยแร่โรงงานใหม่ บริษัทกระบี่ฟลูออไรท์ จำกัด

ลำดับการลอย	จำนวนเซล	หางแร่	หัวแร่
Rougher	4	ป้อน Scavenger	ป้อน 1st Cleaner
1st Cleaner	5	ป้อน Scavenger	ป้อน 2nd Cleaner
Scavenger	6	ทิ้ง	ป้อน 1st Cleaner
2nd Cleaner	3	ป้อน 1st Cleaner	ป้อน 3rd cleaner
3rd Cleaner	3	ป้อน 2nd Cleaner	ป้อน 4th cleaner
4th Cleaner	3	ป้อน 3rd Cleaner	ป้อน Thickener

หัวแร่ทั้งสองวงจรจะไหลลงไปตกตะกอนใน Thickener แล้วกรองน้ำออกโดยใช้ Filter ให้ได้ความชื้นประมาณ 10% หัวแร่ที่ลอยได้ มี CaF_2 97-98%, SiO_2 0.8-1.5%, $CaCO_3$ 0.5-1% ประสิทธิภาพในการลอยแร่ (Recovery) 50-80% ทั้งนี้ขึ้นกับแร่ดิบหน้าเมือง

3.3.3 บริษัทเหมืองแร่ตาดดาว จำกัด

ตั้งอยู่ที่ อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย แร่ดิบที่ป้อนโรงจิ๊กมีส่วนประกอบคือ แคลเซี่ยมฟลูออไรต์ (CaF_2) 10-35%, แคลเซี่ยมคาร์บอเนต($CaCO_3$) 0.5-1.0% นอกนั้นส่วนใหญ่เป็น SiO_2 ซึ่งอยู่ในรูปหินเชล หัวแร่ที่ได้จะมี CaF_2 สูงขึ้น 10-20% จากเดิม โดย Recovery ประมาณ 70-80% กำลังผลิตจิ๊กตัวละประมาณ 3-5 ตัน/ชม. ส่วนโรงลอยแร่กำลังผลิต 300-600 ตัน/เดือน กรรมวิธีการผลิตของโรงงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ โรงงานจิ๊กแร่และ โรงงานลอยแร่ (ดูรูปที่ 3.13 ประกอบ)

3.3.3.1 โรงงานจิ๊กแร่ ทำหน้าที่บดแร่อย่างหยาบจากแร่ก้อนโตขนาด 5-76 มม. โดยใช้เครื่องบด 2 เครื่อง ที่มีอัตราป้อนประมาณ 40-60 ตัน/ชม. แร่ที่ป้อนเข้าโรงงานจะผ่านตะแกรงสองชั้น ขนาด 51 มม. และ 5 มม. แร่ป้อนขนาด -5 มม. จะถูกนำไปป้อนเข้าจิ๊กโดยตรง แร่ป้อนขนาด 5-51 มม. ถูกบดด้วย Roll Crusher แล้วป้อนกลับเข้าตะแกรงอีกครั้ง ส่วนแร่ป้อนขนาด +51 มม. ถูกบดด้วย Jaw Crusher และ Roll Crusher แล้วป้อนกลับเข้าตะแกรงเป็นวงจรปิด หัวแร่ที่จิ๊กได้จะป้อนลง Spiral Classifier คัดน้ำออกแล้วลำเลียงขึ้นสายพานกองสต๊อก

ตารางที่ 3.6

แสดงผลการทำงานของจิ๊ก บริษัทเหมืองแร่ตาดดาว จำกัด

การเก็บตัวอย่าง	แร่ป้อน %CaF_2	หัวแร่ %CaF_2	หางแร่ %CaF_2	%Recovery %CaF_2
1	27.85	40.31	13.14	74.77
2	30.69	45.20	11.60	82.00
3	32.98	49.19	14.97	73.77

3.3.3.2 โรงงานลอยแร่ ทำหน้าที่บดแร่ละเอียด, คัดขนาด และแยกแร่ที่อัตราป้อนประมาณ 2 ตัน/ชม ขนาดที่ได้จากโรงจิ๊ก(-5 มม.) จะถูกบดด้วย Ball Mill จนได้ขนาด -325 เมช 45% โดยน้ำหนัก และแยกแร่โดย Agitation Cell แบบ Cell to Cell 12 ตัว แล้วใช้วิธี ให้หัวแร่ตกตะกอนใน Thickener แล้วกรองโดยใช้ Filter ทำให้ได้หัวแร่มีความชื้นประมาณ 12%

ตารางที่ 3.7

แสดงวงจรลอยแร่ บริษัทเหมืองแร่ตาดดาว จำกัด

ลำดับการลอยแร่	จำนวนเซล	หางแร่	หัวแร่
Rougher	5	ป้อน Scavenger	ป้อน 1st cleaner
Scavenger	4	ทิ้ง	ป้อน Rougher
1st cleaner	1	ป้อน Rougher	ป้อน 2nd cleaner
2nd cleaner	1	ป้อน 1st cleaner	ป้อน 3rd cleaner
3rd cleaner	1	ป้อน 2nd cleaner	ป้อน Thickener

ตารางที่ 3.8

แสดงผลการทำงานของโรงลอยแร่ บริษัทเหมืองแร่ตาดดาว จำกัด

การเก็บตัวอย่าง	แร่ป้อน	หัวแร่			หางแร่	%Recovery
	$\%CaF_2$	$\%CaF_2$	$\%SiO_2$	$\%CaCO_3$	$\%CaF_2$	CaF_2
1	28.96	98.15	Ø.55	Ø.59	8.67	77.27
2	28.15	98.59	Ø.51	Ø.6Ø	8.2Ø	77.22

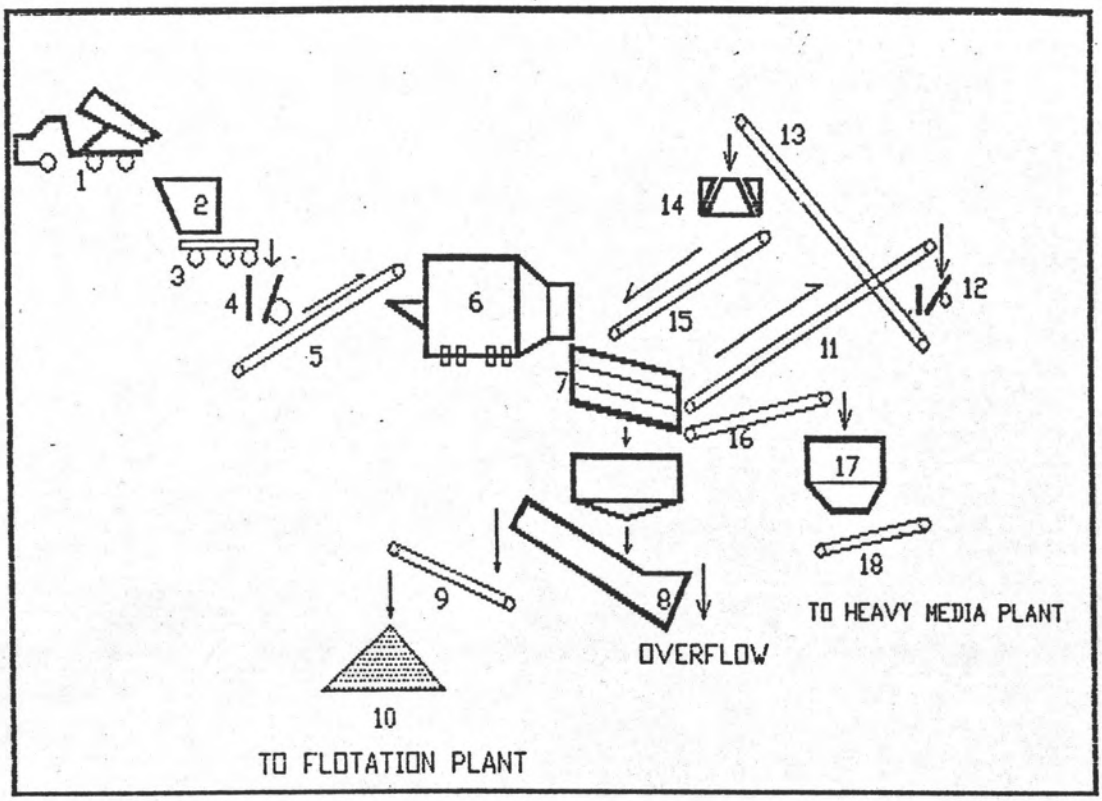
น้ำยาที่ใช้ในการลอยแร่ น้ำยาเคลือบฟอง (Collector) ใช้ Oleic Acid, น้ำยาปรับสภาพความเป็นกรดด่าง (pH Regulator) ใช้Na_2CO_3, น้ำยากดแร่มลทิน (Depressant) ใช้ Na_2SiO_3

ตารางที่ 3.9

แสดงตารางการใช้น้ำยาลอยแร่ บริษัทเหมืองแร่ตาดดาว จำกัด

น้ำยาที่ใช้	ลักษณะการใช้	จุดที่เติมน้ำยา	ปริมาณการใช้(กรัม/ตัน)
Oleic	pure	conditioner 2	500 - 1000
Na_2CO_3	20% solution	Ball mill feed	1000 - 3000
Na_2SiO_3	15% solution	Cell no.9	500 - 2000

อิทธิพลของอุณหภูมิมีผลในการลอยแร่ของโรงงานนี้ เนื่องจากโรงงานตั้งอยู่ในภูมิประเทศที่เป็นหุบเขาและอยู่ทางเหนือของไทย ช่วงกลางคืนอุณหภูมิต่ำลงถึง 10 °C ถ้าหากพนักงานไม่ขยันเติมฟืนต้มน้ำให้ร้อนจนอุณหภูมิของ Pulp ในเซลล์ต่ำกว่า 30 °C Recovery การลอยแร่ต่ำมาก แร่จะมาลอยมากในเซลล์ชุดที่ 1-4 หางแร่จะมี %CaF2 สูงมาก เซลล์ชุด 9-12 แทบไม่มีแร่ลอยเลย ทั้งนี้เพราะ Oleic ซึ่งมีจุดหลอมเหลวประมาณ 15 °C จะแข็งตัวจึงต้องให้ความร้อนตรงถังป้อนน้ำยา ไม่เช่นนั้นแร่จะไม่ลอยเพราะไม่มี Oleic ไปเคลือบผิวแร่



รูปที่ 3.10 แผนผังโรงงานล้างแร่ของบริษัทกระบี่ฟลูออไรท์จำกัด

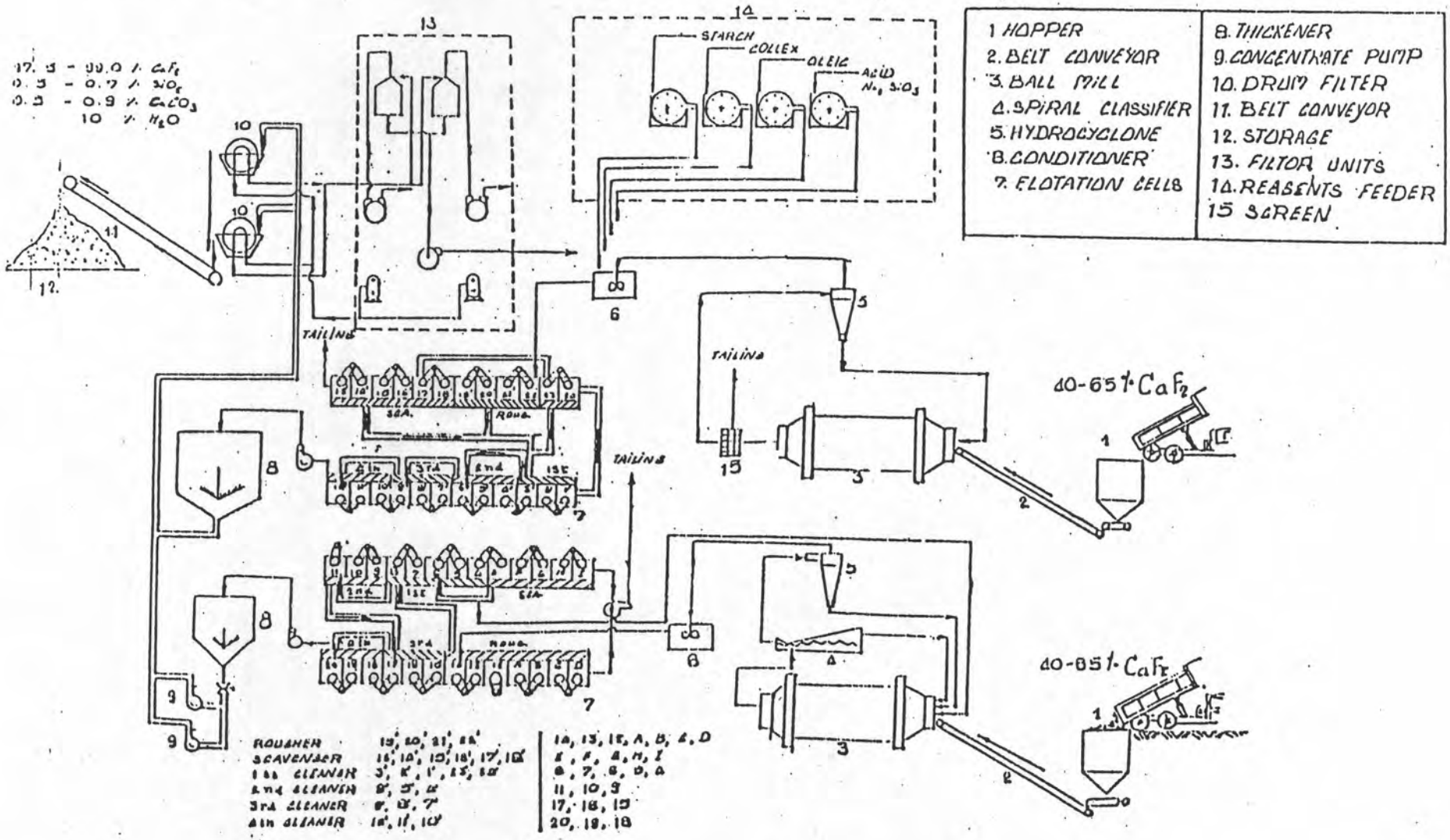
คำอธิบายหมายเลขในรูปที่ 3.1Ø แผนผังโรงงานล้างแร่ของบริษัทกระบี่ฟลูออไรท์ จำกัด

NO.	NAME	DESCRIPTION	POWER
1	DUMP TRUCK	-	-
2	HOPPER	3 x 3 x 2 m^3	-
3	FEEDER	-	11 kw.
4	PRIMARY JAW CRUSHER	32" x 2Ø"	8Ø kw.
5	BELT CONVEYOR	24" x 52"	9.2 kw.
6	WASHING DRUM	OD.1.5 x 6 m.	4Ø kw.
7	VIBRATING SCREEN	4' x 8'	7.5 kw.
8	SPIRAL CLASSIFIER	OD. 18"	9.2 kw.
9	BELT CONVEYOR	2Ø" x 87'	5.2 kw.
1Ø	CLASSIFIER PRODUCT	-	-
11	BELT CONVEYOR	2Ø" x 47'	5 kw.
12	2ND. JAW CRUSHER	36" x 7"	45 kw.
13	BELT CONVEYOR	2Ø" x 5Ø'	4 kw.
14	CONE CRUSHER	OD. 3'	8Ø kw.
15	BELT CONVEYOR	18" x 52'	3 kw.
16	BELT CONVEYOR	18" x 6Ø'	3.7 kw.
17	ORE BIN	4 x 5 x 3 m.	-
18	BELT CONVEYOR	2Ø" x 88'	9.2 kw.

คำอธิบายหมายเลขในรูปที่ 3.11 แผนผังโรงงานแยกแร่ด้วยมัชฌิมหนักของบริษัท กระบี่ฟลูออไรท์จำกัด

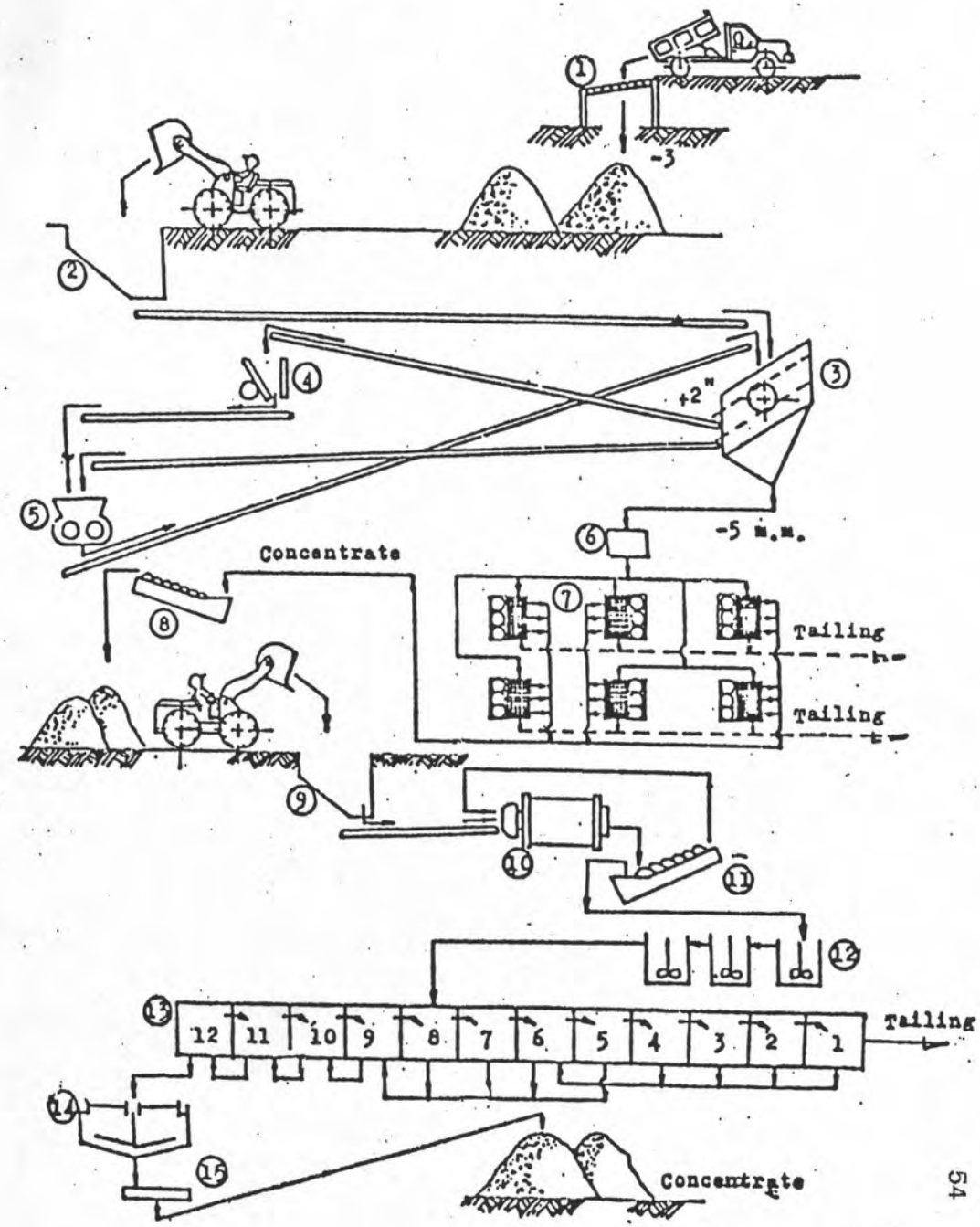
NO.	NAME	DESCRIPTION	POWER
19	SEPARATING TANK	2.2 m^3	-
20	VIBRATING SCREEN	1.2 x 2.8 m	3 kw.
21	HIGH DENSITY TANK	2.9 m^3	-
22	HIGH DENSITY PUMP	125-150 mm.	15 kw.
23	LIGHT DENSITY TANK	2.9 m^3	-
24	LIGHT DENSITY PUMP	OD. 1,1/2"	4 kw.
25	SPIRAL CLASSIFIER	OD. 10"	1.1 kw.
26	MAGNETIC SEPARATOR	OD. 600x1500 mm.	1 kw.
27	MAGNETIC SEPARATOR	OD. 850x600 mm.	0.75 kw.
28	BELT CONVEYOR	18" x 44'	3.7 kw.
29	BELT CONVEYOR	18" x 50'	3.7 kw.
30	CONE CRUSHER	OD. 2'	21 kw.
31	BELT CONVEYOR	14" x 70'	3 kw.
32	PUMP(SUMP)	OD. 2"	5.5 kw.

แผนผังบริเวณที่ตั้งเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ใช้ในการแต่งแร่ของ บ. ภาระยี่ฟลูออไรท์ จ. ตลองต่อม จ.กบี่



รูปที่ 3.12 แผนผังโรงงานลอยแร่ของบริษัทภาระยี่ฟลูออไรท์จำกัด

		Hp.
1. Grizzly bar		-
2. Hopper	25 ton-capacity	-
3. Vibrating screen	3'x 8'	7.5
4. Jaw crusher	16"x 12"	120
5. Roll crusher	30"ø x 18"	120
6. Distributor		-
7. Jig	32"x 72"	3
8. Spiral classifier	30"ø x 12'	7.5
9. Hopper	12 ton-capacity	-
10. Ball mill	5'x 6'	75
11. Spiral classifier	30"ø x 12'	7.5
12. Conditioner	4'ø x 4'	3
13. Flotation cell	22"x 22"	2
14. Thickener	10'ø x 7'	5
15. Filter	3'x 8'	7.5



รูปที่ 3.13 แผนผังโรงงานจิ๊กแร่และลอยแร่ของบริษัทเหมืองแร่ตาดตาวจำกัด