

หินฟันม้า (Feldspar)

<http://www.geocities.com/tumrer/fel.htm>

ย

หินฟันม้าเป็นสารที่ประกอบอะลูมิเนียมซิลิเกตของอัลคาไลด์ และอัลคาไลด์ เออท โดยเฉพาะสารประกอบของ Na, K, Ca พบมากและใช้มากในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ สารประกอบบริสุทธิ์ของ Na, K, Ca หาได้ยาก ในแร่หินฟันม้าจะมีทั้ง Na, K, และ Ca ซึ่งจะมีอัตราส่วนแตกต่างกันไป เนื่องจากว่า สารประกอบทั้งสามตัวนี้มีการละลายซึ่งกันและกัน

หินฟันม้าใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกส์ เพื่อเป็นตัวเริ่มก่อให้เกิดปฏิกิริยาการเกิดเนื้อแก้วในเนื้อผลิตภัณฑ์ ดังนั้นหินฟันม้าจึงเป็นตัวส่งเสริมให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปเป็นแก้ว และช่วยส่งเสริมให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติโปร่งแสงดีขึ้น หินฟันม้าเป็นแหล่งอัลคาไลด์และอะลูมินาแก่เคลือบและแก้ว ข้อดีที่ทำให้อุตสาหกรรมเซรามิกส์นำมาใช้ก็คือ หินฟันม้ามีราคาถูก และเป็นสารประกอบอัลคาไลด์ที่ไม่ละลายน้ำ

ย

แร่หินฟันม้าที่พบมากมี 3 ชนิดคือ K [Al, Si3]O8 เรียก orthoclase, Na [Al, Si3]O8 เรียก albite และ Ca[Al2, Si2]O8 เรียก anorthite โครงสร้างของมันเป็นร่างแห 3มิติ เกิดจากการเชื่อมโยงกันของ oxygen ทั้ง 4 อะตอมของ oxygen ไป silicon tetrahedrons นอกจากนี้ Al ยังเข้าไปแทนที่ Si บางส่วน และช่องว่างในโครงสร้างร่างแหยังถูก K+, Na+, Ca+2 เข้าไปอยู่ ขนาดของอนุโมล Na+ เท่ากับ 0.98 Å, Ca+2 เท่ากับ 1.06 Å, K+

เท่ากับ 1.33 Å เนื่องจาก Na+ และ Ca+2 มีขนาดใกล้เคียงกัน สารประกอบของมันจึงมีการละลายกันได้ดี ส่วน K+ มีขนาดใหญ่กว่าสารประกอบของมันจึงละลายกับสารประกอบของ Na+, Ca+2 ได้เพียงบางส่วน หินฟันม้าที่มี Na+ และ Ca+ เป็นส่วนประกอบมีโครงสร้างเป็น triclinic และหินฟันม้าที่มี K+ เป็นองค์ประกอบมีโครงสร้างเป็น monoclinic โครงสร้างของแร่หินฟันม้าเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ในประเทศไทยมีแหล่งหินฟันม้าหลายแห่ง เช่น จังหวัดตาก อุทัยธานี นครศรีธรรมราช

การทำเหมืองแร่และการแต่งแร่หินฟันม้า การทำเหมืองทำโดยการระเบิดแหล่งแร่แล้วทำการคัดเลือกแร่ แล้งจึงส่งแร่ไปยังโรงแต่งแร่

ย ส่วนประกอบของหินฟันม้า หินฟันม้าส่วนใหญ่มีส่วนประกอบที่พอสมควร เว้นแต่อัตราส่วนของ Na และ K เท่านั้นที่เปลี่ยนแปลงไป หินฟันม้าที่มีเปอร์เซ็นต์ Na สูงใช้ในการผลิตแก้วและเคลือบ ส่วนหินฟันม้าที่มีเปอร์เซ็นต์ K สูงใช้เป็นส่วนผสมในเนื้อดินปั้น ส่วนประกอบทางเคมี จะประกอบด้วย K2 อยู่ระหว่าง 3.3 ถึง 13.1 % Na2O อยู่ระหว่าง 1.9 ถึง 12.9 % Fe อยู่ระหว่าง 0.04 ถึง 0.2 % หินฟันม้าที่มี % Fe ต่ำ เหมาะสำหรับการใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความขาว ใช้ในเคลือบที่ไม่ต้องการให้มีสี และใช้ในการผลิตแก้ว

ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย ย

PRODUCTS ย Na-feldspar ย Fine Powder Grain Size

Sodium Feldspar Mesh ย ย

SiO2 ย ย 67-69 % ย ย ย

Al2 O3 17-19 % 150 0-3 mm

CaO 0.02 % 200 3-10mm

K2O ย ย 0.2-1.0 % 240 14 mesh

Na2O 7-11 % 250 20 mesh

MgO 0.10 % 300 25 mesh

L.O.I. ย ย 0.001 % 325 30 mesh

MnO 0.001 % ย ย 36 mesh

ย ย ย ย

Colour โ ฆ white ย ย ย ย

ย

ย K- feldspar ย Fine Powder Grain Size
Potassium Feldspar Mesh ย ย
SiO₂ ย ย 63-69 % ย ย
Al₂ O₃ 17-20 % 150 0-3 mm
TiO₂ 0.005-0.01 % 200 3-10mm
K₂O ย ย 9-13.50 % 240 14 mesh
Na₂O ย ย 1.5-3.5 % 250 20 mesh
Fe₂O₃ 0.01-0.09 % 300 25 mesh
L.O.I. ย ย 0.06-0.2 % ย ย 30 mesh
ย ย ย ย 36 mesh
ย ย ย ย
Colour โ ฌ white & pink ย ย ย

ย

ย
ย Quartz Fine Powder Grain Size
Silica Flour Mesh ย ย
SiO₂ ย ย 99.00-99.80 % ย ย ย
Al₂ O₃ 0.15-0.25 % 150 0-3 mm
TiO₂ 0.005-0.006 % 200 3-10mm
MgO ย ย 0.03-0.04 % 240 14 mesh
K₂O ย ย 0.05-0.08 % 250 20 mesh
Na₂O 0.01-0.03 % 300 25 mesh
Fe₂O₃ 0.01-0.03 % 325 30 mesh
L.O.I. ย ย 0.2 % ย ย 36 mesh
ย ย ย ย
Colour โ ฌ Snow white ย ย

ย

ย Na-feldspar ย Fine Powder Grain Size
Sodium Feldspar Mesh ย ย
SiO₂ ย ย 67-69 % ย ย ย

ย

การเตรียมตัวอย่างแร่ จะเริ่มจากการนำ Sample ที่ได้จากหน้าเหมือง หรือ Sample ที่ได้จากการบดแล้วมาทำ Sampling ด้วยวิธี cone & quartering (ทำโดยนำ sample มารวมกันเป็น cone แล้วแบ่งเป็น 4 ส่วนเท่า ๆ กัน โดยนำเอา 2 ส่วนตรงข้ามกันทิ้งไป และนำเอาอีก 2 ส่วนที่เหลือมารวมกัน ทำจนได้ sample ในปริมาณที่ต้องการ) ให้ได้ปริมาณที่ต้องการ สำหรับ sample ที่เก็บมาจากหน้าเหมืองที่มีลักษณะเป็นก้อนใหญ่ ก็ให้นำมาบดหยาบให้ได้ขนาดเล็กลงเป็นเกล็ดเล็ก ๆ จึงนำมาทำ cone & quartering โดย sample ที่ได้จากการบดนั้นจะต้องมาทำการดูเศษสนิมออกก่อนด้วยแม่เหล็กแรงสูง เพราะเครื่องบดที่ใช้ นั้น ใช้เหล็กคุณภาพที่ไม่ดี ถ้าไม่ดูเศษสนิมออกก่อนนั้นเวลานำ sample ไปขึ้นรูปผาจะมีเศษมลทินเป็นจุดดำๆ มาก

เมื่อทำ cone & quartering เสร็จแล้วจึงนำ Sample มาชั่งให้ได้ 160 กรัม เมื่อชั่ง Sample ได้ 160 กรัมแล้ว นำมาดูเศษสนิมเหล็กออกด้วยแม่เหล็กแรงสูงจนหมดแล้วจึงนำ Sample นั้นมาร่อนตะแกรงขนาดประมาณ 14 mesh ในส่วนที่ยังไม่ผ่านตะแกรงก็นำมาทำให้ได้ขนาดที่สามารถผ่านรูตะแกรงได้จนหมด เมื่อตำจนผ่านตะแกรงจนหมดแล้วจึงนำเอา Sample นั้นไปอบไล่ความชื้นออกให้หมด (เพื่อให้เวลาบดด้วย ball-mill นั้น Sample จะได้ไม่ติดภาชนะ และลูกบด ในขณะบด sample) เมื่ออบไล่ความชื้นออกจนหมดแล้ว จึงนำมาบดด้วย ball-mill โดยใช้ลูกบดในการบด 45 ลูก บดนาน 26 นาที เมื่อบดเสร็จแล้วจะได้ Sample ออกมาในรูปของผงแป้ง ซึ่งสามารถนำมาทำการทดสอบคุณภาพของแร่ได้ทั้งทางกายภาพ และทางเคมี ต่อไปนี้

ย การทดสอบคุณภาพของแร่ทางกายภาพ

เป็นทดสอบคุณภาพจากลักษณะภายนอกยังไม่ต้องการองค์ประกอบที่แน่นอนอาจจะดู Sample ที่เก็บมาด้วยตาเปล่า หรือทำการเผาเี่ยม

วิธีการเผาเี่ยม คือ จะนำ Sample ที่ผ่านการบดด้วย ball-mill แล้ว นั้นมาทำการอัดขึ้นรูปเป็นรูปต่าง ๆ จากนั้นจึงนำเข้าเตาเผา PYROMETRIC TEST OF FELDSPAR โดยสามารถเผา Sample ได้ที่อุณหภูมิสูงสุด 1,400 องศาเซลเซียส และสามารถตั้ง program ได้ โดยสามารถตั้งให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 องศาเซลเซียส ต่อ 1 นาที และมีความเที่ยงตรงแม่นยำสูง

ในการนำผงแป้งมาอัดขึ้นรูปต่างๆ นั้น เพื่อที่จะดูลักษณะการละลาย และสีที่ผ่านกระบวนการเผาแล้ว โดยในการอัดขึ้นรูปนั้นจะมีการอัดขึ้นรูปแบ่งเป็น 3 รูป คือ

1. รูปกรวย เพื่อจะสามารถสังเกตการหลอมละลายตัวและสีหลังการเผา
2. รูปวงแหวนเพื่อจะสามารถสังเกตสีและความเป็นแร่กะเทย(แร่ที่มี%NaและKใกล้เคียงกัน)
3. รูปเหรียญ เพื่อที่จะสามารถสังเกตสีหลังการเผา

โดยในการเผา Sample ที่ทำการอัดขึ้นรูปเป็นรูปต่าง ๆ นั้นจะมีการตั้ง program เพื่อเผา Sample ที่อัดเป็นรูปต่าง ๆ ไว้ในช่วงอุณหภูมิไม่เหมือนกัน

1. การอัดขึ้นรูป sample เป็นรูปกรวย

เมื่อได้ Sample ที่ผ่านการบดด้วย ball-mill แล้ว นำ Sample มาชั่งให้ได้ 10 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 1 หลอดหยด คลุกเคล้าให้เข้ากัน จึงอัดขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ เมื่ออัดเสร็จแล้วจึงนำเข้าเตาเผา โดยเผานาน 162 นาที แบ่งออกเป็น 2 ช่วง คือ

1. เผานาน 122 นาที อุณหภูมิจาก 0-1,220 องศาเซลเซียส และ
2. เผาอีก 40 นาที ที่อุณหภูมิ 1,220 องศาเซลเซียส (คงที่)

2. การอัดขึ้นรูป sample เป็นรูปเหรียญ

ใช้ปริมาณทุกอย่างเหมือนการอัดเป็นรูปกรวย แต่ใช้แม่พิมพ์กันคนละอย่าและเผาโดยใช้เวลาเหมือนกับการเผารูปกรวย

3. การอัดขึ้นรูป sample เป็นรูปวงแหวน

นำเอา Sample ที่ผ่านการบดด้วย ball-mill มาชั่งให้ได้ 15 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 1-1 ฝยของหลอดหยด คลุกเคล้าให้เข้ากัน แล้วทำการอัดด้วยแม่พิมพ์ เมื่อทำการอัดเสร็จแล้วก็นำเข้าเตาเผา โดยเผานาน 195 นาที แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1. เผาที่อุณหภูมิจาก 0-800 องศาเซลเซียส นาน 60 นาที
2. เผาที่อุณหภูมิจาก 800-1,160 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที และ
3. เผาต่ออีกที่อุณหภูมิ 1,160 องศาเซลเซียส (คงที่) นาน 105 นาทีข้อสังเกตหลังการเผา

i ในจะดูว่ามี Na หรือ K- Feldspar มากหรือน้อยนั้น ถ้าขึ้นรูปเป็นรูปกรวยหรือเหรียญเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสแล้วหลอมจะแยกยาก ต้องขึ้นรูปแหวนเผาที่อุณหภูมิ 1,160 องศาเซลเซียส ถ้าเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสหลอม แต่เผาที่อุณหภูมิ 1,160 องศาเซลเซียสไม่ค่อยหลอม แสดงว่า มี Na โ Feldspar มากกว่า K ซึ่งมีอยู่ประมาณ 0.xxx ส่วนถ้าเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียสไม่ค่อยหลอม แต่เผาที่อุณหภูมิ 1,160 องศาเซลเซียสหลอมมี K อยู่ประมาณ 2-3.xxx มักเป็นแร่กะเทย

i ถ้าขึ้นรูปกรวย, เหรียญเผาแล้วหลอมดี ส่วนขึ้นรูปแหวนเผาแล้วหลอมปานกลาง แสดงว่ามี Na อยู่มาก แต่ถ้ามี MgO มากก็จะหลอมมาก และถ้ามีคลอไรต์มากก็จะหลอมมาก

การดูสีหลังการเผาจะขึ้นกับ Ti, Fe ถ้ามี Fe มากสีจะออกคล้ำ แต่ถ้า มี Ti มากสีขาว

- ย 2. การทดสอบคุณภาพของแร่ทางเคมี

เป็นการทดสอบคุณภาพของแร่โดยการหาค่าประกอบของ Sample ที่บดด้วย Ball-mill แล้ว ซึ่งจะหาเปอร์เซ็นต์ของ SiO_2 , TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O และ K_2O ก่อนจะทำการทดสอบจะเตรียมตัวอย่างจากผงแบ่งให้อยู่ในรูปสารละลาย การหาเปอร์เซ็นต์ของ TiO_2 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O และ K_2O จะนำตัวอย่างที่ทดสอบมาจากการเตรียมตัวอย่างแบบเดียวกัน

การหา % ของ SiO_2

Sample 0.5000 g (ในรูปของผงแบ่ง)

Mix with $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_3\text{BO}_3$ (3:1)

Fusion to molten

HCl 20 cc

ย

P.O. 10 cc ตั้งไว้ 5 นาที

Filter and wash until Cl^- free

Main SiO_2 Residual SiO_2

Ignition at 1000 oc for 60 min

then weigh (w_1) Sample 10 cc (ในรูปสารละลาย)

H.F. 10 cc dil to 50 ml in 100 ml

P.n. 2 drop

H_2SO_4 10 หยด

Heat to dryness Ignition at 1000 oc NH_4OH (1+1) color change

for 5 min weigh (w_2)

SiO_2 (w_1 โ - w_2) HCl

$(\text{NH}_4)_6\text{MO}_7\text{O}_{24}$ 5 cc

stand for 5 min

Tartaric acid 4 cc

Reducing agent 5 cc

Dil to mark optical density

Check against blank at 820nm

SiO_2

สูตรในการคำนวณหา % SiO_2

Main SiO₂ = main SiO₂ (g) x 100 % -----(1)

Sample (g)

i Residual SiO₂ = Residual SiO₂ (mg) x 10⁻³ x 500 x 100 % -----(2)

Sample (g) 10

% SiO₂ Total = (1) + (2)

การหา % TiO₂ , Fe₂O₃ , Al₂O₃, MgO และ CaO

เริ่มจากการเตรียมตัวอย่างให้อยู่ในรูปของสารละลาย

Sample 0.5000 g (ในรูปของผงแห้ง)

ย

HF 15 cc

ย

H₂SO₄ 2 cc

HNO₃ 10 drop

Heat to dryness

HCl 10 cc

Heat to dissolved

เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้ว จะได้ sample ออกมาในรูปของสารละลาย ซึ่งจะนำ Sample ในรูปสารละลายนี้มาทำการหา % Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO

การหา % TiO₂

นำ Sample 10 cc (ในรูปของสารละลาย)

dill ด้วยน้ำกลั่น 100 cc

H₂SO₄ 5 cc

ย

H₂O₂ 5 cc

เมื่อเตรียมสารเสร็จแล้ว ก็เตรียม Blank (ตัวเปรียบเทียบ) เช่นเดียวกับการเตรียมสารแต่ใช้น้ำกลั่นแทน sample เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบเสร็จแล้วจึงนำเข้าเครื่อง VIS SPECTROPHOTOMETER โดยใช้ความยาวคลื่น 415 nm แล้วนำค่าที่อ่านได้จากเครื่องมาทำการอ่านค่าจากกราฟ จะได้ TiO₂ ออกมามีหน่วยเป็น มิลลิกรัม แทนค่าในสูตร

สูตรในการคำนวณหา % TiO₂

% TiO₂ = TiO₂ (mg) x 10⁻³ x 100 x 100%

Ws (g) 10

การหา % Fe₂O₃

นำ Sample 10 cc (ในรูปของสารละลาย)

dill ด้วยน้ำกลั่น 100 cc

Tartaric acid 5 cc

P.n. 2 drop

NH₄OH color change

HCl color change

L.A. 5 cc

O.P. 10 cc

เมื่อทำเสร็จทุกขั้นตอนแล้ว ก็ทำการเตรียม Blank โดยให้ทำซ้ำอีกครั้งแต่เปลี่ยนจาก Sample (ในรูปสารละลาย) มาใช้น้ำกลั่นแทน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับ Sample จากนั้นจึงนำเข้าสู่เครื่อง VIS SPECTROPHOTOMETER โดยใช้ความยาวคลื่น 510 nm ซึ่งค่าที่ได้ จะต้องมาหาค่าในตาราง แล้วนำไปหาค่า Fe₂O₃ ในหน่วย มิลลิกรัม จึงนำไปแทนค่าในสูตร

สูตรในการคำนวณหา % Fe₂O₃

% Fe₂O₃ = Fe₂O₃ (mg) x 10⁻³ x 100 100 %

Ws (g)

; Ws = Sample weigh (g)

การหา % Al₂O₃

นำ Sample 10 cc (ในรูปของสารละลาย)

dill ด้วยน้ำกลั่น 100 cc

M.O. 2 drop

ย

NH₄OH (1+9) color change

Na. buffer 15 cc

Sincerely, to boil

X.O. 5 drop

Titrate with Zn⁺⁺ solution until color

change to pink with blank

Al₂O₃

สูตรในการคำนวณหา % Al₂O₃

$$\% \text{ Al}_2\text{O}_3 = 0.0005098(V_b - V_s) \times 100 \times 100\% - (\text{Fe}_2\text{O}_3\% + \text{TiO}_2\%) \times 0.638$$

Ws 10

; Ws = Sample weight (g)

Vb = Volume of zinc solution used in blank

Vs = Volume of zinc solution used in sample solution

การหา % CaO

นำ Sample 10 cc (ในรูปของสารละลาย)

dill ด้วยน้ำกลั่น 100 cc

Triethanolmine 5 cc

KOH 4 cc

ย

NN 2 pcs

titrate with EDTA to blue color

CaO

สูตรในการคำนวณหา % CaO

$$\% \text{ CaO} = 0.0005608 \times \text{VEDTA} \times \text{FEDTA} \times 100 \times 100\%$$

Ws 10

; VEDTA = Volume of EDTA used

FEDTA = Factor of EDTA solution

หา EDTA FACTOR = ZINC NITRATE SOLUTION (ml)

EDTA (10 ml)

การหา % MgO

นำ Sample 10 cc (ในรูปของสารละลาย)

dill ด้วยน้ำกลั่น 100 cc

NH₃OH.Cl 5 cc

Triethanolamine 10 cc

NH₄OH 3 cc

KCN 5 cc

Ammonium buffer 10 cc

EBT 5 drop

titrate with EDTA to greenish blue color

MgO

สูตรในการคำนวณหา % MgO

$$\text{MgO} = 0.0004031 \times (\text{EDTAMgO} - \text{EDTACaO}) \times \text{FEDTA} \times 100 \times 100\%$$

Ws

; EDTAMgO = Volume of EDTA used in MgO titration

EDTACaO = Volume of EDTA used in CaO titration

การหา % Na และ K

เริ่มจากนำ Sample ที่อยู่ในรูปสารละลายที่เตรียมวิธีเดียวกับที่ใช้น้ำ

% Al₂O₃, TiO₂, Fe₂O₃, CaO, MgO Fe มาผสมกับน้ำกลั่น ดังนี้

ถ้าต้องการหา % Na ให้นำ Sample มา 5 cc ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ 200 cc

ถ้าต้องการหา % K ให้นำ Sample 10 cc ผสมกับน้ำกลั่นให้ได้ 100 cc

เมื่อเตรียมสารละลายทั้งสองเสร็จแล้ว ก็ให้นำตรวจสอบด้วยเครื่อง FLAME PHOTOMETER โดยเครื่องนี้จะมีท่อสำหรับดูดสารละลาย ซึ่งก่อนจะดูดสารละลายที่เป็น Sample จะต้องดูดสารละลายที่ใช้เพื่อตรวจสอบเครื่องว่าคลาดเคลื่อนหรือไม่ ถ้าจะหา Na จะเริ่มตั้งแต่ น้ำกลั่น, 15 ppm(Na), 10 ppm (Na), 5 ppm (Na), 3 ppm (Na), 1 ppm(Na) แล้วจึงจะเริ่มดูด Sample (ที่อยู่ในรูปของสารละลาย) แล้วบันทึกค่าเอาไว้ ส่วนในการหา % K ก็ทำในทำนองเดียวกันแต่เปลี่ยนตัวเปรียบเทียบจาก Na เป็น K โดยค่าที่ได้จะนำมา plot กราฟ แล้วอ่านที่ได้ว่ามี Na กี่ ppm มี K กี่ ppm จึงนำค่าที่ได้ไปแทนในสูตรก็จะได้เป็น % ออกมา

สูตรในการคำนวณหา % Na, K

$$\% \text{Na} = 1.348 \times 10^{-6} \times \text{ppm}(\text{Na}) \times 200 \times 100 \times 100\%$$

Ws 5

$$\% \text{K} = 1.2046 \times 10^{-6} \times \text{ppm}(\text{K}) \times 100 \times 100 \times 100\%$$

Ws 10