

## บทที่ 4

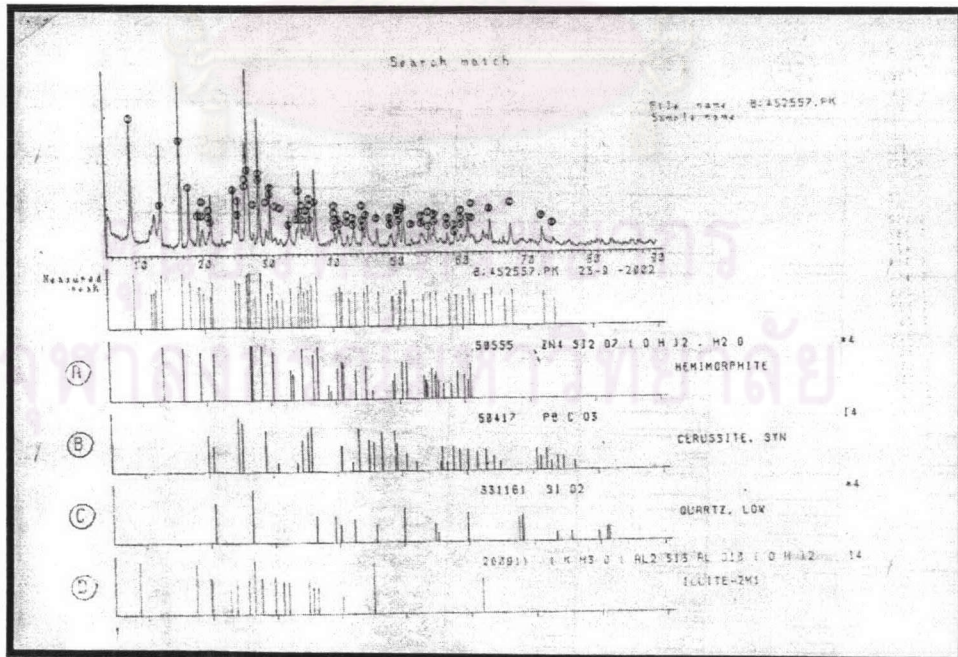
### รายงานผลการทดลอง

#### 4.1 การศึกษาสารประกอบในสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรีโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer: XRD)

การศึกษาสารประกอบในสินแร่เกรดต่ำโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer) จะทำให้เราทราบข้อมูลที่จะบ่งบอกถึงสารประกอบที่ประกอบอยู่ในสินแร่เกรดต่ำ และทำให้เราทราบว่าธาตุที่เป็นองค์ประกอบอยู่ในสินแร่เกรดต่ำอยู่ในรูปของสารประกอบอะไรบ้าง ซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญที่ใช้ประกอบการพิจารณาเลือกกระบวนการและวิธีการที่เหมาะสมในการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ที่สุด

##### 4.1.1 ผลการศึกษาสารประกอบในสินแร่เกรดต่ำโดยใช้เครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer: XRD)

นำตัวอย่างสังกะสีเกรดต่ำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก) ผลของการวิเคราะห์แสดงตามรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงผลการวิเคราะห์ตัวอย่างสินแร่สังกะสีเกรดต่ำโดยเครื่องเอกซเรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ก)

#### 4.1.2 สรุปผลการทดลองการศึกษาวิเคราะห์สารประกอบที่เกิดขึ้นในสินแร่เกรดต่ำโดยเครื่อง เอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer)

จากผลการทดลองศึกษาวิเคราะห์สารประกอบที่เกิดขึ้นในสินแร่เกรดต่ำ โดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ จากกราฟตามรูปที่ 4.1 พบว่าในสินแร่เกรดต่ำมีสารประกอบจำพวกสังกะสีอยู่ คือแร่ Hemimorphite ( $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ ) และสารประกอบพวก Carbonate คือแร่ Cerussite ( $PbCO_3$ ) ส่วนสารประกอบประเภทพวกแร่กาก (Gangue Mineral) ได้แก่แร่ Quartz และสารประกอบพวกแร่มลทิน ได้แก่ แร่ดิน (Clay Mineral) ประเภท Illite ที่กล่าวมาทั้งหมดล้วนเป็นสารประกอบที่เกิดขึ้นในสินแร่เกรดต่ำจากแหล่งกาญจนบุรี ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางการเลือกวิธีที่เหมาะสมสำหรับการลอยแร่สังกะสีในสินแร่เกรดต่ำต่อไป

#### 4.2 การศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำโดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (X-Ray Fluorescence Spectrometer: XRF)

การศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำโดยใช้เครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ ทำให้ทราบว่าปริมาณของธาตุใดบ้างที่เป็นองค์ประกอบที่สำคัญและมีปริมาณเท่าไร ซึ่งข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญเหล่านี้จะสามารถนำไปใช้และยังสามารถบ่งบอกถึงประสิทธิภาพของกระบวนการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำว่าจะมีประสิทธิภาพเพียงพหรือไม่และยังเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สำคัญที่ใช้ประกอบการพิจารณาในกระบวนการลอยแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพและสมบูรณ์ที่สุด ( รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ข )

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

#### 4.2.1 ผลการศึกษาการกระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำโดยใช้เครื่อง เอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (X-Ray Fluorescence Spectrometer: XRF)

ผลวิเคราะห์ตัวอย่างสินแร่สังกะสีเกรดต่ำด้วย XRF แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ปริมาณธาตุของสินแร่เกรดต่ำที่วิเคราะห์ด้วย XRF

องค์ประกอบของธาตุต่างๆ	ร้อยละโดยน้ำหนัก
Zn	18.95
Pb	3.80
Cu	0.008
Fe	5.60
Si	12.50
S	0.09
L.O.I	9.88

#### 4.2.2 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบปริมาณการกระจายตัวของธาตุในสินแร่เกรดต่ำด้วยเครื่องเอกซ์เรย์ฟลูออเรสเซนซ์สเปกโตรมิเตอร์ (X-Ray Fluorescence Spectrometer : XRF)

จากการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุและองค์ประกอบอื่นๆในสินแร่เกรดต่ำจากตารางที่ 4.1 พบว่ามีธาตุสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักซึ่งมีปริมาณถึง 18.95 % ส่วนธาตุอื่นๆที่สำคัญได้แก่ ซิลิกอน 12.50% , ตะกั่ว 3.80% , เหล็ก 5.60% , ซัลเฟอร์ 0.09% และทองแดง 0.008% โดยสาเหตุที่มีธาตุสังกะสีเป็นองค์ประกอบหลักในสินแร่เกรดต่ำก็เนื่องมาจากสารประกอบหรือแร่หลักๆ ที่ประกอบอยู่ในสินแร่เกรดต่ำที่ได้จากการศึกษาวิเคราะห์สารประกอบที่เกิดขึ้นในสินแร่เกรดต่ำโดยเครื่องเอกซ์เรย์ดิฟแฟรคโตมิเตอร์ (X-Ray Diffractometer) เป็นกลุ่มแร่ตระกูลของ Zn – Silicate คือแร่ Hemimorphite ( $Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$ ) ดังนั้นจึงทำให้ปริมาณของธาตุสังกะสีในสินแร่เกรดต่ำจึงมีปริมาณสูงที่สุด ธาตุที่มีเปอร์เซ็นต์รองลงมาได้แก่ธาตุ ซิลิกอน และเหล็กจะอยู่ในกลุ่มแร่พวกแร่กาก (Gangue Minerals) ได้แก่แร่ Quartz และ Pyrite และแร่ดินประเภท Illite ธาตุถัดมาคือ ธาตุตะกั่วจะอยู่ในกลุ่มแร่ตระกูลคาร์บอเนตเช่นแร่ Cerussite ( $PbCO_3$ ) และธาตุที่มีปริมาณน้อยที่สุดได้แก่ธาตุ ซัลเฟอร์ และ ทองแดง

### 4.3 การศึกษาปริมาณการกระจายตัวของสินแร่เกรดต่ำที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

จุดประสงค์ของการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของสินแร่เกรดต่ำที่อนุภาคต่างๆนั้น เพื่อให้ทำให้ทราบว่าธาตุที่อยู่ในสินแร่เกรดต่ำมีการกระจายตัวของขนาด (Size Distribution) อยู่ในช่วงขนาดหนึ่งขนาดใดและมีปริมาณมากน้อยเท่าใด พร้อมทั้งได้ทำการชักตัวอย่างสินแร่เกรดต่ำที่ค้างอยู่ในแต่ละตะแกรงออกมาแล้วนำไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุสังกะสี ตะกั่ว เหล็ก และเงิน แล้วทำการคำนวณโดยอาศัยมวลสมดุลย์ (Mass Balance) ก็จะสามารถหาการกระจายตัวของธาตุสังกะสีที่อยู่ในสินแร่เกรดต่ำในแต่ละช่วงขนาดได้ ซึ่งการศึกษาดังกล่าวจะช่วยในการคัดเลือกช่วงขนาดอนุภาคที่เหมาะสมที่จะนำอนุภาคที่ช่วงขนาดดังกล่าวเข้าสู่กระบวนการแต่งแร่ เพื่อที่จะเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด อีกทั้งการนำอนุภาคที่เหมาะสมเข้าสู่กระบวนการแต่งแร่เพื่อที่จะเก็บแร่สังกะสีนั้นจะช่วยให้สามารถลดขั้นตอนและพลังงานที่ต้องสูญเสียโดยไม่จำเป็น อันเนื่องมาจากไม่มีการคัดเลือกขนาดของวัตถุดิบที่เหมาะสมก่อนเข้าสู่กระบวนการ ดังนั้นวิธีการดังกล่าวจะสามารถช่วยทำให้ลดต้นทุนในการแต่งแร่ลดลงและยังช่วยให้ประสิทธิภาพในการแต่งแร่สูงขึ้นอีกด้วย

#### 4.3.1 การทดลองเพื่อศึกษาปริมาณการกระจายตัวของแร่สังกะสีเกรดต่ำที่ขนาดอนุภาคต่างๆ (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ค)

จากการทดลองศึกษาเพื่อหาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีในตัวอย่างสินแร่สังกะสีเกรดต่ำโดยการทำ Sieve Analysis ที่เปอร์เซ็นต์แร่ป้อนเท่ากับ Zn 18.92% , Pb 4.66% , Fe 5.24% , Ag(g/t) 86 และได้ทำการคัดขนาดออกเป็น 4 การทดลองคือ

1. นำแร่จากหน้าเหมืองมาทำการคัดขนาดแบบแห้ง (Dry Sieve Analysis)
2. นำแร่จากหน้าเหมืองมาทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) เพื่อทำการเปรียบเทียบกับคัดแบบแห้ง
3. นำแร่ที่ผ่านการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) มาแล้วแต่คัดเอาเฉพาะที่อยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่ +50 Mesh มาผ่านการบดแร่ด้วย Rod Mill เป็นเวลา 5 นาที หลังจากนั้นจึงทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่ง
4. นำแร่ที่ผ่านการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) มาแล้วแต่คัดเอาเฉพาะที่อยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่ +50 Mesh มาผ่านการบดแร่ด้วย Rod Mill เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นจึงทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งเพื่อทำการเปรียบเทียบกับการบดแร่ที่ 5 นาที

พร้อมทั้งทำการชักตัวอย่างที่ค้างอยู่ในแต่ละ Size Fraction ที่ได้จากการทำ Sieve Analysis ไปวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก และเงิน ผลของการวิเคราะห์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 4.2 และผลของการทำ Sieve Analysis ซึ่งได้แสดงผลการคำนวณมวลสมมูลของแร่สังกะสีที่ช่วงขนาดต่างๆ (Dry Sieving) ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 4.3 ส่วนรูปที่ 4.2 และรูปที่ 4.3 แสดง Cumulative Oversize % ที่ขนาดต่างๆและ Cumulative Distribution % Zn ที่ขนาดต่างๆกันตามลำดับ นอกจากนี้แล้วยังได้ทำ Wet Sieve Analysis กับตัวอย่างสินแร่สังกะสีเกรดต่ำดังกล่าวโดยผลวิเคราะห์ธาตุแสดงปริมาณ Zn , Pb , Fe และ Ag ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.4 และผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีโดยการคำนวณมวลสมมูลของการทำ Wet Sieve Analysis ได้แสดงดังตารางที่ 4.5 ส่วนรูปที่ 4.4 และรูปที่ 4.5 แสดง Cumulative Oversize % ที่ขนาดต่างๆและ Cumulative Distribution % Zn ที่ขนาดต่างๆกันตามลำดับ หลังจากการทำ Wet Sieve Analysis พบว่าแร่ที่ผ่านการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) มาแล้วจะยังมีแร่ที่มีขนาดโตซึ่งยังไม่เหมาะสมต่อขบวนการลอยแร่ที่อยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่ +50 Mesh ซึ่งต้องนำมาผ่านการบดแร่ด้วย Rod Mill (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ข) เพื่อทำการลดขนาดเป็นเวลา 5 นาที และ 20 นาที เพื่อทำการเปรียบเทียบกันโดยผลวิเคราะห์ธาตุแสดงปริมาณ Zn , Pb , Fe และ Ag ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.6 และตารางที่ 4.8 และผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีโดยการคำนวณมวลสมมูลของการทำ Wet Sieve Analysis ได้แสดงดังตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.9 ส่วนรูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าของ Cumulative Oversize % ที่ขนาดต่างๆของการบด 5 นาที และ 20 นาที และรูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าของ Cumulative Distribution % Zn ที่ขนาดต่างๆของการบด 5 นาที และ 20 นาที ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 แสดงถึงผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน ก่อนทำการ  
 บดแร่ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer  
 (AAS : รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ซ)

Size	% Zn	% Pb	% Fe	Ag ( g / t )
8 mm	29.50	2.56	5.94	8
-8 +6.7 mm	31.00	2.66	3.06	30
-6.7 mm+5 mesh	20.04	4.58	5.62	30
-5 +7 mesh	19.98	3.96	5.88	22
-7 + 14 mesh	17.03	3.42	5.32	6
-14 +18 mesh	17.30	3.34	5.21	34
-18 + 30 mesh	18.73	3.63	5.35	32
-30 +50 mesh	18.92	3.87	5.25	14
-50 +80 mesh	17.48	3.46	5.35	10
-80 +120 mesh	17.30	4.29	6.08	12
-120 +170 mesh	16.68	3.76	5.50	8
-170 +230 mesh	15.61	3.85	5.45	6
-230 +400 mesh	10.88	3.42	4.96	26
-400 mesh	11.05	3.92	5.56	26

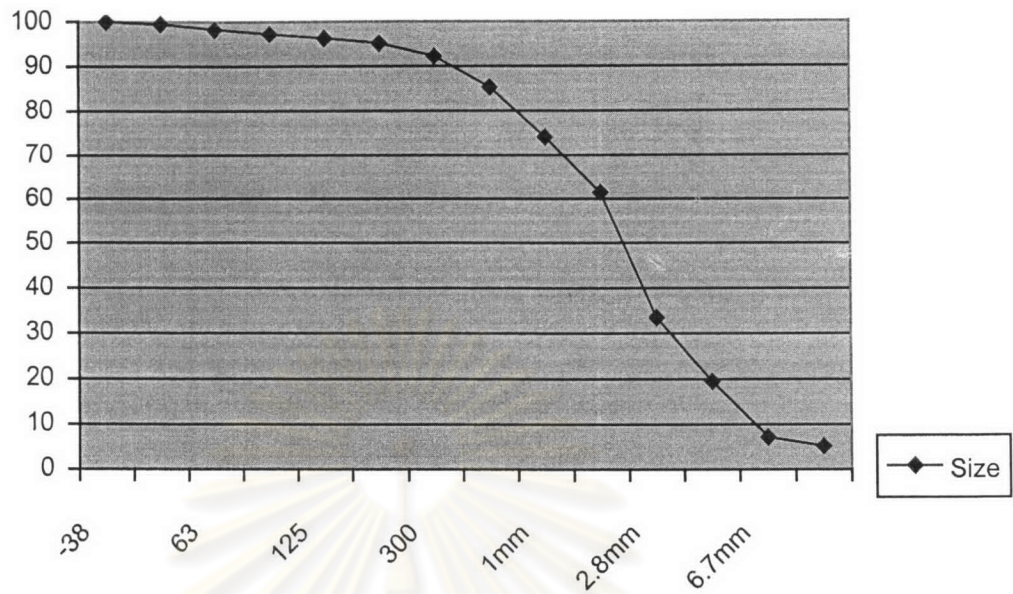
ศูนย์วิทยทรัพยากร  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณมวลสมมูลย์ของโลหะสังกะสีที่ช่วงขนาดต่างๆ (Dry Sieve Analysis)

Size (Mesh)	Size (mm., $\mu$ m)	Weight (g)	Weight %	Assay %Zn	Distribution % Zn	Size (mm., $\mu$ m)	Cumulative Oversize %	Cumulative Distribution % Zn
+ 8mm	+8.00	51.26	5.18	29.50	8.05	8.00 mm	5.18	8.05
- 8 + 6.7mm	-8.00+6.70	19.70	1.99	31.00	3.25	6.70 mm	7.17	11.30
-6.7 +5#	-6.70+4.00	121.81	12.31	20.04	12.99	4.00 mm	19.84	24.29
-5# +7#	-4.00+2.80	138.23	13.97	19.98	14.70	2.80 mm	33.45	38.99
-7# +14#	-2.80+1.40	277.20	28.02	17.03	25.14	1.40 mm	61.47	64.13
-14# +18#	-1.40+1.00	124.55	12.59	17.30	11.47	1.00 mm	74.06	75.60
-18# +30#	-1.00+600	112.01	11.32	18.73	11.17	600	85.38	86.77
-30# +50#	-600+300	67.69	6.84	18.92	6.82	300	92.22	93.59
-50# +80#	-300+180	28.80	2.91	17.48	2.68	180	95.13	96.27
-80# +120#	-180+125	12.03	1.22	17.30	1.11	125	96.35	97.38
-120# +170#	-125+90	9.43	0.95	16.68	0.83	90	97.30	98.21
-170# +230#	-90+63	9.19	0.93	15.61	0.76	63	98.23	98.97
-230# +400#	-63+38	12.43	1.26	10.88	0.72	38	99.49	99.69
-400#	-38 $\mu$ m	4.82	0.51	11.05	0.30	-38	100	100
		989.15	100	18.98*	100			

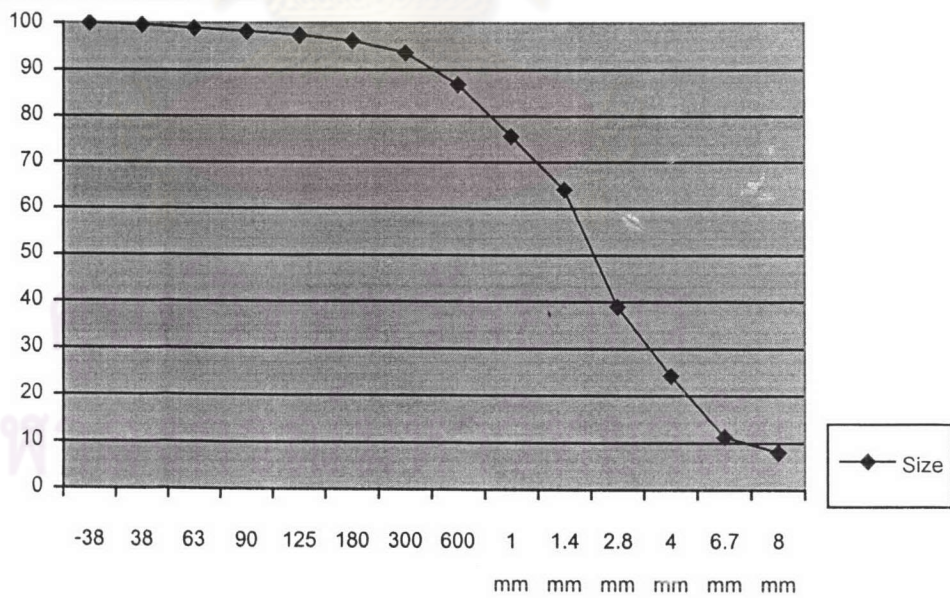
\* Calculate By Mass Balance

Cumulative Oversize %



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size ของแร่ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ ก่อนทำการบดแร่

Cumulative Distribution % Zn



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size ของแร่ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ ก่อนทำการบดแร่



ตารางที่ 4.4 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS)

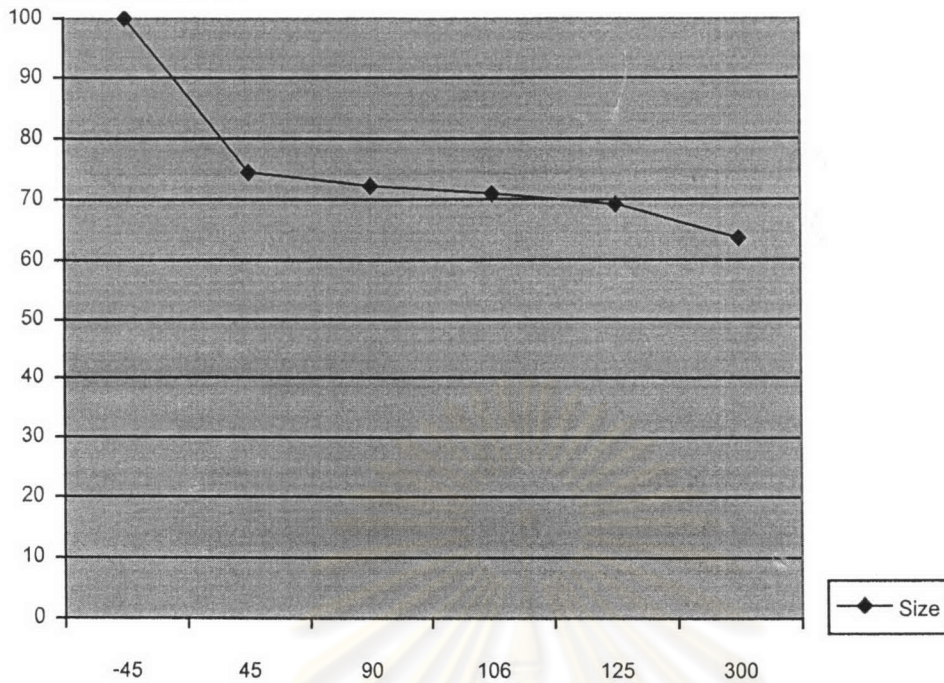
Size	% Zn	% Pb	%Fe	Ag (g/t)
+ 50 #	25.92	4.72	5.31	51
-50 +120 #	19.89	8.65	4.95	51
-120 +140 #	14.56	7.02	5.54	53
-140 +170 #	13.96	6.05	5.56	52
-170 +325 #	13.77	4.90	4.73	36
-325 #	12.01	3.46	5.18	31

ตารางที่ 4.5 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีโดยการคำนวณมวลสมมูลย์หลังทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

Size (Mesh)	Size ( $\mu\text{m}$ )	Weight (g)	Weight %	Assay %Zn	Distribution % Zn	Size (Microns)	Cumulative Over size %	Cumulative Distribution % Zn
+50 #	+300	61.73	63.69	25.92	77.11	300	63.69	77.11
-50 +120 #	-300+125	5.30	5.47	19.89	5.08	125	69.16	82.19
-120 +140 #	-125+106	1.70	1.75	14.56	1.19	106	70.91	83.38
-140 +170 #	-106+90	1.27	1.31	13.96	0.85	90	72.22	84.23
-170 +325 #	-90+45	2.13	2.20	13.77	1.41	45	74.42	85.64
-325 #	-45 $\mu\text{m}$	24.79	25.58	12.01	14.35	-45	100	100
		96.92	100	21.41*	100			

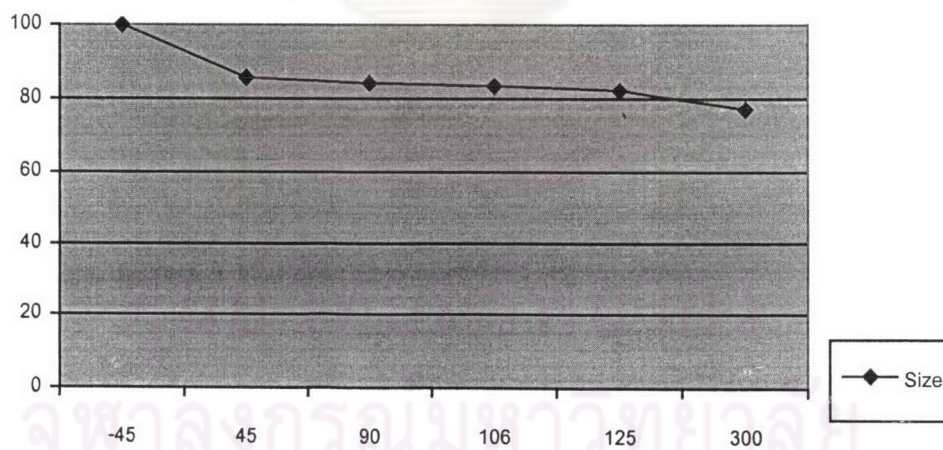
\*Calculate By Mass Balance

## Cumulative Oversize %



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size ที่ทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ของธาตุสังกะสีในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ

## Cumulative Distribution % Zn



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size ที่ทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ของธาตุสังกะสีในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ

ตารางที่ 4.6 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการบดแร่ด้วย Rod Mill (รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ข) เป็นเวลา 5 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS)

Size	% Zn	% Pb	%Fe	Ag (g/t)
+ 50 #	30.93	5.20	5.98	60
-50 +120 #	26.69	8.02	5.56	23
-120 +140 #	25.14	7.21	5.75	24
-140 +170 #	24.84	7.94	5.59	23
-170 +325 #	24.10	6.26	5.39	28
-325 #	20.43	5.88	5.68	31

ตารางที่ 4.7 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีโดยการคำนวณมวลสมมูลย์ หลังทำการบดแร่ 5 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

Size (Mesh)	Size (µm)	Weight (g)	Weight %	Assay %Zn	Distribution % Zn	Size (Microns)	Cumulative Over size %	Cumulative Distribution % Zn
+50 #	+300	57.24	60.16	30.93	66.37	300	60.16	66.37
-50 +120 #	-300+125	13.61	14.31	26.69	13.62	125	74.47	79.99
-120 +140 #	-125+106	2.11	2.22	25.14	1.99	106	76.69	81.98
-140 +170 #	-106+90	1.33	1.40	24.84	1.24	90	78.09	83.22
-170 +325 #	-90+45	5.85	6.15	24.10	5.29	45	84.24	88.51
-325 #	-45µm	14.99	15.76	20.43	11.48	-45	100	100
		95.13	100	28.03*	100			

\*Calculate By Mass Balance

ตารางที่ 4.8 ผลวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของธาตุ สังกะสี ตะกั่ว เหล็ก เงิน หลังทำการบดแร่ด้วย Rod Mill เป็นเวลา 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ช่วงขนาดอนุภาคต่างๆ ด้วยเครื่อง Atomic Absorption Spectrometer (AAS)

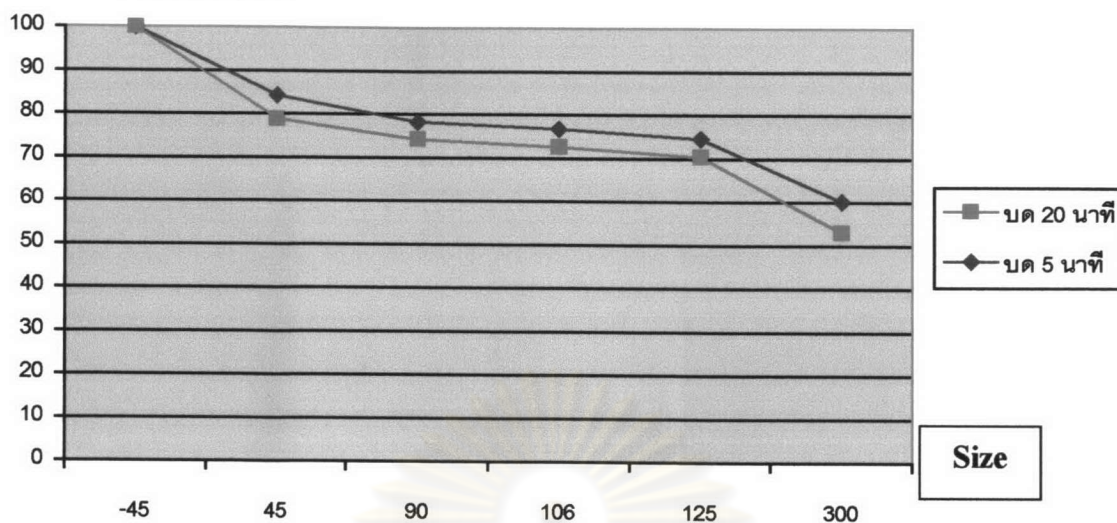
Size	% Zn	% Pb	%Fe	Ag (g/t)
+ 50 #	30.95	4.62	6.08	30
-50 +120 #	27.54	7.95	4.90	34
-120 +140 #	27.46	7.57	4.84	33
-140 +170 #	26.63	8.08	4.52	33
-170 +325 #	26.40	8.63	4.46	38
-325 #	23.45	5.63	4.60	30

ตารางที่ 4.9 ผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของโลหะสังกะสีโดยการคำนวณมวลสมมูลย์ หลังทำการบดแร่ 20 นาทีและทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

Size (Mesh)	Size (μm)	Weight (g)	Weight %	Assay %Zn	Distribution % Zn	Size (μm)	Cumulative Over size %	Cumulative Distribution % Zn
+50 #	+300	50.15	52.96	30.95	57.70	300	52.96	57.70
-50 +120 #	-300+125	16.38	17.30	27.54	16.77	125	70.26	74.47
-120 +140 #	-125+106	2.12	2.24	27.46	2.17	106	72.50	76.64
-140 +170 #	-106+90	1.45	1.54	26.63	1.44	90	74.04	78.08
-170 +325 #	-90+45	4.53	4.78	26.40	4.44	45	78.82	82.52
-325 #	-45μm	20.06	21.18	23.45	17.48	-45	100	100
		94.69	100	28.41*	100			

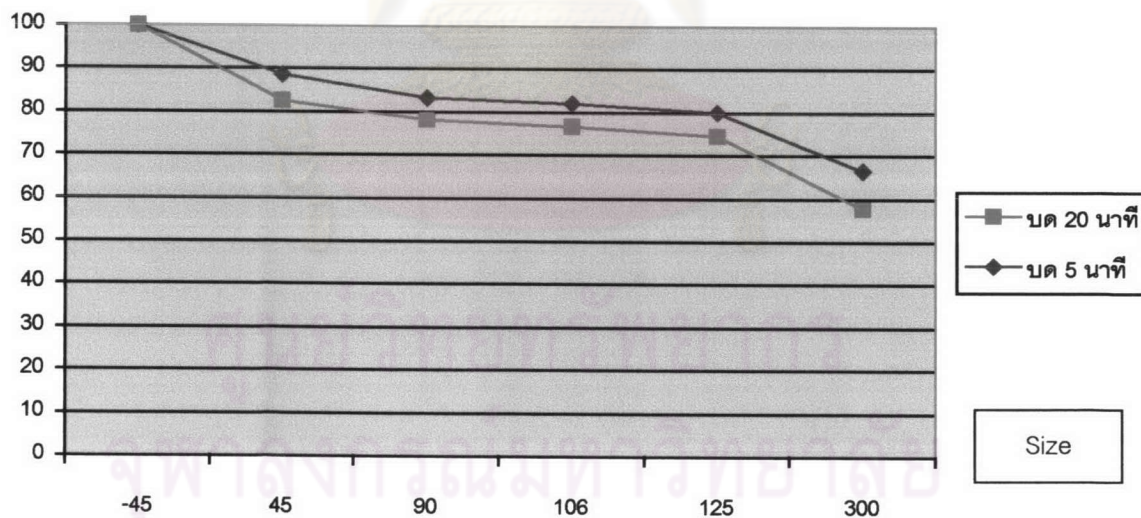
\*Calculate By Mass Balance

### Cumulative Oversize %



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Oversize % กับ Size หลังทำการบดแร่ 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ

### Cumulative Distribution % Zn



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่าง Cumulative Distribution % Zn กับ Size หลังทำการบดแร่ 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ในแต่ละช่วงขนาดต่างๆ

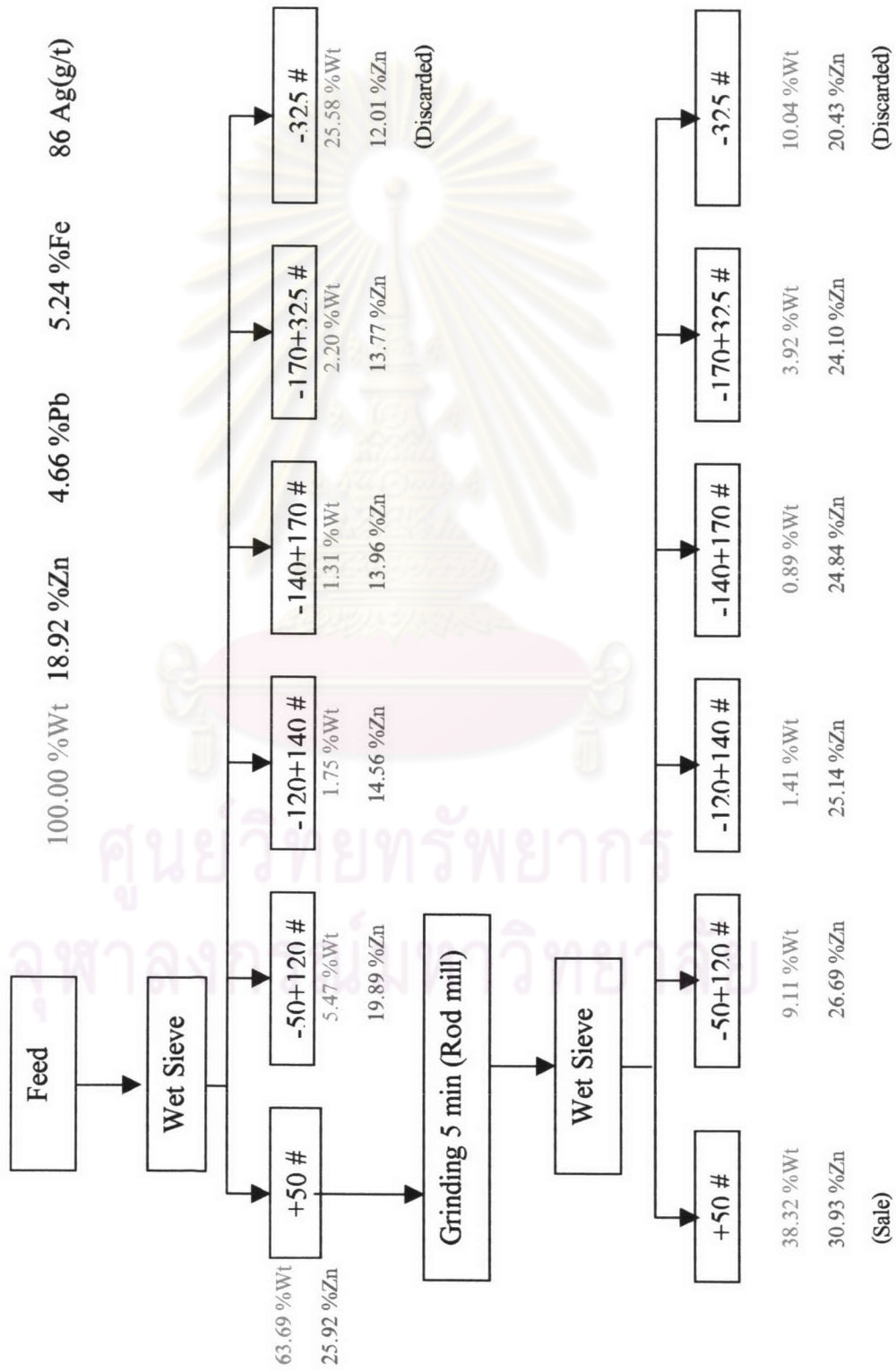
ตารางที่ 4.10 แสดงผลการคำนวณ Weight % ของแร่สังกะสีก่อนบดกับหลังบด 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

Size (Mesh)	Weight % (ก่อนบด)	Weight % (หลังบด) 5 นาที	Weight % (หลังบด) 20 นาที	Weight % Calculate From (63.69) 5 min	Weight % Calculate From (63.69) 20 min
+50 #	63.69	60.16	52.96	38.32	33.73
-50 +120 #		14.31	17.30	9.11	11.02
-120 +140 #		2.22	2.24	1.41	1.43
-140 +170 #		1.40	1.54	0.89	0.98
-170 +325 #		6.15	4.78	3.92	3.04
-325 #		15.76	21.18	10.04	13.48
		100	100		

ตารางที่ 4.11 แสดงผลสรุปการคัดขนาดแบบเปียกตั้งแต่ก่อนบดจนกระทั่งผ่านการบดและทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่ง

Size (Mesh)	Weight %	%Zn	%Pb	%Fe	Ag(g/t)	Remark
+50 #	38.32	30.93	5.20	5.98	60	
-50 +140 #	17.74	23.27	8.05	5.39	34	Flotation
-140 +325 #	8.32	19.85	6.05	5.27	33	Flotation
-325 #	35.62	14.38	4.14	5.32	31	

รูปที่ 4.8 Flow Chart แสดงการเปรียบเทียบการคัดขนาดแบบเปียกก่อนและหลังบด 5 นาที



#### 4.3.2 สรุปผลการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุสังกะสีในสินแร่เกรดต่ำที่ขนาดอนุภาคต่างๆ

จากการศึกษาปริมาณการกระจายตัวของธาตุสังกะสีในสินแร่เกรดต่ำที่เปอร์เซ็นต์แร่ป้อน 18.92 % Zn , 4.66 % Pb , 5.24 % Fe , 86 Ag(g/t) พบว่าการคัดขนาดแบบแห้ง (Dry Sieve Analysis) จากตารางที่ 4.2 แร่สังกะสีจะมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีสูงอยู่ในช่วงของเม็ดแร่ที่มีขนาดหยาบและมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีต่ำอยู่ในช่วงของเม็ดแร่ที่มีขนาดละเอียด จากตารางที่ 4.3 ซึ่งเป็นตารางคำนวณมวลสมมูล (Mass Balance) พบว่าหากใช้ตะแกรงคัดขนาดที่ 50 Mesh ทำการคัดขนาดจะพบว่าแร่สังกะสีที่ยังค้างตะแกรงที่ขนาด +50 Mesh อยู่ถึง 92.22 เมื่อดูจากค่า Cumulative Oversize % และยังพบอีกว่ามีโลหะสังกะสีอยู่ถึง 93.59 % เมื่อดูจากค่า Cumulative Distribution % Zn จากนั้นจึงได้นำค่าของ Cumulative Oversize % และ Cumulative Distribution % Zn กับช่วงขนาดต่างๆ (Size) มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.2 และ 4.3 พบว่าหากทำการคัดขนาดที่ 50 Mesh ดังรูปที่ 4.2 แร่สังกะสีที่หลุดตะแกรง (-50 Mesh) จะมีน้ำหนักเพียง 7.78 เท่านั้นและหากคัดขนาดที่ -230 Mesh ดังรูปที่ 4.3 จะสูญเสียเนื้อโลหะสังกะสีไปเพียง 1.02% เท่านั้น

ส่วนผลจากการทำการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) ผลปรากฏว่าจากตารางที่ 4.4 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุสังกะสี ตะกั่ว เหล็ก และเงิน และ ตารางที่ 4.5 แสดงผลการคำนวณมวลสมมูล (Mass Balance) และยังสามารถนำช่วงขนาดต่างๆ (Size) ของอนุภาคกับเปอร์เซ็นต์ของค่า Cumulative Oversize % มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.4 อีกทั้งยังสามารถนำช่วงขนาดต่างๆ (Size) ของอนุภาคกับเปอร์เซ็นต์ของค่า Cumulative Distribution % Zn มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.5 พบว่าแร่สังกะสีมีการกระจายตัวอยู่ 3 ช่วงขนาดใหญ่คือ

1. +300  $\mu\text{m}$  (+50 #)
2. -300 +45  $\mu\text{m}$  (-50+325 #)
3. -45  $\mu\text{m}$  (-325 #)

จะเห็นได้ว่าการคัดขนาดแบบเปียกจะเปรียบเสมือนการล้างแร่ไปในตัวซึ่งส่งผลให้พวกมลทินหลุดออกไปทำให้เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้น ฉะนั้นเมื่อดูจากตารางที่ 4.4 พบว่าที่ขนาด +50 Mesh แร่สังกะสีมีเปอร์เซ็นต์ที่สูงขึ้นจาก 18.92 % Zn มาเป็น 25.92 % Zn ส่วนตารางที่ 4.5 พบว่าในช่วงขนาดหยาบซึ่งอยู่ในช่วง +50 Mesh จะเป็นช่วงที่มี Weight % สูงถึง 63.69 แต่เนื่องจากว่าแร่สังกะสีที่มีขนาด +50 Mesh เป็นส่วนของเม็ดแร่ที่มีขนาดใหญ่และยังไม่เหมาะสมกับการลอยแร่จึงต้องนำไปผ่านการบดเพื่อทำการลดขนาดให้ได้ขนาดที่เหมาะสมต่อการลอยแร่อีกครั้งหนึ่ง ส่วนช่วงขนาดตั้งแต่ -50 +325 Mesh พบว่าเป็นช่วงที่เหมาะสม



ต่อการลอยแร่ซึ่งมี Weight % เท่ากับ 10.73 ส่วนแร่ที่มีขนาดตั้งแต่ -325 Mesh จะเป็นช่วงที่มีขนาดละเอียดมากซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของพวกฝุ่นแร่ไม่เหมาะสมกับการลอยแร่ด้วยเครื่องแบบ Mechanical ดังนั้นจึงต้องทำการแยกออกไปหรือทำการคัดทิ้ง จะเห็นได้ว่าในช่วงขนาด -325 Mesh มี Weight % ค่อนข้างสูงถึง 25.58 และต้องสูญเสียเนื้อโลหะสังกะสีไปถึง 14.35 % จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cumulative Oversize % กับช่วงขนาดต่างๆ แสดงให้เห็นว่าหากใช้ตะแกรงคัดขนาดที่ 50 Mesh จะพบว่าแร่สังกะสีที่ยังค้างตะแกรง (+50 Mesh) จะมีน้ำหนักสูงถึง 63.69 และหากนำช่วงขนาดต่างๆ (Size) ของอนุภาคกับเปอร์เซ็นต์ของค่า Cumulative Distribution % Zn มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ดังกราฟรูปที่ 4.5 พบว่าที่ขนาด +50 Mesh จะมีโลหะสังกะสีสะสมตัวอยู่ถึง 77.11 เปอร์เซ็นต์ จากการทำการคัดขนาดแบบแห้งและแบบเปียกเมื่อทำการเปรียบเทียบกันจะเห็นได้ว่าการคัดขนาดแบบแห้งมีข้อผิดพลาดอาจเนื่องมาจากความชื้นที่ยังคงหลงเหลืออยู่ในตัวเม็ดแร่สังกะสีและพวกฝุ่นแร่จึงทำให้มีการเกาะยึดติดกันแน่นและไม่สามารถหลุดแยกออกจากกันขณะที่ทำการคัดขนาดแบบแห้งจึงทำให้ข้อมูลที่ได้มีข้อผิดพลาด

ภายหลังการคัดขนาดแบบเปียก (Wet Sieve Analysis) จะมีแร่ที่มีขนาดใหญ่และไม่เหมาะสมกับการลอยแร่ที่ช่วงขนาด +50 Mesh ดังนั้นจึงได้นำเม็ดแร่สังกะสีที่มีขนาดใหญ่มาผ่านการบดด้วยเครื่อง Rod Mill เป็นเวลา 5 นาที และ 20 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งผลปรากฏว่าการบดแร่ที่ 5 นาที จากตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุสังกะสี ตะกั่ว เหล็ก และเงิน ส่วนตารางที่ 4.7 แสดงผลการคำนวณมวลสมดุลย์ (Mass Balance) และจากผลการบดแร่ที่ 20 นาที จากตารางที่ 4.8 ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณของธาตุสังกะสี ตะกั่ว เหล็ก และเงิน ส่วนตารางที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณมวลสมดุลย์ (Mass Balance) หลังจากนั้นจึงนำค่าของช่วงขนาดต่างๆ (Size) ของอนุภาคกับเปอร์เซ็นต์ของค่า Cumulative Oversize % ของการบดที่ 5 นาที และ 20 นาที มาสร้างกราฟหาความสัมพันธ์ดังรูปที่ 4.6 ส่วนรูปที่ 4.7 จะเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cumulative Distribution % Zn กับช่วงขนาดต่างๆ (Size) พบว่าแร่สังกะสียังคงมีการกระจายตัวอยู่ 3 ช่วงขนาดใหญ่คือ +300  $\mu\text{m}$ (+50 #) , -300 +45  $\mu\text{m}$ (-50+325 #) , -45  $\mu\text{m}$ (-325 #) และผลจากตารางที่ 4.6 พบว่าหลังจากที่แร่ผ่านการบดเป็นเวลา 5 นาที และทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งซึ่งเปรียบเสมือนการล้างแร่ไปในตัวซึ่งส่งผลให้พวกมลทินหลุดออกไปทำให้เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นจากแร่ป้อน 18.92 % Zn มาเป็น 30.93 % Zn ส่วนผลจากตารางที่ 4.7 พบว่าหากทำการคัดขนาดที่ +50 Mesh แร่ที่ค้างตะแกรงที่การบดแร่ที่ 5 นาที จะมีค่า Cumulative Oversize % เท่ากับ 60.16 และเมื่อดูจากค่า Cumulative Distribution % Zn จะพบว่าโลหะสังกะสีอยู่ถึง 66.37 % และยังมีส่วนที่ต้องทำการคัดทิ้งที่

ช่วงขนาด -325 Mesh จะมีค่า Weight % เท่ากับ 15.76 ซึ่งจะทำให้สูญเสียเนื้อโลหะสังกะสี เท่ากับ 11.48 % ส่วนผลการบดแร่ที่ 20 นาที จากตารางที่ 4.8 จะพบว่าแร่สังกะสีมีเปอร์เซ็นต์สูงขึ้นจากแร่ป้อน 18.92 % Zn มาเป็น 30.95 % Zn ส่วนผลจากตารางที่ 4.9 พบว่า หากทำการคัดขนาดที่ +50 Mesh แร่ที่ค้างตะแกรงที่การบดแร่ที่ 20 นาที จะมีค่า Cumulative Oversize % เท่ากับ 52.96 และเมื่อดูจากค่า Cumulative Distribution % Zn จะพบว่า มีโลหะสังกะสีสะสมตัวอยู่ถึง 57.70 % และยังมีส่วนที่ต้องทำการคัดทิ้งที่ช่วงขนาด -325 Mesh จะมีค่า Weight % เท่ากับ 21.18 ซึ่งจะทำให้สูญเสียเนื้อโลหะสังกะสีเท่ากับ 17.48 % จากรูปที่ 4.6 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cumulative Oversize % กับช่วงขนาดต่างๆ หากทำการคัดขนาดที่ +50 Mesh จะพบว่าแร่ที่ยังค้างตะแกรงจากการบดแร่ที่ 5 นาที จะมีแร่ที่ค้างตะแกรงมากกว่าการบดแร่ที่ 20 นาที เท่ากับ 7.20 และยังมีส่วนที่ต้องทำการคัดทิ้งที่ช่วงขนาด -325 Mesh จากการบดแร่ที่ 5 นาที จะมีค่าน้อยกว่าการบดแร่ที่ 20 นาที เท่ากับ 5.42 จากรูปที่ 4.7 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่า Cumulative Distribution % Zn กับช่วงขนาดต่างๆ หากทำการคัดขนาดที่ +50 Mesh จะพบว่าแร่ที่ผ่านการบดแร่ที่ 5 นาที จะมีค่าโลหะสังกะสีสะสมตัวอยู่มากกว่าการบดแร่ที่ 20 นาที เท่ากับ 8.67% และยังมีส่วนที่ต้องทำการคัดทิ้งที่ช่วงขนาด -325 Mesh จากการบดแร่ที่ 5 นาที จะมีค่าโลหะสังกะสีที่ต้องสูญเสียไป น้อยกว่าการบดแร่ที่ 20 นาที เท่ากับ 6.00%

จะเห็นได้ว่าแร่ที่ผ่านการบดแล้วทำการคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งนั้นจะให้ผลที่ สอดคล้องกับการคัดขนาดแบบเปียก (ก่อนบด) แต่สิ่งหนึ่งที่แตกต่างอย่างเห็นได้ชัดคือ เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีเมื่อผ่านการบดแล้วนำมาคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งจะให้ เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีที่สูงขึ้นอย่างเช่น ช่วงขนาดที่ +50 Mesh ก่อนบดมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีอยู่ที่ Zn 25.92 % แต่เมื่อผ่านการบดและคัดขนาดแบบเปียกซ้ำอีกครั้งหนึ่งแร่สังกะสีมี เปอร์เซ็นต์อยู่ที่ Zn 30.93 % ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์พอเพียงสำหรับขายในเชิงพาณิชย์ดังรูปที่ 4.8 ส่วนผลการเปรียบเทียบในเรื่องของระยะเวลาที่ใช้ในการบดแร่สังกะสีนั้นเมื่อดูจากตารางที่ 4.10 พบว่าค่าการคำนวณ Weight % ของการบดแร่ที่ใช้เวลาเพียง 5 นาที จะสามารถได้ปริมาณ การเก็บแร่สังกะสีที่สูงกว่าการบดแร่ที่ใช้เวลา 20 นาที เท่ากับ 4.59 ที่ช่วงขนาด +50 Mesh อีกทั้งสูญเสียแร่เนื่องจากฝุ่นแร่ที่ช่วงขนาด -325 Mesh ซึ่งมีค่าน้อยกว่าการบดแร่ที่ใช้เวลา 20 นาที ถึง 3.44 นั้นหมายถึงว่ายิ่งใช้เวลาในการบดแร่นานเกินไปจะทำให้ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพและปริมาณการเก็บแร่สังกะสี อีกทั้งจะสูญเสียเงินไปในส่วนของค่าใช้จ่ายในการบดสูงอีกด้วย

ผลจากตารางที่ 4.11 พอจะสรุปได้ว่าช่วงขนาดที่เหมาะสมต่อการลอยแร่จึงอยู่ในช่วงขนาดตั้งแต่ -50 +325 Mesh แต่กระบวนการลอยแร่เพื่อการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำนั้นจำเป็นต้องมีการคัดขนาดอนุภาคเฉพาะให้เหมาะสมกับกระบวนการลอยแร่ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลอย่างอื่นเข้ามาประกอบการพิจารณาการคัดเลือกขนาดอนุภาคจะช่วยให้สามารถคัดเลือกขนาดอนุภาคที่เหมาะสมเข้าสู่กระบวนการลอยแร่และเพื่อการเก็บกลับคืนได้อย่างมีประสิทธิภาพเช่น ข้อมูลจากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคสามารถบอกถึงรูปร่างในแต่ละช่วงขนาดว่าแร่สังกะสีมีรูปร่างเป็นอย่างไร พร้อมทั้งการแตกหักของแร่ผลทึบที่ส่งผลให้ปริมาณฝุ่นแร่มีปริมาณที่สูงขึ้นซึ่งทำให้ยากหรือมีผลกระทบต่อกระบวนการลอยแร่เนื่องจากจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีลดลงด้วย จากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคจาก Polished Section ด้วยกล้องจุลทรรศน์ (Reflected Light Microscope) พบว่าที่ช่วงขนาด -120 +170 Mesh แร่ผลทึบเริ่มมีการแตกตัวหรือแตกหักออกจากกัน ดังนั้นจึงได้เลือกช่วงขนาด 140 Mesh จากการคัดขนาดแบบเปียกเป็นช่วงที่แบ่งช่วงของขนาดหยาบออกจากช่วงขนาดละเอียด ฉะนั้นแร่สังกะสีที่เหมาะสมต่อการลอยแร่จึงมีอยู่ 2 ช่วงขนาดคือ ช่วงของเม็ดแร่ที่มีขนาดหยาบที่อยู่ในช่วง -50 +140 Mesh ซึ่งมี Weight % เท่ากับ 17.74 , Zn 23.27% และช่วงขนาดละเอียดที่อยู่ในช่วง -140 +325 Mesh ซึ่งมี Weight % เท่ากับ 8.32 , Zn 19.85% ส่วนช่วงขนาด +50 Mesh ซึ่งมี Weight % เท่ากับ 38.32 , Zn 30.93% ซึ่งพอเพียงสำหรับขายในเชิงพาณิชย์แล้วดังนั้นจึงไม่มีความจำเป็นที่ต้องนำไปผ่านการบดเพื่อลดขนาดอีก ส่วนช่วงของฝุ่นแร่ที่ขนาด -325 Mesh จะให้ค่าของ Weight % เท่ากับ 35.62 , Zn 14.38% เป็นขนาดที่ไม่เหมาะสมต่อการลอยแร่จึงต้องทำการคัดแยกออกไปหรือนำไปเก็บแร่สังกะสีด้วยเครื่องมือชนิดอื่นต่อไป

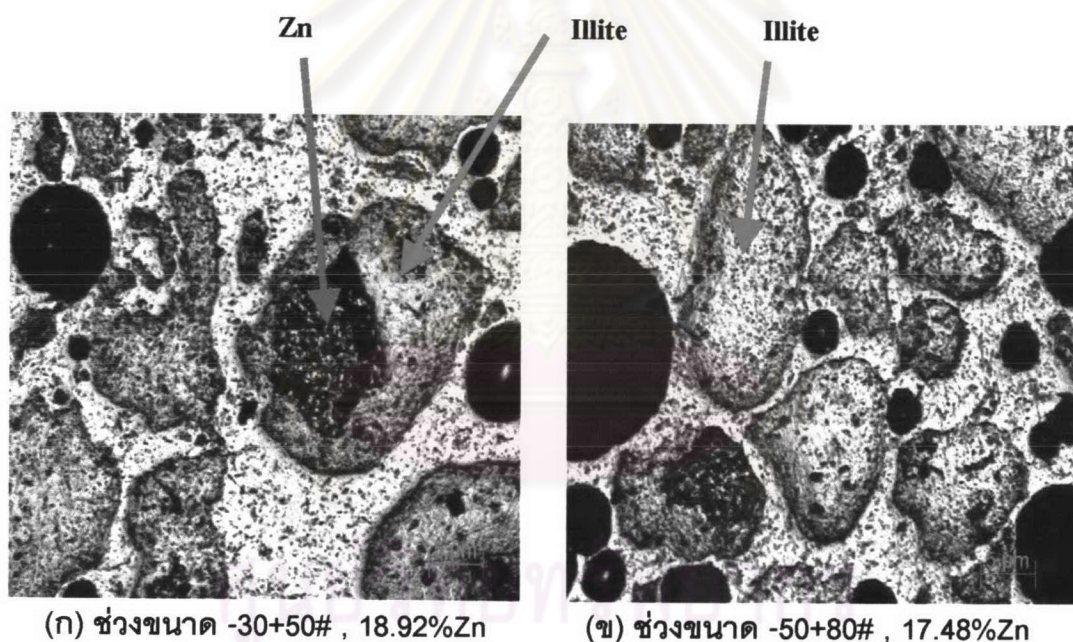
#### 4.4 การศึกษาโครงสร้างจุลภาคของสินแร่เกรดต่ำจาก Polished Section ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope)

การศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบต่างๆของสินแร่เกรดต่ำโดยโครงสร้างจุลภาคจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties) และคุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties) โดยโครงสร้างจุลภาคจะบ่งบอกถึง ขนาดและรูปร่างลักษณะของเกรนหรือผลึก (Grain & Crystallites) ลักษณะการอยู่ร่วมกันของแร่และองค์ประกอบอื่นๆรวมถึงพวกแร่ผลทึบพร้อมทั้งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของเม็ดแร่ (Oxidation) และการกระจายตัวในช่วงขนาดต่างๆของแร่สังกะสีในสินแร่เกรดต่ำซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จะนำไปใช้ในการวิเคราะห์เพื่อเสนอแนะแนวทางในการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำอย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

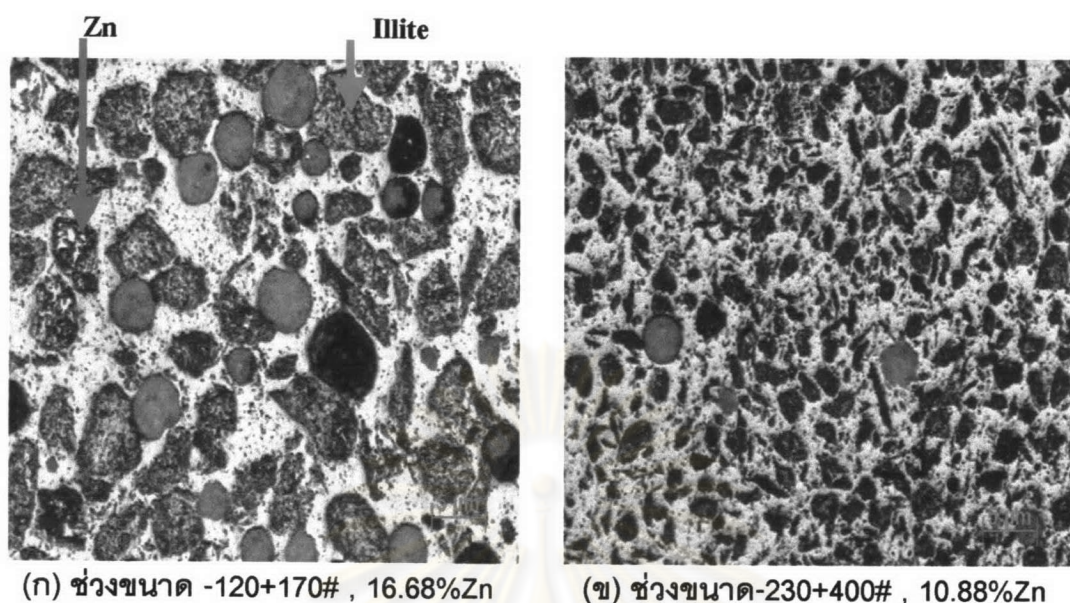
โครงสร้างจุลภาคที่ผ่านการเตรียมด้วยวิธี Polished Section ที่ถูกต้องและเหมาะสม เมื่อขยายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope) จะให้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำ ในขณะที่ตัวอย่างที่ถูกเตรียมอย่างผิดวิธีหรือไม่เหมาะสมจะทำให้โครงสร้างจุลภาคเปลี่ยนแปลงไปเป็นผลทำให้เกิดความสับสนและความเข้าใจที่ผิดพลาดในผลการทดลอง

#### 4.4.1 ผลการศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope : รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ง)

การศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบ Reflected Light Microscope ได้นำตัวอย่างช่วงขนาด  $-30+50$  Mesh ,  $-50+80$  Mesh ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.9 และที่ช่วงขนาด  $-120+170$  Mesh ,  $-230+400$  Mesh ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 โครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด (ก)  $-30+50$  Mesh และ(ข)  $-50+80$  Mesh



รูปที่ 4.10 โครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด (ก) -120+170 Mesh และ (ข) -230+400 Mesh

#### 4.4.2 สรุปผลการศึกษาการตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope)

รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด -30 +50 Mesh และขนาด -50 +80 Mesh ที่ได้จากการทำ Dry Sieve Analysis แสดงให้เห็นลักษณะที่แตกต่างของเม็ดแร่สังกะสีกับพวกมลทินคือ เม็ดแร่สังกะสีจะมีลักษณะเป็น 2 ชั้น ซึ่งภายในจะเป็นเม็ดแร่สังกะสีและมีรูปร่างที่ไม่แน่นอน Irregular ส่วนภายนอกที่ล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีจะเป็นแร่ Illite ที่อยู่ในตระกูล Clay Mineral (EDX Analysis รูปที่ 4.17) ส่วนใหญ่รูปร่างมีลักษณะเป็นแบบค่อนข้างกลมแต่ไม่แน่นอน Modular ส่วนพวกมลทินที่อยู่กระจัดกระจายรอบเม็ดแร่สังกะสีจะมีลักษณะเป็นเม็ดโดดๆและมีรูปร่างแบบค่อนข้างกลม Granular ส่วนโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด -50 +80 Mesh แสดงให้เห็นลักษณะการหลุดแยก (Liberate) ของเม็ดแร่สังกะสีกับส่วนที่เป็นมลทินซึ่งล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีอยู่ อีกทั้งเม็ดแร่สังกะสียังมีขนาดใกล้เคียงกับพวกแร่มลทินและเมื่อทำเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีที่ได้จากการทำการคัดขนาดแบบแห้ง (Dry Sieve Analysis) พบว่าจากรูปที่ 4.9 ที่ขนาด -30 +50 Mesh จะมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีอยู่ที่ Zn 18.92% และขนาด -50 +80 Mesh จะมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีอยู่ที่ Zn 17.48%

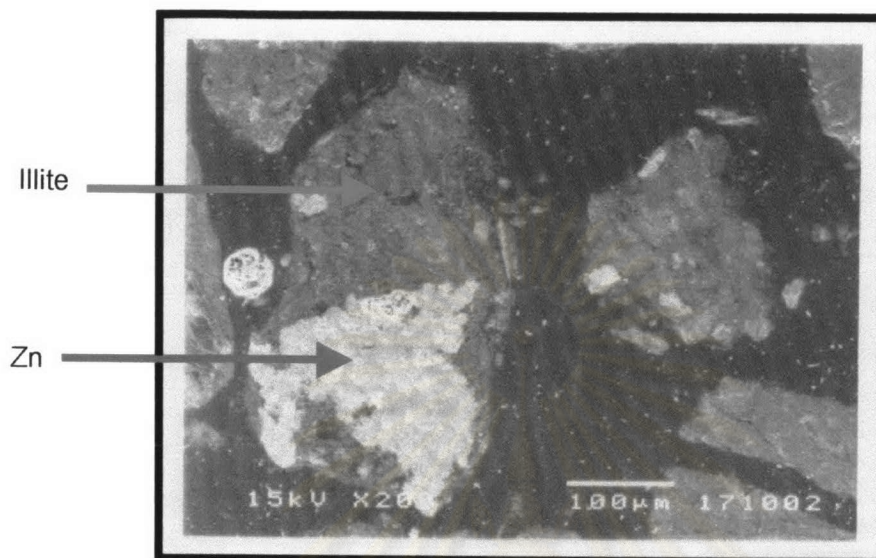
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด -120 +170 Mesh แสดงให้เห็นลักษณะการแตกหักของพวกแร่มลทินจนทำให้มีขนาดที่เล็กลงกว่าเดิม ซึ่งส่งผลให้ปริมาณของพวกแร่มลทินเริ่มมีปริมาณที่เพิ่มสูงมากขึ้น แสดงให้เห็นว่าในช่วงขนาด -120 +170 Mesh เป็นช่วงที่แบ่งระหว่างช่วงที่มีขนาดหยาบกับช่วงที่มีขนาดละเอียด ส่วนรูปร่างของพวกมลทินเมื่อแตกหักออกจากกันจะมีรูปร่างเป็นแบบผลึกทางเรขาคณิต Geometric Shape บางส่วนมีรูปร่างแบบรูปร่างหลายเหลี่ยม Roughly Polyhedral Shape ส่วนแร่สังกะสีมีรูปร่างเป็นแบบไม่แน่นอน Irregular ส่วนโครงสร้างจุลภาคที่กำลังขยาย 50 เท่า ที่ขนาด -230 +400 Mesh แสดงให้เห็นลักษณะการแตกตัวของพวกแร่มลทินที่มีปริมาณสูงขึ้นไปจนทำให้มีปริมาณมากขึ้นและมีขนาดที่เล็กลง ส่วนรูปร่างของพวกมลทินที่แตกตัวเป็นแบบคล้ายเข็ม Acicular จนถึงรูปร่างแบบหลายเหลี่ยม Roughly Polyhedral Shape ส่วนเม็ดแร่สังกะสีจะมีขนาดใหญ่กว่าพวกมลทิน รูปร่างเป็นแบบไม่แน่นอน Irregular

ผลจากการศึกษาโครงสร้างจุลภาคเมื่อทำเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีที่ได้จากการทำการคัดขนาดแบบแห้ง (Dry Sieve Analysis) พบว่าจากรูปที่ 4.10 ที่ขนาด -120 +170 Mesh จะมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีอยู่ที่ Zn 16.68% และขนาด -230 +400 Mesh จะมีเปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีอยู่ที่ Zn 10.88% ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าจากรูปที่ 4.9 แร่สังกะสีและมลทินถ้ามีขนาดใกล้เคียงกันจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ของแร่มีค่าที่ใกล้เคียงกันด้วย ส่วนรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าเมื่อมลทินมีการแตกหักจนมีขนาดเล็กลงจะส่งผลให้ปริมาณฝุ่นเพิ่มขึ้นและจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของแร่สังกะสีมีค่าต่ำลงอย่างเห็นได้ชัด

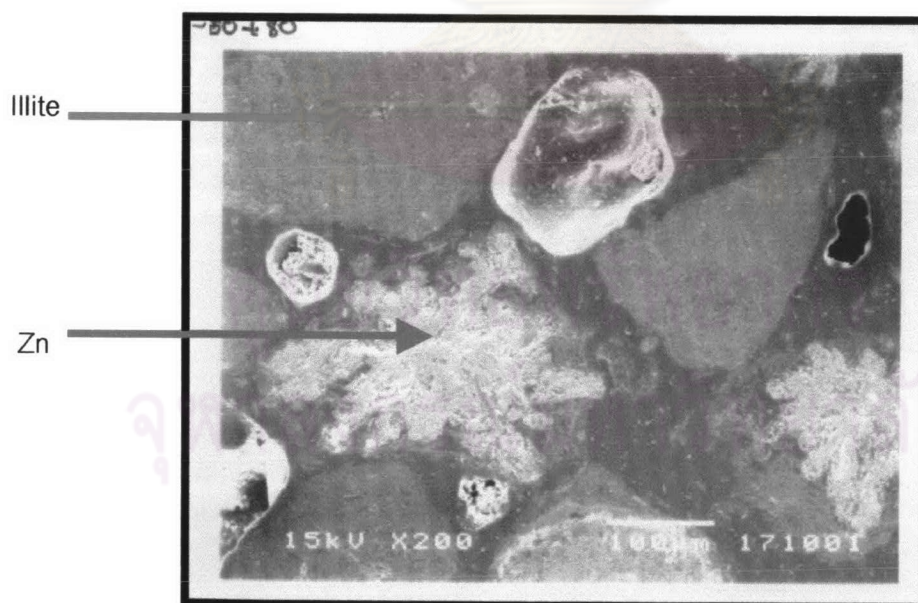
- 4.5 การศึกษาขนาดของการหลุดแยกของเม็ดแร่สังกะสี รูปร่าง ขนาด การOxidation ที่ผิวของเม็ดแร่และโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscopy: SEM และ เทคนิค X-Ray Image Mapping (SEM : X-Ray Image Mapping : รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก จ)

การศึกษาลักษณะโครงสร้างจุลภาคและองค์ประกอบต่างๆของสินแร่เกรดต่ำโดยโครงสร้างจุลภาคจะมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical Properties) และคุณสมบัติทางกล (Mechanical Properties) โดยโครงสร้างจุลภาคจะบ่งบอกถึง ขนาด และรูปร่าง ลักษณะการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของเม็ดแร่สังกะสี (Oxidation) อีกทั้งการศึกษาโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscopy: SEM) สามารถให้กำลังขยายภาพได้สูงกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบ Reflected Light Microscope โดยทำการ

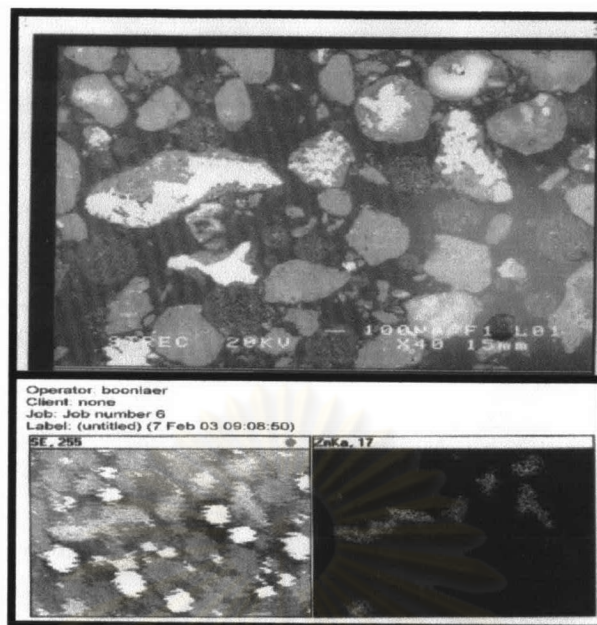
ศึกษาตัวอย่างที่ช่วงขนาด -30+50 Mesh , -50+80 Mesh , -325 Mesh ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.11 , 4.12 ,4.15 และเทคนิค X-Ray Image Mapping ซึ่งแสดงดังรูปที่ 4.13 , 4.14 ,4.16



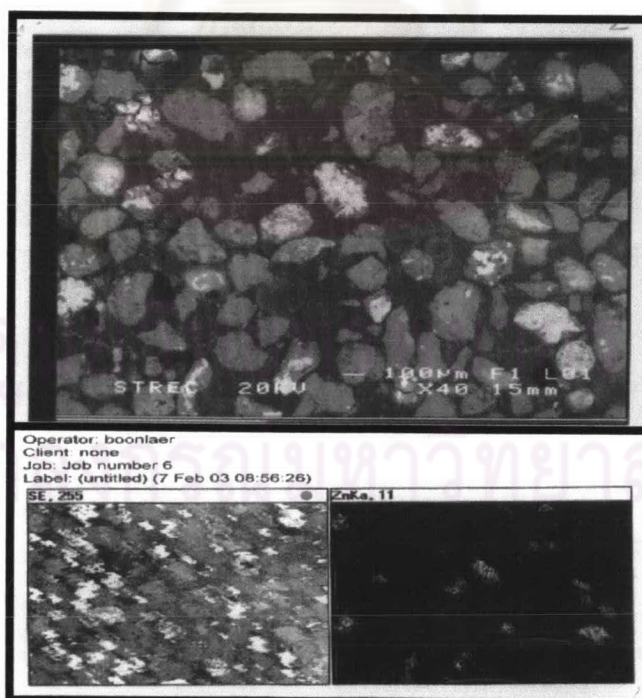
รูปที่ 4.11 ภาพสแกนแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 200 เท่า ที่ขนาด -30+50 Mesh



รูปที่ 4.12 ภาพสแกนแร่เกรดต่ำที่กำลังขยาย 200 เท่า ที่ขนาด -50+80 Mesh

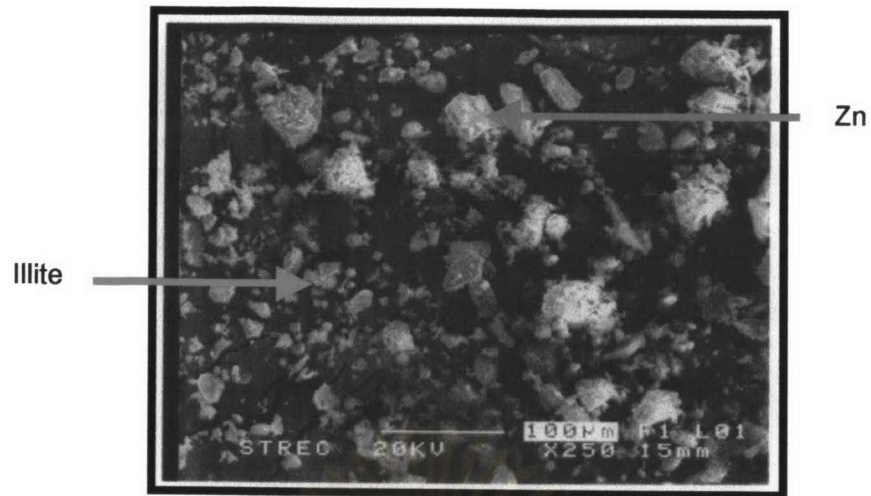


รูปที่ 4.13 ภาพสัณเภากรดต่ำที่กำลังขยาย 40 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อหาปริมาณ Zn จาก Polished Section ที่ขนาด -30 +50 Mesh

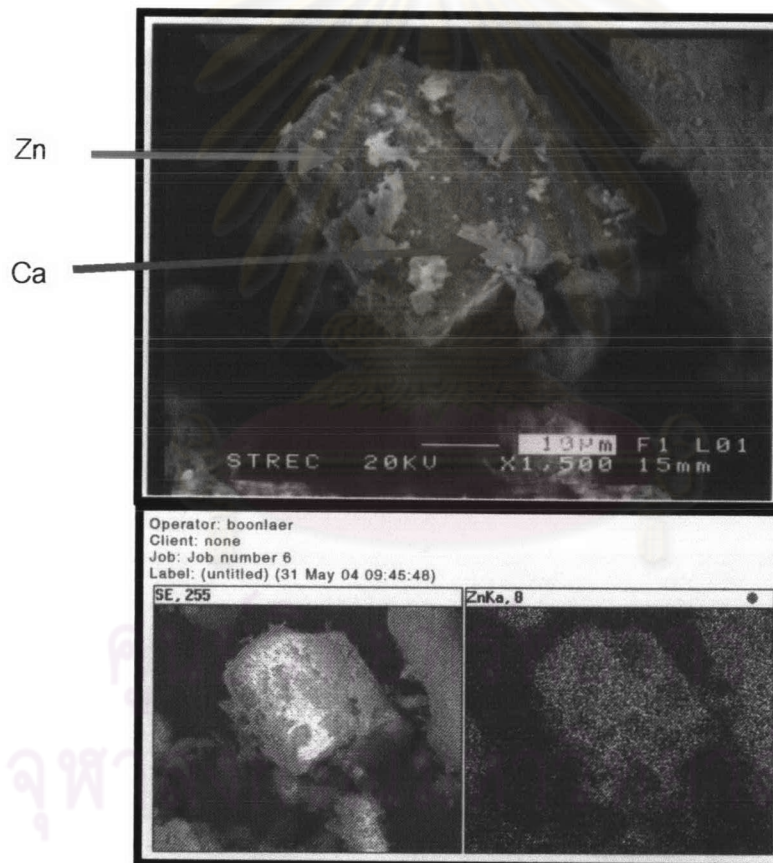


รูปที่ 4.14 ภาพสัณเภากรดต่ำที่กำลังขยาย 40 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อหาปริมาณ Zn จาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh





รูปที่ 4.15 ภาพสัณเระกรดต่ำที่กำลังขยาย 250 เท่า ที่ขนาด -325 Mesh



รูปที่ 4.16 ภาพสัณเระกรดต่ำที่กำลังขยาย 1500 เท่า ด้วยเครื่อง SEM พร้อมทั้งการทำ Image Mapping เพื่อศึกษาการกระจายตัวของ Zn กับมลทินที่ขนาด - 325 Mesh

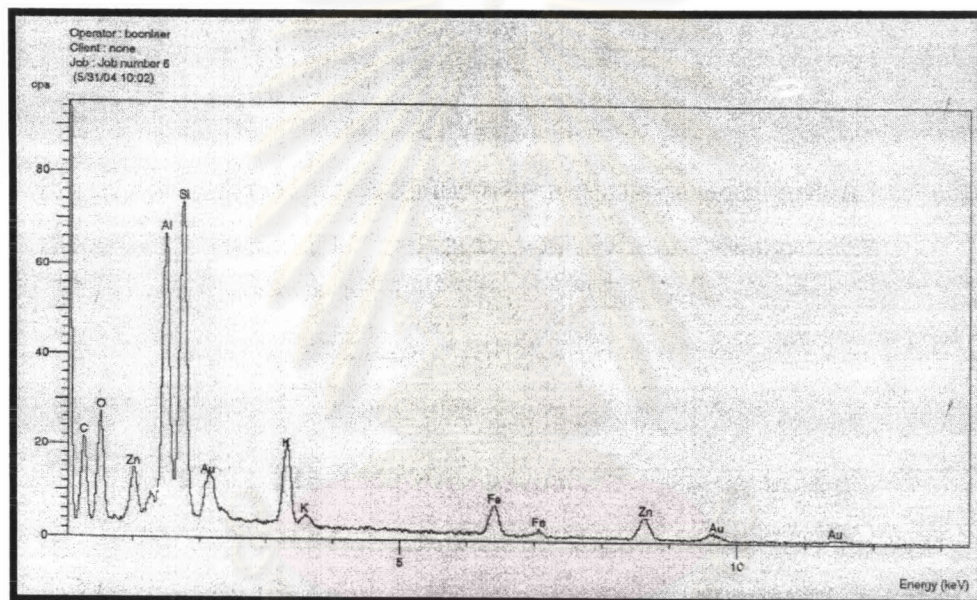
4.5.1 สรุปผลการทดลองการตรวจสอบขนาดของการหลุดแยกของเม็ดแร่สังกะสี รูปร่างขนาด การ Oxidation ที่ผิวของเม็ดแร่และโครงสร้างจุลภาคโดยใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด Scanning Electron Microscopy: SEM และเทคนิค X-Ray Image Mapping (SEM: X-Ray Image Mapping)

จากผลการตรวจสอบขนาดของการหลุดแยกของเม็ดแร่สังกะสี รูปร่าง ขนาด และการ Oxidation ที่ผิวของเม็ดแร่และโครงสร้างจุลภาคจาก Polished Section ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราดและเทคนิค X-Ray Image Mapping ที่กำลังขยาย 200 และ 40 เท่า ที่ขนาด -30 +50 Mesh , -50 +80 Mesh และที่กำลังขยาย 250 และ 1500 เท่า ที่ขนาด -325 Mesh พบว่าผลการตรวจสอบเป็นไปในลักษณะที่สอดคล้องกับการตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบ (Reflected Light Microscope) คือ จากรูปที่ 4.11 พบว่าเม็ดแร่สังกะสียังมีลักษณะเป็น 2 ชั้นคือบริเวณพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางของเม็ดแร่สังกะสีจะสามารถสังเกตเห็นเป็นเฟสสีขาวอยู่ตรงกลางและมีการ Oxidation ที่ผิวของเม็ดแร่อย่างเด่นชัดและรูปร่างลักษณะโครงสร้างภายในของเม็ดแร่สังกะสีมีรูปร่างไม่แน่นอน Irregular ส่วนรูปร่างภายนอกมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลมแต่ไม่แน่นอน Modular ส่วนรูปร่างที่สังเกตพบจากรูปที่ 4.12 จะมีลักษณะโครงสร้างของเม็ดแร่สังกะสีที่คล้ายคลึงกันคือ ภายในของเม็ดแร่สังกะสีมีรูปร่างไม่แน่นอน Irregular ส่วนรูปร่างภายนอกมีลักษณะรูปร่างค่อนข้างกลมแต่ไม่แน่นอน Modular พร้อมทั้งแสดงให้เห็นลักษณะการหลุดแยกเป็นอิสระ (Liberate) ของเม็ดแร่สังกะสีกับส่วนที่เป็นมลทินซึ่งล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสี ส่วนรูปที่ 4.13 และรูปที่ 4.14 เป็นการตรวจสอบธาตุสังกะสีซ้ำอีกครั้งหนึ่งว่าเม็ดแร่สังกะสีเป็นเม็ดแร่ที่มีการ Oxidation ที่ผิวของแร่และมีศูนย์กลางของเม็ดแร่แสดงเฟสสีขาวเป็นธาตุสังกะสีโดยใช้เทคนิค X-Ray Image Mapping

ส่วนรูปที่ 4.15 และรูปที่ 4.16 เป็นการศึกษาโครงสร้างจุลภาคของเม็ดแร่สังกะสีที่อยู่ร่วมกับฝุ่นแร่ที่ขนาด (-325 Mesh) ซึ่งผ่านขบวนการบดและคัดขนาดแบบเปียกมาแล้ว 20 นาที พบว่าเม็ดแร่สังกะสีจะมีขนาดใหญ่กว่าพวกมลทินแต่ในขณะเดียวกันพวกมลทินก็ยังคงมีบางส่วนที่ยังเกาะยึดติดกับเม็ดแร่สังกะสีอยู่ แสดงให้เห็นว่าถึงแม้ว่าเม็ดแร่สังกะสีจะผ่านขบวนการบดและคัดขนาดแบบเปียกมาแล้วก็ตามแต่พวกมลทินก็ยังคงหลงเหลืออยู่ซึ่งในขบวนการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำนอกจากปริมาณของฝุ่นแร่ที่มากพออยู่แล้วพวกมลทินที่เกาะอยู่ตามผิวเม็ดแร่สังกะสีอาจจะทำให้ส่งผลกระทบต่อในเรื่องของการสิ้นเปลืองน้ำยาเคมีที่จะต้องใช้ในการลอยแร่อีกด้วย

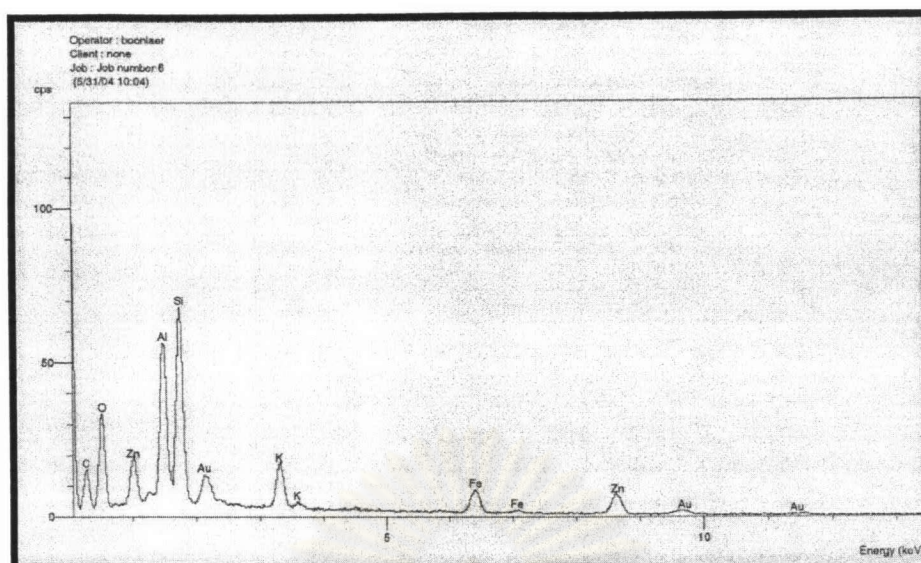
#### 4.5 การตรวจสอบธาตุสังกะสีและธาตุอื่นๆจาก Polished Section ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray : (EDX : รายละเอียดเครื่องมือแสดงในภาคผนวก ฉ)

การตรวจสอบธาตุสังกะสีและธาตุอื่นๆจาก Polished Section ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray เป็นการตรวจสอบที่มีความสำคัญเนื่องจากว่าทุกๆตำแหน่งหรือพื้นที่ๆต้องการทราบเช่น พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่ผิวของเม็ดแร่สังกะสีหรือพวกมลทินว่าเป็นธาตุชนิดใดเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อขบวนการเก็บแร่สังกะสีจากสินแร่เกรดต่ำอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดผลจากการศึกษาจึงออกมาตามรูปที่ 4.17 , 4.18 , 4.19 และ 4.20 ตามลำดับ

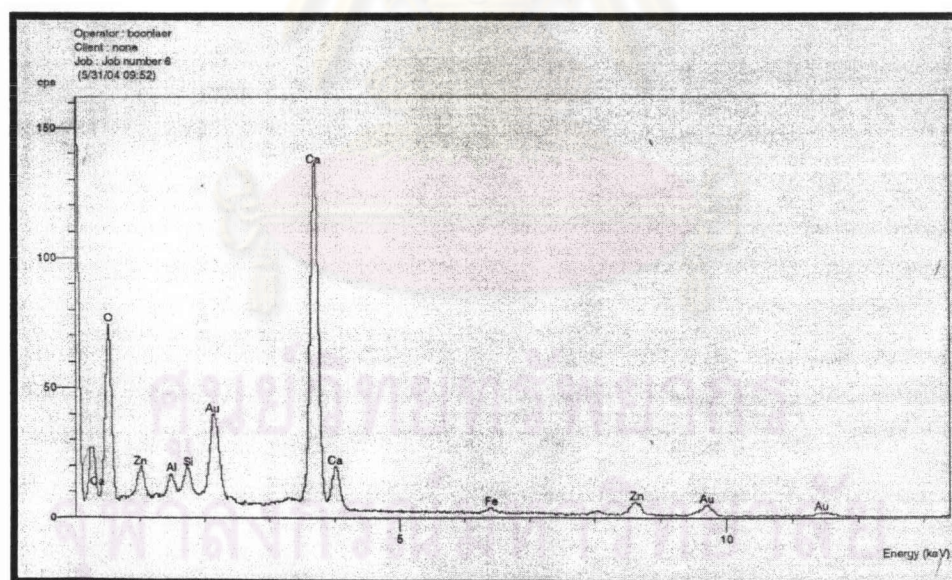


รูปที่ 4.17 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินที่ล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีจาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh

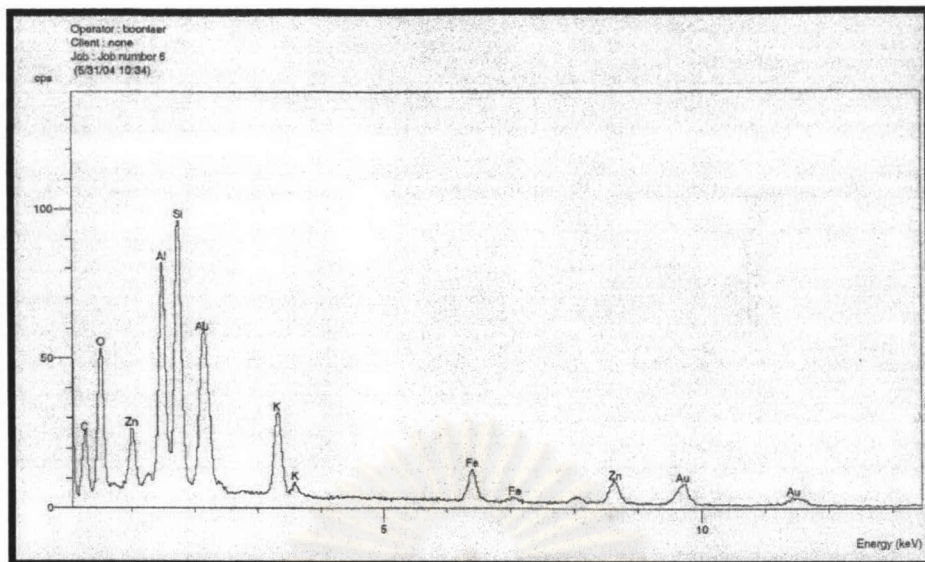
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกลมลทินจาก Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh



รูปที่ 4.19 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกลมลทินที่ยังเกาะอยู่กับเม็ดแร่สังกะสีที่ขนาด -325 Mesh (จากรูปที่ 4.16)



รูปที่ 4.20 ผลวิเคราะห์ธาตุซึ่งเป็นพวกมลทินที่ขนาด -325 Mesh (จากรูปที่ 4.15)

#### 4.6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการตรวจสอบธาตุสังกะสีและธาตุอื่นๆจาก Polished Section ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray (EDX)

จากการตรวจสอบธาตุสังกะสีและธาตุอื่นๆ ด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray (EDX) ในบริเวณพื้นที่ของ Polished Section ที่ขนาด -50 +80 Mesh และ -325 Mesh ซึ่งผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นถึงธาตุที่ล้อมรอบเม็ดแร่สังกะสีที่ช่วงขนาด -50 +80 Mesh ซึ่งแสดงตามรูปที่ 4.17 ประกอบไปด้วยธาตุ ซิลิกอน โปรแทสเซียม อลูมิเนียม ออกซิเจน และคาร์บอน ซึ่งคาดว่าเป็นองค์ประกอบของพวก Organic Carbon และช่วงขนาดที่ -325 Mesh จากรูปที่ 4.19 แสดงให้เห็นถึงธาตุที่ยังเกาะติดอยู่กับเม็ดแร่สังกะสีประกอบไปด้วยธาตุ ซิลิกอน อลูมิเนียม แคลเซียม ออกซิเจน

ส่วนรูปที่ 4.18 และ 4.20 ผลการตรวจสอบแสดงให้เห็นถึงธาตุที่เป็นพวกมลทินประกอบไปด้วยธาตุ ซิลิกอน โปรแทสเซียม อลูมิเนียม ออกซิเจน และคาร์บอน ซึ่งคาดว่าเป็นองค์ประกอบของพวก Organic Carbon จากผลสรุปข้างต้นพอจะทราบว่านอกจากธาตุสังกะสีที่ต้องการเก็บจากสินแร่เกรดต่ำแล้วยังมีธาตุอื่นๆหรือพวกธาตุมลทินที่ปะปนอยู่ด้วยซึ่งคาดว่าน่าจะเป็นองค์ประกอบของแร่ตระกูล Clay Mineral ได้แก่แร่ Illite และบางส่วนเป็นพวกธาตุแคลเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบของหินต้นกำเนิดคือ พวกหินปูน (Limestone) และพวกแร่กากเช่นแร่ Quartz