

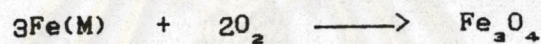


บทที่ 5

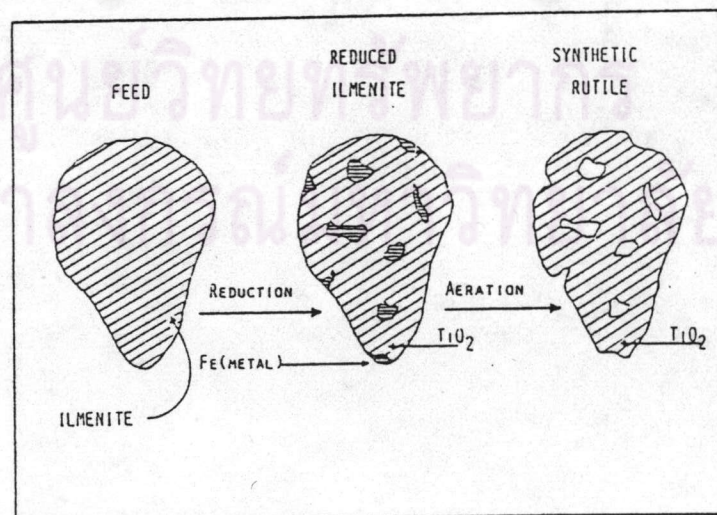
การกวนที่มีการพ่นอากาศ

5.1 การกวนที่มีการพ่นอากาศ

การกวนที่มีการพ่นอากาศเป็นขั้นตอนที่นำแร่ที่ผ่านการรีดักชันมากวนในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ และพ่นอากาศเข้าไป ออกซิเจนจากอากาศจะออกซิไดส์โลหะ เหล็กที่ได้จากการรีดักชันเป็นเหล็กออกไซด์ แยกตัวออกจากไทเทเนียมออกไซด์ในลักษณะผงละเอียด ดังปฏิกิริยา

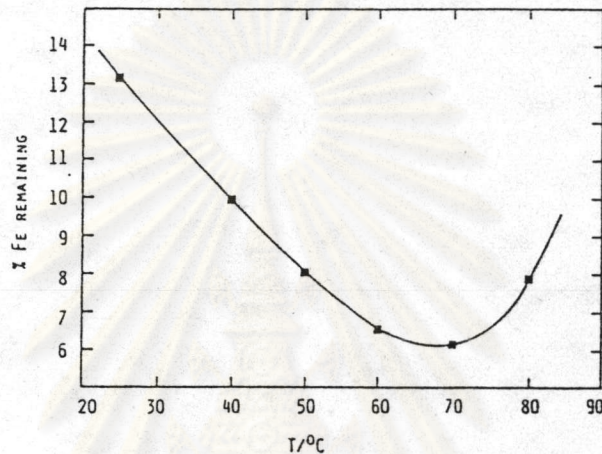


Farrow และคณะ (23) ศึกษาการกวนที่มีการพ่นอากาศ โดยนำแร่โอลิเมไนต์ที่ผ่านการรีดักชันในเตาหมุนที่อุณหภูมิ 1150 °ซ. ด้วยถ่านหินบิทูมินัส มากวนในสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ 0.1 โมลาร์ พ่นออกซิเจนเข้าไป ดังรูปที่ 5.1 ผลผลิตที่ได้จะนำไปเป็นแร่ป้อนในการผลิต TiO_2 โดยกระบวนการคลอไรด์



รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนการเพิ่มคุณภาพแร่โอลิเมไนต์เป็นริวติลและรูไทล์สังเคราะห์ (23)

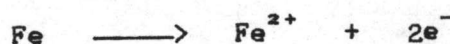
ในการทดลองพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการกวนมากขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะค่อนข้างคงที่ จากตัวแปรอุณหภูมิ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นการละลายของออกซิเจนในสารละลายจะน้อยลง แต่การแพร่กระจายตัวของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์จะมากขึ้น จากรูปที่ 5.2 จะเห็นว่าสำหรับเวลาในการกวน 2 ชั่วโมง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นเหล็กจะออกจากรีดิวซ์อัลเมไนต์ได้มาก จนถึงที่อุณหภูมิ 70 °ซ. อัตราการออกซิเดชันโลหะเหล็กจะลดลง

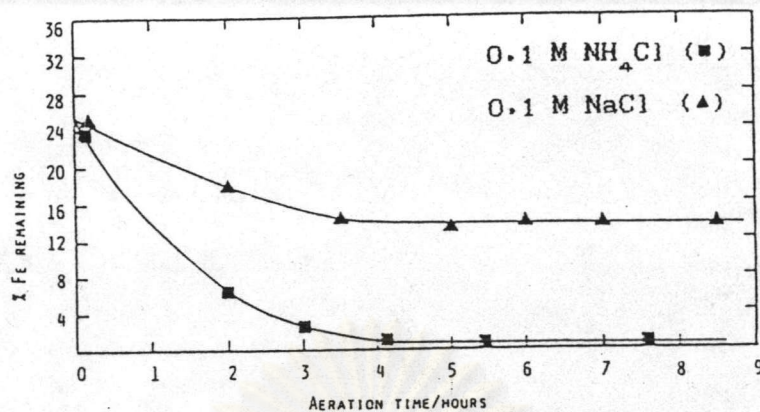


รูปที่ 5.2 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่ในรีดิวซ์อัลเมไนต์ภายหลังจากการกวนที่มีการพ่นอากาศ (23)

มีการทดลองเปรียบเทียบการใช้สารละลาย 0.1 โมลาร์ NH_4Cl กับ 0.1 โมลาร์ NaCl ในการกวนที่มีการพ่นอากาศที่อุณหภูมิ 70 °ซ. เวลา 5 ชั่วโมง พบว่าการใช้ NH_4Cl ซึ่งมี pH ระหว่างการกวนเท่ากับ 4-5 ชะเหล็กได้ดีกว่า NaCl ที่มี pH ระหว่างการกวนเท่ากับ 9-10 ดังรูปที่ 5.3 ผงเหล็กออกไซด์จากการกวนสำหรับสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์จะเป็นสารผลสมระหว่างฮีมาไทต์ ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) และเลพิดโครไซต์ (Lepidocrocite, $\delta\text{-FeOOH}$) แต่สำหรับสารละลายโซเดียมคลอไรด์จะเป็นแมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และเกอไทต์ (Goethite, $\alpha\text{-FeOOH}$) อาจมีสมมติฐานได้ว่าเฟสของผงเหล็กออกไซด์ที่เกิดจากการกวนที่มีการพ่นอากาศขึ้นอยู่กับ pH ของสารละลายที่ใช้ในการกวน

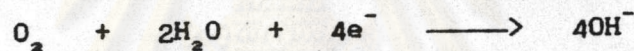
ในการกวนการใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นสารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer Solution) เพื่อไม่ให้ pH ของสารละลายมีค่าสูง ป้องกันการตกตะกอนของ $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ก่อนที่เฟอรัสไอออนจะแพร่ออกจากเม็ดแร่ โลหะเหล็กจากรีดิวซ์อัลเมไนต์จะเกิดปฏิกิริยาเป็นเฟอรัสไอออน ดังนี้



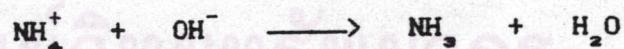


รูปที่ 5.3 ผลของชนิดของสารละลายที่มีต่อปริมาณเหล็กที่เหลืออยู่ในรีดิทาร์อัลเมไนต์หลังการกวนที่มีการพ่นอากาศ (23)

บริเวณผิวแร่ที่มี pH สูง มีการรีดักชันของออกซิเจน ดังปฏิกิริยา



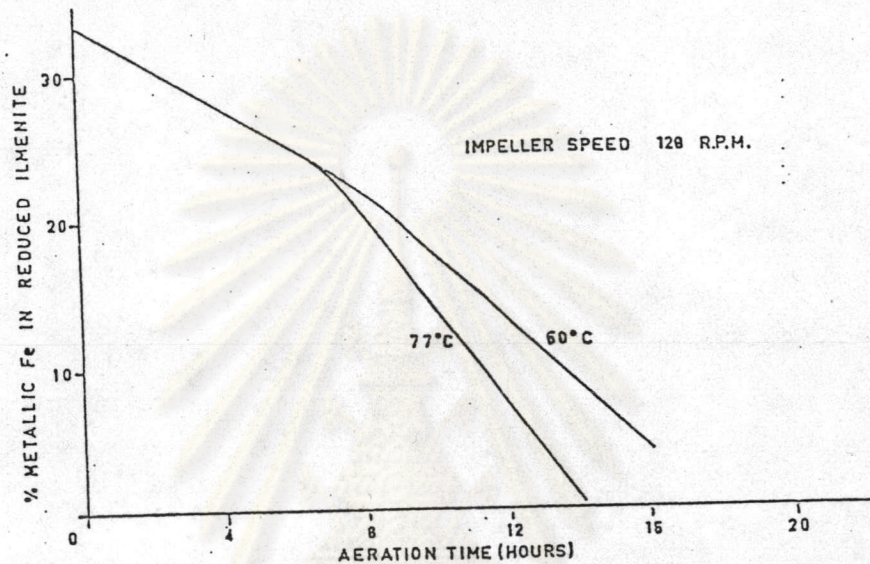
ซึ่งจะทำปฏิกิริยากับเฟอรัสไอออนตกตะกอนเป็นเฟอรัส (II) ไฮดรอกไซด์ที่รุ่มรูนหรือที่ผิวของรีดิทาร์อัลเมไนต์ จะเป็นไฮดรอกไซด์เหล็กออกไซด์อยู่ในเม็ดแร่เรียกว่ามีการเกิดการออกซิเดชัน ณ. ที่เดิม (In-situ Oxidation) เพื่อเป็นการป้องกัน แอมโมเนียมไอออน (NH_4^+) จะทำปฏิกิริยากับไฮดรอกซิลไอออนก่อน ดังปฏิกิริยา



แอมโมเนียมไอออนจะทำปฏิกิริยาได้ดีกว่าแมกนีเซียมไอออน (Mg^{2+}) และโซเดียมไอออน (Na^+) มีเฟอรัส (II) ไฮดรอกไซด์บางส่วนทำปฏิกิริยากับออกซิเจนเป็นเหล็กออกไซด์ สำหรับการกวนที่มีการพ่นอากาศในเชิงอุตสาหกรรม นำแร่รีดิทาร์อัลเมไนต์ 20 ตัน กวนในสารละลาย 0.1 โมลาร์ แอมโมเนียมคลอไรด์ เกิดปฏิกิริยาคายความร้อนมีผลทำให้ระบบมีอุณหภูมิประมาณ 65-75 °C. การออกซิเดชันโลหะเหล็กในรีดิทาร์อัลเมไนต์ใช้เวลา 14-16 ชั่วโมง จะได้เหล็กออกไซด์เป็นผลผลิตพลอยได้ซึ่งสามารถแยกออกจากแร่ที่สังเคราะห์ด้วยไซโคลน

การกวนที่มีการพ่นอากาศจะให้ผลดีขึ้นอยู่กับตัวแปรต่าง ๆ เช่น อัตราการไหลของอากาศ ความเข้มข้นของสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ อุณหภูมิ การกวน ความหนาแน่นของของผสม และโครงสร้างของรีดิทาร์อัลเมไนต์ (23)

Bracanin และคณะ (15) ศึกษาการกวนที่มีการพ่นอากาศของอิลเมไนด์ที่ผ่านการออกซิเดชันและรีดักชัน พบว่าการกวนที่ความเร็วรอบในการกวน 128 รอบต่อนาที อุณหภูมิ 77 °ซ. จะเหลือเหล็กในตัวอย่างน้อยที่อุณหภูมิ 60 °ซ. ตั้งแต่เวลาในการกวนมากกว่า 5 ชั่วโมง ดังรูปที่ 5.4



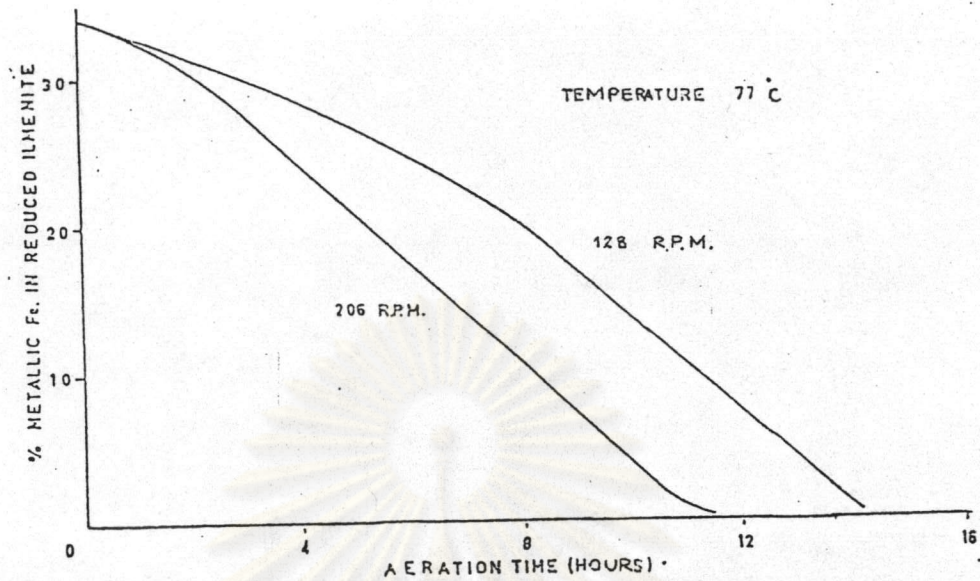
รูปที่ 5.4 ผลของอุณหภูมิที่มีต่อการชะเหล็กในรีดิวซ์อิลเมไนด์ (15)

และที่อุณหภูมิ 77 °ซ. การกวนที่ความเร็วรอบ 206 รอบต่อนาทีให้ผลดีกว่าความเร็วรอบ 128 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 5.5

พบว่าเวลาที่ใช้ในการกวนจะลดลง เมื่อใช้ความเข้มข้นของสารละลายเพิ่มขึ้นจาก 0 ถึง 1.5-2.0 % โดยที่ให้เหลือเหล็กในตัวอย่างน้อยว่า 0.2 เปอร์เซ็นต์ แต่ที่ความเข้มข้นมากกว่า 2 % จะทำให้การละลายของออกซิเจนน้อยลง มีผลให้ชะเหล็กได้ลดลง

ถ้าอัตราการไหลของอากาศเพิ่มขึ้น ช่วยให้การละลายของออกซิเจนในสารละลายมากขึ้น ความหนาแน่นของของผสมที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 30-40 % น้ำหนักต่อน้ำหนัก เวลาที่ใช้ในการกวนประมาณ 12-14 ชั่วโมง

Ramakrishna และคณะ (24) ได้ทดลองใช้น้ำทะเลแทนเปรียบเทียบกับเมื่อใช้สารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ความเข้มข้น 2 % ในขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศโดยทำการทดลองกับแร่อิลเมไนด์จากประเทศศรีลังกาที่ผ่านการออกซิเดชัน อุณหภูมิ 950 °ซ. เวลา 1.5 ชั่วโมง และการรีดักชันด้วยถ่านเปลือกมะพร้าว (อิลเมไนด์ต่อถ่านเท่ากับ 5 : 1) ที่อุณหภูมิ 1000 °ซ. เวลา 2 ชั่วโมง ปรากฏว่าได้ผลใกล้เคียงกัน ดังตารางที่ 5.1



รูปที่ 5.5 ผลของความเร็วยกวนในการกวนที่มีต่อการชะเหล็กในรีดิวซ์อิลเมไนต์ (15)

ตารางที่ 5.1 ผลการเปรียบเทียบการใช้สารละลาย 2 % NH_4Cl กับน้ำทะเล ในการกวนที่มีการพ่นอากาศ (24)

Rusting agent	TiO ₂ in product, wt%	Fe in product, wt%	TiO ₂ recovered, %	Fe removed, %
NH ₄ Cl	70.2	14.5	90.1	65.9
Sea water	70.0	14.2	90.4	66.4

5.2 การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการกวนที่มีการพ่นอากาศ

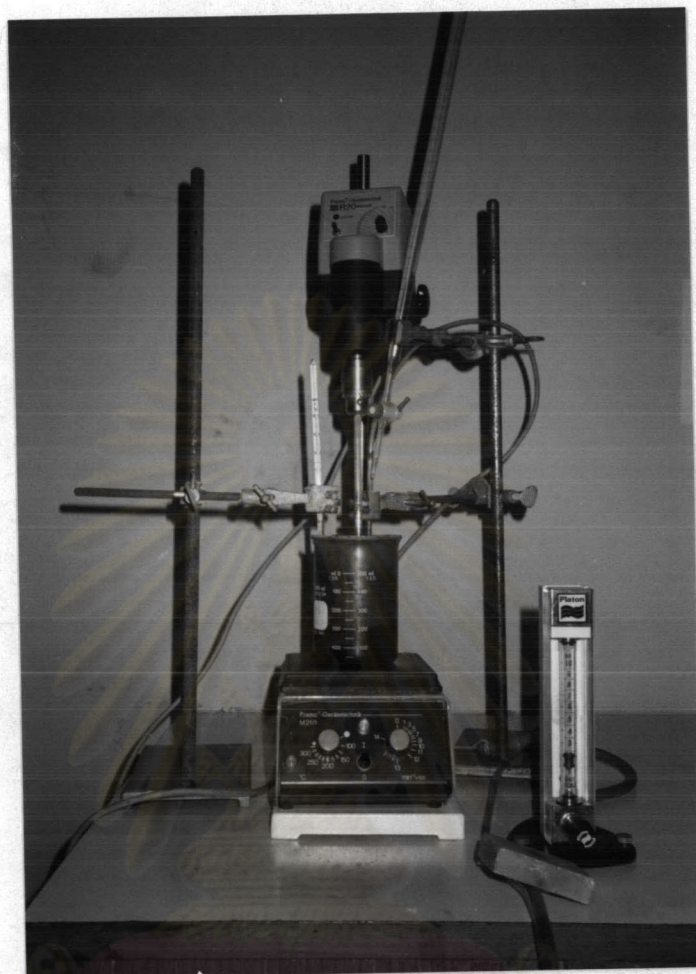
5.2.1 อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้ ดังรูปที่ 5.6

1. เครื่องกวน (Stirrer) ยี่ห้อ Morat ตัวแบบ R20E
2. เครื่องสูบลม (Air Pump)
3. เตาไฟฟ้า (Electric Hotplate) ยี่ห้อ Framo-Geratetechnik

ตัวแบบ M21/1

4. เทอร์มอมิเตอร์ (Thermometer)



รูปที่ 5.6 อุปกรณ์การกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแบบ GTLK

5. มาตรวัดอัตราการไหลอากาศ (Air Flowmeter) ยี่ห้อ Platon

6. บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 600 มล.

7. บิวเรต (Buret)

8. สายยาง

5.2.2 สารที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแรกที่ผ่านการรีดักชันด้วยเตาหมุนที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. เวลา 4 ชั่วโมง ซึ่งประกอบด้วยเฟสซูโดบรูคไคต์ อะนาเทส และโลหะเหล็ก
2. แอมโมเนียมคลอไรด์ (Ammonium Chloride, NH_4Cl) เกรดปฏิบัติการ (ได้จากการเตรียมตัวอย่างตามหัวข้อ 4.3 ในบทที่ 4)

5.2.3 วิธีการวิจัย

1. ชั่งตัวอย่างแร่ 30 กรัมใส่ในบีกเกอร์ขนาด 600 มล.
2. เติมสารละลายแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้นและปริมาตรที่กำหนดไว้ นำไปตั้งบนเตาไฟฟ้า ที่มีเครื่องกวนและอุปกรณ์สำหรับการกวนที่มีการพ่นอากาศประกอบอยู่ ดังรูปที่ 5.6
3. ปรับสภาวะต่าง ๆ ในการทดลองที่กำหนดไว้เช่น เวลาในการกวน อุณหภูมิ ความเร็วรอบในการกวน อัตราการไหลของอากาศ ความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์ และเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม (% solid)
4. นำผลผลิตหลังการทดลองไปอบให้แห้ง ซึ่งน้ำหนัก วิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์เหล็กทั้งหมดและแมงกานีสออกไซด์
5. ทดลองในทำนองเดียวกัน โดยแปรผันตัวแปรตัวหนึ่ง ตัวแปรอื่นเป็นตัวแปรคงที่ หาค่าที่เหมาะสม

5.2.4 ผลการวิจัย

ตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.7 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันเวลาในการกวนที่มีต่อการลด % Fe total

ตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.8 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันอุณหภูมิที่มีต่อการลด % Fe total

ตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.9 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันความเร็วรอบในการกวนที่มีต่อการลด % Fe total

ตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.10 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันอัตราการไหลของอากาศที่มีต่อการลด % Fe total

ตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.11 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์ที่มีต่อการลด % Fe total

ตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.12 แสดงผลการกวนที่มีการพ่นอากาศ แปรผันเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวมที่มีต่อการลด % Fe total

5.2.5 สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. จากตารางที่ 5.2 และรูปที่ 5.7 การแปรผันเวลาในการกวน เมื่อใช้เวลานานขึ้นปริมาณเหล็กในตัวอย่งแร่จะเหลือน้อยลง แต่ปริมาณแมงกานีสค่อนข้างสม่ำเสมอ

ตารางที่ 5.2 ผลของเวลาในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

-น้ำหนักก่อนการกวน : กรัม	30.00
-อุณหภูมิ : °C	70
-ความเร็วรอบในการกวน : รอบต่อนาที	200
-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	1
-ความเข้มข้นของ NH_4Cl	3 % , 120 มล.
-% solid	20 % นน./นน.
-pH	5.0

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	1	4	8	12	16	20
-น้ำหนักหลังการกวน : กรัม	29.50	28.45	26.60	25.65	25.30	24.45
-น้ำหนักที่หายไป : กรัม	0.50	1.55	3.40	4.35	4.70	5.55
ค่าสภาพรับแม่เหล็กไว้ได้ : 10^{-6} ซีจีเอส	13,540	7,657	5,787	2,966	2,721	1,946
% Fe total	24.57	19.54	15.92	13.95	12.78	9.78
% MnO_2	4.51	4.51	5.98	5.21	6.01	5.21

ตารางที่ 5.3 ผลของอุณหภูมิในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

-น้ำหนักก่อนการกวน : กรัม	30.00
-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	12
-ความเร็วรอบในการกวน : รอบต่อนาที	200
-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	1
-ความเข้มข้นของ NH_4Cl	3 % , 120 มล.
-% solid	20 % นน./นน.

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

-อุณหภูมิ : °C	40	50	60	70	80	90
-น้ำหนักหลังการกวน : กรัม	27.20	27.05	25.55	25.65	25.10	23.90
-น้ำหนักที่หายไป : กรัม	2.80	2.95	4.45	4.35	4.90	6.10
-pH	5.1	5.1	5.0	4.8	4.6	4.4
% Fe total	19.87	16.44	12.48	13.95	11.34	9.64
% MnO_2	5.31	5.65	4.95	5.21	5.29	5.29

ตารางที่ 5.4 ผลของความเร็วยรอบของเครื่องกวนในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

-น้ำหนักก่อนการกวน : กรัม	30.00
-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	12
-อุณหภูมิ : °C	60
-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	1
-ความเข้มข้นของ NH_4Cl	3 % , 120 มล.
-% solid	20 % นน./นน.
-pH	5.0

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

-ความเร็วยรอบในการกวน : รอบต่อนาที	50	90	160	200	500	700
-น้ำหนักหลังการกวน : กรัม	28.50	26.75	27.10	25.55	24.10	22.25
-น้ำหนักที่หายไป : กรัม	1.50	3.25	2.90	4.45	5.90	7.75
% Fe total	27.22	25.49	17.61	12.48	13.89	8.23
% MnO_2	4.77	5.11	4.78	4.95	4.94	6.01

ตารางที่ 5.5 ผลของอัตราการไหลของอากาศในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

-น้ำหนักก่อนการกวน : กรัม	30.00
-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	12
-อุณหภูมิ : °C	60
-ความเร็วรอบในการกวน : รอบต่อนาที	500
-ความเข้มข้นของ NH_4Cl	3 % , 120 มล.
-% solid	20 % นน./นน.
-pH	5.0

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	0.5	1.0	5.0	10.0	15.0	20.0
-น้ำหนักลังการกวน : กรัม	26.40	24.10	23.30	23.40	21.85	20.90
-น้ำหนัที่หายไป : กรัม	3.60	5.90	6.70	6.60	8.15	9.10
% Fe total	19.58	13.89	10.79	9.34	8.50	7.93
% MnO_2	5.12	4.94	5.48	5.11	5.29	5.82

ตารางที่ 5.6 ผลของความเข้มข้นแอมโมเนียมคลอไรด์ในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

-น้ำหนักก่อนการกวน : กรัม	30.00
-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	12
-อุณหภูมิ : °C	60
-ความเร็วรอบในการกวน : รอบต่อนาที	500
-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	15
-ปริมาตรของ NH_4Cl : มล.	120
-% solid	20 % แนน./นน.

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

-ความเข้มข้นของ NH_4Cl : %	0.0	0.5	1.0	2.0	3.0	4.5
-น้ำหนักหลังการกวน : กรัม	21.10	21.50	20.85	21.90	21.85	20.90
-น้ำหนักที่หายไป : กรัม	8.90	8.50	9.15	8.10	8.15	9.10
-pH	5.1	5.1	5.1	5.1	5.0	4.9
% Fe total	11.45	10.77	9.65	8.80	8.50	6.53
% MnO_2	4.24	5.29	6.01	5.48	5.29	5.83

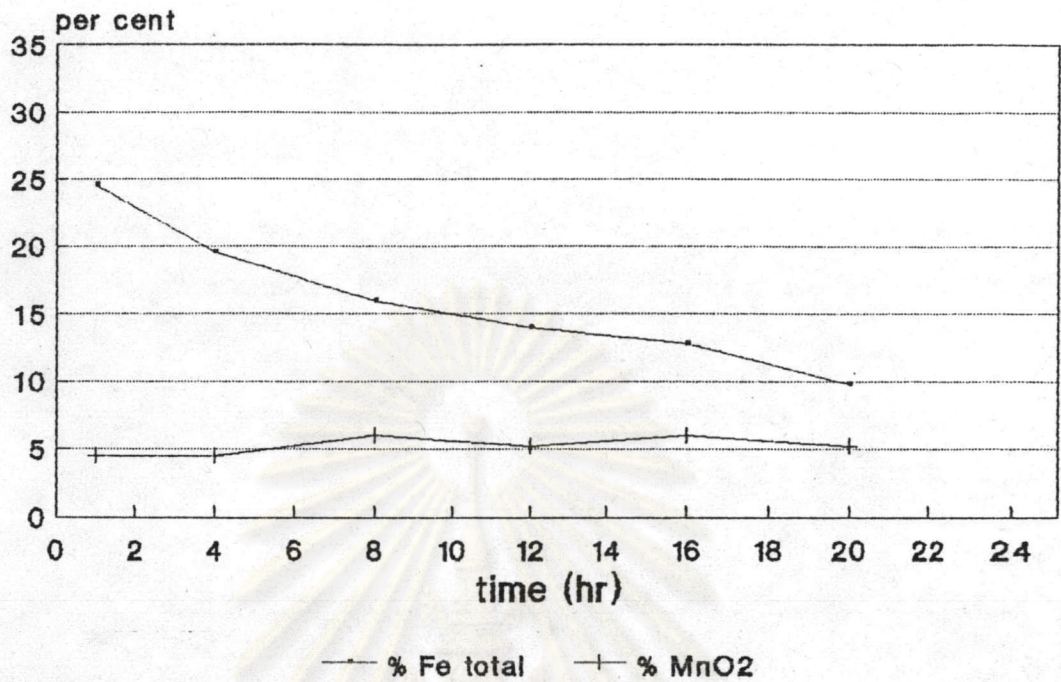
ตารางที่ 5.7 ผลของเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวมในการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ตัวแปรคงที่

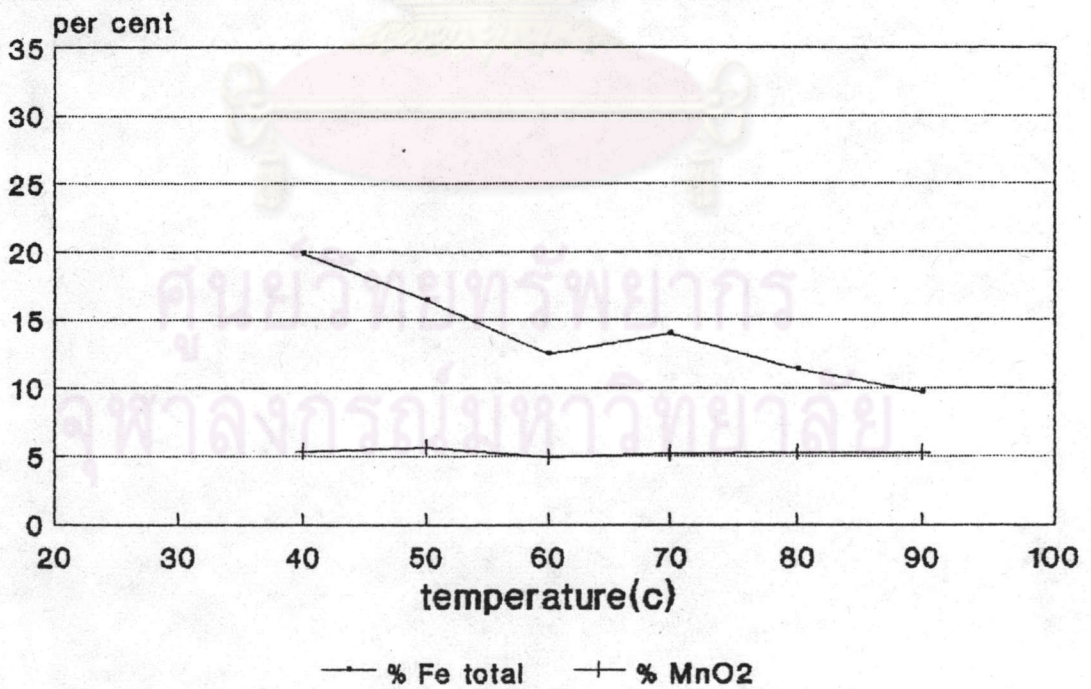
-น้ำหนักรวมน้ำก่อนการกวน : กรัม	30.00
-เวลาในการกวน : ชั่วโมง	12
-อุณหภูมิ : °C	60
-ความเร็วรอบในการกวน : รอบต่อนาที	500
-อัตราการไหลของอากาศ : ลิตรต่อนาที	15
-ความเข้มข้นของ NH_4Cl	2 %
-pH	5.1

ตัวแปรเปลี่ยนค่า

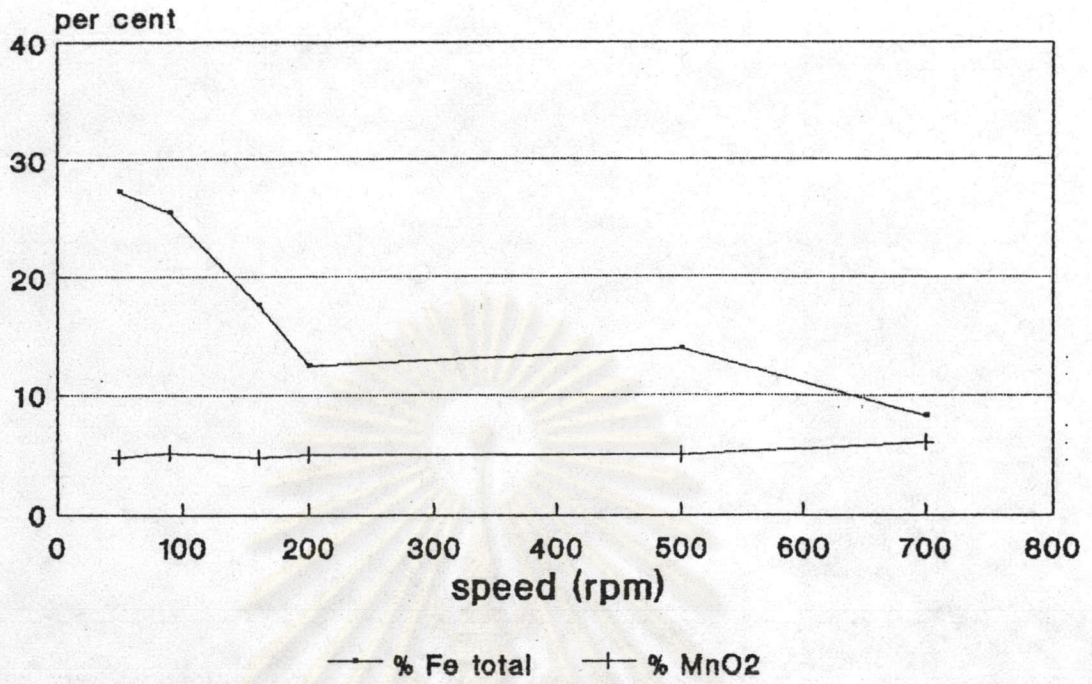
-ปริมาตรของ NH_4Cl : มล.	570	270	120	70	45	30
-% solid : นน./นน.	5	10	20	30	40	50
-น้ำหนักรวมน้ำหลังการกวน : กรัม	22.35	22.95	21.90	21.20	21.40	18.35
-น้ำหนักรวมน้ำที่หายไป : กรัม	7.65	7.05	8.10	8.80	8.60	11.65
% Fe total	10.79	8.79	8.80	7.37	4.26	5.96
% MnO_2	5.29	5.29	5.48	4.94	4.77	4.24



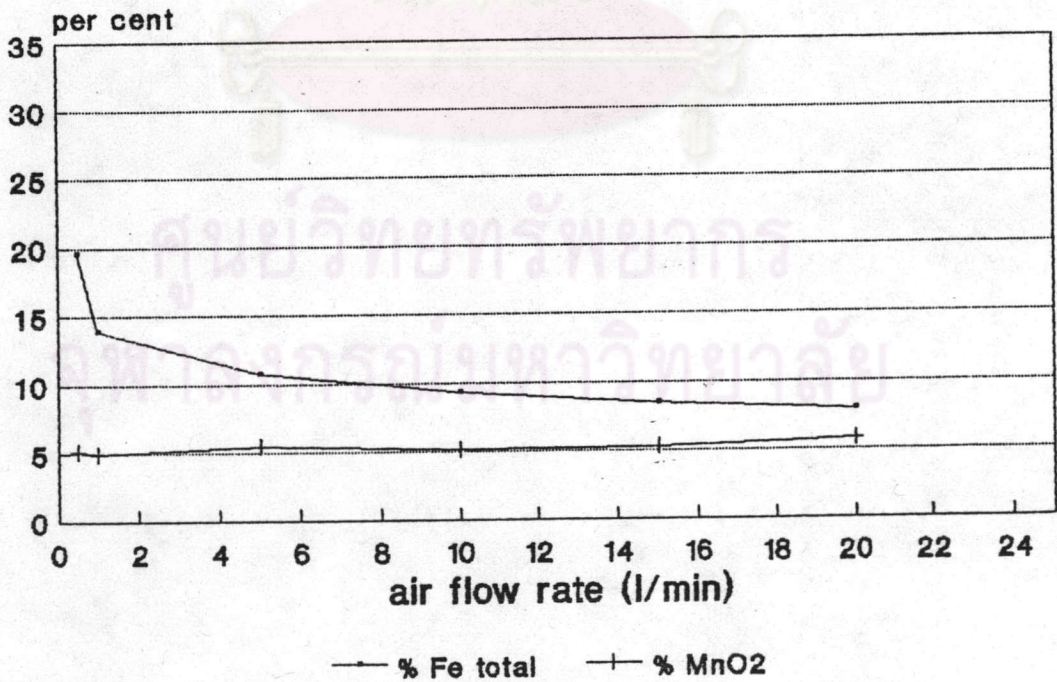
รูปที่ 5.7 ผลของเวลาในการกวนที่มีการพ่นอากาศที่มีต่อการลด % Fe total



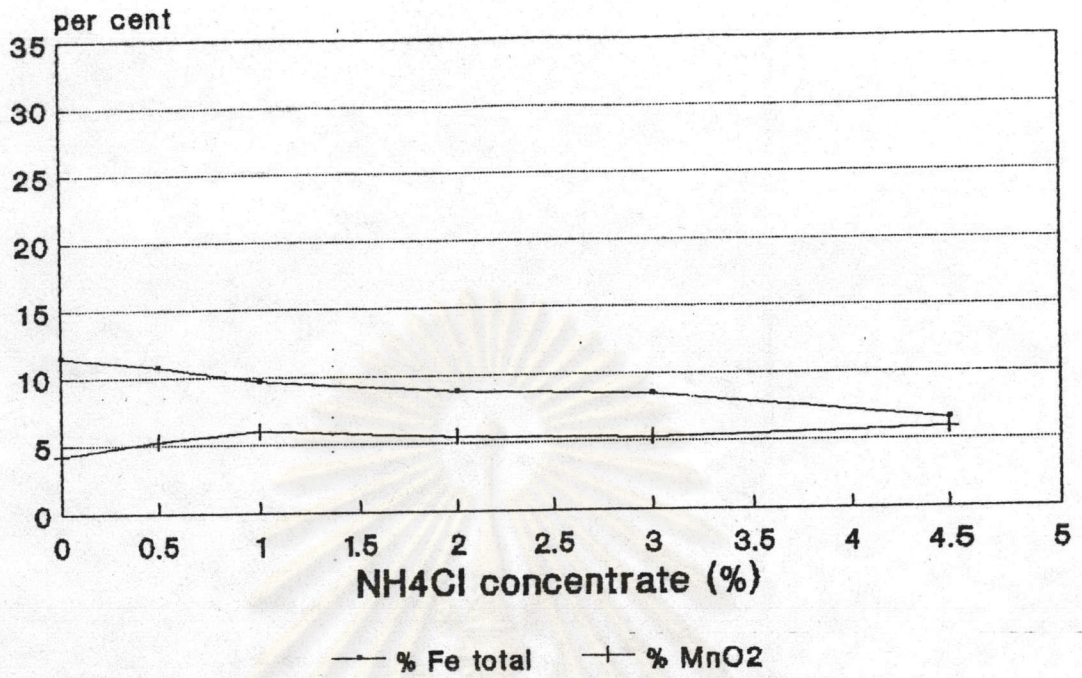
รูปที่ 5.8 ผลของอุณหภูมิในการกวนที่มีการพ่นอากาศที่มีต่อการลด % Fe total



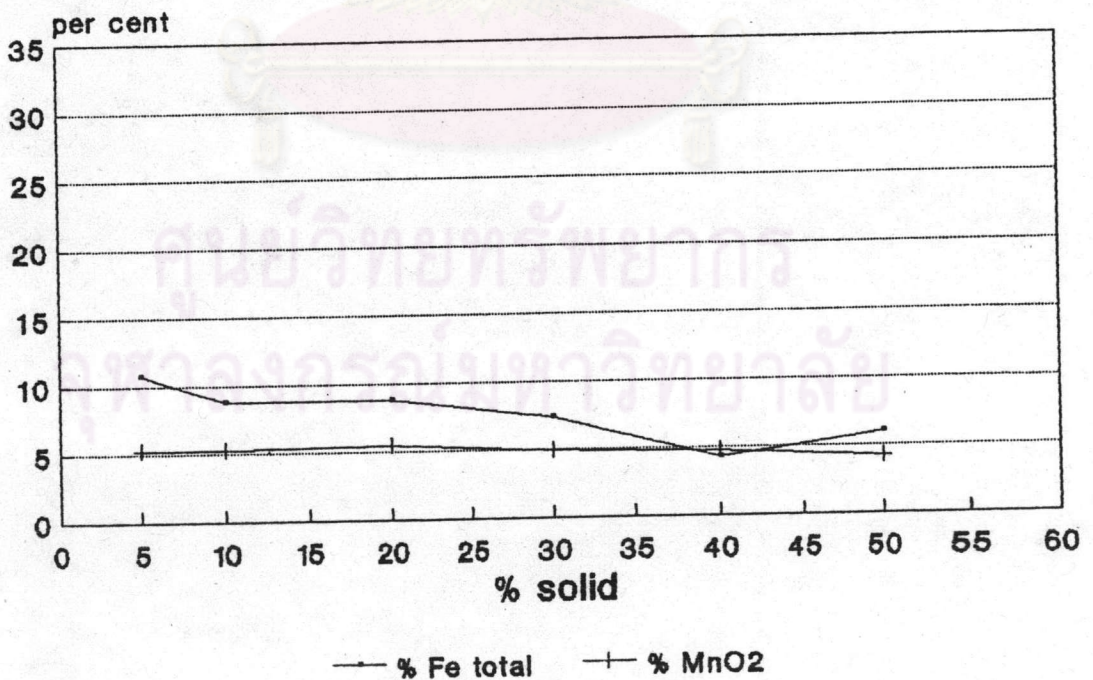
รูปที่ 5.9 ผลของความเร็วยรอบของเครื่องกวาดในการกวาดที่มีการนำอากาศที่มีต่อการลด % Fe total



รูปที่ 5.10 ผลของอัตราการไหลของอากาศในการกวาดที่มีการนำอากาศที่มีต่อการลด % Fe total



รูปที่ 5.11 ผลของความเข้มข้นแอมโมเนียมคลอไรด์ในการกวนที่มีการพ่นอากาศที่มีต่อการลด % Fe total



รูปที่ 5.12 ผลของเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำปั่นรวมในการกวนที่มีการพ่นอากาศที่มีต่อการลด % Fe total

จะเห็นว่าปริมาณแอมแกนีสในผลผลิตยังคงใกล้เคียงกับในตัวอย่างก่อนการทดลอง แม้ว่าเหล็กจะออกจากตัวอย่างเร็วไปแล้วซึ่งสัดส่วนของแอมแกนีสควรจะสูงขึ้น แสดงว่าในขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศแอมแกนีสก็ถูกชะออกจากตัวอย่างด้วย

จากการวัดค่าสภาพรับแม่เหล็กไว้ได้จะเห็นว่ามีความสัมพันธ์กับปริมาณเหล็กทั้งหมดในตัวอย่าง เมื่อปริมาณเหล็กทั้งหมดลดลงค่าสภาพรับแม่เหล็กไว้ได้ก็ต่ำลงด้วย

2. การแปรผันอุณหภูมิ จากตารางที่ 5.3 และรูปที่ 5.8 จะเห็นว่าเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นปริมาณเหล็กในตัวอย่างเร็วจะเหลือน้อยลง แต่ปริมาณแอมแกนีสเท่าเดิม และจะเห็นว่ากราฟในรูปที่ 5.8 มีความแตกต่างจากรูปที่ 5.2 อาจเพราะว่ามีเวลาในการกวนต่างกัน หรือมีสภาวะอื่น ๆ ต่างกันเช่น ความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์ ความเร็วรอบในการกวน และอัตราการไหลของอากาศ

3. การแปรผันความเร็วรอบในการกวน จากตารางที่ 5.4 และรูปที่ 5.9 จะเห็นว่าความเร็วรอบในช่วง 50-200 รอบต่อนาที ซึ่งมีผลต่อปริมาณเหล็กทั้งหมดในตัวอย่างมาก ตัวแปรนี้มีผลต่อปริมาณแอมแกนีสน้อย

4. การแปรผันอัตราการไหลของอากาศ จากตารางที่ 5.5 และรูปที่ 5.10 เมื่ออัตราการไหลของอากาศมากขึ้นปริมาณเหล็กทั้งหมดในตัวอย่างเร็วจะลดลง เนื่องจากมีออกซิเจนในอากาศออกซิไดส์โลหะเหล็กมากขึ้น ตัวแปรนี้มีผลต่อปริมาณแอมแกนีสน้อย

5. การแปรผันความเข้มข้นแอมโมเนียมคลอไรด์ จากตารางที่ 5.6 และรูปที่ 5.11 เมื่อความเข้มข้นแอมโมเนียมคลอไรด์มากขึ้น สารละลายจะมีสภาพเป็นกรดเพิ่มขึ้น (pH ต่ำลง) จะเห็นว่าตัวแปรนี้มีผลต่อปริมาณเหล็กทั้งหมดในตัวอย่างเร็วที่ความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์เป็นศูนย์คือกวนตัวอย่างเร็วในน้ำ ปริมาณเหล็กที่ออกไปจะใกล้เคียงกับที่ใส่แอมโมเนียมคลอไรด์ ตัวแปรนี้มีผลต่อปริมาณแอมแกนีสน้อย

6. การแปรผันเปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม จากตารางที่ 5.7 และรูปที่ 5.12 จะเห็นว่ามีผลต่อปริมาณเหล็กทั้งหมดและแอมแกนีสค่อนข้างน้อย

5.3 การเตรียมตัวอย่างเร็วที่ผ่านการกวนที่มีการพ่นอากาศสำหรับขั้นตอนการชะละลาย

การชะละลายมีจุดประสงค์เพื่อชะละลายเหล็กและมลทินอื่น ๆ ที่เหลืออยู่จากขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศ ดังนั้นตัวอย่างเร็วที่เหมาะสมสำหรับขั้นตอนนี้ควรเป็นตัวอย่างที่มีปริมาณ

เหล็กและแมงกานีสเหลืออยู่น้อย จากผลการวิจัยขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศจะได้ค่าตัวแปรที่เหมาะสมดังนี้

เวลาในการกวน	12 ชั่วโมง
อุณหภูมิ	60 °ซ.
ความเร็วรอบในการกวน	500 รอบต่อนาที
อัตราการไหลของอากาศ	15 ลิตรต่อนาที
ความเข้มข้นของแอมโมเนียมคลอไรด์	2 %
เปอร์เซ็นต์ของแข็งในน้ำหนักรวม	40 น้ำหนักต่อน้ำหนัก

เตรียมตัวอย่างแร่ที่ผ่านการรีดักชันน้ำหนักประมาณ 600 กรัม มาทดลองตามเงื่อนไขข้างต้น

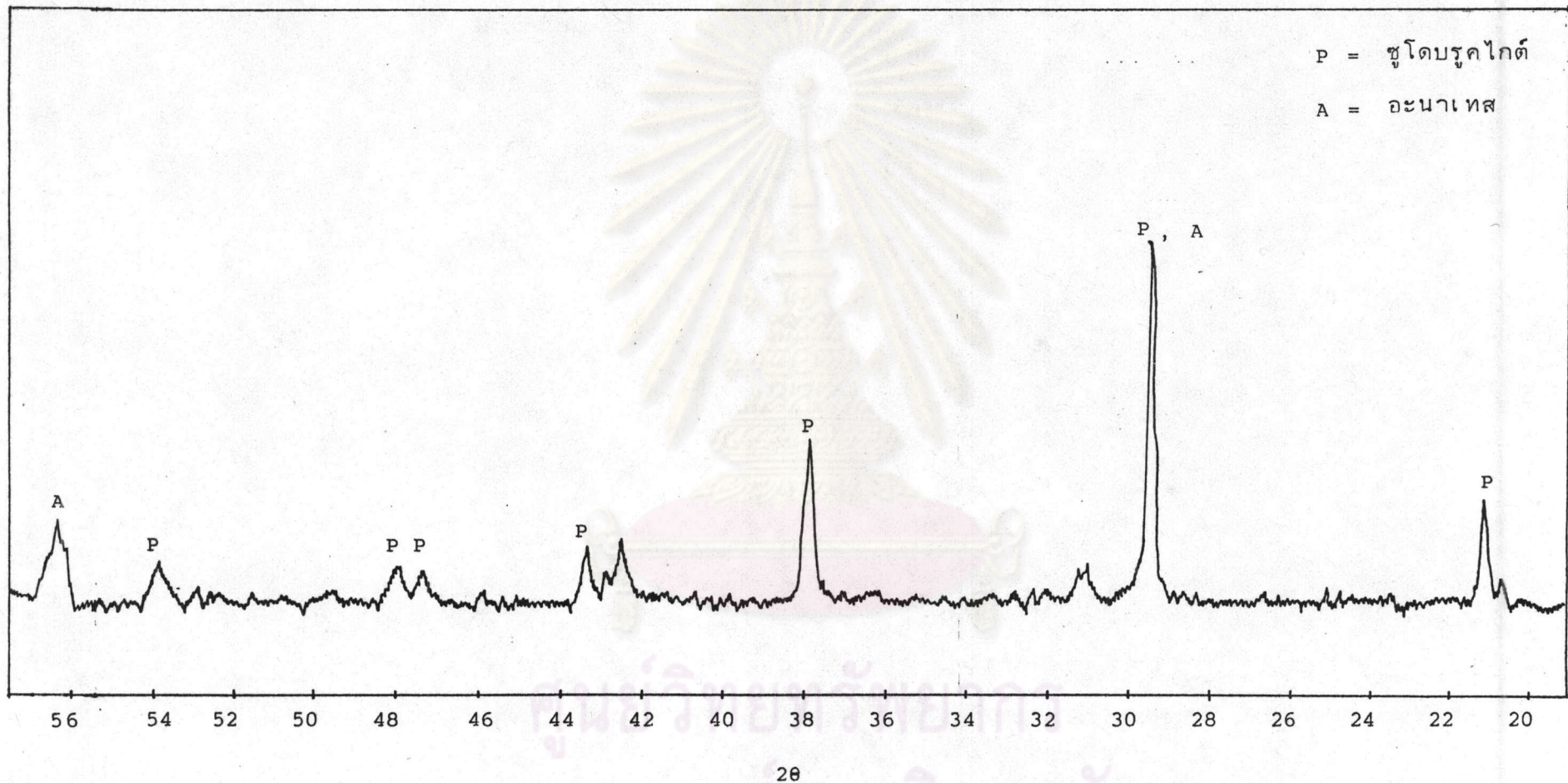
จากการตรวจสอบเฟสของแร่ที่ผ่านการกวนที่มีการพ่นอากาศด้วยเครื่องรังสีเอกซ์ เลี้ยวเบน เป็นเฟสซูโดบรูคไคต์ และอะนาเทส ดังรูปที่ 5.13 จะเห็นว่าเฟสของโลหะเหล็กจะหายไปเมื่อเทียบกับตัวอย่างแร่ที่ผ่านการรีดักชัน ดังรูปที่ 4.9

ส่วนประกอบของตัวอย่างที่ผ่านขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศโดยการวิเคราะห์ทางเคมี ดังนี้

TiO ₂	84.63 %
Fe total	5.26 %
FeO	3.34 %
Fe ₂ O ₃	3.80 %
MnO ₂	5.29 %

ส่วนประกอบอื่น ๆ โดยเครื่องรังสีเอกซ์เรือง ดังนี้

SiO ₂	1.56 %
Nb ₂ O ₅	0.83 %
Ta ₂ O ₅	0.15 %
Cr ₂ O ₃	0.51 %
Al ₂ O ₃	0.24 %
ZrO ₂	0.13 %
CuO	0.37 %
Y ₂ O ₃	0.04 %



รูปที่ 5.13 แบบอย่างรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนของแร่ซิลิเกตเหล็กของแร่ซิลิเกตเหล็กที่ผ่านการออกซิเดชันด้วยเตาหมุ่ที่อุณหภูมิ 1000 °ซ. เวลา 4 ชั่วโมง การรีดักชันที่อุณหภูมิ 1200 °ซ. เวลา 4 ชั่วโมง และการกวนที่มีการพ่นอากาศ การแผ่รังสี CoK_{α} ตัวกรอง Fe

จะเห็นว่าไทเทเนียมออกไซด์หลังการกวนมีค่าสูงกว่าในตัวอย่างแร่ป้อนที่มีค่าเท่ากับ 51.86 % และปริมาณเหล็กทั้งหมดลดต่ำลงจากตัวอย่างแร่ป้อนที่มีค่าเท่ากับ 31.98 % แต่แมงกานีสออกไซด์มีค่าเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

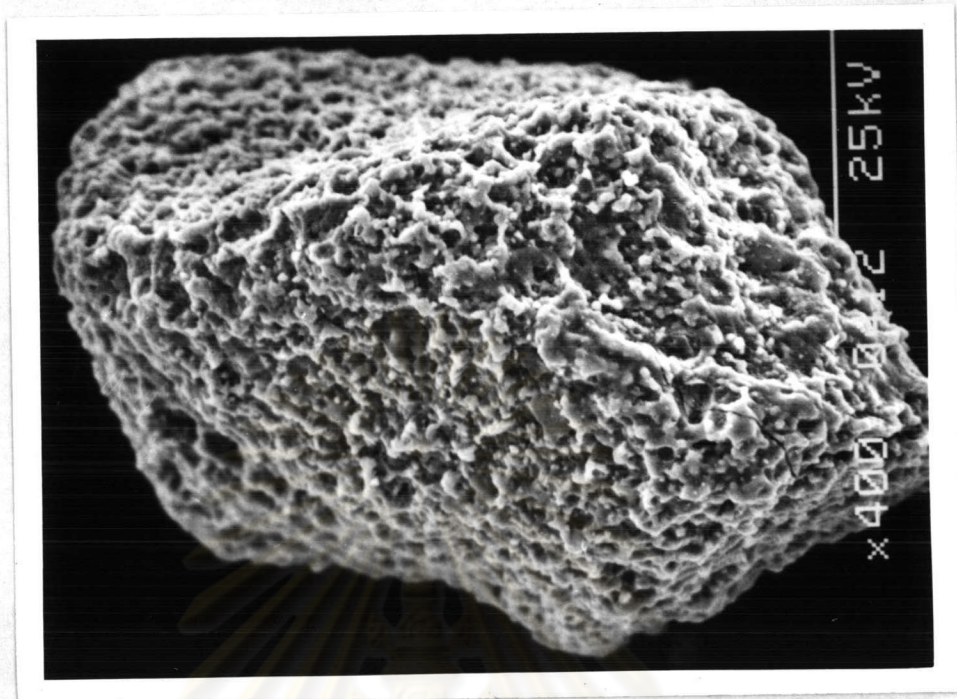
จากการวัดค่าสภาพรีดแม่เหล็กไว้ได้ของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวนเท่ากับ 884×10^{-6} ซีจีเอส มีค่าน้อยกว่าของตัวอย่างแร่ป้อนที่นำมาจำนวนมากซึ่งเท่ากับ $15,320 \times 10^{-6}$ ซีจีเอส เพราะในขั้นตอนการกวนที่มีการพ่นอากาศมีการสกัดเหล็กออกไป ซึ่งปริมาณเหล็กที่ลดน้อยลงไปจะทำให้ค่าสภาพรีดแม่เหล็กไว้ได้ลดน้อยลงไปด้วย

รูปที่ 5.14 แสดงเม็ดแร่และผิวแร่ของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวนที่มีการพ่นอากาศด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน จะเห็นว่าไม่มีขรุขระ เนื่องจากโลหะเหล็กถูกชะออกไป จากรูปที่ 5.15 แสดงภาพแร่ขัดมันด้วยกล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่ายังมีโลหะเหล็ก (สีขาว) เหลืออยู่บ้างในเม็ดแร่

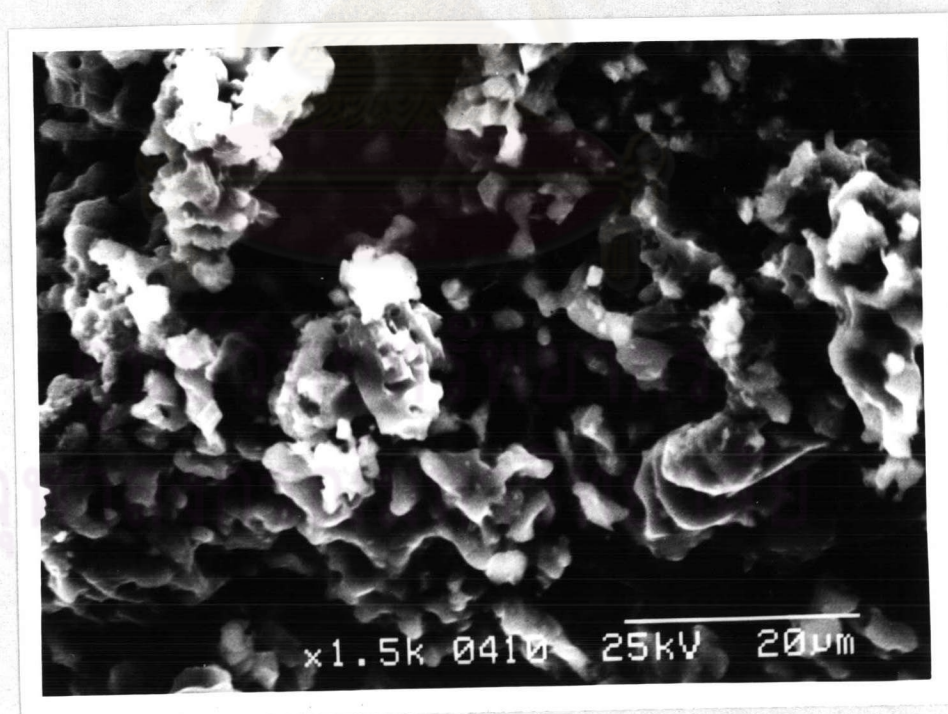
รูปที่ 5.16 แสดงภาพแร่ขัดมันของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวนที่มีการพ่นอากาศด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และการกระจายตัวของธาตุไทเทเนียม เหล็ก แมงกานีส

ผงเหล็กออกไซด์ที่เกิดจากออกซิเจนจากอากาศไปออกซิไดส์โลหะเหล็กในตัวอย่างแร่ จะมีสีแดง จากการตรวจสอบด้วยเครื่องรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนส่วนใหญ่เป็นเฟสแมกนีไทต์ (Fe_3O_4) และมีเฟสเลพิดโครไซต์ (Lepidocrocite, $\gamma-FeOOH$) ดังรูปที่ 5.17 ซึ่งมีการกระจายของขนาด ดังตารางที่ 5.8 และรูปที่ 5.18 โดยเครื่องวิเคราะห์ขนาด SA-CP2 จะเห็นว่าโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในช่วงขนาด $-4+1$ ไมครอน ผงเหล็กนี้ในเชิงพาณิชย์เป็นผลพลอยได้อาจนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่น ๆ ได้เช่น เอาไปเป็นวัสดุเคลือบเทปที่ใช้ในตลับเทปคาสเซต หรือ อุตสาหกรรมสีได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

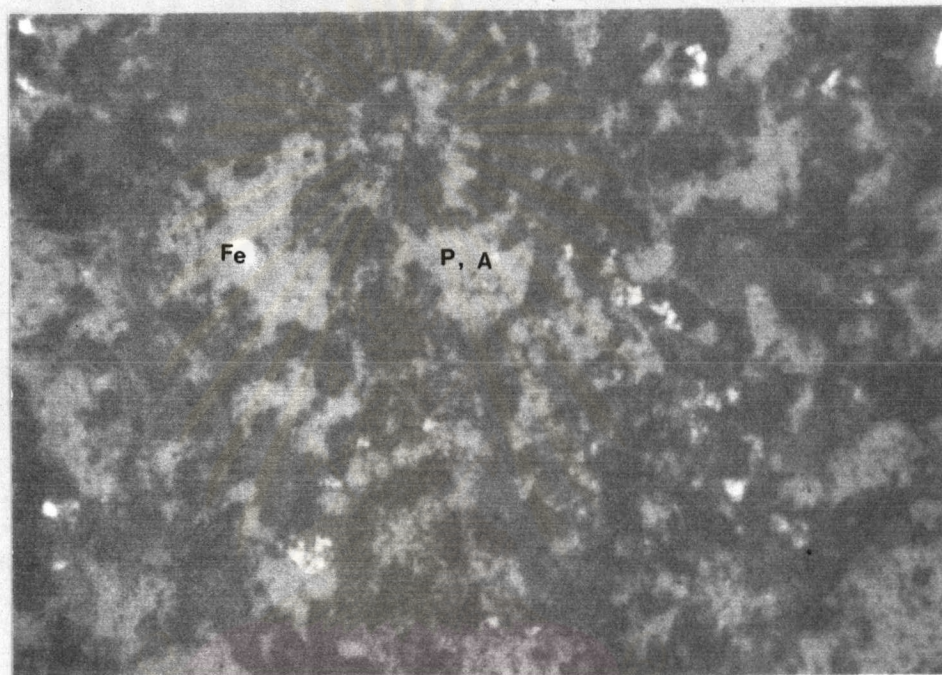


(ก) x 400



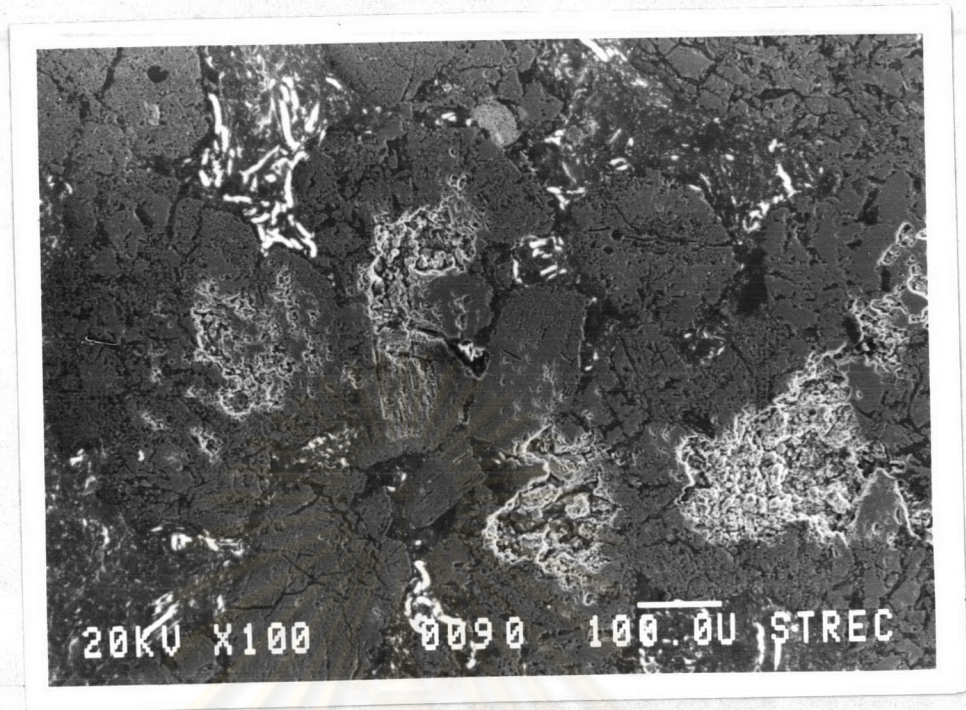
(ข) x 1500

รูปที่ 5.14 แสดงเม็ดแร่และผิวแร่ของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวนที่มีการพ่นอากาศถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

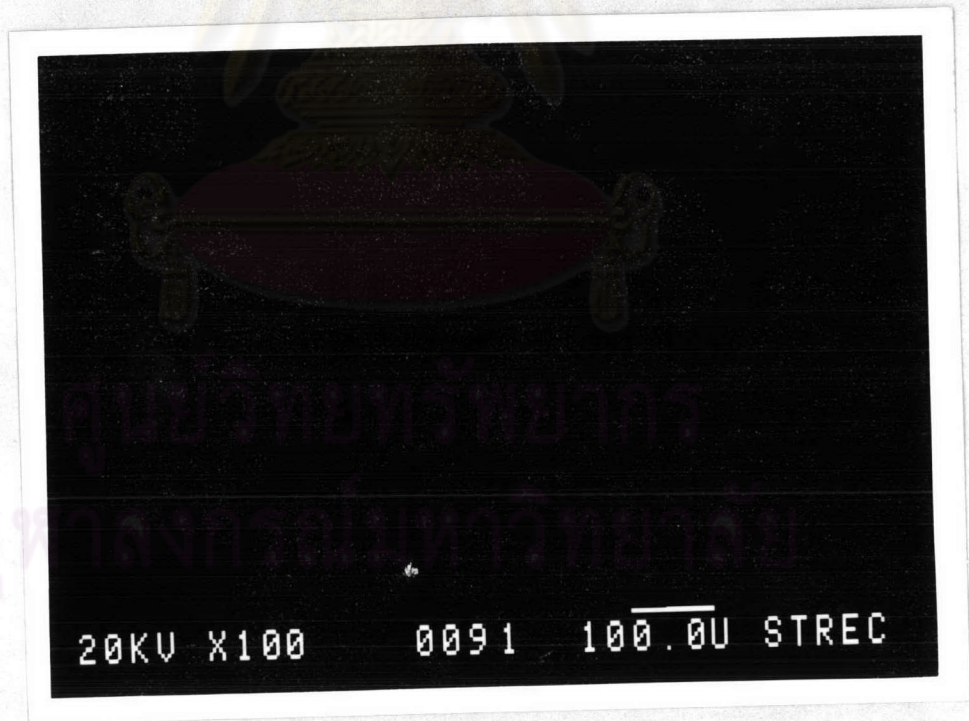


รูปที่ 5.15 ภาพแร่ตัดมันของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวานที่มีการพ่นอากาศถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์
x 200
Fe = โลหะเหล็ก P = ชูโดบรูคไคต์ A = อะนาเทส

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



(ก)

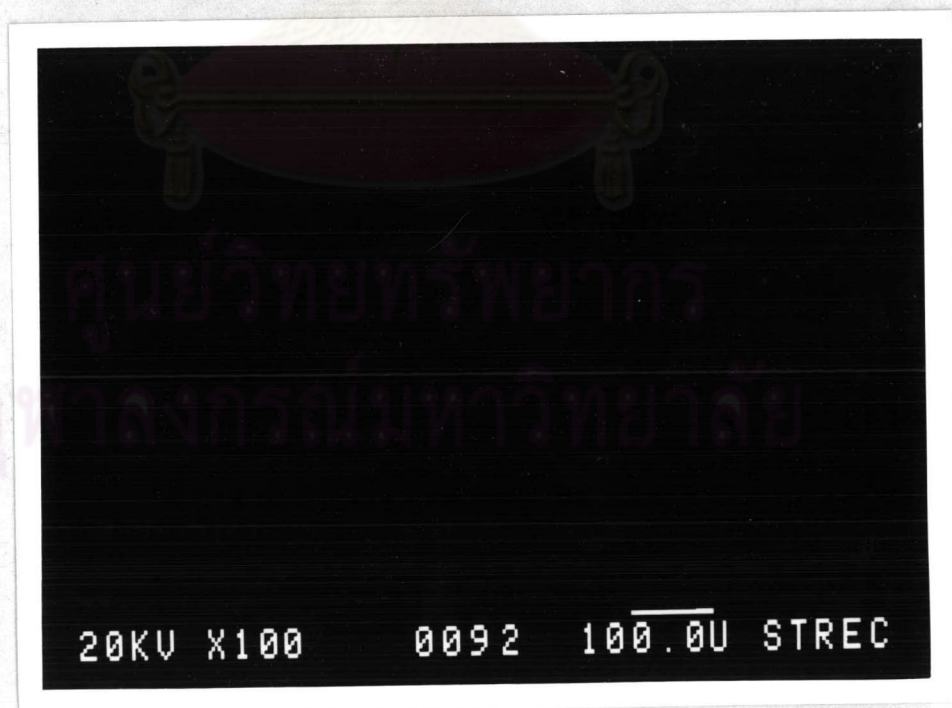


(ข)

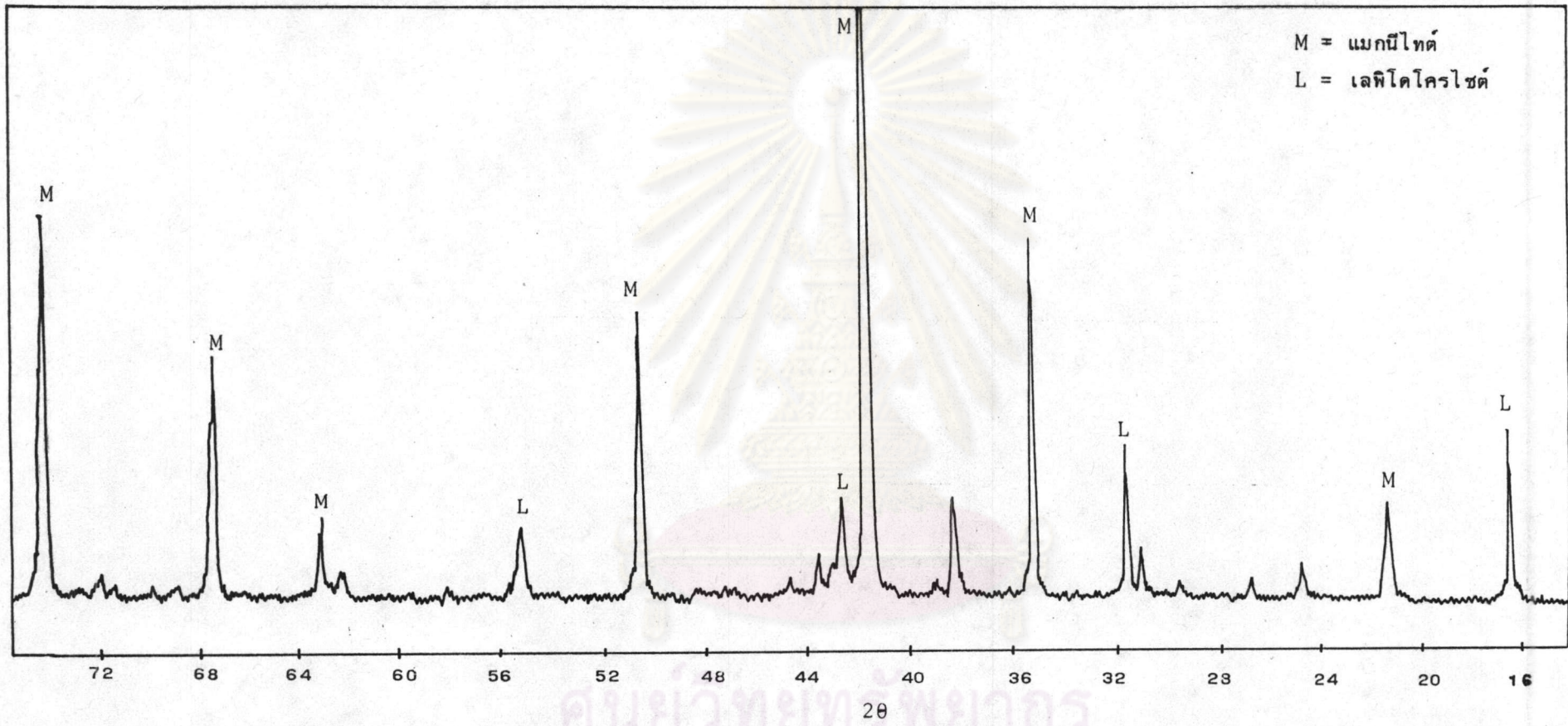
รูปที่ 5.16 (ก) ภาพแร่ซัลไฟของตัวอย่างแร่ที่ผ่านการกวาดที่มีการพ่นอากาศถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน x 100 (ข) การกระจายตัวของธาตุไทเทเนียม (ค) การกระจายตัวของธาตุเหล็ก (ง) การกระจายตัวของธาตุแมงกานีส



(ค)



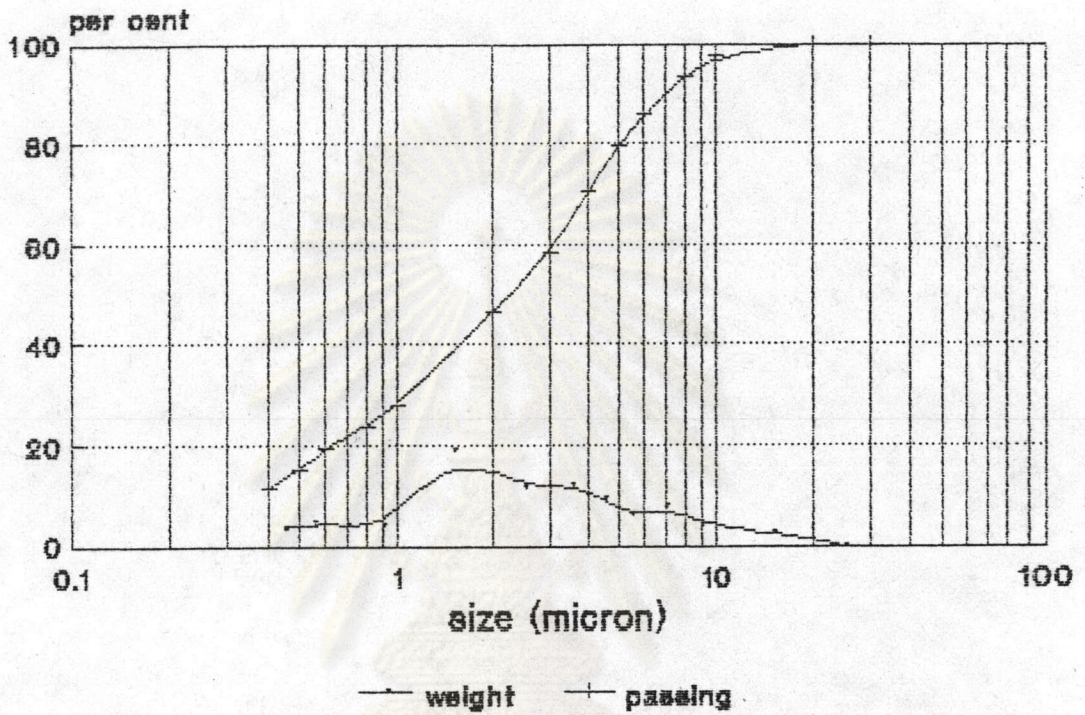
(จ)



รูปที่ 5.17 แบบอย่างรังสีเอกซ์เลี้ยวเบนของเหล็กออกไซด์ที่เกิดจากการควบแน่นที่มีการพ่นอากาศ การแผ่รังสี CoK_{α} ตัวกรอง Fe

ตารางที่ 5.8 ผลการวิเคราะห์ขนาดของผงเหล็กออกไซด์ที่ได้จากการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ขนาด (ไมครอน)	ขนาดเฉลี่ยทางคณิตศาสตร์ (ไมครอน)	% น้ำหนัก	% น้ำหนักสะสม บนตะแกรง	% น้ำหนักผ่าน ตะแกรง
+30		0.0	0.0	
-30+20	25.0	0.0	0.0	100.0
-20+10	15.0	2.3	2.3	100.0
-10+8	9.0	4.3	6.6	97.7
-8+6	7.0	7.7	14.3	93.4
-6+5	5.5	6.1	20.4	85.7
-5+4	4.5	9.1	29.5	79.6
-4+3	3.5	12.2	41.7	70.5
-3+2	2.5	11.6	53.3	58.3
-2+1	1.5	18.7	72.0	46.7
-1+0.8	0.5	4.1	76.1	28.0
-0.8+0.6	0.7	4.2	80.3	23.9
-0.6+0.5	0.55	4.5	84.8	19.7
-0.5+0.4	0.45	3.7	88.5	15.2
-0.4		11.5		11.5
รวม		100.0		



รูปที่ 5.18 ผลการวิเคราะห์ขนาดของผงเหล็กออกไซด์ที่ได้จากการกวนที่มีการพ่นอากาศ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย