

เอกสารวิชาการเรื่อง

“คุณลักษณะของแร่ ตามมาตรฐานการใช้งานและมาตรฐานการซื้อขายแร่ในตลาดแร่”



จัดทำโดย

สำนักพัฒนาและส่งเสริม

สำนักวิชาการแร่

ศูนย์สารสนเทศอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่



กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

กันยายน 2550

คำนำ

เอกสารวิชาการเรื่อง “คุณลักษณะของแร่ ตามมาตรฐานการใช้งานและมาตรฐานการซื้อขายแร่ในตลาดแร่” ชุดนี้ได้ปรับปรุงเพิ่มเติมมาจากเอกสารชุดเดิมที่เคยจัดพิมพ์ เมื่อ พ.ศ. 2537 ซึ่งเป็นเอกสารที่ได้รับการใช้ประโยชน์มาอย่างยาวนาน โดยคณะผู้จัดทำชุดนี้มีความมานะและพากเพียรในการจัดเตรียมข้อมูลอย่างดีเยี่ยม แต่ในระยะเวลาที่ผ่านมาเอกสารดังกล่าวที่ได้มีการจัดพิมพ์เผยแพร่ นั้นหมดลงและต้นฉบับก็สูญหายไปด้วย จึงไม่สามารถจัดพิมพ์ใหม่ได้ ทำให้นักวิชาการและประชาชนผู้สนใจรุ่นหลังไม่มีข้อมูลดังกล่าวนี้ใช้ในการค้นคว้า ประกอบการศึกษาพิจารณาตามความสนใจและมักจะสอบถามมาที่กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ อยู่ตลอดเวลา

เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาคำถามไม่สะดวกในการค้นหาข้อมูล เกี่ยวกับการใช้ประโยชน์แร่และมาตรฐานการซื้อขายในตลาดแร่ จากประชาชนทั่วไปรวมทั้งนักวิชาการและนักอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง จึงมีการปรับปรุงเอกสารทางวิชาการฉบับนี้ขึ้นมาใหม่ โดยให้อยู่ในรูปของดิจิทัลไฟล์เพื่อสามารถให้บริการทางเว็บไซต์ของกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ได้อย่างสะดวก พร้อมทั้งแสดงรูปตัวอย่างแร่แต่ละชนิดเพื่อประกอบความเข้าใจที่ชัดเจนขึ้นของผู้ใช้บริการ อย่างไรก็ตามวัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์และเผยแพร่เอกสารดังกล่าวนี้ทางเว็บไซต์ของ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ นั้น เป็นการบริการข้อมูลพื้นฐานและความรู้ที่รวบรวมได้ เพื่อให้ความรู้แก่บุคคลทั่วไปและผู้สนใจก่อนเท่านั้น ในปัจจุบันการใช้งานแร่ประเภทต่าง ๆ และมาตรฐานการซื้อขายแร่ของภาคเอกชนนั้นมีรายละเอียดมากขึ้นตามการใช้งานของแต่ละโรงงานหรือประเภทของอุตสาหกรรม หากผู้ที่ศึกษาเอกสารฉบับนี้แล้วเห็นว่าสามารถให้คำแนะนำในการปรับปรุง หรือเพิ่มเติมรายละเอียดคุณลักษณะแร่หรือมาตรฐานการซื้อขายแร่ตามสภาพปัจจุบันได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้งานเอกสารนี้ในโอกาสต่อไป โดยสามารถส่งรายละเอียดให้กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ หรือส่งความเห็นมาทางเว็บไซต์ได้ คณะผู้จัดทำเอกสารฉบับนี้จะนำข้อเสนอไปปรับปรุงเอกสารต่อไป และขอขอบคุณมา ณ ที่นี้

คณะผู้จัดทำ

สำนักพัฒนาและส่งเสริม

สำนักวิชาการแร่

ศูนย์สารสนเทศอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

กันยายน 2550



สารบัญ

หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
พลวง (Antimony)	1
ใยหิน (Asbestos)	5
ดินดำหรือดินเหนียวอุตสาหกรรม (Ball Clay)	8
แบไรต์ (Barite)	17
บอกไซต์ (Bauxite)	25
เบนทอนไนต์ (Bentonite)	28
แคลไซต์ (Calcite)	34
โครไมต์ (Chromite)	39
ถ่านหิน (Coal)	45
โคลัมเบียม-แทนทาลัม (Columbium-Tantalum)	51
ไดอะตอมไมต์ (Diatomite)	57
โดโลไมต์ (Dolomite)	63
อีเมอรี (Emery)	66
เฟลด์สปาร์ (Feldspar)	68
ดินทนไฟ (Fire clay)	74
ฟลูออไรต์ (Fluorite or Fluorspar)	77
ทรายแก้ว (Glass sand)	84
แกรไฟต์ (Graphite)	94
หินแกรนิต (Granite)	96
ยิปซัม (Gypsum)	103
อิลเมนไนต์ (Ilmenite)	111
เหล็ก (Iron)	118
ดินขาว (China clay or Kaolin)	131
ตะกั่ว (Lead)	145
ลูโคซีน (Leucoxene)	149
หินปูน (Limestone)	151
แมกนีไซต์ (Magnesite)	159



หัวข้อเรื่อง	หน้าที่
แมงกานีส (Manganese)	164
หินอ่อน (Marble)	178
ดินมาร์ล (Marl)	180
ไมกา (Mica)	181
โมนาไซต์ (Monazite)	188
ฟอสเฟต (Phosphate)	191
โพแทช (Potash)	199
ไพโรฟิลไลต์ (Pyrophyllite)	205
ควอตซ์ (Quartz)	213
เกลือหิน (Rock salt)	216
รูไทล์ (Rutile)	220
หินดินดาน (Shale)	226
สตรูเวอร์ไรต์ (Struverite)	228
ทัลก์ (Talc)	230
ดีบุก (Tin)	238
ไทเทเนียม (Titanium)	240
อิตเทรียม (Yttrium)	242
ทังสเตน (Tungsten)	249
สังกะสี (Zinc)	252
เซอร์คอน (Zircon)	260

พลวง (Antimony)



พลวงเป็น Native semimetals ที่มีลักษณะทางเคมีเป็น Sb โดยมีลักษณะเป็นผลึกแข็ง เพราะมีสีขาวเป็นเงาเหมือนเงินและมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนที่ไม่ดี มีจุดหลอมเหลวที่ 360°C และจุดเดือดที่ $1,380^{\circ}\text{C}$ ความหนาแน่น 8.697 กรัม/ลบ.ซม. (ที่ 26°C) มีความแข็งตามมาตราวัดของ Moh เท่ากับ 3.0-3.5 สารประกอบของพลวงมีหลายชนิด เช่น

Compound	Synonyms	Formulas
Antimony, metallic	Antimony regulus	Sb
Antimony oxychloride	Basic antimony chloride	SbOCl
	Powder of Algaroth	
	Mercurius vitae	
Antimony pentoxide	Antimonic oxide	Sb_2O_5
	Antimony (V) oxide	
	Stibic anhydride	
	Antimonic acid	
Antimony trichloride	Butter of antimony	SbCl_3
	Antimony (III) chloride	
	Antimonous chloride	
	Anthimony chloride	

Compound	Synonyms	Formulas
Antimony trioxide	Anitmony oxide Antimony (III) oxide Diantimony trioxide Antimony bloom Flowers of antimony	Sb_2O_3
Antimony trisulfide	Stibnite Antimony sulfide, native Antimony glance Needle antimony Liquated antimony Antimony gray Antimony sesquisulfide	Sb_2S_3
Sodium antimonate	Sodlum meta-antimonate Leukonin	$NaSbO_3$
Sibine	Antimony hydride	SbH_3

แร่พลวงที่สำคัญ คือ พลวงซัลไฟต์ (Sibnite, Sb_2S_3) หรือพลวงเงิน โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

สูตรเคมี	Sb_2S_3	
ส่วนประกอบทางเคมี	Sb	71.4 เปอร์เซ็นต์
	S	28.6 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2
	ความถ่วงจำเพาะ	4.52-4.62



ในประเทศไทยมีแร่พลวงที่สำคัญอีกแร่หนึ่งคือ พลวงทอง (Stibiconite, $\text{Sb}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ หรือ $\text{H}_2\text{Sb}_2\text{O}_5$) ซึ่งเกิดจากการที่แร่สตีบไนต์ได้แปรสภาพจากพลวงซัลไฟด์เป็นพลวงออกไซด์ที่มีน้ำ (Hydrous oxide of Antimony) โดยมีคุณลักษณะที่สำคัญ ดังนี้

สูตรเคมี	$\text{Sb}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Sb	74.80 เปอร์เซ็นต์
	O	19.66 เปอร์เซ็นต์
	H_2O	5.50 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4-5.5
	ความถ่วงจำเพาะ	5.58

แร่พลวงซัลไฟด์ (Sb_2S_3) ที่มีความบริสุทธิ์สูง นำไปทำสารผสมพวกคอกไมไฟ ไม้ขีดไฟ และนำไปถลุงให้เป็นโลหะพลวง ซึ่งนำไปใช้ในการทำโลหะผสม (alloy) ต่างๆ เช่น ตัวพิมพ์โลหะ (type metal) พิวเตอร์ (pewter) ฯลฯ ส่วนพลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) นำไปใช้ทำสี (Pigment) และทำแก้ว เป็นต้น

1. คุณลักษณะของพลวงตามมาตรฐาน ASTM (American society for Testing Materials)

มาตรฐานสำหรับสองเกรดของโลหะพลวงแท่ง : ASTM B237-81

		เปอร์เซ็นต์	
		เกรด	เกรด
พลวง (Sb) ,	ต่ำสุด	99.8	99.5
สารหนู (As) ,	สูงสุด	0.05	0.1
กำมะถัน (S) ,	สูงสุด	0.10	0.1
ตะกั่ว (Pb) ,	สูงสุด	0.15	0.2
อื่นๆ ,	สูงสุด	0.05	0.1

2. คุณลักษณะของแร่พลวงที่ซื้อขายกันในตลาดต่างประเทศ

2.1 แร่พลวงซัลไฟด์ชนิดก้อน (Lump sulphide ore)

มีพลวง (Sb) 60.0 เปอร์เซ็นต์

2.2 แร่พลวงออกไซด์ (Antimony oxide)

พลวงออกไซด์ (Sb_2O_3) 99.5 เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของแร่พลวงในประเทศไทยที่ส่งออกตลาดต่างประเทศ

3.1 แร่พลวงซัลไฟด์ (ก้อน)

พลวง (Sb)	45.0-53.10	เปอร์เซ็นต์
ตะกั่ว (Pb)	0.03-0.20	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As)	0.12-0.20	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	0.41-3.0	เปอร์เซ็นต์

3.2 แร่พลวงซัลไฟด์

พลวง (Sb)	50.57	เปอร์เซ็นต์
ตะกั่ว (Pb)	0.61	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As)	0.26	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	20.36	เปอร์เซ็นต์

4. คุณลักษณะของพลวงตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศ (มอก. 473-2526)

ส่วนประกอบทางเคมี		ชั้นคุณภาพ	
		1	2
ตะกั่ว (Pb)	สูงสุด	0.20	0.60
กำมะถัน (S)	สูงสุด	0.10	0.10
สารหนู (As)	สูงสุด	0.10	0.35
เงิน (Ag)	สูงสุด	0.10	0.10
ทองแดง (Cu)	สูงสุด	0.10	0.10
เหล็ก (Fe)	สูงสุด	0.10	0.10
นิกเกิล (Ni)	สูงสุด	0.10	0.10
ดีบุก (Sn)	สูงสุด	0.10	0.10
พลวง (Sb)	ต่ำสุด	99.6	99.0

โยหิน (Asbestos)



แร่โยหิน หมายถึง กลุ่มแร่ซิลิเกตที่มีลักษณะเป็นเส้นใยพบอยู่ในธรรมชาติ มีคุณสมบัติไม่ไหม้ไฟสามารถแยกออกเป็นเส้นใยที่มีความยาวแตกต่างกันได้โดยใช้เครื่องจักร ในเชิงพาณิชย์แยกชั้นคุณภาพของแร่โยหินด้วยความยาวของเส้นใยและขนาดที่แตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปแร่โยหินแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลักๆ คือ

1. กลุ่มที่ประกอบด้วยเส้นใย Serpentine คือแร่ Chrysotile
2. กลุ่มที่ประกอบด้วยเส้นใย Amphibole ประกอบด้วย 5 แร่ คือ Crocidolite, Amosite, Anthophyllite, Tremolite และ Actinolite

คุณลักษณะของแร่โยหิน

1. แร่ Chrysotile คือ แร่แมกนีเซียมซิลิเกต ซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วย (Hydrated magnesium silicate)

สูตรเคมี	$Mg_6[(HO)_4Si_2O_5]_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	MgO	39-44	เปอร์เซ็นต์
	SiO ₂	37-44	เปอร์เซ็นต์
	H ₂ O	12-15	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	Fe และ Al	เล็กน้อย	
	ความแข็ง	2.5-4	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.4-2.6	

2. แร่ Crocidolite หรือ blue asbestos คือแร่ riebeckite ซึ่งเป็นซิลิเกตเชิงซ้อนของเหล็กและโซเดียม (Complex sodium iron silicate)

สูตรเคมี	$\text{Na}_2\text{Fe}_3[(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	49-53	เปอร์เซ็นต์
	FeO	13-20	เปอร์เซ็นต์
	Fe_2O_3	17-20	เปอร์เซ็นต์
	Na_2O	4.0-6.5	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	2.5-4.5	เปอร์เซ็นต์
	MgO	0-3	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.2-3.3	

3. แร่ Amosite (สีฟ้า) คือ แร่ grunerite ซึ่งเป็นซิลิเกตของแมกนีเซียมและเหล็ก (Iron magnesium silicate)

สูตรเคมี	$\text{MgFe}_6[(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	49-53	เปอร์เซ็นต์
	FeO	34-44	เปอร์เซ็นต์
	MgO	1-7	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	2-9	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	2-5	เปอร์เซ็นต์
	Ca และ Na	เล็กน้อย	
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.5-6.0	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.1-3.25	

4. แร่ Anthophyllite คือ แร่แมกนีเซียมซิลิเกตกับเหล็กที่มีปริมาณไม่คงที่

สูตรเคมี	$(\text{Mg,Fe})_7[(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	56-58	เปอร์เซ็นต์
	MgO	28-34	เปอร์เซ็นต์
	FeO	3-12	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	0.5-1.5	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	1-6	เปอร์เซ็นต์



คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.5-6.0
	ความถ่วงจำเพาะ	2.85-3.1

5. แร่ Tremolite คือ แร่ซิลิเกตของแมกนีเซียมและแคลเซียม

สูตรเคมี	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	53-62	เปอร์เซ็นต์
	MgO	0-30	เปอร์เซ็นต์
	CaO	0-18	เปอร์เซ็นต์
	Na_2O	0-9	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	1-4	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	0-5	เปอร์เซ็นต์
	FeO	1.5-5	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.9-3.2	

6. แร่ Actinolite คือ แร่ซิลิเกตของแมกนีเซียมและแคลเซียมกับเหล็กที่มีปริมาณ ไม่คงที่

สูตรเคมี	$\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5(\text{OH})\text{Si}_4\text{O}_{11}_2$		
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.0-3.2	

คุณลักษณะของแร่ใยหินทางฟิสิกส์ที่สำคัญในการการค้า

คุณลักษณะทางฟิสิกส์	Chrysotile	Crocidolite	Amosite	Anthophyllite	Tremolite	Actinolite
1. ความยาวของเส้นใย (Fiber length)	สั้น-ยาว	สั้น-ยาว	2-11 นิ้ว	สั้น	สั้น-ยาว	สั้น-ยาว
2. ความทนแรงดึง (Tensile strength), ปอนด์/ตร.นิ้ว	80,000-100,000	100,000-300,000	16,000-90,000	4,000 และน้อยกว่า	1,000-8,000	1,000 และน้อยกว่า
3. การโค้งงอ (Flexibility)	สูง	ดี	ดี	ไม่ดี	ไม่ดี	ไม่ดี
4. การทนความร้อน (Resistance to heat)	ดีแต่เปราะ	ไม่ดี	ดีแต่เปราะ	ดีมาก	พอใช้ได้-ดี	-
5. ความทนกรดและด่าง (Resistance to acids and alkalies)	ไม่ดี	ดี	ดี	ดีมาก	ดี	พอใช้ได้
6. สภาพการปั่นเป็นเส้นใย (Spinnability)	ดีมาก	พอใช้ได้	พอใช้ได้	ไม่ดี	ไม่ดี	ไม่ดี
7. ประจุไฟฟ้า (Electric charge)	บวก	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ	ลบ



ดินดำหรือดินเหนียวอุตสาหกรรม (Ball Clay)



ดินเหนียวอุตสาหกรรม หรือ Ball clay หรือที่รู้จักกันโดยทั่วไปว่า ดินดำ ประกอบด้วย แร่ Kaolinite เป็นส่วนใหญ่ต่างจากดินขาว (Kaolin) ที่ Ball Clay มีอินทรีย์วัตถุเจือปนจึงอาจมีสีต่างๆ เช่น สีขาว เทา เหลือง ดำ มีความละเอียดสูง มีความเหนียวดี เมื่อแห้งจะมี Strength สูง และเมื่อเผาแล้วจะให้สีขาวหรือครีม นอกจากคุณสมบัติข้างต้นแล้ว ดินเหนียวอุตสาหกรรมควรมีทรายหรือสิ่งเจือปนให้น้อยที่สุด ขนาดที่ด้างตะแกรง 325 เมช ไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์

บอลเคลย์ (Ball Clay) คือ ดินที่มีแร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ โดยเฉพาะพวกที่มีโครงสร้างจัดอยู่อย่างไม่เป็นระเบียบ (Disordered Kaolinite) มีขนาดเม็ดละเอียดมาก และมักมี อิลไลต์ (Illite), มอนต์โมริลโลไนต์ (Montmorillonite) และสารอินทรีย์ (Carbonaceous) ปนอยู่ด้วยเสมอ

สีของบอลเคลย์ จะมีสีเทาอ่อน, น้ำตาลอ่อนไปจนกระทั่งเกือบดำ มีความเหนียวสูง (High Plasticity) เมื่อนำมาเผาสุกตัวแล้วจะให้สีขาวหรือสีครีมอ่อนๆ และโดยปกติจะมีช่วงของการยวบตัวเป็นระยะเวลานาน (Long Vitrification) จึงมักนำมาใช้ผสมกับดินขาวในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังทำให้เกิดความแข็งแรงดี หลังจากผ่านการอบแห้งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่แตกหักก่อนนำเข้าเตาเผา

บอลเคลย์บางประเภท จะมีคุณสมบัติเด่นเฉพาะตัว เช่น มีความทนไฟสูง และมีความสม่ำเสมอของ คุณภาพดี จึงมีการนำไปใช้เป็นส่วนผสมหลักในอุตสาหกรรมอิฐทนไฟ และวัสดุฉนวนกันความร้อนต่างๆ ได้ดี

1. คุณลักษณะของบอลเคลย์ที่ผลิตได้ในอังกฤษ

1.1 ผลิตโดย ECC Ball Clays Ltd มีแหล่งอยู่ที่

- Bovey Basin (South Devon)
- Petrockstow Basin (North Devon)
- Wareham area (Dorsed)

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	Hywite Titan (i)	Hymod Prima (ii)	Hyplas 71 (iii)
ซิลิกา (SiO ₂)	46.0	54.0	70.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	31.0	30.0	19.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.1	1.4	0.8
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.9	1.2	1.6
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.4	0.4	0.4
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.4	0.3	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.1	3.1	1.9
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.3	0.5	0.3
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	18.0	8.7	5.4
คุณลักษณะทางฟิสิกส์			
ความขาวสว่างหลังจากการเผาที่ 1,120°C (Fired brightness, 1,120°C)	76 เปอร์เซ็นต์	59 เปอร์เซ็นต์	64 เปอร์เซ็นต์
ความทนไฟ (Pyrometric Cone Equivalent หรือ Seger cone No.)	35	31-32	27-28

- (i) Devon clay, mainly tableware
- (ii) Dorset clay, mainly tableware, sanitaryware
- (iii) Devon clay, mainly tiles



1.2 ผลิตภัณฑ์ Watts Blake Bearne & Co.PLC (WBB) มีแหล่งอยู่ที่

- Bovey Basin (South Devon)
- petrockstow Basin (North Devon)

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	Anglo No 1 (i)	Vibblend (ii)	Sanblend (iii)
ซิลิกา (SiO ₂)	61.9	52.0	53.4
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	25.0	31.3	29.8
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	1.3	1.0	1.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	1.3	1.0	1.2
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.3	0.4	0.3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.2	0.2	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1.8	2.1	2.1
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.2	0.3	0.3
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	8.0	11.6	11.7
คุณลักษณะทางฟิสิกส์			
ความขาวสว่างหลังจากการเผาที่ 1,120°C (Fired brightness, 1,120°C)	68 เปอร์เซ็นต์	76 เปอร์เซ็นต์	68 เปอร์เซ็นต์
ความทนไฟ (Pyrometric Cone Equivalent หรือ Seger cone No.)	30	33	33

- (i) Standard blend
- (ii) Composite blend
- (iii) Refined ball clay



2. คุณลักษณะของบอลลเคลย์ที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

2.1 ผลิตโดย H.C.Spinks Clay Co.Inc. มีแหล่งอยู่ที่ Tennessee

2.2 ผลิตโดย Industrial Minerals products Inc./Hammill & Gillespie Inc.

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	HC 5 (i)	HC 52 (ii)	Albany Slip (iii)
ซิลิกา (SiO ₂)	60.72	59.16	57.64
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	25.96	27.17	14.66
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	1.31	1.15	5.20
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	1.40	1.52	0.80
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.24	0.27	2.68
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.08	0.22	5.78
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.16	0.28	3.25
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.17	0.14	0.80
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10.02	10.16	9.46
คุณลักษณะทางฟิสิกส์			
ความขาวสว่างหลังจากการเผาที่ 1,120°C (Fired brightness, 1,120°C)	-	-	-
ความทนไฟ (Pyrometric Cone Equivalent หรือ Seger cone No.)	32 ⁺	32 ⁺	-

(i) H.C. Spinks Clay Co., whiteware industry

(ii) H.C. Spinks Clay Co., whiteware industry

(iii) Industrial Minerals Products Inc./Hammill & Gillespie Inc., slip glazing of electrical porcelain and sewer-pipes

3. คุณลักษณะของบอลเคลย์ที่ผลิตได้ในเยอรมันตะวันตก

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	FT-D (i)	FT-RB (ii)	303 (iii)	1554 (iv)	44/46 (v)
ซิลิกา (SiO ₂)	66.4	58.9	76.3	66.4	41.8
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	22.1	22.6	19.3	22.1	38.7
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.3	6.1	0.81	1.1	1.8
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.4	1.2	1.51	1.0	1.8
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.4	0.8	0.31	0.1	0.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.2	0.4	0.01	0.3	0.3
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.1	2.6	1.44	3.0	2.2
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.2	0.2	0.14		0.3
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.9	7.2	7.11	6.0	13.00

- (i) fuchs'sche Tongruben
- (ii) Fuchs'sche Tongruben
- (iii) Stephan Schmidt, cream firing caly
- (iv) Goerg & Schneider, Keramicher Ton
- (v) Marx Bergbau, refractory clay

4. คุณลักษณะของบอลเคลย์ที่ผลิตได้ในฝรั่งเศส

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	KSG (i)	Chamotte FR42/44 (ii)
ซิลิกา (SiO ₂)	48.5	53.6
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	35.3	42.2
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	1.3	1.7
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	1.3	1.7
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.1	0.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.3	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.6	0.2
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.1	0.1
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	12.5	-

(i) Argiles & Mineraux

(ii) Argiles & Mineraux (chamotte)

5. คุณลักษณะของบอลเคลย์ที่ผลิตได้ในตุรกี

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	A	B
ซิลิกา (SiO ₂)	54.7	54.3
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	28.0	29.0
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	2.5	1.9
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	1.0	1.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.7	0.5
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.3	0.2
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.3	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.5	2.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10.0	11.0
Dry MOR : กิโลกรัมแรง/ตร.ซม. (Dry Modulus of rupture : kgf/cm ²)	-	100.0



6. คุณลักษณะของแร่บอลเคลย์ที่ผลิตได้ในบราซิล ผลิตโดย Sinter Mor

Mineracao Ltda มีแหล่งใน Guarda Mor รัฐ Minas Gerais ทางตอนใต้ของบราซิล

ซิลิกา (SiO_2)	59.85	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	25.62	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.33	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	3.37	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	8.87	เปอร์เซ็นต์

7. คุณลักษณะของบอลเคลย์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ของประเทศไทย

7.1 ผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์ (Sanitaryware)

อัตราการหล่อ	2.5-4	มม./30 นาที
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	12-14	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Moisture), สูงสุด	15	เปอร์เซ็นต์
ความแข็งแรง	50	กิโลกรัม/ตร.ซม.
ส่วนที่เหลือค้างบนตะแกรงขนาด 200 เมช, สูงสุด (Total residue retained on a No.200 sieve, max)	5	เปอร์เซ็นต์
สีหลังเผา (coloured-firing)	สีขาว	

7.2 ผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูพื้นและกระเบื้องบุผนัง (Floor tiles and Wall tiles)

ความแข็งแรง	150	กิโลกรัม/ตร.ซม.
การหดตัว, สูงสุด	7	เปอร์เซ็นต์
การดูดซึมน้ำ	12-13	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1-2	เปอร์เซ็นต์

7.3 ผลิตภัณฑ์ Stoneware

การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10-13	เปอร์เซ็นต์
--	-------	-------------

7.4 ผลิตภัณฑ์พอร์ซเลน (Porcelain)

ส่วนที่เหลือค้างบนตะแกรงขนาด 63 ไมครอน, สูงสุด	1	เปอร์เซ็นต์
--	---	-------------

7.5 ผลิตภัณฑ์วัสดุทนไฟ (Refractory)

คุณลักษณะทางกายภาพ		
ความทนไฟ	30	
ความหนาแน่น (Density)	2.2	กรัม/ลบ.ซม.
ความชื้น (Moisture)	15	เปอร์เซ็นต์



คุณลักษณะทางเคมีแยกตามแหล่งที่ผลิต

	จ.ปราจีนบุรี	จ.นครศรีธรรมราช	
ซิลิกา (SiO ₂)	62.9	53.2	58.6
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	28.0	39.1	34.1
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	4.7	3.7	2.9
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1	0.05	1.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.9	0.4	0.6
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	1.3	1.2	0.8
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1.6	1.7	1.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	0.4	0.5	0.4
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.03	0.1	0.2

8. คุณลักษณะของแร่บอลลเคลย์ผสมที่ใช้ในการผลิตเซรามิกในจังหวัดลำปาง

8.1 คุณลักษณะทางเคมี

ส่วนประกอบทางเคมี	ดินเหลือง-แจ๊คอน		ดินกระเบื้อง-แม่ตาน		ดินหล่อ-แม่ตาน	
	ดินก่อนเผา	ดินหลังเผา	ดินก่อนเผา	ดินหลังเผา	ดินก่อนเผา	ดินหลังเผา
ซิลิกา (SiO ₂)	58.8	62.8	67.5	72.0	60.4	66.4
ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO ₂)	0.7	0.7	0.6	0.6	0.5	0.5
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	23.6	25.2	21.1	22.5	25.4	27.9
เฟอร์ริกออกไซด์(Fe ₂ O ₃)	5.6	6.0	1.4	1.5	1.2	1.3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.3	1.4	0.4	0.4	0.5	0.5
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.4	2.6	2.2	2.3	2.4	2.6
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.8	0.8	0.3	0.3	0.3	0.3
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (L.O.I.) ภายหลัง 950°C	6.4		6.3		9.0	

8.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์

ค่าความเหนียว : (กิโลกรัมแรง/ตร.ซม.)	80	27	50
สีภายหลังเผา	น้ำตาลแดง	ครีมนวล	ขาวครีม
ความละเอียด : มีกาก้าง	น้อยกว่า 1%	น้อยกว่า 5%	น้อยกว่า 2%
ตะแกรงขนาด 120 เมช			

9. คุณลักษณะของแร่บอลเคลย์ที่ผลิตได้บางแหล่งในประเทศไทย

	จ.เชียงใหม่	จ.ลำปาง	จ.ปราจีนบุรี	จ.สุราษฎร์ธานี
ซิลิกา (SiO ₂)	59.2	56.2	60.7	56.5
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	23.7	29.8	22.6	28.4
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.9	2.09	3.50	1.88
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.34	0.63	0.79	0.22
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.71	2.78	2.42	2.28
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.35	0.35	0.19	0.16
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (L.O.I.) ภายหลัง 950°C	9.6	7.04	8.57	9.90

10. คุณลักษณะของแร่บอลเคลย์ที่ผลิตได้ของบริษัท เซอมาส จำกัด

คุณสมบัติทางเคมี	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	MnO ₂	LOI
ดินดำปราจีนบุรี	58.8	20.9	3.64	0.78	0.17	0.23	2	0.72	0.01	12.7
ดินดำพาน	45.3	28.2	2.77	0.88	0.61	0.2	1.78	0.84	0.02	18.7
ดินเหนียวแม่ทวน	69.3	17.8	0.78	0.36	0.11	0.4	1.98	0.69	<0.01	7.23

ที่มา : <http://www.cermas.com/ballclay.html>



แบไรต์ (Barite)



แหล่งธาตุแบเรียมที่สำคัญในเชิงพาณิชย์ คือ แร่แบไรต์ (Barite) และแร่วิทเทอร์ไรต์ (Witherite)

1. คุณลักษณะของแร่แบเรียม

1.1 แร่แบไรต์ (Barite) คือ แร่แบเรียมซัลเฟต มีชื่อเรียกต่างๆ กันดังนี้ ทิฟ (tiff), คอค (cawk) และ heavy spar

สูตรเคมี	BaSO_4		
ส่วนประกอบทางเคมี	Ba	58.8	เปอร์เซ็นต์
หรือ	BaO	65.7	เปอร์เซ็นต์
	SO_3	34.3	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.5-3.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	4.2	

1.2 แร่วิทเทอร์ไรต์ (Witherite) คือ แร่แบเรียมคาร์บอเนต

สูตรเคมี	BaCO_3		
ส่วนประกอบทางเคมี	Ba	70.0	เปอร์เซ็นต์
หรือ	BaO	77.7	เปอร์เซ็นต์
	CO_2	22.3	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3-3.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	4.2	

2. คุณสมบัติของแร่แบไรต์ ที่ใช้ทำสีและใช้ในอุตสาหกรรมเคมี ตามมาตรฐานประเทศต่างๆ

2.1	มาตรฐานอเมริกา	สำหรับทำสี	:	ASTM D 602 (06.02)-91
2.2	มาตรฐานอัฟริกาใต้	สำหรับทำสี	:	S.A.B.S.411-1952
2.3	มาตรฐานออสเตรเลีย	สำหรับทำสี	:	AS K27-1927
2.4	มาตรฐานอังกฤษ	สำหรับทำสี	:	BS 1795-1952
2.5	มาตรฐานเยอรมัน	สำหรับอุตสาหกรรมเคมี	:	in use before 1939

เปอร์เซ็นต์

	สำหรับใช้ทำสี						ทางเคมี German
	USA	South Africa	Australia*		UK		
			เกรด1	เกรด2	เกรด1	เกรด2	
แบเรียมซัลเฟต (BaSO ₄) ต่ำสุด	94.0	92.0	99.0	97.0	90.0	75.0	93-96
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.05	-	-	-	-	-	3.0
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	2.0	-	-	-	-	-	4.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ	0.2	0.5	-	-	0.5	1.0	-
(Matter soluble in water) สูงสุด							
ความชื้นและสารที่ระเหยได้	0.5	0.5	-	-	0.5	0.5	-
(Moisture and other volatile matter) สูงสุด							
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรง	0.5	-	-	-	-	-	-
ขนาด 45 ไมครอน (Residue retained on 45 µm sieve) สูงสุด							
สารที่ละลายได้ในกรดเกลือ	-	1.5	-	-	-	-	-
(Matter soluble in hydrochloric acid) สูงสุด							
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรง	-	-	-	-	0.25	0.75	-
ขนาด 240 เมช (Residue retained on 240 mesh) สูงสุด							
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรง	-	0.5	-	-	-	-	-
ขนาด 325 เมช (Residue retained on 325 mesh) สูงสุด							
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรง	-	-	-	-	0.1	0.2	-
ขนาด 100 เมช (Residue retained on 100 mesh) สูงสุด							
ความสามารถในการดูดซึม น้ำมัน (Oil absorption)	-	10-14	-	-	-	-	-

* เกรด 1 สำหรับสีขาว

เกรด 2 สำหรับสีต่างๆ



3. คุณลักษณะของแร่แบไรต์ตามมาตรฐานอินเดีย (Indian Standard)

3.1 ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีและเจาะสำรวจน้ำมัน : IS 2881-1964

เกรด 1 เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเคมี

เกรด 2 เหมือนสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเลียมในการขุดเจาะน้ำมัน

3.2 ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตวัตถุระเบิดและดอกไม้ไฟ : IS 7588-1974

ก. คุณสมบัติทางเคมีและขนาด

	โดยน้ำหนัก		โดยมวล
	เกรด 1	เกรด 2	วัตถุระเบิด
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์
แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	97.0	94.0	90.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	2.0	-	-
เฟอร์ริกออกไซด์และอะลูมินา (Fe_2O_3 and Al_2O_3) สูงสุด	0.2	-	-
แคลเซียมคาร์บอเนตและแมกนีเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3 and MgCO_3) สูงสุด	1.5	1.5	1.0
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรงขนาด 53 ไมครอน (Material retained on 53 micron IS sieve) สูงสุด	-	2.0	-
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	-	0.02	0.5
สารที่ละลายได้ในกรดเกลือเจือจาง (Matter soluble in dilute HCl) สูงสุด	-	-	3.0
กรวดทราย (Grit) สูงสุด	-	-	0.001
น้ำหนักที่สูญเสียไปเมื่อทำให้แห้งที่ 105°C - 110°C (Loss on drying) สูงสุด	-	-	0.5
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรงคัดขนาดแบบเปียก 125 ไมครอน (Material retained on 125 micron IS wet sieving) สูงสุด	-	-	0.002
แร่และสิ่งตกค้างบนตะแกรงคัดขนาดแบบเปียก 63 ไมครอน (Material retained on 63 micron IS wet sieving) สูงสุด	-	-	1.0

ข. คุณสมบัติทางฟิสิกส์

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity at 27°C) ต่ำสุด	-	4.15	-
สภาพความเป็นกรดหรือด่าง (pH of aqueous extract)	-	-	6-9
ความแน่น (Bulk density) : กรัม/มิลลิกรัม ต่ำสุด	-	-	2.5



4. คุณสมบัติของแร่แบไรต์ตามมาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน สำหรับใช้เป็นของเหลวเพื่อขุดเจาะบ่อน้ำมัน (American Petroleum Specification 13A for Oil-Well Drilling-Fluid Materials, 1981)

ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity) ต่ำสุด	4.2	
แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	92	เปอร์เซ็นต์
แอลคาไลน์เอิร์ทที่ละลายได้ เช่น แคลเซียม (Soluble alkaline earth content, as calcium) สูงสุด	250	ส่วนในล้านส่วน
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	95% - 45 μm (325 mesh)	

5. คุณสมบัติของแร่แบไรต์เกรดสำหรับทำยา

แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	97.5	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) ที่อุณหภูมิ 600 °C, สูงสุด	2	เปอร์เซ็นต์
โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Heavy metals as Pb), สูงสุด	0.001	เปอร์เซ็นต์
ซัลไฟด์ (sulphides), สูงสุด	0.1	ส่วนในล้านส่วน
สารหนู (Arsenic), สูงสุด	0.1	ส่วนในล้านส่วน
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	90% - 20 μm	
สี (Colour)	ขาวหรือเกือบขาว	
กลิ่น (Odour)	ไม่มีกลิ่น	

6. คุณสมบัติของแร่แบไรต์สำหรับใช้เป็นวัตถุเหลวเพื่ออุดเนื้อไม้ก่อนลงสี (General specifications for filler applications)

แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	95% - 45 μm	
สี (Colour)	คุณสมบัติของสีจำเป็นมากสำหรับการนำไปใช้งาน ซึ่งตามปกติมักจะต้องการสีใกล้เคียงสีขาว	

7. คุณสมบัติของแร่แบไรต์เกรดสำหรับทำแก้ว (General specifications for glass-grade barites)

แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.15	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	0.15	เปอร์เซ็นต์
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size) 100%-850 μm with less than 5%-150 μm fines		

8. คุณสมบัติของแร่แบไรต์เกรดสำหรับทำสี (General specification for paint-grade barites)

ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	99.98% passing 37 μm (400 เมช)	
Hegman number	6.5	
ความขาวสว่าง (Brightness : green filter)	81	เปอร์เซ็นต์
การดูดซึมน้ำมัน (Oil absorption)	5	กิโลกรัม/45 กิโลกรัม
แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Iron content) สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์
สารประกอบที่ละลายน้ำได้ (Water soluble compounds) สูงสุด	0.2	เปอร์เซ็นต์
สารมลทิน (Foreign matter) สูงสุด	2.0	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Moisture)	0.5	เปอร์เซ็นต์
สภาพความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6.4	

9. คุณลักษณะของแร่แบเรียมซัลเฟตสำหรับใช้ในทางอุตสาหกรรมตามมาตรฐาน

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.846-2532)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		ประเภท 1		ประเภท 2
		ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	
1	แบเรียมซัลเฟต ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	95	95	97
2	เกลือแบเรียมที่ละลายได้ในกรด (คำนวณเป็น แบเรียมคาร์บอเนต) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	2.24	2.24	-
3	ความเป็นกรด-ด่าง ไม่น้อยกว่า	3.5	3.5	3.5
4	สารที่ละลายได้ในน้ำ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	0.5	0.5	0.2
5	ความชื้นและสารที่ระเหยได้ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่ เกิน	0.5	0.5	0.5
6	ขนาด	เป็นไปตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อกับ ผู้ขาย		
7	ซิลิกาอิสระ ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	2.0	2.0	2.0
8	การดูดกลืนน้ำมัน กรัมต่อตัวอย่าง 100 กรัม	ไม่เกิน 12	ไม่เกิน 12	12-14
9	ความขาวสว่าง ร้อยละไม่น้อยกว่า	85	80	95

10. คุณลักษณะของแร่แบไรต์สำหรับเจาะป้อนปิโตรเลียมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวง
อุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.927-2533)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ไม่น้อยกว่า	4.20
2	โลหะอัลคาไลน์เอิร์ทที่ละลายได้ในน้ำ (คิดเป็นแคลเซียม) มีลิกกรัมต่อ ลูกบาศก์เดซิเมตร ไม่เกิน	250
3	ปริมาณที่ค้างบนแร่ 75 ไมโครเมตร ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	3.0
4	อนุภาคเล็กกว่าขนาด 6 ไมโครเมตร ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	30

**11. คุณลักษณะของแร่แบเรียมซัลเฟตสำหรับใช้ในทางเภสัชกรรมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.939-2533)**

แบเรียมซัลเฟตสำหรับใช้ในทางเภสัชกรรม หมายถึง ผงเกลือซัลเฟตของแบเรียมที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างเกลือแบเรียมคลอไรด์กับกรดซัลฟิวริก

11.1 ลักษณะทั่วไป

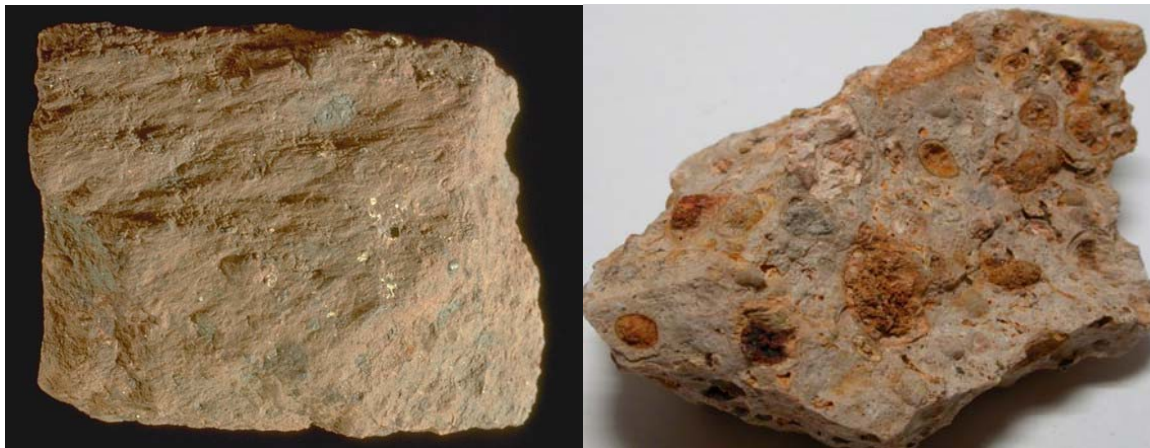
เป็นผงละเอียดเนียน สีขาว ไม่มีกลิ่น

การทดสอบให้ทำโดยการตรวจพินิจ

11.2 ลักษณะทางฟิสิกส์และทางเคมี

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	แบเรียมซัลเฟต ร้อยละไม่น้อยกว่า	97.5
2	ความเป็นกรดหรือความเป็นด่าง ปริมาตรของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.01 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.01 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่เกิน	0.5
3	ซัลเฟอร์ที่ถูกออกซิไดส์ได้	สีของสารละลายตัวอย่างต้องออกสีมากกว่าสีของสารละลายมาตรฐานสอบเทียบ
4	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา ร้อยละไม่เกิน	2.0
5	เกลือแบเรียมที่ละลายได้	สารละลายที่ได้ต้องใส
6	เกลือที่ละลายได้ในกรดแอซิติก ร้อยละไม่เกิน	0.3
7	สารหนู มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	0.8
8	โลหะหนัก (เทียบเป็นตะกั่ว) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	10
9	ฟอสเฟต มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	50
10	การร่อนกัน ลูกบาศก์เซนติเมตร น้อยกว่า	15
11	ความละเอียดของอนุภาค ไมโครเมตร ไม่เกิน	37

บอกไซต์ (Bauxite)



แร่บอกไซต์ เป็นแร่พื้นฐานของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม ซึ่งเมื่อทำให้บริสุทธิ์แล้ว จะอยู่ในรูปอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์

1. คุณสมบัติของแร่บอกไซต์ที่สำคัญ

1.1 แร่กิบbsite (Gibbsite) เป็นแร่อะลูมิเนียมไตรไฮดรอกไซด์

สูตรเคมี	$\text{Al}(\text{OH})_3$ หรือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	อะลูมินา (Al_2O_3)	65.4	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	34.6	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.3-3.5	
	ความหนาแน่น	2.3-2.4	กรัม/ลบ.ซม.

1.2 แร่เบอห์ไมต์ (Boehmite) เป็นแร่อะลูมิเนียมออกไซด์ไฮดรอกไซด์

สูตรเคมี	AlOOH หรือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	อะลูมินา (Al_2O_3)	85.0	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	15.0	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3.5-5.0	
	ความหนาแน่น	3.01-3.06	กรัม/ลบ.ซม.

1.3 แร่ไดแอสפור (Diaspore) เป็นแร่อะลูมิเนียมออกไซด์ไฮดรอกไซด์ ซึ่งมีส่วนประกอบทางเคมีเหมือนกับแร่เบอห์ไมต์ แต่แร่ไดแอสפורแข็งแรงกว่า แรงยึกระหว่างอะตอมและโครงสร้างของอะตอมแข็งแรงกว่าแร่เบอห์ไมต์

สูตรเคมี	AlOOH หรือ $Al_2O_3 \cdot H_2O$		
ส่วนประกอบทางเคมี	อะลูมินา (Al_2O_3)	85.0	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	15.0	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6.5-7	
	ความหนาแน่น	3.3-3.5	กรัม/ลบ.ซม.

2. คุณลักษณะของแร่บอกไซต์เกรดวัตถุดิบไฟจากแหล่งต่างๆ (Typical analyses of various grades of calcined refractory bauxite)

แหล่ง	China	USA	China	China	Guyana
เกรด	60	70	80	+80	+80
อะลูมินา (Al_2O_3)	63.5	70.5	84.5	89.0	88.3
ซิลิกา (SiO_2)	32.4	25.3	9.9	6.0	6.5
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	2.2	2.7	3.8	3.3	3.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1.5	1.4	1.6	1.2	1.8
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.15	-	0.20	0.05	0.25
ความถ่วงจำเพาะ (Bulk sp gr)	2.70	2.85	2.80	3.15	3.10

3. คุณลักษณะของแร่บอกไซต์เกรดวัตถุดิบสำหรับขัดและเกรดเคมี

(Analysis of calcined abrasive grade bauxite and dried chemical grade bauxite)

เปอร์เซ็นต์

	Abrasive grade	Chemical grade
อะลูมินา (Al_2O_3)	85-87	56.5-60.5
ซิลิกา (SiO_2)	3.0-5.5	4.3-9.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	3.0-4.5	2.3-3.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	6.0-10.3	1.5-3.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	1.0-2.0	28-31



4. คุณลักษณะของแร่บอກໄຊเกรดซีเมนต์ (Bauxite suitable for cement grade)

แร่บอກໄຊสำหรับอุตสาหกรรมซีเมนต์ต้องการแร่ที่มีอะลูมินา (Al_2O_3) สูง มีซิลิกา (SiO_2) ไม่เกิน 6 เปอร์เซ็นต์

5. คุณลักษณะของแร่บอກໄຊที่ผลิตได้ในเวียดนาม (Vietnam)

อะลูมินา (Al_2O_3)	36-39	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	5-9	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	25-29	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	4-9	เปอร์เซ็นต์

เบนทอไนต์ (Bentonite)



แร่เบนทอไนต์ คือ ดินเหนียวสีเทาละเอียดที่ไม่มีคาร์บอนเนตปน ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่กลุ่มมอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite : $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$)

ส่วนประกอบทางเคมีของแร่มอนต์มอริลโลไนต์

SiO_2	66.7	เปอร์เซ็นต์
Al_2O_3	28.3	เปอร์เซ็นต์
H_2O	5.0	เปอร์เซ็นต์

1. คุณลักษณะของแร่เบนทอไนต์ตามมาตรฐานของสถาบันปิโตรเลียมอเมริกัน (American Petroleum Institute bentonite specification) เพื่อใช้เป็นของเหลวสำหรับเจาะ (drilling fluids)

API bentonite specification

Requirement	Specification
Suspension properties viscometer dial reading at 600 rpm	30, minimum
Yield point/plastic viscosity ratio	3, maximum
Filtrate volume	15.0 cm^3 , maximum
Residue greater than 75 micrometers	4.0 wt percent, maximum
Moisture	10.0 wt percent, maximum

2. คุณสมบัติของแร่เบนทอไนต์ตามมาตรฐานของสมาคมจัดหาปัจจัยเพื่ออุตสาหกรรมน้ำมัน (Oil Companies Materials Association bentonite specification) เพื่อใช้เป็นของเหลวสำหรับเจาะ (drilling fluids)

OCMA bentonite specification

Requirement	Specification
Suspension properties viscometer dial reading at 600 rpm	30, minimum
Yield point, lb/100 ft ²	6 times plastic viscosity, maximum
Filtrate-relative 30 minutes	16.0 cm ³ , maximum
Residue greater than 75 micrometers	2.5%, maximum
Moisture	13.0%, maximum

3. คุณสมบัติของแร่เบนทอไนต์ที่ผลิตใน Bavarian ประเทศเยอรมันตะวันตก

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂)	57.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	21.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	5.1
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	4.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.1
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1.4
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.2



4. คุณสมบัติของแร่เบนทอไนต์ที่ผลิตในแหล่งทางฝั่งทะเลด้านตะวันตก ประเทศอิตาลี

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO_2)	65.70
อะลูมินา (Al_2O_3)	13.55
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1.64
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.67
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.69
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.48
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.64
การสูญเสียที่ 110°C	9.65
การสูญเสียที่ $1,100^\circ\text{C}$	5.42
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.88
ความหนาแน่น (Density)	2.4 กรัม/ลบ.ซม.
เกิดการรวมตัวกันที่อุณหภูมิ	$1,485^\circ\text{C}$



5. คุณลักษณะของแร่เบนทอไนต์ที่ผลิตได้ของประเทศไทย

แร่เบนทอไนต์ที่ผลิตได้แยกออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

1. เบนทอไนต์ขาว (White bentonite)
2. โซเดียมเบนทอไนต์ (Na-bentonite)
3. เบนทอไนต์ชนิดอื่น เช่น แคลเซียมเบนทอไนต์ (Ca-bentonite)เปอรฺ์เซ็นต์

	เบนทอไนต์ขาว		โซเดียมเบนทอไนต์	
	Unye	Kutahya	Resadiye	Kursunlu
ซิลิกา (SiO ₂)	74.9	70.9	57.6	56.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	14.0	15.7	19.3	18.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.1	0.9	3.3	5.8
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.2	0.1	0.3	0.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.7	2.1	4.2	7.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.9	1.4	2.2	1.9
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.6	0.2	2.6	2.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.8	1.2	1.9	1.4
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	9.9	7.6	7.4	6.8
ปริมาณการพองตัว (Swelling Volume)	4.0	3.0	15-20*	15-20*
ความขาว (Whiteness)	84.0	82.0	-	-
การดูดซึมน้ำมัน (Oil Absorption)	35.0	35.0	-	-
แร่มอนต์มอริลโลไนต์ (Montmorillonite)	73-88	77-85	-	-
แร่กลุ่มซิลิกา (Cristobalite : SiO ₂)	13-17	12	-	-

* หน่วย : มิลลิลิตร/2 กรัม

6. คุณลักษณะของแร่เบนทอไนต์ที่มีคุณค่าในเชิงพาณิชย์ของประเทศไทย

ส่วนประกอบทางเคมี	แหล่งที่ 1	แหล่งที่ 2
ซิลิกา (SiO_2)	71.62	68.22
อะลูมินา (Al_2O_3)	15.22	15.04
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	1.96	1.9
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0.37	0.1
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.36	0.3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.61	1.87
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.66	2.55
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	1.41	0.88
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	1.00	0.60
อนูของน้ำในเนื้อแร่ (H_2O^+)	4.8	5.75
ความชื้น (H_2O^-)	0.67	1.00
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.69	6.89

แหล่งที่ 1 บ้านหนองจอก ตำบลลำธารายณ์ อำเภอลำธารายณ์ จังหวัดลพบุรี (เฉลี่ยจาก 4 ตัวอย่าง)

แหล่งที่ 2 เขาโป่งหัวเหวน ตำบลลำธารายณ์ อำเภอลำธารายณ์ จังหวัดลพบุรี (เฉลี่ยจาก 4 ตัวอย่าง)

7. คุณลักษณะของเบนทอไนต์สำหรับทำโคลนเจาะ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.1065-2534)

เบนทอไนต์สำหรับทำโคลนเจาะ หรือที่เรียกว่า โคลนผง หมายถึงดินที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแร่โซเดียม-สเมกไทต์ (sodium-smectite)

ลักษณะทั่วไป เป็นผงละเอียดมีหลายสี เช่น ขาวนวล เหลืองอ่อน น้ำตาลอ่อน เทา ดำ

คุณลักษณะทางเคมี ต้องเป็นโซเดียมเบสสเมกไทต์เป็นส่วนใหญ่

คุณลักษณะทางฟิสิกส์

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	สมบัติทางแวนดอย 1.1 ค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัดความหนืด ที่อัตราเร็ว 600 รอบต่อนาที ไม่น้อยกว่า 1.2 ความหนืดพลาสติก เซนติพอยส์ ไม่น้อยกว่า 1.3 ยีลด์พอยต์ (yield point) พาสคัลไม่เกิน ปอนด์ต่อ 100 ตารางฟุต ไม่เกิน 1.4 ส่วนที่กรองได้ (30 นาที่ สัมพัทธ์) ลูกบาศก์ เซนติเมตร ไม่เกิน	30* 10 0.48x3 เท่า ของค่าตัวเลขที่หาได้ ตามข้อ 1.2 3 เท่าของตัวเลขที่หาได้ตามข้อ 1.2 15
2	ปริมาณที่ค้ำบนแรง 75 ไมโครเมตร (ร่อนเป็ยก) ร้อย ละไม่เกิน	4.0
3	ความชื้น** ร้อยละไม่เกิน	12

- หมายเหตุ
1. ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดเครื่องวัดความหนืดเมื่อคูณด้วย 0.51216 จะมีหน่วยเป็นพาสคัล และเมื่อคูณด้วย 1.067 จะมีหน่วยเป็นปอนด์ต่อ 100 ตารางฟุต
 2. * ค่าที่อ่านได้จากหน้าปัดเครื่องวัดความหนืดที่อัตราเร็ว 600 รอบต่อนาที ซึ่งเมื่อหาร ด้วย 2 จะเป็นค่าความหนืดในหน่วยเซนติพอยส์
 3. ** เป็นค่าความชื้นของตัวอย่างขณะส่งออกจากโรงงาน

แคลไซต์ (Calcite)



แคลไซต์หรือแคลสปาร์เป็นรูปแบบที่ธรรมดาที่สุดของแคลเซียมคาร์บอเนตที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ ผลึกของแคลไซต์มีหลายชนิดทำให้มีชื่อเรียกแตกต่างกัน เช่น คีอากทูลสปาร์ (Dogtooth spar) ไอซ์แลนด์สปาร์ (Iceland spar) เนลเฮดสปาร์ (Nailhead spar) และซาตินสปาร์ (Satin spar) แคลไซต์เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของหินปูน หินอ่อน และชอล์ค

สูตรเคมี	CaCO_3		
ส่วนประกอบทางเคมี	CaO	56.0	เปอร์เซ็นต์
	CO_2	44.0	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.72	

1. คุณลักษณะของแร่ตามมาตรฐาน ASTM

(American Society for Testing Materials : ASTM D 1199 (06.02)-91)

1.1 คุณลักษณะของแคลไซต์ซึ่งใช้ทำสีที่มีปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตสูง แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิด PC และชนิด GC

ชนิด PC : คือตะกอนแคลเซียมคาร์บอเนตซึ่งเตรียมโดยทำสารละลายให้ตกตะกอนอย่างสมบูรณ์ หรือโดยวิธีการบอเนชันของปูนไลม์ (lime)

ชนิด GE : คือผลิตภัณฑ์ของแร่บด



	ชนิด PC	ชนิด GC
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อไม่มีความชื้น (CaCO_3 moisture-free) ต่ำสุด	96.5*	-
ความชื้นและสารระเหิด (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	0.7	0.2
ผลรวมของแคลเซียมคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนตเมื่อไม่มีความชื้น (Total CaCO_3 , MgCO_3 moisture-free) ต่ำสุด	-	94.0
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) สูงสุด	-	-

* ยกเว้นแคลเซียมคาร์บอเนตบางตัว

1.2 คุณสมบัติของแร่แคลไซต์ซึ่งใช้ทำสี กำหนดตามขนาดของเม็ดแร่ แบ่งออกเป็น 4 เกรด เกรด 1 ใช้ทำสีมีขนาดเม็ดแร่ละเอียด (Fine paint grade)

- ขนาดของเม็ดแร่ 15-20 ไมครอน
- วัตถุหยาบค้ำบนตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) สูงสุด 0.05 เปอร์เซ็นต์
- เส้นผ่าศูนย์กลางผิวหน้าของเม็ดแร่ (Specific surface diameter) สูงสุด 2.5 ไมครอน

เกรด 2 ใช้ทำสีมีขนาดเม็ดแร่หยาบ (Coarse paint grade)

- ขนาดของเม็ดแร่ 5-45 ไมครอน
- วัตถุหยาบค้ำบนตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) สูงสุด 0.5 เปอร์เซ็นต์
- เส้นผ่าศูนย์กลางผิวหน้าของเม็ดแร่ (SSD) สูงสุด 6 ไมครอน

เกรด 3 ใช้เป็นวัตถุเหลวสำหรับอุดเนื้อไม้ก่อนลงสี (Filler grade)

- ขนาดของเม็ดแร่ 10-45 ไมครอน
- วัตถุหยาบค้ำบนตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน) สูงสุด 25 เปอร์เซ็นต์
- เส้นผ่าศูนย์กลางผิวหน้าของเม็ดแร่ (SSD) สูงสุด 9 ไมครอน

เกรด 4 เกรดผงสำหรับยักันร้ว (Putty powder grade)

- ขนาดของเม็ดแร่มีความละเอียดน้อย
- วัตถุหยาบค้ำบนตะแกรงขนาด 200 เมช (75 ไมครอน) สูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์
- เส้นผ่าศูนย์กลางผิวหน้าของเม็ดแร่ (SSD) สูงสุด 12 ไมครอน

2. คุณสมบัติของแร่แคลไซต์ตามมาตรฐานของออสเตรเลีย

(Australian Standard. AS : K 23-1927)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่ำสุด	97.0
สารที่ไม่ละลายน้ำ (Insoluble matter) สูงสุด	1.0
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Coarse particles) สูงสุด	0.5
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter)	0.5

3. คุณสมบัติของแร่แคลไซต์ตามมาตรฐานอินเดีย (Indian Standard : IS 918-1958)

- 3.1 แคลเซียมคาร์บอเนตสำหรับใช้ทำเครื่องสำอางและยาสีฟันชนิดเหลว
- 3.2 แคลเซียมคาร์บอเนตสำหรับอุตสาหกรรมยาง

	เปอร์เซ็นต์	
	เครื่องสำอางและ ยาสีฟันเหลว	อุตสาหกรรม ยาง
แคลเซียมคาร์บอเนตเมื่อไม่มีความชื้น (CaCO_3 on dry basis) ต่ำสุด	96.0	-
แมกนีเซียมคาร์บอเนตเมื่อไม่มีความชื้น (MgCO_3 on dry basis) ต่ำสุด	3.0	-
อะลูมิเนียม+เหล็ก+ฟอสฟอรัส+สารที่ไม่ละลายในกรดเกลือ (Al+Fe+P+Matter insoluble in HCl) สูงสุด	0.6	-
เหล็ก (Fe) สูงสุด	0.1	-
อาร์เซนิกออกไซด์หรือสารหนูออกไซด์ (As_2O_3) สูงสุด	4 ppm	-
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	10 ppm	-
คลอรีน (Cl) สูงสุด	0.04	0.04
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	0.14	-
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	1.0	-
แคลเซียมคาร์บอเนต+แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$) ต่ำสุด	-	92.0
ออกไซด์รวม (Mixed oxide) สูงสุด	-	1.0
ทองแดง (Cu) สูงสุด	-	0.005
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	-	0.02
สารที่ไม่ละลายน้ำ เช่น ซิลิกา (Insoluble matter as silica) สูงสุด	-	0.6
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	-	43-46
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and volatile matter) สูงสุด	-	1.0



4. คุณลักษณะของแคลไซต์ชนิด Micronised natural whiting ที่ส่งเข้ามาในประเทศไทยเพื่อใช้ทำสี

แคลเซียมคาร์บอเนต CaCO_3 ประมาณ	96	เปอร์เซ็นต์
ขนาดของเม็ดแร่ (Particle size) เล็กกว่า 10 ไมครอน	95	เปอร์เซ็นต์
การดูดซับน้ำมัน (Oil absorption)	18	กรัมไขมัน/100กรัมสี
ความถ่วงจำเพาะ	2.63	

5. คุณลักษณะของแร่แคลเซียมคาร์บอเนตสำหรับอุตสาหกรรมยาง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.402-2532) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดตกตะกอน เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีการตกตะกอน
2. ชนิดบด เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากการบดแคลเซียมคาร์บอเนตธรรมชาติ

คุณลักษณะที่ต้องการ

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
	ชั้นคุณภาพ ก.1	ชั้นคุณภาพ ก.2	ชั้นคุณภาพ ข.1	ชั้นคุณภาพ ข.2
ความชื้น ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	0.4	0.4	0.4	0.4
น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาร้อยละโดยน้ำหนัก	43.0-44.5	42.0-44.5	43.0-44.5	42.0-44.5
ปริมาณที่ค้างบนร่ง ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน				
- ร่ง 125 ไมโครเมตร	0.005	0.005	0.1	0.1
- ร่ง 45 ไมโครเมตร	0.5	0.5	5.0	5.0
ความเป็นด่าง (คิดเป็น Na_2CO_3) ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	0.03	0.03	0.03	0.03
สารที่ไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ร้อยละโดยน้ำหนักไม่เกิน	1.5	3.0	1.5	3.0
เหล็ก มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	250	1,000	250	1,000
ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	15	30	15	30
แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	100	400	100	400
แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละโดยน้ำหนักไม่น้อยกว่า	98	96	98	96

อักษร ก มีความละเอียดมากกว่าอักษร ข

เลข 1 มีความบริสุทธิ์มากกว่าเลข 2



6. คุณลักษณะของแร่แคลเซียมคาร์บอเนตสำหรับอุตสาหกรรมสีและพลาสติก ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.403-2532) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดตกตะกอน เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีการตกตะกอน
2. ชนิดบด เป็นแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้จากการบดแคลเซียมคาร์บอเนตธรรมชาติ แคลเซียมคาร์บอเนตแต่ละชนิด แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ
 - 1) แบบเคลือบผิว
 - 2) แบบไม่เคลือบผิว

โดยแต่ละแบบ แบ่งตามความบริสุทธิ์ออกเป็น 2 ชั้นคุณภาพ คือ

- 1) ชั้นคุณภาพ 1
- 2) ชั้นคุณภาพ 2

คุณลักษณะที่ต้องการ

คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
	ชนิดตะกอน		ชนิดบด	
	ชั้นคุณภาพ 1	ชั้นคุณภาพ 2	ชั้นคุณภาพ 3	ชั้นคุณภาพ 4
ความชื้น ร้อยละไม่เกิน	0.4	0.4	0.2	0.2
น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผา ร้อยละ	43.0-44.5	42.0-44.5	43.0-44.5	42.0-44.5
ปริมาณที่ค้ำบนแรง 45 ไมโครเมตร ร้อยละไม่เกิน	0.1	0.1	0.01	0.01
ความเป็นด่าง (คิดเป็น Na_2CO_3) ร้อยละไม่เกิน	0.03	0.03	0.03	0.03
สารที่ไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ร้อยละไม่เกิน	1.0	1.5	1.0	1.5
เหล็ก มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	200	300	200	300
แคลเซียมคาร์บอเนต ร้อยละไม่น้อยกว่า	98	96	98	96
ความขาวสว่างเมื่อแห้ง (dry brightness) ร้อยละไม่น้อยกว่า	93	90	93	90
การดูดกลืนน้ำมัน กรัมไขมันต่อตัวอย่าง 100 กรัม ไม่เกิน				
- แบบเคลือบผิว	17	14	17	14
- แบบไม่เคลือบผิว	80	80	30	30

โครไมต์ (Chromite)



โดยทั่วไปแร่โครไมต์มักมีธาตุโลหะอื่นๆ เข้ามาประกอบด้วยคือแมกนีเซียม (Mg) อะลูมิเนียม (Al) และเหล็ก (Fe) ซึ่งทำให้แร่มีส่วนประกอบแตกต่างกันออกไป อาจเขียนสูตรเคมีทั่วไปได้ดังนี้ $(\text{Mg.Fe}^{2+}) \text{O} \cdot (\text{Cr.Al.Fe}^{3+})_2\text{O}_3$ มีชื่อเรียกทั่วไปในการค้าว่า Chrome ore

สูตรเคมี	FeCr_2O_4	
ส่วนประกอบทางเคมี	Cr_2O_3	68.0 เปอร์เซนต์
	FeO	32.0 เปอร์เซนต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.5
	ความถ่วงจำเพาะ	4.1-4.9 เฉลี่ย 4.6

เนื่องจากมีธาตุโลหะอื่นเข้ามาประกอบด้วย ดังนั้น ผลวิเคราะห์ของแร่จึงแตกต่างกันมาก ดังตัวอย่างในตารางข้างล่าง ซึ่งเป็นผลวิเคราะห์เคมีของแร่โครไมต์จากแหล่งต่างๆ

ผลวิเคราะห์แร่โครไมต์ จากแหล่งต่างประเทศ

(Analyses of Typical Chromites and corresponding Chrome Ores)

	No.1		No.2		No.3		No.4		No.5		No.6	
	C*	O*	C*	O*	C*	O*	C*	O*	C*	O*	C*	O*
Cr ₂ O ₃	47.41	44.52	36.24	32.10	61.44	54.91	57.70	47.00	58.32	48.50	55.90	49.19
Al ₂ O ₃	14.82	15.50	31.86	30.20	11.41	9.92	13.44	12.65	11.06	10.01	11.92	11.37
Fe ₂ O ₃	9.21		2.97		nil		3.42		4.10		2.18	
FeO	16.86		11.32		12.53		11.66		11.10		18.80	
Tot.Fe as FeO	(25.26)	24.72	(13.99)	12.72		12.41	(14.70)	11.93	(14.75)	13.28		18.27
MgO	11.40	10.10	17.10	18.06	13.66	14.92	13.29	15.46	14.23	18.83	10.36	12.35
CaO		0.30		0.44		0.70		1.77		0.40		0.48
SiO ₂		2.24		5.00		5.02		5.71		6.94		6.58
TiO ₂	0.41	0.43	0.38	0.30	0.17	0.20	0.39	0.32	0.06	0.05	0.76	0.67
MnO	0.09	0.07	0.11	0.08	0.16	0.14	0.24	0.06	0.15	0.12	0.30	0.26
NiO			0.12	0.10					0.20	0.18	0.09	0.08
V ₂ O ₅	0.33	0.30							0.07	0.05	0.18	0.16
L.O.I.				0.35		0.92		3.95		1.20		
Total	100.53	98.17	100.10	99.35	99.37	98.64	100.24	98.85	99.29	99.56	100.49	100.44
Cr/Fe	1.67	1.58	2.30	2.22	4.31	3.90	3.45	3.47	3.45	3.25	2.37	2.37

C* = Chromite

O* = แร่หรือหัวแร่ของแต่ละแหล่ง (Ore or concentrate)

โดยทั่วไปมักวิเคราะห์เฉพาะ Cr₂O₃ , Total Fe, Al₂O₃ , MgO , SiO₂ และ CaO
 ผลวิเคราะห์ของ CaO และ SiO₂ ในโครไมต์อยู่ระหว่าง 0-0.17 ในตารางที่เว้นไว้
 ที่มาของตัวอย่าง

No.1 Transvaal Steelport, south Africa

No.2 Philippine Masinloc

No.3 Kompirsai (USSR)

No.4 Selukwe, Zimbabwe (talc-dolomite gangue)

No.5 Turkish

No.6 Great Dyke, Zimbabwe



1. คุณสมบัติของแร่โครไมต์ตามมาตรฐานโดยทั่วไป

	Metallurgical grade เปอร์เซ็นต์	Chemical grade เปอร์เซ็นต์	Refractory grade เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	45-56	ต่ำสุด 44	30-40
อะลูมินา (Al_2O_3)	-	-	25-32
เหล็กทั้งหมด (Total Fe as FeO) สูงสุด	-	-	15
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	-	3.5	-
โครเมียม : เหล็ก (Cr : Fe)	2.5:1 ถึง 4.3:1	1.5:1	2.0:1 ถึง 2.5:1

2. คุณสมบัติของแร่โครไมต์ซึ่งนำไปทำเฟอร์โรโครเมียมและโลหะผสมโครเมียมตามมาตรฐานคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S. National Stockpile Specification P-11-R 1 June 4th, 1956)

โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ต่ำสุด	48.0	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	8.0	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.08	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.04	เปอร์เซ็นต์
โครเมียม : เหล็ก (Cr : Fe) ต่ำสุด	3 : 1	
แร่จะต้องเป็นก้อนแข็งไม่ร่วนง่าย		
มีขนาดตลอดตะแกรง 1 นิ้ว ไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์		

3. คุณสมบัติของแร่โครไมต์เกรดเคมีตามมาตรฐานคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S. National Stockpile Specification P-65 June 1st, 1949)

โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ต่ำสุด	44.0	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	5.0	เปอร์เซ็นต์
โครเมียม : เหล็ก (Cr : Fe) ต่ำสุด	1.5 : 1	



4. คุณสมบัติของแร่โครไมต์ตามมาตรฐาน U.S.Bureau of Mines

เปอร์เซ็นต์

	Metallurgical grade	Chemical Grade	Refractory Grade
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	47.8	44.6	34.0

5. คุณสมบัติของแร่โครไมต์สำหรับใช้งานประเทศอินเดีย

5.1 ใช้ในงานโลหกรรม

โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) 48 เปอร์เซ็นต์

โครเมียม : เหล็ก (Cr : Fe) ต่ำสุด 3 : 1

5.2 มาตรฐานของ Indian Refractory Makers Association สำหรับใช้ในการทำอิฐทนไฟ

เปอร์เซ็นต์

	เกรดหนึ่ง	เกรดสอง
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ต่ำสุด	53	40
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	4	6
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	16	22
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	1	1.5

5.3 มาตรฐานอินเดียสำหรับใช้งานเคมี (Indian Standard Institution) IS : 4737-1968

	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) ต่ำสุด	44.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	5.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (FeO) สูงสุด	20.0
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	14.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	14.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	3.0



6. คุณสมบัติของแมกนีเซียโครไมต์ (Magnesia chromite) ที่ส่งเข้ามาในประเทศ

แมกนีเซียออกไซด์ (MgO)	65-75 เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	5-10 เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	6.5 เปอร์เซ็นต์
ขนาดแร่ : 5.2 มม. – 1.2 มม.	35-45 เปอร์เซ็นต์
1.2 มม. – 0.088 มม.	30-40 เปอร์เซ็นต์
เล็กกว่า 0.088 มม.	25-30 เปอร์เซ็นต์

7. คุณสมบัติของแร่โครไมต์ที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้

เปอร์เซ็นต์

	Friable	Concentrate
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)	45.2	49.0-51.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	26.6	21.0-23.0
ซิลิกา (SiO_2)	2.1	1.6-1.9
อะลูมินา (Al_2O_3)	15.4	12.0-14.0
แมกนีเซียออกไซด์ (MgO)	9.6	11.0-13.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.9	0.1

8. คุณลักษณะของแร่เฟอร์โรโครเมียมและโลหะโครเมียม

(Composition of typical chromium ferroalloys and chromium metal)

เปอร์เซ็นต์

ชนิด	ชั้นคุณภาพ	โครเมียม	คาร์บอน	ซิลิคอน	กำมะถัน	ฟอสฟอรัส	ไนโตรเจน
High-carbon ferrochromium	A	52-58	6.0-8.0	6	0.04	0.03	-
	A	55-64	4.0-6.0	8-14	0.04	0.03	-
	C	62-72	4.0-9.5	3	0.06	0.03	-
Low-carbon ferrochromium	A	60-67	0.025	1-8	0.025	0.03	-
	B	67-75	0.025	1	0.025	0.03	-
	C	67-75	0.5	1	0.025	0.03	-
	D	67-75	0.75	1	0.025	0.03	-
	E	67-72	0.02	2	0.03	0.03	-
	F	67-72	0.01	2	0.03	0.03	-
	G	63-68	0.05	2	0.03	0.03	5-6
	-	62-70	0.10	1	0.025	0.03	1-5
Ferrochromium-silicon	A	34-38	0.06	38-42	0.03	0.03	-
	B	38-42	0.05	41-45	0.03	0.03	-
Chromium-metal	A	99.0 ต่ำสุด	0.05	0.15	0.03	0.01	-
		99.4 ต่ำสุด	0.05	0.10	0.01	0.01	-

9. คุณลักษณะของแร่โครไมต์ในประเทศไทยจากแหล่งจังหวัดนราธิวาส

โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3)

35 เปอร์เซ็นต์

ถ่านหิน (Coal)



ถ่านหิน (Coal) เป็นชื่อทั่วไปของแร่สีดำหรือน้ำตาลชนิดที่เรียกว่า ลิกไนต์ ซึ่งประกอบด้วยซากพืชที่ทับถมกันมาแต่โบราณ ถูกนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ผลิตแก๊ส ถ่านโค้ก น้ำมัน และน้ำมันดิบที่ได้จากการกลั่นถ่านหิน องค์ประกอบส่วนใหญ่ของถ่านหินคือคาร์บอนและมีไฮโดรเจน ไนโตรเจน ออกซิเจน และซัลเฟอร์ประกอบอยู่ด้วยเล็กน้อย เกิดได้หลายรูปแบบตามอายุของชั้นหินและสภาพแวดล้อมที่เกิด ถ่านหินชนิดดีที่เหมาะสมจะนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องใช้พลังงานมาก ๆ ควรจะมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่น้อยกว่า 55-60 เปอร์เซ็นต์ และไม่ควรจะมีซัลเฟอร์เกิน 8 เปอร์เซ็นต์ ถ่านหินที่ดีควรจะให้พลังงานความร้อนประมาณ 13,500-14,000 บี.ที.ยู ต่อปอนด์การเปลี่ยนแปลงของซากพืชที่ทับถมกันกลายเป็นถ่านหิน จะเริ่มต้นจาก พีท ลิกไนต์ ไบโอมินัส และแอนทราไซต์ ปริมาณของส่วนประกอบที่สำคัญ (Major constituent) ที่แตกต่างกัน ทำให้ชนิดของถ่านหินแตกต่างกันออกไป ในทางปฏิบัติการบอกชนิดถ่านหินจะใช้วิธีวิเคราะห์ 2 วิธี

1. การวิเคราะห์อย่างหยาบ (Proximate analysis) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

1.1 ความชื้น (Moisture)

1.2 ขี้เถ้า (Ash) สิ่งที่เหลือหลังจากการเผาไหม้สมบูรณ์แล้ว

1.3 สารระเหิด (Volatile matter) ซึ่งมีก๊าซหรือไอระเหย (vapor) ที่ถูกขับออกมาเมื่อถ่านหินถูกเผาที่ 960°C เป็นเวลา 7 นาที

1.4 ค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon) คือของแข็งที่เหลือหลังจากได้สารพวกระเหิดหมดแล้วและไม่รวมขี้เถ้า

2. การวิเคราะห์อย่างละเอียด (Ultimate analysis) จะบอกถึงปริมาณคาร์บอน ไฮโดรเจน กำมะถัน ไนโตรเจน และออกซิเจน

ค่าความร้อนของถ่านหิน (Calorific value or heating value) มีความสำคัญมากในการบอกคุณภาพของถ่านหิน ปริมาณความร้อนมีหน่วยเป็น บี.ที.ยู.ต่อปอนด์ (btu/lb) และกิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม (Kilocalories/kilogram)

ปริมาณความร้อน 1 บี.ที.ยู. หมายถึง ปริมาณความร้อนซึ่งใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำซึ่งหนัก 1 ปอนด์ ร้อนจาก 60°F เป็น 61°F

1 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัม = 1.8 บี.ที.ยู.ต่อปอนด์

ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งชนิดของถ่านหินตามค่าความร้อน (Heating value) และตามปริมาณค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon) ตามมาตรฐานของ ASTM D 388-91a

1. คุณสมบัติของถ่านหินที่นำเข้ามาจากประเทศจีนเพื่อใช้เป็น Flux ในการถลุงโลหะตะกั่วของประเทศไทย เรียกถ่านหินชนิดนี้ว่า Coke breeze

ค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon)	75-80 เปอร์เซนต์
ซิลิกา (SiO ₂)	15 เปอร์เซนต์

2. คุณสมบัติของลิกไนต์ที่ต้องการใช้เพื่ออุตสาหกรรมภายในประเทศไทย

2.1 สำหรับอุตสาหกรรมบ่มไบยาสูบ

ขนาดของแร่ 2-7 นิ้ว และ 1-6 นิ้ว

ค่าความร้อนไม่ได้กำหนด เนื่องจากบ่มไบยานั้น ใช้อุณหภูมิตั้งแต่ 22-75°C เท่านั้น แต่ถ่านหินลิกไนต์ให้อุณหภูมิสูงกว่า 100°C จึงไม่จำเป็นต้องกำหนดค่าความร้อน

2.2 สำหรับอุตสาหกรรมถลุงแร่พลวง โดยใช้เป็นตัวเร่งความร้อน

ขนาดของแร่	1-6	นิ้ว
ค่าความร้อนต่ำสุด	3,500	แคลอรี/กรัม
ความชื้น	15	เปอร์เซนต์

2.3 สำหรับอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์ โดยใช้เป็น boiler

ค่าความร้อน	2,700±200	แคลอรี/กรัม
ขนาดของแร่	1-3	นิ้ว
ความชื้น	30±5	เปอร์เซนต์
จีเถ้า	10±4	เปอร์เซนต์

2.4 สำหรับอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ (กำหนดโดยบริษัท ปูนซีเมนต์นครหลวง จำกัด)

1. แร่สะอาด มีสิ่งสกปรกเจือปนน้อย มีค่าความร้อนขณะรับของ 4,800 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม
2. ขนาดแร่ 150 มิลลิกรัม



3. มีกำมะถันขณะรับของไม่เกิน 2.0 เปอร์เซ็นต์
4. มีความชื้นรวมขณะรับของไม่เกิน 25 เปอร์เซ็นต์

3. คุณสมบัติของลิกไนต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย

3.1 แหล่งแร่ทางภาคเหนือ ต.ลี อ.ลี จ.ลำพูน

ค่าความร้อน (Heating Value)	4,800-5,300 แคลอรี/กรัม
ขนาด (Size) ผลิต 3 ประเภท	ประเภทที่ 1 0-1 นิ้ว (ราคาต่ำสุด)
	ประเภทที่ 2 1-3 นิ้ว
	ประเภทที่ 3 3-6 นิ้ว (ราคาสูงสุด)

3.2 แหล่งแร่ทางภาคเหนือ ต.คงคำ อ.ลี จ.ลำพูน

	เปอร์เซ็นต์	
	ถ่านหินชั้นบน (Upper Seam)	ถ่านหินชั้นล่าง (Lower Seam)
ความชื้น (Moisture)	24.92	28.13
ขี้เถ้า (Ash)	23.80	10.06
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter)	28.65	30.96
ค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon)	22.69	30.85
กำมะถัน (Sulfur)	1.37	0.70
ค่าความร้อน (Heating value); แคลอรี/กรัม ผลิตขนาด 1-6 นิ้ว	3,544	4,370

3.3 แหล่งแร่ทางภาคเหนือ อ.แม่เมะ จ.ลำปาง

ค่าความร้อน (Heating Value)	2,500 แคลอรี/กรัม
ขี้เถ้า	20-25 เปอร์เซ็นต์
ขนาดไม่เกิน 3 มิลลิเมตรและบดละเอียด	

3.4 แหล่งแร่ทางภาคเหนือ จ.ตาก

เปอร์เซ็นต์

	As-received	Air-dried Basis	Dry Basis
ความชื้น (Moisture)	18.88	16.92	-
ขี้เถ้า (Ash)	14.68	15.03	18.09
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter)	37.92	38.84	46.75
ค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon)	28.52	29.21	35.16
กำมะถัน (Sulfur)	1.67	1.71	2.06
ค่าความร้อน (Heating value); แคลอรี/กรัม	4,064	4,162	5,010

หมายเหตุ ขนาดที่ผลิต ขนาดเล็ก 150 มิลลิเมตร ขนาดใหญ่ไม่เกิน 10 นิ้ว

3.5 แหล่งแร่ทางภาคกลาง อ.หนองหญ้าปล้อง จ.เพชรบุรี

ค่าความร้อน (As received)	4,500-4,800 แคลอรี/กรัม
ค่าความร้อนขณะที่ความชื้นเท่ากับศูนย์ (Dry basis)	5,000-6,000 แคลอรี/กรัม
ขนาด (Size)	ไม่เกิน 2-3 นิ้ว

3.6 แหล่งแร่ทางภาคใต้ ต.คลองขนาน อ.เมือง จ.กระบี่

ค่าความร้อน (Heating Value)	2,600-4,000 แคลอรี/กรัม
ขี้เถ้า (Ash)	20-30 เปอร์เซ็นต์



ตารางที่ 1 การจำแนกชนิดถ่านหิน (Classification of Coals by rank)

ชนิด (Class)	กลุ่ม (Group)	ถ่านคงตัว ^{1/}		สารระเหิด ^{2/}		ค่าความร้อน บี.ที.ยู.ต่อปอนด์ ^{3/}	
		ต่ำสุด (เปอร์เซ็นต์)	น้อยกว่า (เปอร์เซ็นต์)	ต่ำสุด (เปอร์เซ็นต์)	น้อยกว่า (เปอร์เซ็นต์)	ต่ำสุด	น้อยกว่า
1. แอนทราไซต์ (Anthracite)	1.1 เมตาแอนทราไซต์ (Meta-anthracite)	98	-	-	2	-	-
	1.2 แอนทราไซต์ (Anthracite)	92	98	2	8	-	-
	1.3 เซมิแอนทราไซต์ (Semianthracite)	86	92	8	14	-	-
2. ไบโทมินัส (Bituminous)	2.1 มีสารระเหิดต่ำ (Low volatile)	78	86	14	22	-	-
	2.2 มีสารระเหิดปานกลาง (Medium volatile)	69	78	22	31	-	-
	2.3 มีสารระเหิดสูง A (High volatile A)	-	69	31	-	14,000	-
	2.4 มีสารระเหิดสูง B (High volatile B)	-	-	-	-	13,000	14,000
	2.5 มีสารระเหิดสูง C (High volatile C)	-	-	-	-	11,500	13,000
3. ซับไบโทมินัส (Subbituminous)	3.1 กลุ่มเอ (Subbituminous A coal)	-	-	-	-	10,500	11,500
	3.2 กลุ่มบี (Subbituminous B coal)	-	-	-	-	9,500	10,500
	3.3 กลุ่มซี (Subbituminous C coal)	-	-	-	-	8,300	9,500
4. ลิกไนต์ (Lignite)	4.1 ชนิดเอ (Lignite A)	-	-	-	-	6,300	8,300
	4.2 ชนิดบี (Lignite B)	-	-	-	-	-	6,300

หมายเหตุ ถ่านหินซึ่งมีค่าถ่านคงตัว (Fixed carbon) ตั้งแต่ 69 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จะแบ่งชนิดตามปริมาณค่าถ่านคงตัวไม่ได้แบ่งตามปริมาณค่าความร้อน (Calorific value)

1/ วิเคราะห์โดย Dry, Mineral-Matter-Free Basis

2/ วิเคราะห์โดย Dry, Mineral-Matter-Free Basis

3/ วิเคราะห์โดย Moist, Mineral-Matter-Free Basis, Moist หมายถึงความชื้นภายใน คือความชื้นซึ่งเกิดขึ้นตามธรรมชาติภายในถ่านหิน ไม่ได้รวมถึงความชื้นหรือน้ำที่อยู่ตามผิวของถ่านหิน

ตารางที่ 2 แสดงผลวิเคราะห์ตัวอย่างถ่านหินแต่ละชนิดในสหรัฐอเมริกา
(Proximate and ultimate analysis of samples of each rank of common bonded coal in the United States)

Rank	State	Proximate analysis (Percent)				Ultimate analysis (Percent)					Heating Value (Btu/lb)
		Moisture	Volatile matter	Fixed carbon	Ash	Sulfur	Hydrogen	Carbon	Nitrogen	Oxygen	
Anthracite	Pennsylvania	4.4	4.8	81.8	9.0	0.6	3.4	79.8	1.0	6.2	13,130
Semianthracite	Arkansas	2.8	11.9	75.2	10.1	2.2	3.7	78.3	1.7	4.0	13,360
Bituminous coal											
Low volatile	Maryland	2.3	19.6	65.8	12.3	3.1	4.5	74.5	1.4	4.2	13,220
Medium volatile	Alabama	3.1	23.4	63.6	9.9	0.8	4.9	76.7	1.5	6.3	13,530
High volatile A	Kentucky	3.2	36.8	56.4	3.6	0.6	5.6	79.4	1.6	9.2	14,090
High volatile B	Ohio	5.9	43.8	46.5	3.8	3.0	5.7	72.2	1.3	14.0	13,150
High volatile C	Illinois	14.8	33.3	39.9	12.0	2.5	5.8	58.8	1.0	19.9	10,550
Subbituminous coal											
Rank A	Washington	13.9	34.2	41.0	10.9	0.6	6.2	57.5	1.4	23.4	10,330
Rank B	Wyoming	22.2	32.2	40.3	4.3	0.5	6.9	53.9	1.0	33.4	9,610
Rank C	Colorado	25.8	31.1	38.4	4.7	0.3	6.3	50.0	0.6	38.1	8,580
Lignite	North Dakota	36.8	27.8	30.2	5.2	0.4	6.9	41.2	0.7	45.6	6,960



โคลัมเบียม-แทนทาลัม (Columbium-Tantalum)



ไนโอเบียมหรือโคลัมเบียมเป็นชื่อซึ่งเป็นที่รู้จักกันมานานแล้วทั้ง 2 ชื่อ โดยเฉพาะโคลัมเบียม (Cb) เป็นชื่อที่นิยมใช้ในอเมริกา ต่อมาภายหลัง International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากนักเคมีชาวอเมริกา ได้มีการตกลงกันให้ใช้ในไนโอเบียม (Nb) เรียกชื่อธาตุ และโคลัมเบียม (Cb) ใช้เรียกชื่อแร่ แต่ในประเทศไทยนิยมเรียกโคลัมเบียม (Cb)

ส่วนใหญ่แทนทาลัมและโคลัมเบียมมักจะเกิดร่วมกันในธรรมชาติ ความต้องการแทนทาลัมและโคลัมเบียมของโลกซึ่งนำไปใช้ในรูปของแร่คือแร่แทนทาลาइट และแร่โคลัมไบต์ ซึ่งมีลักษณะโครงสร้างเดียวกันคือ เป็นแทนทาลาเลตต์และโคลัมเบตต์ของเหล็กและแมงกานีส ส่วนประกอบของแร่ที่เป็นแทนทาลาइटคุณภาพสูงจะมีปริมาณแทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta_2O_5) 84 เปอร์เซ็นต์ และโคลัมไบต์คุณภาพสูงจะมีปริมาณโคลัมเบียมเพนตอกไซด์ (Cb_2O_5) 77 เปอร์เซ็นต์

ส่วนประกอบของแร่โคลัมเบียม-แทนทาลัมชนิดต่างๆ (Composition of some columbium and tantalum minerals)

1. แร่แทนทาลาइट (Tantalite)

สูตรเคมี	$(Fe,Mn)(Ta,Cb)_2O_6$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Ta_2O_5	42-84 เปอร์เซ็นต์
	Cb_2O_5	3-40 เปอร์เซ็นต์



2. แร่โคลัมไบต์ (Columbite)

สูตรเคมี	$(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Cb})_2\text{O}_6$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Cb_2O_5	40-75 เปอร์เซ็นต์
	Ta_2O_5	1-42 เปอร์เซ็นต์

3. แร่ไพโรคลอร์ (Pyrochlore)

สูตรเคมี	$\text{NaCaCb}_2\text{O}_6\text{F}$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Cb_2O_5	47-70 เปอร์เซ็นต์
	Ta_2O_5	0.2-2.0 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความถ่วงจำเพาะ	4.2-6.4
	ความแข็ง	5-5.5
	สี	น้ำตาลดำ

4. แร่ไมโครไลต์ (Microlite)

สูตรเคมี	$(\text{Ca,Na,Fe})_2(\text{Ta,Cb})_2(\text{O,OH,F})_7$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Ta_2O_5	55-74 เปอร์เซ็นต์
	Cb_2O_5	5-10 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5-5.5

5. แร่ซิมป์โซนไนต์ (Simpsonite)

สูตรเคมี	$\text{Al}_4\text{Ta}_3\text{O}_{13}\text{OH}$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Ta_2O_5	60-72 เปอร์เซ็นต์
	Cb_2O_5	0-6 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	7-7.5

6. แร่บิสมิวโท-แทนทาลไลต์ (Bismuto-Tantalite)

สูตรเคมี	$(\text{Bi,Sb})(\text{Ta,Cb})\text{O}_4$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Ta_2O_5	40 เปอร์เซ็นต์
	Cb_2O_5	6.6 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5

7. แร่ซามาร์สไกต์ (Samarskite)
- | | | |
|--------------------|--|------------------|
| สูตรเคมี | $(\text{Fe,Y,U})_2(\text{Cb,Ti,Ta})_2\text{O}_7$ | |
| ส่วนประกอบทางเคมี | Ta_2O_5 | 14-27 เปอร์เซนต์ |
| | Cb_2O_5 | 41-56 เปอร์เซนต์ |
| คุณสมบัติทางกายภาพ | ความแข็ง | 5-6 |
8. แร่เฟอร์กูโซนไนต์ (Fergusonite)
- | | | |
|--------------------|--|------------------|
| สูตรเคมี | $(\text{Y,Er,Ce,Fe})(\text{Cb,Ta,Ti})\text{O}_4$ | |
| ส่วนประกอบทางเคมี | Ta_2O_5 | 4-43 เปอร์เซนต์ |
| | Cb_2O_5 | 14-46 เปอร์เซนต์ |
| คุณสมบัติทางกายภาพ | ความแข็ง | 5.5-6.5 |
9. แร่ทapiroไลต์ (Tapiolite)
- | | | |
|--------------------|--|------------------|
| สูตรเคมี | $(\text{Fe,Mn})(\text{Ta,Cb})_2\text{O}_6$ | |
| ส่วนประกอบทางเคมี | Ta_2O_5 | 73-74 เปอร์เซนต์ |
| | Cb_2O_5 | 11-12 เปอร์เซนต์ |
| คุณสมบัติทางกายภาพ | ความแข็ง | 6-6.5 |
10. แร่เอสชินไนต์ (Aeschynite)
- | | | |
|--------------------|---|------------------|
| สูตรเคมี | $(\text{Ce,Ca,Fe,Th})(\text{Ti,Cb})_2(\text{O,OH})_6$ | |
| ส่วนประกอบทางเคมี | Ta_2O_5 | 20-22 เปอร์เซนต์ |
| | Cb_2O_5 | 32-33 เปอร์เซนต์ |
| คุณสมบัติทางกายภาพ | ความแข็ง | 5-6 |
11. แร่อิซิโอไลต์ (Ixiolite)
- | | | |
|--------------------|---------------------------------------|------------------|
| สูตรเคมี | $(\text{Ta,Fe,Sn,Cb,Mn})_4\text{O}_8$ | |
| ส่วนประกอบทางเคมี | Ta_2O_5 | 63-70 เปอร์เซนต์ |
| | Cb_2O_5 | 12-19 เปอร์เซนต์ |
| คุณสมบัติทางกายภาพ | ความแข็ง | 6-6.5 |



คุณสมบัติของแร่แทนทาลัมตามมาตรฐานของคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S.National Stockpile Specification. P-54R May 9th, 1952)

	เปอร์เซ็นต์
แทนทาลัม (Ta) ต่ำสุด	40.0
แทนทาลัมเพนดอกไซด์+โคัลมเบียมเพนดอกไซด์ ($Ta_2O_5 + Cb_2O_5$) ต่ำสุด	70.0
ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) สูงสุด	4.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	4.0
ดีบุกออกไซด์+ไทเทเนียมไดออกไซด์ ($SnO_2 + TiO_2$) สูงสุด	6.0

คุณสมบัติของแร่แทนทาลัมตามมาตรฐานอุตสาหกรรมญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard. J.I.S. H 4701-1969) สำหรับโลหะแทนทาลัมในรูป แผ่นโลหะแทนทาลัม (Tantalum plate) โลหะแทนทาลัมแผ่นเล็กๆ (Tantalum strip) แผ่นโลหะแทนทาลัมบาง (Tantalum foil) แท่งแทนทาลัม (Tantalum bar) แท่งแทนทาลัมเส้น (Tantalum wire)

	เปอร์เซ็นต์
แทนทาลัม (Ta) ต่ำสุด	99.8
คาร์บอน (C) สูงสุด	0.03
ออกซิเจน (O) สูงสุด	0.03
ไนโตรเจน (N) สูงสุด	0.01
ไฮโดรเจน (H) สูงสุด	0.01
โคัลมเบียม (Cb) สูงสุด	0.1
เหล็ก (Fe) สูงสุด	0.02
ไทเทเนียม (Ti) สูงสุด	0.01
วุลแฟรม (W) สูงสุด	0.03
ซิลิคอน (Si) สูงสุด	0.02
นิกเกิล (Ni) สูงสุด	0.02



คุณลักษณะของแร่โคลัมไบต์-แทนทานไลต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย

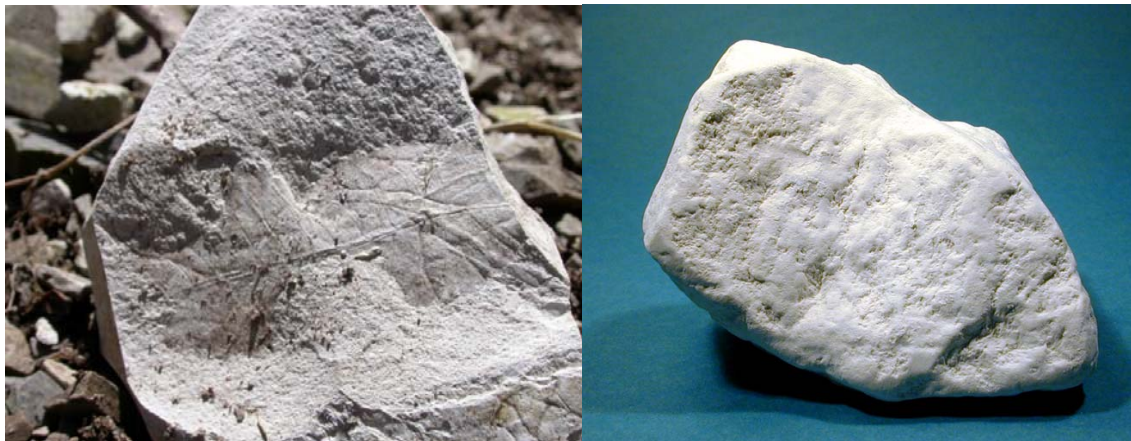
	เปอร์เซ็นต์
โคลัมเบียมเพนตอกไซด์ (Cb_2O_5)	18.22-58.85
แทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta_2O_5)	11.81-46.99
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.85-9.05
ดีบุกออกไซด์ (SnO_2)	0.95-10.37
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2)	0.18-0.68
ทังสเตนไตรออกไซด์ (WO_3)	1.99-11.07
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.78-20.86
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	4.63-17.86
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.13-1.32
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	0.39-0.59
ซิลิกา (SiO_2)	0.05-3.14
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.03-2.80

คุณลักษณะของแร่โคลัมเบียม-แทนทาลัมจากประเทศต่างๆ

	U.S.A.		Brazil		Uganda			W.	S.	Nigeria	S.
	S.Dakota		แร่แทนทาลัม		แร่ แทนทาลัม	แร่ โคลัมเบียม	แร่ โพโรคลอร์	แร่ แมงกานีส- แทนทาลัม	แร่ แทนทาลัม	แร่ โคลัมเบียม	แร่ โพโรคลอร์
	แร่ แทนทาลัม	แร่ โคลัมเบียม	เกรดสูง	เกรดต่ำ							
โคลัมเบียมเพนตอกไซด์ (Cb ₂ O ₅)	29.78	54.09	9.9	35.2	23.26	55.14	68.72	12.38	35.6	64.33	16.8
แทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta ₂ O ₅)	53.28	18.2	65.1	37.5	41.39	12.9	0.2	69.63	31.1	5.24	63.41
เฟอร์ไรต์ออกไซด์ (FeO)	6.11	11.21	-	-	5.14	10.59	-	2.09	21.55	19.14	0.27
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	10.4	7.07	-	-	8.95	8.31	-	12.71	2.95	2.18	Trace
ไทเทเนียม ไดออกไซด์ (TiO ₂)	-	-	2.2	2.3	0.2	11.67	0.56	0.25	6.4	3.85	None
ดีบุกออกไซด์ (SnO ₂)	0.13	0.1	1.1	0.9	15.11	0.2	-	0.9	Trace	3.85	Trace
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	-	-	-	-	-	14.82	-	-	-	12.75
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	-	-	-	-	-	-	1.91	-	-	0.16	-



ไไดอะตอมไมต์ (Diatomite)



ไไดอะตอมไมต์หรือดินเบา คือ สารประกอบ opaline silica ที่เกิดจากซากพืชเซลล์เดียวที่เรียกว่า ไไดอะตอม ซึ่งอาศัยอยู่ในน้ำตกตะกอนทับถมลงสู่ก้นทะเลสาบหรือท้องทะเลกลายเป็นชั้น เรียกว่า ไไดอะตอมไมต์ มีรูพรุน ส่วนใหญ่จะไม่บริสุทธิ์เพราะมีแร่ดินชนิดอื่นๆ ปน ไไดอะตอมไมต์หรือดินเบา มีชื่อเรียกได้หลายชื่อ เช่น diatomite, kieselguhr, tripolite, fossil flour และอื่นๆ อีก นอกจากนี้ยังมีชื่อทางการค้าอีกหลายชิ้น ดินเบาประกอบด้วย ซิลิกา (Silica) ซึ่งมีน้ำปนอยู่ด้วย มีโครงสร้างที่มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า เรียกว่า ไไดอะตอม ซึ่งแต่ละเซลล์อาจมีความยาวตั้งแต่ 0.005-0.4 มิลลิเมตร ดินเบาบริสุทธิ์ มักจะมีสีขาว แต่ถ้ามีมลทินจะมีสีอื่นๆ เช่น เทา น้ำตาล หรือค่อนข้างเขียว

สูตรเคมี	$\text{SiO}_2, n\text{H}_2\text{O}$
ส่วนประกอบทางเคมี	ปริมาณ H_2O ส่วนใหญ่มีค่าระหว่าง 4-9 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจมีได้ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ นอกนั้นเป็น SiO_2
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง 5-6
	ความถ่วงจำเพาะ 2-2.25
	ความพรุน (Porosity) สูง
	สามารถดูดน้ำและน้ำมันได้
ประโยชน์	- เป็นสารช่วยกรอง (filter aids)
	- ตัวเติมต่างๆ (fillers)
	- ทำอิฐเบาใช้เป็นฉนวนต่างๆ (insulating brick)
	- ใช้เป็นตัวเติม Silica ในบางกรณี เช่น ที่แม่เมาะ ผสมกับ lignite เพื่อทำให้ Slag เหลว

ผลวิเคราะห์แร่ไคอะตอมไมต์เพื่อการค้า

ซิลิกา (SiO ₂)	86.89	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	2.32	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.28	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.43	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	3.58	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H ₂ O)	4.89	เปอร์เซ็นต์

1. คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์ตามมาตรฐาน ASTM

(American Society for Testing Materials : ASTM D 604(06.02)-91)

ประเภทเอ : มีความละเอียดตามมาตรฐานสำหรับใช้ผสมทำสีทั่วไป

ประเภทบี : มีความละเอียดเป็นพิเศษสำหรับใช้เฉพาะงาน

	ประเภทเอ	ประเภทบี
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) สูงสุด	1.0	1.0
สารที่ละลายได้ในกรดเกลือ (Matter soluble in HCl) สูงสุด	3.0	3.0
ความชื้นและสารอื่นๆ ที่ระเหิดได้	1.0	1.0
(Moisture and other volatile matter) สูงสุด		
ส่วนที่เหลือค้างบนตะแกรงขนาด 325 เมช (45 ไมครอน)	5-15	1.0
(Total residue retained on a No.325 sieve (45 μm) สูงสุด		
ปริมาตรของสีที่ตกตะกอนในหัวน้ำมันหลังจาก 1 ชั่วโมง	35 ลบ.ซม.	25 ลบ.ซม.
(Volume of settling pigment in petroleum spirits after 1 hr.) ต่ำสุด		

2. คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์สำหรับผสมทำสี

2.1 คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์ที่กำหนดใช้โดยทั่วไป

	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	86.2
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	3.05
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.02
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.18
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.65
น้ำ (H ₂ O)	5.6
คาร์บอนไดออกไซด์และสารอินทรีย์ (CO ₂ and organic matter)	1.2



2.2 คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์ตามมาตรฐานอังกฤษ

(British Standard Specification. BS 1795:1952)

เปอร์เซ็นต์

สารที่ไม่ละลายในกรดเกลือ (Matter insoluble in HCl at 98-102°C) ต่ำสุด	90.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition at 900°C) สูงสุด	8.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.5
การสูญเสียน้ำหนักที่อุณหภูมิ 98-102°C (Loss at 98-102°C) สูงสุด	5.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายน้ำแล้วมีความเป็นกรดและด่าง (Acidity or alkalinity of the aqueous extract) สูงสุด	0.1
ซิลิกา (SiO ₂) ต่ำสุด	80.0

3. คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์สำหรับช่วยในการกรองในตลาดอังกฤษ

Celite เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากไคอะตอมไมต์ของ Johns-Manville company

Dicalite เป็นชื่อในทางการค้าผลิตโดย Great Lakes Carbon Corporation

Clarcel เป็นชื่อในทางการค้าผลิตจากฝรั่งเศสและแอฟริกาเหนือ

เปอร์เซ็นต์

	Celite	Dicalite	Clarcel	จาก German
ซิลิกา (SiO ₂)	89.6	88.92	71.0	95.48
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	4.0	3.12	16.0	1.15
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.5	1.61	1.0	1.45
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.2	0.16	-	0.14
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.5	0.4	1.5	0.14
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.6	0.78		Trace
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	3.3	4.91	9.0	0.49
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)				0.88
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Water soluble matter)	0.15	-	-	-
ความชื้น (Moisture)	0.1	-	2.0	0.21
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.2	-	1.0	0.6



4. คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์จากธรรมชาติของแหล่งต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ซิลิกา (SiO ₂)	89.70	79.55	86.00	89.82	84.50	86.0	79.92	91.20	58.40
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	3.72	8.18	5.27	1.82	3.06	5.8	6.58	3.20	1.66
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.09	2.62	2.12	0.44	1.86	1.6	3.56	0.70	1.55
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.10	0.70	0.21	0.07	0.17	0.22	0.48	0.16	0.10
ฟอสฟอรัสเพนทอนไซด์ (P ₂ O ₅)	0.10	-	0.06	0.13	0.04	0.03	-	0.05	0.20
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.30	0.25	0.34	1.26	1.80	0.70	1.43	0.19	13.80
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.55	1.30	0.39	0.54	0.39	0.29	0.98	0.42	4.57
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.31		0.24	1.03	1.19	0.48	0.65	0.13	0.96
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.41		0.29	0.22	0.91	0.53	0.72	0.24	0.50
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	3.70	5.80	4.90	4.02	6.08	4.4	4.91	3.60	17.48*

1. ตำบล Lompoc รัฐแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา

2. รัฐแมริแลนด์ สหรัฐอเมริกา

3. รัฐเนวาดา สหรัฐอเมริกา

4. รัฐไอดาโฮ สหรัฐอเมริกา

5. เกนยา

6. ญี่ปุ่น

7. รัสเซีย

8. เม็กซิโก

9. อัลจีเรีย

* รวมคาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) 13.9%



5. คุณลักษณะของแร่ไคอะตอมไมต์ที่ผลิตได้ในสเปน

5.1 แหล่งแร่สำรอง แบ่งออกเป็น 2 คุณภาพ ดังนี้

5.1.1 แร่คุณภาพสูง (High quality)

Amorphous SiO ₂ ต่ำสุด	70	เปอร์เซ็นต์
Moisture	12	เปอร์เซ็นต์
Specific gravity	0.7	กรัม/ลบ.ซม.

5.1.2 แร่คุณภาพต่ำ-กลาง (Low-medium quality)

Amorphous SiO ₂	30-70	เปอร์เซ็นต์
Moisture	6	เปอร์เซ็นต์
Specific gravity	2	กรัม/ลบ.ซม.

5.2 แร่ไคอะตอมไมต์ที่ผลิตได้ของบริษัท Cekesa จากแหล่งใน Hellin, Albacete แบ่งออกเป็น 3 เกรด

5.2.1 เกรดสูง (High) มี amorphous SiO₂ ต่ำสุด 70 เปอร์เซ็นต์ สำหรับใช้เป็นตัวช่วยเร่งปฏิกิริยา (catalyst carriers)

5.2.2 เกรดปานกลาง (Medium) มี amorphous SiO₂ 60-65 เปอร์เซ็นต์ สำหรับใช้ทำปุ๋ย

5.2.3 เกรดต่ำ (Low) มี amorphous SiO₂ สูงสุด 40 เปอร์เซ็นต์ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement manufacturing)

6. คุณสมบัติของแร่ไคอะตอมไมต์จากการสำรวจตัวอย่างในบริเวณ อ.แม่เมะ จ.ลำปาง

ผลการวิเคราะห์	บ้านหนองถ้อย		ห้วยแม่ฝ้าง บ้านกล้วยแพะ		
	เกรด 1	เกรด 2	ต.ย.1	ต.ย.2	ต.ย.3
ซิลิกา (SiO ₂)	77.34	71.7	69.75	68.68	58.5
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	6.33	13.76	18.89	14.55	19.57
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	2.85	2.63	2.97	4.14	3.46
เฟอร์ริสออกไซด์ (FeO)		0.22		0.22	0.29
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	3.3	0.42	0.19	0.57	0.88
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	5.14	0.5	0.51	0.22	0.9
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	-	0.54	0.23	0.72	0.33
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	-	0.72	0.64	0.78	1.65
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	-	0.01	-	0.03	0.01
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	-	5.2	6.29	5.46	7.26
ความชื้น (H ₂ O)	4.56	3.48	0.1	4.1	4.86

โดโลไมต์ (Dolomite)



โดโลไมต์ เป็นแร่เกิดจากตะกอนของแคลเซียมและแมกนีเซียมทับถมกัน มีสีต่างๆ กันหลายสี เช่น เทา ชมพู ผิวมันใสเหมือนแก้ว มีลักษณะคล้ายกับแร่แคลไซต์แต่ละลายในกรดเกลือได้น้อยกว่า

สูตรเคมี	$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$	
ส่วนประกอบทางเคมี	CaCO_3	54.35 เปอร์เซ็นต์
	MgCO_3	45.65 เปอร์เซ็นต์
หรือ	MgO	21.7 เปอร์เซ็นต์
	CaO	30.4 เปอร์เซ็นต์
	CO_2	47.9 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3.5-4
	ความถ่วงจำเพาะ	2.85
	ความพรุน	8.6

1. คุณลักษณะของแร่โดโลไมต์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมในต่างประเทศ

เปอร์เซ็นต์

	อเมริกา	อังกฤษ	สเปน	ฝรั่งเศส	ไอร์แลนด์	เบลเยียม	เยอรมัน ตะวันตก	นอร์เวย์	กรีซ	อินเดีย
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ต่ำสุด	21.6	20.8	21.7	21.11	20.75	21.8	20.2	21.71	20.11	21.15
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	30.5	30.1	31.1	31.21	30.8	30.1	31.5	30.31	32.11	30.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.05	0.5	0.1	0.01	0.8	0.35	0.4	0.04	0.16	0.65
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	0.1	0.2	0.02	0.02	0.15	0.45	0.4	0.03	0.08	0.45
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	0.2	0.5	0.05	-	1.5	0.4	0.5	-	0.3	1.3
การสูญเสียน้ำหนักในการ เผาไหม้ (Loss on ignition) สูงสุด	47.0	47.2	47.0	47.42	46.0	47.0	47.0	47.51	46.9	46.03

2. คุณลักษณะของแร่โดโลไมต์ของประเทศไทยจากแหล่งในจังหวัดกาญจนบุรี

2.1 ประเทศญี่ปุ่นนำเข้าเพื่อนำไปใช้ในการถลุงเหล็ก

เปอร์เซ็นต์

บริษัทผู้นำเข้า	Kawasaki	Omic	SGS
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	20.89	20.67	20.72
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	31.13	30.63	30.50
ซิลิกา (SiO ₂)	0.42	0.44	-
ฟอสฟอรัส (P)	0.004	-	0.01
กำมะถัน (S)	0.003	-	-
ออกไซด์ของแร่หายาก (R ₂ O ₃)	0.25	0.06	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	-	-	0.08
น้ำ (H ₂ O)	0.28	0.25	0.21

2.2 ใช้ภายในประเทศเพื่อการเกษตรและผลิตหินเกล็ด

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	21	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	31	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	0.2	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.1	เปอร์เซ็นต์



2.3 แร่โดโลไมต์ที่ผลิตได้ตามแหล่งต่างๆ ในจังหวัดกาญจนบุรี

เปอร์เซ็นต์

ส่วนประกอบทางเคมี	เขาบ้านถ้ำ อ.เมือง	เขาบุญไรร ต.ปากแพรก อ.เมือง	เขาบุญไรร ต.ปากแพรก อ.เมือง	เขาแรด อ.ท่าม่วง
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	21.50	20.82	20.86	19.70
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	30.54	31.67	31.18	32.98
ซิลิกา (SiO ₂)	0.06	0.05	0.10	0.13
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.38	0.24	0.32	0.05
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	-	-	-	0.13
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	-	0.00	0.05	-
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.18	-	-	0.00
น้ำ (H ₂ O)	0.12	-	-	0.10
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	-	-	-	0.00
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	-	-	-	0.05
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	-	-	-	0.04
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	46.56	47.60	47.25	46.41

3. คุณลักษณะทางเคมีของแร่โดโลไมต์ที่พบในจังหวัดแพร่

เปอร์เซ็นต์

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	20
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	30
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.1
ซิลิกา (SiO ₂)	4.1
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	3.2

อีเมอรี (Emery)



อีเมอรี เป็นแร่ที่เกิดรวมกันในธรรมชาติระหว่างพลอยคอร์ันดัมและแร่แมกนีไทต์ หรือแร่เฮมาไทต์ ในทางพาณิชย์แบ่งอีเมอรีออกตามขนาดของแร่เพื่อประโยชน์ในการใช้งานต่างๆ ดังนี้

1. ชนิดเม็ดใหญ่ (Coarse grained emery ขนาด 4-46 เมช) ใช้ทำเครื่องสี สำหรับสีข้าวเปลือก ข้าวสาลี ทำเครื่องมือ ใช้ไม้ข้าวโพด ไม้อาหารสัตว์ ฯลฯ
2. ชนิดละเอียด (Fine grained emery ขนาด 54-220 เมช) ใช้ทำกระดาษทราย หินลับมีด หินขัดพื้นคอนกรีต หินเจียรนัย เครื่องมือชนิดละเอียด
3. ชนิดผง (Paste or Flouring emery ขนาด >220 เมช) ใช้ผสมกับน้ำยาเคมี ทำเป็นน้ำยาขัดเงาต่างๆ เช่น ยาขัดสีรถยนต์ ขัดเครื่องสุขภัณฑ์ ขัดกระจก

คุณสมบัติของแร่อีเมอริที่ผลิตได้จาก Oregon สหรัฐอเมริกา

	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	67
ซิลิกา (SiO_2)	28
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	20
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	2
สี (Colour)	เทา-ดำ
ความแข็ง (Mohs' hardness)	8-9
ความถ่วงจำเพาะ (specific gravity)	3.2-3.7
จุดหลอม (Melting point)	1,700°C
Sodium sulphate soundness test	0.27
LA abrasion test	6-9.35

คุณสมบัติของแร่อีเมอริที่ผลิตได้จากตุรกี

	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3) ต่ำสุด	57
ซิลิกา (SiO_2)	24-26
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	2-3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.5-2
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	7-9

เฟลด์สปาร์ (Feldspar)



แร่เฟลด์สปาร์หรือหินฟันม้า หมายถึง กลุ่มแร่ประกอบหินที่มีส่วนประกอบของธาตุโพแทสเซียม โซเดียมและแคลเซียมซิลิเกต ที่สำคัญและพบบ่อยมี 3 ชนิด คือ

1. KAlSi_3O_8 แร่ Microcline และแร่ Orthoclase (โพแทชเฟลด์สปาร์)
2. $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ แร่ Albite (โซดาเฟลด์สปาร์)
3. $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ แร่ Anorthite (ไลม์เฟลด์สปาร์)

นอกจากผลวิเคราะห์เคมีแล้ว ในการพิจารณาการนำไปใช้งานทางด้านอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิก มาตรฐานของแร่สำเร็จรูปมักจะกำหนดความละเอียด หยาบ (Particle size distribution) และคุณสมบัติการหลอมเชื่อมตัวที่อุณหภูมิสูงไว้ด้วย ซึ่งก็แตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานแต่ละอย่าง

1. แร่โพแทชเฟลด์สปาร์ เช่น แร่ Microcline และ Orthoclase

สูตรเคมี	KAlSi_3O_8		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	64.7	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	18.4	เปอร์เซ็นต์
	K_2O	16.9	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.57	

2. แร่โซดาเฟลด์สปาร์ เช่น แร่ Albite

สูตรเคมี	$\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	68.7	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	19.5	เปอร์เซ็นต์
	Na_2O	11.8	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.62	

3. แร่อะนอร์ไทต์ เป็นชื่อที่ได้มาจากภาษากรีก ซึ่งหมายถึง ความเอียง ความลาด มีสีขาวเทา หรือแดง ส่วนใหญ่พบในหินอัคนี

สูตรเคมี	$\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$		
ส่วนประกอบทางเคมี	CaO	20.1	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	36.7	เปอร์เซ็นต์
	SiO_2	43.2	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6-6.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.74-2.76	

Microcline กับ orthoclase เป็นโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์ ส่วน plagioclase feldspar นั้นเป็นกลุ่มของ soda และ lime หรือ soda-lime feldspar ซึ่งรวมถึง albite บริสุทธิ์ ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$) จนถึง anorthite บริสุทธิ์ ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$) โดยปกติแคลเซียม (Ca) จะเข้าแทนที่โซเดียม (Na) และขณะเดียวกันอะลูมิเนียม (Al) ก็จะเข้าแทนที่ซิลิคอน (Si) อย่างเป็นสัดส่วนกัน การจัดลำดับนี้จะแบ่งออกเป็น 6 ลำดับ คือ แบ่งตามความสัมพันธ์กันของจำนวน Albite และ anorthite ดังต่อไปนี้

เปอร์เซ็นต์

Plagioclase feldspar	Albite	Anorthite
Albite : $\text{Na}(\text{AlSi}_3\text{O}_8)$	100-90	0-10
Oligoclase	90-70	10-30
Andesine	70-50	30-50
Labradorite	50-30	50-70
Bytownite	30-10	70-90
AnOrthite : $\text{Ca}(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8)$	10-3	90-100



1. คุณสมบัติของแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ใน Norway

เปอร์เซ็นต์

	Norway	
	โพแทชเฟลด์สปาร์	โซดาเฟลด์สปาร์
ซิลิกา (SiO ₂)	65.4	69.2
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	18.7	18.7
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.06	0.11
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.51	1.82
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	11.1	2.8
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	3.36	7.2
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.29	0.19

2. คุณสมบัติของแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ใน Finland

เปอร์เซ็นต์

	เกรดสำหรับ อุตสาหกรรมแก้ว	เกรดเซรามิก
ซิลิกา (SiO ₂)	67-69	67-69
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	17.8-18.3	17.8-18.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.15	0.15
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)		4.5-5
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)		0.5-0.8

แร่เฟลด์สปาร์ของ Finland รู้จักกันทั่วไปคือ เกรดเอฟเอฟเอฟ (FFF) สำหรับใช้ใน
อุตสาหกรรมแก้วและกระจก โดย

เกรดสำหรับอุตสาหกรรมแก้ว (FFF glass grade) ผลิตขนาด 28 เมช

เกรดเซรามิก (FFF ceramic grade) ผลิต 2 ขนาด คือ 200 และ 300 เมช



3. คุณลักษณะของแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ในอเมริกาจากแหล่ง Custer รัฐ South Dakota โดย Pacer Corporation แร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้เป็นชนิดโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์เกรดสูง สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก ความละเอียดของแร่ 3 ขนาด คือ 140 เมช 200 เมช และ 325 เมช

ซิลิกา (SiO ₂)	68.5	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	17.0	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	10.0	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	3.0	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.15	เปอร์เซ็นต์

4. คุณลักษณะของแร่เฟลด์สปาร์สำหรับใช้ในการทำฟันปลอม (A typical analysis of dental feldspar)

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂)	65.6
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	18.7
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	12.5
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	2.5
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.4
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.07
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	Trace
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.5

5. คุณลักษณะของแร่เฟลด์สปาร์สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ภายในประเทศไทย

5.1 ผลิตภัณฑ์จากแผ่นใด

ซิลิกา (SiO ₂)	40	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	15	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	10	เปอร์เซ็นต์

5.2 ผลิตภัณฑ์ Table ware ชนิดพอร์ซเลน

โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	5	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	6	เปอร์เซ็นต์
*เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.05	เปอร์เซ็นต์
*ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์

*ทั้ง Fe₂O₃ และ TiO₂ ผู้ผลิตพยายามจะกำจัดออกให้หมด ทั้งนี้จะมีผลทางด้านสีของผลิตภัณฑ์ โดย Fe₂O₃ จะให้สีเขียวและ TiO₂ จะให้สีขาว



- 5.3 ผลิตภัณฑ์เครื่องสุขภัณฑ์
- เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด 0.1 เปอร์เซ็นต์
- สำหรับโซเดียมเฟลด์สปาร์
- โซเดียมออกไซด์ (Na_2O) ต่ำสุด 9 เปอร์เซ็นต์
- และโพแทสเซียมเฟลด์สปาร์
- โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ต่ำสุด 6 เปอร์เซ็นต์
- 5.4 ผลิตภัณฑ์กระเบื้องปูพื้น

เปอร์เซ็นต์

	จ.ราชบุรี	จ.ตาก
ซิลิกา (SiO_2)	64.36	60.83
อะลูมินา (Al_2O_3)	22.02	19.30
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.92	0.17
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	7.99	8.82
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	2.47	0.77
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.13	0.08
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.39	0.16
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.13	0.19

6. คุณลักษณะของแร่เฟลด์สปาร์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	โพแทสเซียมเฟลด์สปาร์		โซดาเฟลด์สปาร์	
	จ.ตาก	จ.ราชบุรี	ต.น้ำดิบ จ.ตาก	อ.ท่าศาลา จ.นครศรีธรรมราช
ซิลิกา (SiO ₂)	65.7	63.9	70.5	63.6
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	18.7	20.2	17.2	23.5
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	12.2	10.51	0.51	1.40
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	2.6	4.18	9.31	6.03
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.15	0.2	0.27	0.23
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.16	0.65	1.09	0.38
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.11	0.002	0.37	0.11
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.11	-	0.31	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.30	-	0.47	3.86

ดินทนไฟ (Fire clay)



ดินทนไฟ หมายถึง ดินที่นำมาใช้ทำวัตถุทนไฟ ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแร่เคโอลิไนต์ และสิ่งเจือปนเช่น แร่ควอร์ตซ์ มีการจำแนกหลายประเภท ดังต่อไปนี้

ตามคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น

- plastic fireclay หรือ
- Flint fireclay

ตามความทนไฟ เช่น

- High refractory clay มีจุดเยิ้มตัวสูงกว่า cone 33 ($1,745^{\circ}\text{C}$) หรือ
- Low refractory clay มีจุดเยิ้มตัวสูงกว่า cone 20-26 ($1,530^{\circ}\text{C} - 1,600^{\circ}\text{C}$) เป็นต้น

ดินทนไฟไม่จำเป็นว่าจะต้องเผาแล้วมีสีขาวเสมอไป

1. คุณลักษณะของดินทนไฟจากแหล่งต่างๆ ในอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	Plastic Lawrence Ohio	Flint Cambria Pennsylvania	Flint Carter Kentucky	Semi-flint Jackson Ohio	Semi-flint Clearfield Pennsylvania	Plastic Vinton Ohio	Flint Montgomery	Silicious New Jersey
ซิลิกา (SiO ₂)	58.10	44.43	44.78	50.32	43.04	46.72	44.04	59.93
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	23.11	37.10	35.11	31.53	36.49	33.06	38.03	26.95
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.73	0.46	1.18	1.02	1.37	0.68	0.63	1.24
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0.68	0.55	0.74	0.35	0.83	0.55	0.22	1.24
เหล็กซัลไฟด์ (FeS ₂)	0.55	0.22	0.14	0.12	0.24	0.34	0.01	-
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.01	0.19	0.55	0.18	0.54	0.19	0.12	0.07
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.79	0.6	0.77	0.8	0.74	0.61	0.40	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.34	0.1	0.29	0.07	0.46	0.42	0.10	trace
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1.9	0.55	0.44	0.05	1.10	1.53	0.22	trace
H ₂ O ⁻	2.27	0.80	0.84	2.47	0.82	2.21	0.78	-
H ₂ O ⁺	7.95	12.95	13.07	11.25	12.44	11.50	13.55	9.63
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	0.05	0.11	0.07	0.14	0.05	0.02	0.04	-
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.40	1.84	2.22	1.45	1.79	2.20	1.82	1.90
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.17	0.21	0.02	0.48	0.10	0.12	0.28	-
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	0.03	0.01	0.01	0.04	0.01	0.01	0.01	-
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	-
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-
คาร์บอนในสารอินทรีย์ (Org.C)	0.22	0.1	0.11	0.07	0.22	0.04	0.01	-
ไฮโดรเจนในสารอินทรีย์ (Org.H)	0.03	-	-	-	0.03	-	-	-

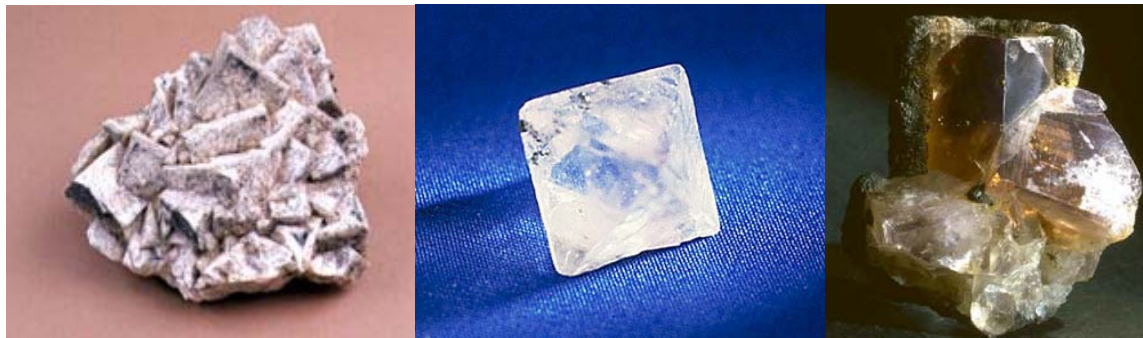


2. คุณลักษณะของดินทนไฟในอังกฤษ

	Durham and Northumberland		South Wales		Scotland		Yorkshire		Staffordshire, Worcestershire And Shropshire	
	range	average	range	average	range	average	range	average	range	average
ซิลิกา (SiO ₂)	48-65	57.0	53-76	64.0	31-64	50.5	44-72	58.0	43-74	59.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	22-37	27.0	12-28	21.5	25-52	34.0	19-43	25.5	13-36	25.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.1-2.1	1.6	0.6-6.3	2.6	0.5-6.4	2.3	1.0-4.0	2.2	1.0-3.3	2.1
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.0-1.3	1.1	0.9-1.4	1.1	1.0-4.3	1.7	1.0-2.3	1.5	0.5-1.7	1.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1-0.3	0.2	0.1-1.5	0.5	0.1-1.0	0.4	0.1-0.5	0.3	0.0-0.6	0.3
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.5-1.1	0.7	0.2-1.2	0.7	0.1-1.2	0.5	0.0-1.5	0.7	0.1-0.9	0.4
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.0-0.3	0.1	0.0-0.5	0.2	0.0-0.8	0.2	0.0-0.8	0.3	0.0-0.7	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	1.3-4.5	2.2	1.7-3.4	2.1	0.2-1.9	0.7	0.4-1.5	0.8	0.1-2.2	1.1
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	9-12	10.4	5-11	7.2	7-20	11.2	7-16	10.3	6-19	9.9



ฟลูออไรต์ (Fluorite or Fluorspar)



ฟลูออสปาร์ (Fluorspar) หรือฟลอย่อน ซึ่งรู้จักกันในชื่อของ Fluorite หรือ Fluor และในประเทศอังกฤษเรียกว่า Derbyshire spar แร่ฟลูออไรต์เป็นแร่ที่เกิดขึ้นในหินและพบมากตามแนวแตกของหิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งมักพบเกิดร่วมกับแร่ตะกั่ว (Galena) และสังกะสี (Sphalerite) สำหรับคุณค่าของแร่ขึ้นอยู่กับปริมาณของฟลูออรีน (F) โดยชื่อของฟลูออไรต์มาจากภาษาละตินว่า Fluere ซึ่งแปลว่า ไหล (flow) เนื่องจากมีจุดหลอมตัวต่ำ หลอมละลายได้ง่ายกว่าแร่อื่นๆ และใช้เป็น flux ในการถลุงโลหะ

สูตรเคมี	CaF_2		
ส่วนประกอบทางเคมี	Ca	51.3	เปอร์เซ็นต์
	F	48.7	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.18	

1. ในทางการค้าแบ่งแร่ฟลูออไรต์ออกเป็น 3 เกรด คือ

1.1 เกรดเคมี (Acid grade) ประกอบด้วย

แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2)	ต่ำสุด	97	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	สูงสุด	1-1.5	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	สูงสุด	0.03-0.10	เปอร์เซ็นต์

1.2 เกรดเซรามิก (Ceramic grade) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1.2.1	แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2)	95-96	เปอร์เซ็นต์
1.2.2	แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2)	85-90	เปอร์เซ็นต์

โดยกำหนดให้มี

ซิลิกา (SiO_2)	2.5-3.0	เปอร์เซ็นต์
---------------------------	---------	-------------

	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.12	เปอร์เซ็นต์
1.3	เกรดโลหะกรรม (Metallurgical grade) ประกอบด้วย		
	แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF ₂)	60	เปอร์เซ็นต์
	กำมะถัน (S)	0.03	เปอร์เซ็นต์
	ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.25-0.50	เปอร์เซ็นต์

2. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์ตามมาตรฐานของคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S. National Stockpile specification. P-69 b July 24, 1951)

2.1 เกรดใช้งานโลหะกรรม (Metallurgical grade) มีชื่ออีกชื่อหนึ่งว่า Metspar

	เกรดเอ (เปอร์เซ็นต์)	เกรดบี (เปอร์เซ็นต์)
แคลเซียมฟลูออไรต์ที่ใช้งาน (Effective CaF ₂) ต่ำสุด*	70.0	60.0
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.3	0.3
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.5	0.5

*Effective CaF₂ คำนวณได้จากการหัก 2 เปอร์เซ็นต์ออกจากผลวิเคราะห์ CaF₂ ทุก 1 เปอร์เซ็นต์ของซิลิกา (SiO₂) ที่มีอยู่

ขนาดแร่ : ลอดตะแกรง 1 นิ้ว และไม่เกิน 15 เปอร์เซ็นต์ลวดตะแกรงมาตรฐานยูเอสเบอร์ 16 (16 U.S. Standard screen)

2.2 เกรดใช้งานโลหะกรรม เกรดเอเอ ซึ่งใช้สำหรับผลิตเหล็กกล้า (Steel)

(U.S. National Stockpile specification. P-69b-R 1, May 22, 1957)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมฟลูออไรต์ที่ใช้งาน (Effective CaF ₂) ต่ำสุด**	70.0
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.30
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.25
สารหนู (As) สูงสุด	0.01
แบเรียม (Ba) สูงสุด	0.01
สังกะสี (Zn) สูงสุด	0.01

* เมื่อไม่มีความชื้น (dry basis)

* Effective CaF₂ คำนวณได้จากการหัก 2.5 เปอร์เซ็นต์ออกจากผลวิเคราะห์ CaF₂ ทุก 1 เปอร์เซ็นต์ของซิลิกา (SiO₂) ที่มีอยู่



2.3 เกรดสำหรับทำกรด (Acid grade) หรืออีกชื่อหนึ่ง Acid spar (U.S.National stockpile Specification P-69a February 13, 1952 Approved by Federal Preparedness Agency General Service Administration in March 1976)

	เกรดทำกรดกัดแก้ว* (Hydrofluoric acid grade) (เปอร์เซ็นต์)	เกรดทำไครโอไลต์* (Cryolite grade) (เปอร์เซ็นต์)
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	97.0	97.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0	1.0
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.03	0.03
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1.25	1.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	-	0.25
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.2	0.2
สังกะสี (Zn) สูงสุด	-	0.2
เกลือคลอไรด์ (NaCl) สูงสุด	0.02	-
ออกไซด์ของโลหะหนักสูงสุด	0.04	-
เบอริลเลียม (Be) สูงสุด	10 ppm	-

* เมื่อไม่มีความชื้น (dry basis)

ก. ปริมาณ CaF_2 อาจจะต่ำถึง 95 เปอร์เซ็นต์ได้ถ้ามีปริมาณ CaF_2 ที่ทำปฏิกิริยาได้ไม่ต่ำกว่า 91 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณ CaF_2 ที่ทำปฏิกิริยาได้คำนวณได้จากการหักเปอร์เซ็นต์ CaF_2 ออก 4 เปอร์เซ็นต์ทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ที่มีซิลิกา (SiO_2) ปนอยู่

ข. ปริมาณ CaF_2 อาจจะต่ำถึง 95 เปอร์เซ็นต์ได้ถ้ามีปริมาณ CaCO_3 อย่างต่ำ 1 เปอร์เซ็นต์ และ CaCO_3 ไม่ต่ำกว่า 1.5 เปอร์เซ็นต์สำหรับทุกๆ 1 เปอร์เซ็นต์ CaF_2 ที่ต่ำกว่า 97 เปอร์เซ็นต์

Cryolite คือฟลูออไรต์ของโซเดียม และอะลูมิเนียมซึ่งมีสูตรดังนี้ $3\text{NaF} \cdot \text{AlF}_3$

3. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์บดเปอร์เซ็นต์สูงของอังกฤษ

(High grade ground fluorspar, Eyam, England)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	98.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0
แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) สูงสุด	0.3
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1.0
ซัลไฟด์ (Sulphides) สูงสุด*	0.1
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และอะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	0.15
ผ่านตะแกรงขนาด 60 เมช	100

* อาจจะเป็นซัลไฟด์หรือผงกำมะถันก็ได้

4. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์ตามมาตรฐานของอินเดีย (Indian Standard)

4.1 เกรดสำหรับทำกรด (Acid grade IS : 2411-1963)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	97.0
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1-2
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0
เฟอร์ริกออกไซด์และอะลูมินา (Fe_2O_3 and Al_2O_3)	0.1-0.5

มาตรฐานสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมทำเหล็กกล้า โลหะผสมเหล็ก งานหล่อโลหะ ใช้หลอมเงิน ทองแดงและตะกั่ว ใช้ในการทำให้ตะกั่วและพลวงบริสุทธิ์โดยใช้ไฟฟ้า ใช้ในอุตสาหกรรมทำกรดกำมะถัน

4.2 ฟลูออไรต์ใช้ในงานโลหกรรม (Fluorspar for use in metallurgical industries IS : 4574-1965)

เกรด 1 ใช้ในอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม (Used in aluminium industry)

เกรด 2 เกรดสีขาวใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า (White grade used in steel Industry)

เกรด 3 ใช้ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า (Used in steel industry)

	เกรด 1 (เปอร์เซ็นต์)	เกรด 2 (เปอร์เซ็นต์)	เกรด 3 (เปอร์เซ็นต์)
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	97.0	85.0	80.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0	6.0	8.0
แคลเซียมฟลูออไรต์ใช้งานอย่างแท้จริง (Effective CaF_2) ต่ำสุด	-	70.0	60.0
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1.0	-	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	1.0	-	-
กำมะถัน (S) สูงสุด	-	0.3	0.3
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	-	0.5	0.5

เกรด 1 มีขนาด 100 เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงขนาด 150 ไมครอน (ตะแกรงระบบ IS)

เกรด 2 และเกรด 3 ขนาดโตสุด 100 มม. และอย่างน้อย 85 เปอร์เซ็นต์ค้ำบนตะแกรงขนาด 1.18 มม. (ตะแกรงระบบ IS)

4.3 ฟลูออไรต์ใช้งานอุตสาหกรรมเคมี (Fluorspar for use in Chemical industry. IS : 8587-1977)

เปอร์เซ็นต์

ความชื้น (Free Moisture) สูงสุด	10.0
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	96.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1.2
แบเรียมซัลเฟต (BaSO_4) สูงสุด	0.5
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.03
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) สูงสุด	0.2
ออกไซด์ผสม เช่น R_2O_3 (Mixed oxide as R_2O_3) สูงสุด	1.5
สารอินทรีย์ (Organic matter) สูงสุด	0.25

5. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์ชนิดบด (ground fluorspar หรือ acid grade fluorspar) และ ฟลูออไรต์ชนิดก้อนตามมาตรฐานที่โรมานีต้องการ

5.1 ฟลูออไรต์ชนิดบด

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2) ต่ำสุด	97
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.0
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) สูงสุด	1.25
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.1
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) สูงสุด	0.1
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.003
น้ำ (H_2O) สูงสุด	0.1

ขนาด

100	เมช	7-10	เปอร์เซ็นต์
100-200	เมช	20-25	เปอร์เซ็นต์
200-325	เมช	15-21	เปอร์เซ็นต์
ต่ำกว่า 325	เมช	47-55	เปอร์เซ็นต์

5.2 ฟลูออไรต์ชนิดก้อน

แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2)	80	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	0.2	เปอร์เซ็นต์
ขนาดก้อน 5 มม.-100 มม.	90	เปอร์เซ็นต์

6. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์เกรดเคมีที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ เพื่อส่งออกไปใช้ในอุตสาหกรรมเคมี และอะลูมิเนียม

แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF_2)	97.0	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	0.25	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)	0.9	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As)	3	ส่วนในล้านส่วน
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	250	ส่วนในล้านส่วน

7. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์เกรดเคมีที่ผลิตได้ในจีน

แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF ₂)	ต่ำสุด	97	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	สูงสุด	1.1	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	สูงสุด	15	ส่วนในล้านส่วน
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	สูงสุด	300	ส่วนในล้านส่วน

8. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์สำหรับเป็น flux ในการถลุงโลหะ (Dry Basis)

แคลเซียมฟลูออไรต์ (CaF ₂)	81.0	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	4.75	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา,เฟอร์ริกออกไซด์ (Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃)	1.00	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	3.25	เปอร์เซ็นต์

9. คุณลักษณะของแร่ฟลูออไรต์ ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก.774-2531)

คุณสมบัติทางเคมี	ประเภท อุตสาหกรรม เคมี	ประเภทอุตสาหกรรม เซรามิก		ประเภท อุตสาหกรรมโลหะ การ	
		ชั้นคุณภาพ			
		1	2	1	2
แคลเซียมฟลูออไรด์ ต่ำสุด	97.0	95.0	85.0	85.0	75.0
ซิลิกอนไดออกไซด์ สูงสุด	1.0	3.0	-	17.0	22.0
แคลเซียมคาร์บอเนต สูงสุด	1.0	1.5	1.5	-	-
ไอร์ออน (III) ออกไซด์ สูงสุด	0.25	0.12	0.12	1.0	1.0
ตะกั่ว สูงสุด	0.01	0.01	0.01	0.5	0.5
ฟอสฟอรัส (V) ออกไซด์ สูงสุด	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

ทรายแก้ว (Glass sand)



ทรายแก้ว (Glass sand) หรือทรายขาว คือทรายบริสุทธิ์ที่มีซิลิกา (SiO_2) มากกว่า 95 เปอร์เซ็นต์ มีเหล็ก (Fe_2O_3) ตลอดจนสารอื่นๆ เจือปนเล็กน้อย ทรายละเอียดนี้เหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมทำแก้ว และกระจกต่างๆ ซึ่งขนาดของเม็ดทรายควรจะใกล้เคียงกันไม่ควรใหญ่กว่า 20 เมช (0.84 มม.) และไม่ควรถือเล็กกว่า 100-120 เมช

ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	99.41 เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	0.21 เปอร์เซ็นต์
	Fe_2O_3	0.07 เปอร์เซ็นต์
	CaO	0.07 เปอร์เซ็นต์
	MgO	0.68 เปอร์เซ็นต์

1. คุณลักษณะของทรายแก้วตามมาตรฐานสหรัฐอเมริกา

(U.S. Bureau of Standards, Specifications for Glass sands)

	ซิลิกา SiO_2 ต่ำสุด	อะลูมินา Al_2O_3 สูงสุด	เฟอร์ริกออกไซด์ Fe_2O_3 สูงสุด	แคลเซียมออกไซด์และ แมกนีเซียมออกไซด์ ($\text{CaO}+\text{MgO}$) สูงสุด	ประโยชน์
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	
เกรดหนึ่ง	99.8	0.1	0.02	0.1	ทำแว่นตา (Optical)
เกรดสอง	98.5	0.5	0.035	0.2	แก้วทนไฟและเครื่องถ้วยชาม
เกรดสาม	95.0	4.0	0.035	0.5	แก้วชนิดดี
เกรดสี่	98.5	0.5	0.06	0.5	แผ่นแก้วบาง แท่งแก้วกลม แก้วขัดให้เป็นเงามัน
เกรดห้า	95.0	4.0	0.08	0.5	-
เกรดหก	98.0	0.5	0.3	0.5	กระจกสีเขียว กระจกหน้าต่าง
เกรดเจ็ด	95.0	4.0	0.3	0.5	กระจกสีเขียว (Green glass)
เกรดแปด	98.0	0.5	1.0	0.5	กระจกสีอำพัน (Amber glass)
เกรดเก้า	95.0	4.0	1.0	0.5	กระจกสีอำพัน (Amber glass)

2. คุณลักษณะของทรายแก้วตามมาตรฐานอังกฤษสำหรับทำแก้วไม่มีสี

(Limit for Sand for colourless glasses. BS 2975:1958)

- เกรด A สำหรับทำแว่นตา
 เกรด B สำหรับทำเครื่องแก้วและเครื่องตกแต่ง
 เกรด C ใช้ทำเครื่องแก้วไม่มีสีทั่วไปรวมทั้งภาชนะแก้วต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	เกรด A	เกรด B	เกรด C
ซิลิกา (SiO_2) ต่ำสุด	99.5	99.5	98.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด***	0.008	0.013	0.03
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	0.03	**	**
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) สูงสุด	0.0002	0.0002	0.0006
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	*	*	*

* ข้อจำกัดสูงสุดของอะลูมินา (Al_2O_3) ตกลงกันเองระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย (ถ้ามีมากจะลดความโปร่งแสงและทำให้หกลมยาก)

** TiO_2 ไม่ทำให้เกิดสีเหมือน Fe_2O_3 และ Cr_2O_3 ซึ่งทำให้เกิดสีจึงไม่ได้กำหนดสำหรับเกรด B และเกรด C แต่พิจารณากำหนดปริมาณ TiO_2 จะใช้แร่หนัก (Heavy Minerals) เป็นเครื่องกำหนด



*** เกรด C ถ้า Cr_2O_3 น้อยกว่า 0.0002 เปอร์เซ็นต์ แล้ว Fe_2O_3 ต้องมากกว่า 0.03 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 0.035 เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของทรายแก้วโดยทั่วไปโดยแบ่งตามประโยชน์ที่ใช้

ประโยชน์	SiO_2 ต่ำสุด	Al_2O_3 สูงสุด	Fe_2O_3 สูงสุด	$\text{CaO}+\text{MgO}$ สูงสุด	Grain size
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	
สำหรับทำแก้ว (Glass sand)					
- แว่นตา (Optical)	99.5	0.1-0.5	0.008	-	0.1-0.5 mm.
- เครื่องแก้วใส (Colourless domestic)	99.5	0.1-0.5	0.013	-	
- ภาชนะบรรจุของและกระจกแผ่นเรียบ (Container/flat)	98.5	0.1-0.5	0.03	-	
ใช้ในงานหล่อโลหะ (Foundry sand)	88-99	-----Extremely variable-----			20-200 เมช
ซิลิกาบดละเอียด (Silica flour)	97-98	0.5	0.2	-	micron sizing
สารประกอบซิลิกากับถ่าน (Silicon Carbide)	99.5	0.06-0.25	0.1	Absent	+100 เมช
ซิลิคอน (Si)	98.0	0.4	0.2	0.2 each	>1 inch diameter
ใช้ในการทำ Ferrosilicon	96	0.4	0.2	-	>1 inch diameter
ใช้ทำอิฐทนไฟ (Silica brick refractory)	96-98	0.1	-	Low	-8 เมช
ใช้ทำ Sodium silicate	99	0.25	0.03	0.05	20-100 เมช
ใช้ทำตัวช่วยในการหลอม (Silica flux)	90	1.5	1.5	0.2	-1/4 inch < 5%

4. คุณลักษณะของทรายแก้วใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	Plate glass	Sheet glass	Flint bottle
ซิลิกา (SiO_2) ต่ำสุด	99.5	99.78	99.05
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	0.15	0.0-0.5	0.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	0.1	0.1	0.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	0.1	0.0-0.02	0.05
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.05	0.0-0.02	0.05
ผ่านตะแกรงคัดขนาด 16 เมช	100	-	-
ผ่านตะแกรงคัดขนาด 20 เมช	-	100	100
ผ่านตะแกรงคัดขนาด 120 เมช สูงสุด	-	2.0	-
ผ่านตะแกรงคัดขนาด 40 เมช	-	-	66.0



5. คุณลักษณะของแร่ทราเยแก้วที่ผลิตได้ในอังกฤษ

1.	เกรดใช้ในงานหล่อโลหะ (Foundry grade)		
	ซิลิกา (SiO_2)	99.3	เปอร์เซ็นต์
	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.08	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	0.27	เปอร์เซ็นต์
2.	เกรดใช้ทำแก้ว (Glass grade)		
	ซิลิกา (SiO_2)	98-98.4	เปอร์เซ็นต์
	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.03-0.085	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	0.75-1.0	เปอร์เซ็นต์
3.	เกรดใช้ทำแก้วทนไฟ (Flint glass)		
	ซิลิกา (SiO_2)	98.6-99	เปอร์เซ็นต์
	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.037	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	0.45-0.65	เปอร์เซ็นต์

6. คุณลักษณะของแร่ทราเยแก้วที่ผลิตได้ในเบลเยียม ซึ่งส่วนใหญ่นำไปใช้งานหล่อโลหะ

6.1	ใช้ในงานหล่อโลหะ (Foundry grade)		
	ซิลิกา (SiO_2)	99.5	เปอร์เซ็นต์
	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.025	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	0.2	เปอร์เซ็นต์
6.2	ใช้ในกรผลิตเครื่องแก้วใส (Crystal ware)		
	ซิลิกา (SiO_2)	99.8	เปอร์เซ็นต์
	เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.008	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	0.45	เปอร์เซ็นต์
	ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	200	ไมครอน

7. คุณสมบัติของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในเดนมาร์ก (Dansand's silica sand)

	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	98.558
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.71
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.01
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.05
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.52
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.062
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.08

8. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในสก๊อตแลนด์

เปอร์เซ็นต์

	เกรด B	เกรด C	เกรด coarse	Fine washed
ซิลิกา (SiO ₂) เฉลี่ย	99.8	99.8	99.8	99.8
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.013	0.03	0.045	0.08
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)		0.33	0.4	0.4
ขนาดเม็ดแร่ (partical size)		210 ไมครอน	600 ไมครอน	110 ไมครอน
โครเมียม (chrome)		3-5 ppm	6-8 ppm	

เกรด B หรือ crystal sand สำหรับใช้ในอุตสาหกรรม opthalmic เครื่องสำอางและแก้วคริสตัล

เกรด C หรือ container glass sand สำหรับใช้ทำ container glass, TV screen, ceramics

เกรด coarse ใช้สำหรับตกแต่งสวน, สนามแข่งม้าและบ่อทรายในสนามกอล์ฟ

Fine washed สำหรับใช้ทำซีเมนต์บล็อกและกระเบื้อง

9. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในเยอรมันตะวันตก

	White hollow ware & technical glass	Crytal, lead crystal and solar glass	Special glass
ซิลิกา (SiO ₂)	99.2-99.9		
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.025	0.01	0.005-0.007

10. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย ผลิต 3 เกรดสำหรับทำภาชนะแก้ว (Container glass)

	white grade	amber grade	green grade	foundry sand
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.04	0.15	0.3	0.05
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	2.0	2.4	4.5	0.2

11. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในฝรั่งเศส ในพื้นที่ Paris Basin ซึ่งมีแหล่งผลิต 2 แหล่ง คือ

1. Beauchamp sand ผลิตทรายแก้วเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมการหล่อ
2. Fontainebleau sand ผลิตทรายแก้วเหมาะสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแก้วคุณภาพสูง เช่น crystal ware



เปอร์เซ็นต์

	Fontainebleau sand		Beauchamp sand
	crude sand	washed sand	washed sand
ซิลิกา (SiO ₂)	99.6	99.6	99.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.03	0.01	0.02
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.46	0.1	0.15

12. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในสเปน

เปอร์เซ็นต์

	Coloured container glass	Higher grade sand
ซิลิกา (SiO ₂)	98.0	98.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	สูงสุด 0.05	0.015
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.0	0.2

Higher grade sand เหมาะสำหรับ white container glass และ household glass ware

13. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้จากอิตาลี

เปอร์เซ็นต์

	glass grade	silicate product	green container glass	light green container glass	foundry and core sand
ซิลิกา (SiO ₂)	99.2	99.6	94.2	94.2	99.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.13	0.05	0.18	0.13	0.12
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.5	0.2	3.2	3.7	0.6

14. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในซาอุดีอาระเบีย

เปอร์เซ็นต์

	Glass and foundry grade
ซิลิกา (SiO ₂)	99.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.04-0.07
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.4-0.6



15. คุณสมบัติของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

15.1 ผลิตโดย Cape Flattery Silica Mines Pty Ltd. มีแหล่งที่ Cape York Peninsula, north of Cooktown in Queensland ซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมแก้วและการหล่อ โดยเฉลี่ยแล้วทรายแก้วมี SiO_2 ต่ำสุด 99.5% และ Fe_2O_3 สูงสุด 0.016%

		เกรด A/L	เกรด H-13
ซิลิกา (SiO_2)	ต่ำสุด	99.8	99.8
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	สูงสุด	0.014	0.01

15.2 เป็นแร่ทรายแก้วเกรดสูง มีสีขาวเป็นประกายในแสงอาทิตย์จากแหล่ง Gnangara ทางตะวันตกของออสเตรเลีย

ซิลิกา (SiO_2)	99.94	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.006	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.03	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.01	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.003	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.001	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.001	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.001	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr_2O_3) สูงสุด	0.0001	เปอร์เซ็นต์
นิกเกิลออกไซด์ (NiO) สูงสุด	0.0001	เปอร์เซ็นต์
โคบอลต์ออกไซด์ (CoO) สูงสุด	0.0001	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.04	เปอร์เซ็นต์
ขนาดเฉลี่ย (Average size : D50)	250-300	ไมครอน

16. คุณสมบัติของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในฟิลิปปินส์

เปอร์เซ็นต์

	clear container glass	coloured glass grade	Foundry grade	Washed silica sand for container glass
ซิลิกา (SiO_2) ต่ำสุด	98.0	97.0	95.0	99.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	0.07	0.15	0.2	0.04
อะลูมินา (Al_2O_3)				0.35



17. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในอินเดีย ผลิตได้ 3 เกรด โดยแบ่งเกรดด้วยขนาดเม็ดแร่ซึ่งนำไปใช้งานต่างๆ ดังนี้

เปอร์เซ็นต์

	Glass and foundry grade	Ceramic grade	Sodium silicate grade
ซิลิกา (SiO ₂)	99.2	99.2	99.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.02-0.04	0.02-0.04	0.02-0.04
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.62	0.62	0.62
ขนาดเม็ดทราย (granulometric)	30-80 เมช	6-12 เมช	12-30 เมช

18. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในปากีสถาน จากเหมือง Kutki-Chapri ตำบล Mianwali ในรัฐ Punjab

ซิลิกา (SiO ₂)	98.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.19	เปอร์เซ็นต์

19. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในเยอรมันตะวันออก

19.1 เพื่อใช้ในงานหล่อโลหะ

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂)	95.5-98.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.03
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ + โซเดียมออกไซด์ (K ₂ O+Na ₂ O)	0.06
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.25

19.2 เพื่อใช้ในงานทำแม่แบบและอุตสาหกรรมแก้ว

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂)	99.7
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.14
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.025
แคลเซียมออกไซด์ + แมกนีเซียมออกไซด์ (CaO + MgO)	0.12
โพแทสเซียมออกไซด์ + โซเดียมออกไซด์ (K ₂ O+Na ₂ O)	0.01



20. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วที่ผลิตได้ในประเทศไทย จากแหล่งในจังหวัดระยอง สำหรับใช้ในอุตสาหกรรม

	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	99.45
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.27
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	-
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.04
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.09
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.37
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.1
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.3
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.12

21. คุณลักษณะของแร่ทรายแก้วเกรดสูงที่ผลิตได้ในมาเลเซีย (High grade silica sand from Malaysia)
เป็นแร่จากแหล่ง Bintulu, รัฐ Sarawak

ซิลิกา (SiO ₂)	99.7	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.01	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.03	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.01	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Moisture)	6.0	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (Size under U.S. Tyler 30 mesh)	30	เมช

หินแกรนิต (Granite)



หินแกรนิต เป็นหินอัคนีชนิดหนึ่งที่เกิดอยู่ในระดับลึกโดยการตกผลึกจากหินหนืด (magma) และเกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพทางเคมีของหินเดิม ทำให้มีลักษณะเฉพาะคือเนื้อหินจะมีลักษณะเป็นเม็ดสีจาง ๆ หรือเป็นลาย โดยประกอบด้วยแร่เฟลด์สปาร์และควอร์ตซ์ เป็นส่วนใหญ่ สำหรับในแง่ของธุรกิจหินประดับนั้น หินแกรนิตหมายถึง หินอัคนีทุกชนิดที่สามารถนำไปตัดและขัดมันให้มีคุณค่าในเชิงพาณิชย์ได้ และจัดอยู่ในจำพวกหินแท่ง (Dimension stone)

ส่วนประกอบทางเคมี

ซิลิกา (SiO_2)	70	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	15	เปอร์เซ็นต์
ความแข็ง (Hardness)	5-6.5	
แรงอัด (compressive strength)	2,000-3,600	กิโลกรัม/ตร.ซม.
แรงดึง (tensile strength)	100-300	กิโลกรัม/ตร.ซม.

1. คุณสมบัติของหินแกรนิตแท่งตามมาตรฐาน ASTM

(American society for Testing Materials : ASTM C 615-85,04.08)

สำหรับใช้ในงานก่อสร้าง

คุณสมบัติทางกายภาพ	
การดูดซึม (Absorption by weight), สูงสุด, เปอร์เซ็นต์	0.4
ความแน่น (Density), ต่ำสุด, ปอนด์/ลบ.ฟุต (กิโลกรัม/ลบ.ม.)	160 (2,560)
แรงอัด (Compressive strength), ต่ำสุด, ปอนด์/ตร.นิ้ว	19,000
พิกัดแตกร้าว (Modulus of rupture), ต่ำสุด, ปอนด์/ตร.นิ้ว	1,500



2. คุณลักษณะของหินแกรนิตจากการสำรวจตัวอย่างของสหรัฐอเมริกา

(Average chemical compositions of granite)

ซิลิกา (SiO ₂)	72.08	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.37	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	13.86	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.86	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	1.67	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.06	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.52	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.33	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	3.08	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	5.46	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H ₂ O)	0.53	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.18	เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของหินแกรนิตที่ผลิตได้ในประเทศไทย ซึ่งนำมาตัดเป็นแผ่นใช้เป็นหินประดับขนาดต่างๆ

หินแกรนิตมีความแข็ง (Hardness) 5-6.5

รับแรงอัดได้	1,917-2,380	กก./ตร.ซม.
การดูดซึมความชื้น	0.21-0.44	เปอร์เซ็นต์
น้ำหนักต่อปริมาตร	2,610-2,890	กก./ลบ.ม.



แกรไฟต์ (Graphite)



แร่แกรไฟต์หรือแร่ดินสอดำ แบ่งออกเป็น 3 พวก ตามลักษณะการเกิด คือ

1. เกิดปนอยู่ในเนื้อหินแปร มีลักษณะเป็นเกร็ด (flake) เป็นแผ่นขนาดตั้งแต่ 1 มิลลิเมตร จนถึง 5 เซนติเมตร หรือมีขนาดเล็ก 0.5 เซนติเมตร เกิดในลักษณะกระจาย (Dissiminated) อยู่ในเนื้อของหินแปร เช่น หินควอร์ตซ์-ไมกาชีสต์ (Quartz-Mica Schists) ไมเคเชียส ควอร์ตไซต์ (Micaceous Quartzite) หินไนส์ (Gneiss) เป็นต้น
2. เกิดเป็นสายแร่ (Vein) โดยเกิดอยู่ในรอยแตก (fissure) รอยแยก (fractures) หรือตามโพรง (cavities) ของหินอัคนีหรือหินแปร ขนาดของเม็ดแร่ตั้งแต่เม็ดละเอียดจนถึงเป็นเกร็ด
3. เกิดจากการแปรสภาพของชั้นถ่านหิน (metamorphism of coal) ลักษณะของแร่เป็นชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous) ชนิดนี้มีลักษณะอ่อน สีดำคล้ำดิน

สูตรเคมี	C		
ส่วนประกอบทางเคมี	คาร์บอน (C)	100	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.1-2.3	

คุณสมบัติของแร่แกรไฟต์สำหรับใช้ในงานต่าง ๆ โดยทั่วไป (Specifications for graphite for different applications)

Application	Average carbon content (%)	Average flake size
Foundries (amorphous)	40-70	Mesh size BSS 200 to 300
Crucibles	80-90	+100 BSS mesh
Refractory bricks		
amorphous	70-80	-0.75 inch and -30 mesh
flake	90-97	+80 to +100 mesh (sometime up to +200 mesh)
Magnesia-carbon bricks	min 85	+150 μm to -710 μm or 70% on No.210
Alumina graphite refractories	min 85	-30 BSS mesh to +100 BSS mesh
Expandable graphite	min 90	-1.7 mm to +200 μm
Brake linings	min 98	-75 μm
Dry cell batteries	min 88	85% -75 μm
Carbon brushes	99	-100 mesh
Sintering	98-99	APS 5 μm
Lubricants	98-99	106-53 μm
Conductive coatings (amorphous)	50-55	
Core and mould washes		
amorphous	70-80	200 mesh
flake	80-90	200 mesh

1. คุณสมบัติของแร่แกรไฟต์แยกตามประเภทการใช้งาน

1.1 เบ้าหลอมโลหะ (Crucibles)

คาร์บอน (C), ต่ำสุด 85 เปอร์เซ็นต์
ขนาดแร่ ต้องใหญ่พอที่จะยึดตัวกับส่วนประกอบอื่นได้ง่าย

1.2 การหล่อ (Foundry facings)

คาร์บอน (C), 40-80 เปอร์เซ็นต์
ขนาดแร่ ละเอียดเป็นฝุ่น (dust)



- 1.3 วัตถุหล่อลื่น (Lubricants)
 คาร์บอน (C), ต่ำสุด 95 เปอร์เซ็นต์
 ขนาดแร่ ต่ำกว่า 1 ไมครอน
- 1.4 ถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่ (Dry cell batteries)
 คาร์บอน (C), 85-90 เปอร์เซ็นต์
 ขนาดแร่ ต่ำกว่า 200 เมช (mesh)
- 1.5 ถ่านเก็บไฟในไดนาโม (Carbon brushes)
 คาร์บอน (C), 85 เปอร์เซ็นต์
 ขนาดแร่ 100 เมช (mesh)

2. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ที่ผลิตได้ของจีน โดย China national metals & minerals import & export corporation เป็นแร่แกรไฟต์ประเภท Crystalline flake graphite

คาร์บอน (C) 75-99 เปอร์เซ็นต์

เกรด	ขนาดแร่		
1. Large Flakes	50 เมช,	ค้ำตะแกรงต่ำสุด	80 เปอร์เซ็นต์
2. Medium Flakes	80 เมช,	ค้ำตะแกรงต่ำสุด	80 เปอร์เซ็นต์
3. Small flakes	100 เมช,	ค้ำตะแกรงต่ำสุด	80 เปอร์เซ็นต์
4. Powder	100 เมช,	ผ่านตะแกรงต่ำสุด	90 เปอร์เซ็นต์
5. Powder	200 เมช,	ผ่านตะแกรงต่ำสุด	90 เปอร์เซ็นต์
6. Powder	325 เมช,	ผ่านตะแกรงต่ำสุด	80 เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐานของอินเดีย

(Indian Standard IS : 1305-1967) ใช้สำหรับการหล่อ (foundry facing)

เปอร์เซ็นต์

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3
คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) ต่ำสุด	83.5	73.5	63.5
สารที่ระเหิดได้ (Volatile matter) สูงสุด	3.0	3.0	3.0
ขี้เถ้า (Ash) สูงสุด	12.0	20.0	30.0
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	1.0	1.0	1.0
คาร์บอนที่ไม่ใช่แกรไฟต์ (Non-graphite carbon) สูงสุด	0.5	2.5	2.5



4. คุณลักษณะแร่แกรไฟต์ที่ผลิตได้ของศรีลังกา ซึ่งเสนอขนาดของเกรดมาตรฐานโดย State Mining and Mineral Development Corporation (SMMDC)

เป็นแร่แกรไฟต์ประเภทสายแร่เป็นเนื้อผลึกที่มีความบริสุทธิ์สูง โดยมีคาร์บอน (C) 99 เปอร์เซนต์

เกรด	ขนาด
แร่แกรไฟต์ชนิดก้อน (Lump)	+10 mm.
แร่แกรไฟต์ชนิดเกร็ดหนา (Bold chip)	-5+1.75 mm.
แร่แกรไฟต์ชนิดเกร็ดบาง (Fine chip)	-1.7-0.5 mm.
แร่แกรไฟต์ชนิดผง (Powder)	Min 85% -200 mesh
แร่แกรไฟต์ชนิดฝุ่น (Chippy dust)	-5 mm.
แร่แกรไฟต์ชนิดผงละเอียด (Fine powder)	40 microns
แร่แกรไฟต์ชนิดเกร็ด (Flakes)*	-10+60 mesh
แร่แกรไฟต์ชนิดเกร็ด (Flakes type)	-40+100 mesh
*ผลิตจาก amorphous graphite	

5. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐานของเกาหลีเหนือ

	แกรไฟต์เกร็ด (flake)			แกรไฟต์อะมอร์ฟัส (Amorphous)		
	เกรด 1 (เปอร์เซนต์)	เกรด 2 (เปอร์เซนต์)	เกรด 3 (เปอร์เซนต์)	เกรด 1 (เปอร์เซนต์)	เกรด 2 (เปอร์เซนต์)	เกรด 3 (เปอร์เซนต์)
คาร์บอน (C) ต่ำสุด	90.0	88.0	85.0	80.0	78.0	75.0
ขี้เถ้า (Ash) สูงสุด	10.0	11.0	13.5	17.0	19.0	21.0
สารที่ระเหิดได้ (Volatile matter) สูงสุด	0.7	1.0	2.5	3.0	3.0	3.0
ความชื้น (Moisture)	1.0	1.0	1.0	3-5	3-5	3-5
ขนาดของแร่(Granulation)	+48 เมช	+80 เมช	-80 เมช	25 เมช	25 เมช	25 เมช

6. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐานของคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S. National Stockpile Specification P-22 b-R December 6, 1952)

6.1 เกรดสำหรับทำเบ้าหลอมโลหะ (Crucible grade graphite)

คาร์บอน (C) เมื่อไม่มีความชื้นต่ำสุด 85 เปอร์เซนต์

6.2 เกรดสำหรับทำวัตถุหล่อลื่นและการบรรจุ (Lubricant and packing grade) แกร์ไฟต์ มีลักษณะเป็นผลึกหรือเป็นเกร็ด แบ่งออกเป็น 5 เกรด



เกรดเอ	ลักษณะเป็นเกร็ดใหญ่ (Large flake)		
	คาร์บอน (C) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
เกรดบี	ลักษณะเป็นเกร็ดขนาดกลาง (Medium flake)		
	คาร์บอน (C) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
เกรดซี	ลักษณะเป็นเกร็ดขนาดเล็ก (Small flake)		
	คาร์บอน (C) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
เกรดดี	ลักษณะเป็นเกร็ดละเอียด (Fine flake)		
	คาร์บอน (C) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
สำหรับเกรดเอ-ดี			
	ขี้เถ้าและสารระเหิดได้ (Ash and volatile matter)		
	สูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
เกรดอี	ลักษณะเป็นเกร็ดละเอียดพิเศษ (Extra fine flake)		
	คาร์บอน (C) ต่ำสุด	96	เปอร์เซ็นต์
	ขี้เถ้าและสารระเหิดได้ (Ash and volatile matter)		
	สูงสุด	4	เปอร์เซ็นต์

7. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐาน U.S. Army Specification ใช้สำหรับงานหล่อ

คาร์บอน (C)	ต่ำสุด	98	เปอร์เซ็นต์
ขี้เถ้า (Ash)	สูงสุด	1	เปอร์เซ็นต์

8. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐานของ U.S. Navy Department's Specification

(14 G5 september 2, 1941) ใช้สำหรับงานหล่อ แบ่งออกเป็น 2 เกรด

	เปอร์เซ็นต์	
	เกรดเอ	เกรดบี
คาร์บอน (C) ต่ำสุด	94.0	97.0
ขี้เถ้า (Ash) สูงสุด	5.0	2.0
ผ่านตะแกรงขนาด 20 เมช	97.0	-
ผ่านตะแกรงขนาด 100 เมช	75.0	-
ผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช	-	97.0



9. คุณสมบัติของแร่แกรไฟต์ตามมาตรฐานของ Ministry of Supply ของอังกฤษ

เป็นมาตรฐานของวัสดุสำหรับอากาศยาน (Aircraft Material Specification D.T.D.77)

ลักษณะเป็นแกรไฟต์บดเป็นผง (powdered graphite)

	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอน (C)	57.0
ความชื้น (Moisture) ที่ 70°C สูงสุด	1.25
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Water-soluble matter) สูงสุด	1.25
*น้ำที่แยกออกมาด้วยสารปิโตรเลียม-อีเธอร์ (Petroleum-ether) สูงสุด	0.5
บดแล้วต้องผ่านตะแกรง I.M.M. ขนาด 200 เมช	100

*น้ำที่แยกออกมาต้องไม่มีปฏิกิริยาเป็นกรด

10. คุณสมบัติของแร่แกรไฟต์สำหรับใช้ในการทำถ่านไฟฉายและแบตเตอรี่

(Dry cell and battery manufacture)

	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอน (C) ต่ำสุด	85.0
เหล็ก (Fe) สูงสุด	2.5
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.03
นิกเกิลและโคบอลต์ (Ni and Co) สูงสุด	0.03
สารหนูและพลวง (As and Sb) สูงสุด	0.03
บดผ่านตะแกรงขนาด 200 เมช ต่ำสุด	85.0

11. คุณสมบัติของแร่แกรไฟต์ของเม็กซิโกสำหรับใช้ทำดินสอ

(Mexican graphite used for pencils)

	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอน (C)	86.0
ซิลิกา (SiO ₂)	7.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.5-1.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.5



12. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ที่ผ่านขบวนการแต่งแล้วของเวียดนาม

คาร์บอน (C)	83-88*	เปอร์เซ็นต์
ขี้เถ้า (Ashes)	15-17	เปอร์เซ็นต์
สารที่ระเหิดได้ (Volatiles)	2	เปอร์เซ็นต์

* ถ้าใช้เครื่องมือและวิทยาการที่ทันสมัยจะสามารถแต่งแร่ให้มีคุณภาพสูงขึ้นได้ โดยมีคาร์บอน (C) สูงถึง 95-97 เปอร์เซ็นต์

13. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ที่ผลิตได้ของบราซิล

คาร์บอน (C)	84-99.6	เปอร์เซ็นต์
ขี้เถ้า (Ashes)	0.2-14	เปอร์เซ็นต์

14. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ที่ผลิตได้ของแคนาดา (Canadian flake graphite) ผลิตโดย The Asbury Graphite Mill, Inc.

คาร์บอน (C)	90-98	เปอร์เซ็นต์
เกรด (Grade)	แร่แกรไฟต์ชนิดเกร็ด (Flake graphite)	
ขนาด	+50, +80, +120, +150, -100 เมช และเกรดอื่นๆ จนกระทั่งชนิดผง	

15. คุณลักษณะของแร่แกรไฟต์ที่ซื้อขายในประเทศ

15.1 แร่แกรไฟต์ที่นำเข้าจากเกาหลี เป็นแร่แกรไฟต์ชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous graphite)

คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) ต่ำสุด	80	เปอร์เซ็นต์
สารที่ระเหิดได้ (Volatiles matter) สูงสุด	3.5	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (Size)	325	เมช

15.2 แร่แกรไฟต์ที่นำเข้าจากญี่ปุ่น

คาร์บอน (C)	80.1	เปอร์เซ็นต์
ขี้เถ้า (Ash)	16.2	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (Water)	3.7	เปอร์เซ็นต์

15.3 แร่แกรไฟต์ที่นำเข้าจากจีน ชนิดอะมอร์ฟัส (Amorphous graphite)

คาร์บอนคงที่ (Fixed carbon) ต่ำสุด	87	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (Size) ลอดตะแกรง 200 เมช	95	เปอร์เซ็นต์



ยิปซัม (Gypsum)



ยิปซัมหรือแก้วเกลบ หรือแร่เกลือจืด คือแคลเซียมซัลเฟต ซึ่งมีน้ำรวมอยู่ด้วย (Natural hydrated sulphate of calcium)

สูตรเคมี	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	32.6	เปอร์เซ็นต์
	ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	46.5	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H ₂ O)	20.9	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	1.5-2.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.35	
	ดัชนีหักเหของแสง	1.53	

ปกติยิปซัมจะเกิดเป็นก้อนแต่มีรูปแบบเฉพาะตัวเป็นที่รู้จักกันเช่น แร่เซเลไนต์ (Selenite) เป็นผลึกใส อะลาบาสเตอร์ (Alabaster) มีลักษณะเป็นก้อนและมีลาย ส่วนชาตินสปาร์มีลักษณะเป็นเส้นใย

แร่แอนไฮไดรต์ (Anhydrite CaSO_4) คือแคลเซียมซัลเฟตที่ไม่มีน้ำ

1. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ โดยทั่วไปได้กำหนดไว้ดังนี้

แคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ต่ำสุด	96.0	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	32.4	เปอร์เซ็นต์
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	46.42	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.02	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	0.40	เปอร์เซ็นต์
คลอรีน (Cl)	0.11	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Free water)	0.2	เปอร์เซ็นต์
อนูนของน้ำในเนื้อแร่ (Combined water)	20.15	เปอร์เซ็นต์

2. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมของสาธารณรัฐเกาหลี

2.1 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมบริสุทธิ์ตามมาตรฐานของสาธารณรัฐเกาหลี (Korean Industrial Standard : KS L9005-76)

แร่ยิปซัมบริสุทธิ์ (refined gypsum) เป็นแร่ยิปซัมที่ทำให้บริสุทธิ์จากยิปซัมที่ปนผลพลอยได้จากการผลิตกรดฟอสฟอริก และเรียกยิปซัมชนิดนี้ว่า refined gypsum from phosphate ซึ่งนำไปใช้เป็นสารหน่วงการก่อตัวสำหรับปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ (a setting retarder for Portland cement)

เปอร์เซ็นต์

ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) ต่ำสุด	38.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	40.0
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) สูงสุด	1.5
สารละลายฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (Soluble P_2O_5) สูงสุด	0.1
ความชื้น (H_2O^- : Free water) สูงสุด	10.0
อนูนของน้ำในเนื้อแร่ (H_2O^+ : Chemically combined water) ต่ำสุด	16.0
กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) สูงสุด	0.1



2.2 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมเคมีที่ผลิตได้ของสาธารณรัฐเกาหลี แบ่งออกเป็น 4 ชนิด

เปอร์เซ็นต์

	G-O	G-3	G-6	G-T
ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	94.2	89.7	94.4	87.3
ซิลิกา (SiO_2)	3.2	7.6	3.7	6.3
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.9	1.8	0.6	1.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.1	เล็กน้อย	0.1	0.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	30.3	28.8	30.1	31.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย	เล็กน้อย
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.23	0.51	0.06	0.09
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.03	0.05	0.01	0.05
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	43.8	41.7	43.9	40.6
สารละลายฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (Soluble P_2O_5)	0.63	0.44	0.31	0.10
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ทั้งหมด (Total P_2O_5)	0.71	0.58	0.49	0.83
ฟลูออรีน (F)	0.75	1.76	0.54	0.49
น้ำ 2 โมเลกุล ($2 \text{H}_2\text{O}$)	19.6	16.9	19.9	18.3

หมายเหตุ 1. ชนิด G-O, G-3, G-6 เป็นยิปซัมเคมีธรรมดา

2. ชนิด G-T เป็นยิปซัมเคมีที่ Refined แล้ว

2.3 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมธรรมชาติตามที่เกาหลีต้องการซื้อ

เปอร์เซ็นต์

ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ต่ำสุด	94.0
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สูงสุด	0.1
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	3.0
ขนาด 2-3 ซม. (Size 2-3 cm) ต่ำสุด	60.0
ผ่านตะแกรงขนาด 50 เมช (Powder over 50 mesh) สูงสุด	40.0



3. คุณสมบัติของแร่ยิปซัมตามมาตรฐานของอินเดีย (Indian Standard IS : 1290-1973)

แบ่งออกเป็น 4 เกรด

เปอร์เซ็นต์โดยมวล

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
แคลเซียมซัลเฟต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	ต่ำสุด 96.0	85.0-90.0	ต่ำสุด 85.0	70.0-75.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	0.5	1.0	1.5	3.0
ความชื้น (Free water)	1.0	-	1.0	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) สูงสุด	1.0	-	3.0	-
ซิลิกาและสารที่ไม่ละลายน้ำ (SiO_2 and other insoluble matter) สูงสุด	0.7	6.0	6.0	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) และอะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	0.1	1.5	1.0	-
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สูงสุด	0.01	0.003	0.1	0.5

เกรด 1 สำหรับอุตสาหกรรมศัลยกรรมตกแต่ง (for surgical plaster)

เกรด 2 สำหรับอุตสาหกรรมแอมโมเนียมซัลเฟต (for ammonium sulphate industry)

เกรด 3 สำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (for pottery industry)

เกรด 4 สำหรับอุตสาหกรรมซีเมนต์ (for cement industry)

4. คุณสมบัติของแร่ยิปซัมที่อินเดียต้องการ

ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	ต่ำสุด	97	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H_2O)	ต่ำสุด	3	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (size)	ต่ำสุด	1/4-3	นิ้ว



5. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมของไต้หวัน

5.1 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมตามมาตรฐานทั่วไป

(จากสำนักงานมาตรฐานสินค้า กระทรวงเศรษฐกิจ ไต้หวัน)

5.1.1 มาตรฐานเป็นส่วนผสมทางเคมีของ $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

5.1.2 ขนาด อาจเป็นผงหรือก้อนแล้วแต่การตกลงระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

5.1.3 ส่วนผสม เกรด 1 ต้องมีส่วนผสม $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ต่ำสุด 95 เปอร์เซ็นต์

เกรด 2 ต้องมีส่วนผสม $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ต่ำสุด 85 เปอร์เซ็นต์

เกรด 3 ต้องมีส่วนผสม $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ต่ำสุด 75 เปอร์เซ็นต์

(เปอร์เซ็นต์นับจากปริมาณน้ำหนักที่ไม่มีน้ำผสม) นอกนั้นตามข้อตกลงระหว่างผู้ซื้อและ

ผู้ขาย

5.1.4 สี ควรเป็นสีขาว หรือสีเทาขาว

5.2 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่บริษัทต่างๆ ในไต้หวันรับซื้อ

	Asia Cement Corporation (เปอร์เซ็นต์)	Chien Tai Cement Co., Ltd. (เปอร์เซ็นต์)	Taiwan Cement Corporation (เปอร์เซ็นต์)
ยิปซัมบริสุทธิ์ ต่ำสุด	96	95	96
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	3	2	4
ขนาด (size) สูงสุด	2x3 นิ้ว	3x3 นิ้ว	2x2 นิ้ว

6. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมของญี่ปุ่น

6.1 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมตามมาตรฐานของญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standard : JIS R 9151-1979) แร่ยิปซัมธรรมชาติสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมซีเมนต์ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด

ชนิดที่ 1 : ซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ (SO_3) ต่ำสุด 30 เปอร์เซ็นต์

ชนิดที่ 2 : ซัลเฟอร์ไดรอกไซด์ (SO_3) ต่ำสุด 25 เปอร์เซ็นต์

6.2 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่ญี่ปุ่นต้องการใช้

เปอร์เซ็นต์

	Cement Natural gypsum	Mold of ceramics Calcined gypsum	Plater (Calcined gypsum)	
			Undercoating	Final coating
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ต่ำสุด	25	-	40	44
กำมะถัน (S) สูงสุด	3	-	-	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	-	0.1	-	-
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	5	-	-	-
น้ำ (H ₂ O) ต่ำสุด	-	-	18	24
ไพไรต์ (FeS ₂) สูงสุด	-	-	0.4	0.2
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Foreign matters)	-	น้อยที่สุด	-	-
ขนาด (Size) สูงสุด	2 นิ้ว	-	-	-

7. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่ผลิตได้ของออสเตรเลีย จากแหล่งทางภาคตะวันตกซึ่งมีแหล่งผลิต 2 กลุ่มคือ

1. Lake deposits
2. Barred-basin deposits อ่าว Shark Bay

	Lake deposits	Barred-Basin deposits	
CaSO ₄ .2H ₂ O ต่ำสุด (%)	96	96-97	
เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) (%)	0.08	0.2-0.8	
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Other impurities)	ซิลิกา (SiO ₂)	แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	
ความละเอียด-หยาบของแร่		coarse สูงสุด 50 มม.	fine -0.85+0.1 มม.

8. คุณลักษณะของแร่แอนไฮไดรต์ (Anhydrite) ที่ผลิตได้ของเยอรมันตะวันออก

แคลเซียมซัลเฟต (CaSO₄) 96.6 เปอร์เซ็นต์



9. คุณลักษณะของแร่ยิปซัมของประเทศไทย

9.1 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.595-2528)

ยิปซัม (gypsum) หมายถึง แร่หรือสารที่มีแคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 ยิปซัมแบ่งออกเป็น 4 ชั้นคุณภาพ ดังนี้

	เปอร์เซ็นต์			
	ชั้นคุณภาพที่ 1	ชั้นคุณภาพที่ 2	ชั้นคุณภาพที่ 3	ชั้นคุณภาพที่ 4
แคลเซียมซัลเฟตไดไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) ต่ำสุด	95.0	90.0	80.0	70.0
ซิลิกา (SiO_2) และสารที่ไม่ละลายอื่นๆ สูงสุด	1.0	3.0	-	-
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	0.3	0.3	-	-
อัลคาไลที่ละลายน้ำได้ (เทียบเป็น Na_2O) สูงสุด	0.2	0.2	-	-
คลอไรด์ (เทียบเป็น NaCl) สูงสุด	0.2	0.2	-	-

9.2 คุณลักษณะของปูนยิปซัมสำหรับการก่อสร้างตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม (มอก.188-2519)

ปูนยิปซัมแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1. ปูนปลาสเตอร์ (Plaster of Paris) หมายถึง แคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$) ที่ไม่ได้เติมสารหน่วงการก่อตัว (retarder of set)

2. ปูนยิปซัมเฮมิไฮเดรตก่อตัวช้า (Retarded hemihydrate) หมายถึง สารแคลเซียมซัลเฟตเฮมิไฮเดรต ซึ่งเติมสารหน่วงการก่อตัว แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

2.1 ปูนยิปซัมรองพื้น (undercoat plaster)

2.2 ปูนยิปซัมฉาบหน้า (final coat plaster)

3. ปูนยิปซัมแอนไฮดรัส (anhydrous gypsum plaster) หมายถึง ปูนยิปซัมที่ส่วนใหญ่ประกอบด้วยแอนไฮดรัสแคลเซียมซัลเฟต (CaSO_4) ซึ่งผลิตโดยวิธีใช้ความร้อนไล่น้ำจากยิปซัม

4. ปูนยิปซัมกิน (Keene's plaster) หมายถึง ปูนยิปซัมแอนไฮดรัสซึ่งมีลักษณะเฉพาะ คือสามารถนำมาฉาบให้เป็นผิวเรียบต่อเนื่องกันได้โดยง่าย ทั้งนี้เนื่องจากปูนยิปซัมชนิดนี้ค่อยๆ ก่อตัว

คุณลักษณะทางเคมี

เปอร์เซ็นต์

	ประเภท 1	ประเภท 2 ชนิด ก และชนิด ข	ประเภท 3	ประเภท 4
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ต่ำสุด	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃	2/3 ของ SO ₃
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O) และ แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	0.6	0.6	0.6	0.6
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ต่ำสุด	35.0	35.0	40.0	47.0
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สูงสุด	0.2	0.2	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) ต่ำสุด	4.0	4.0	-	-
สูงสุด	9.0	9.0	3.0	2.0

หมายเหตุ สำหรับประเภท 2 ชนิด ก ขณะจำหน่ายจะต้องมีไลม์ (lime) ในรูปของแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (Ca(OH)₂) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 3 ของน้ำหนัก

9.3 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่ส่งออกจำหน่ายของประเทศไทย

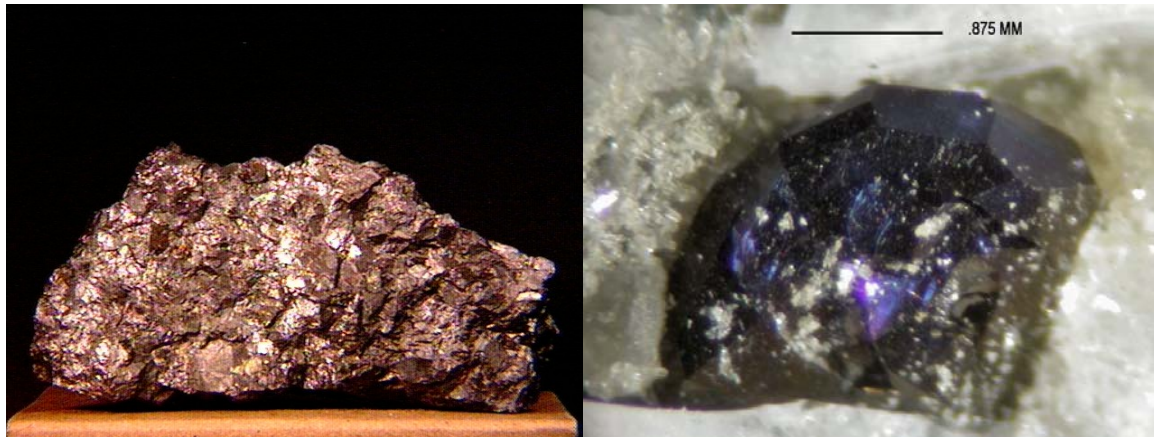
แคลเซียมซัลเฟตที่มีน้ำรวมอยู่ด้วย (CaSO ₄ ·2H ₂ O) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น สูงสุด	3	เปอร์เซ็นต์

9.4 คุณลักษณะของแร่ยิปซัมที่ผลิตได้ของประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	จ.สุราษฎร์ธานี	จ.นครศรีธรรมราช
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	30.27-34.10	31.50-32.39
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	43.60-45.68	44.64-44.92
อนูของน้ำในเนื้อแร่ (Combined water)	17.03-20.03	18.95-20.03

อิลเมนไนต์ (Ilmenite)



1. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย P.W.Gillibrand Co.

ในแคลิฟอร์เนียจากแหล่ง Oak Springs alluvial

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	48.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	38.0	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.5	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.2	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.8	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	2.2	เปอร์เซ็นต์

2. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในโมซัมบิก ผลิตโดย Kenmare Resources

เปอร์เซ็นต์

	Sulphate ilmenite	Standard ilmenite
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	53.7	57.5
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.47	0.7
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.09	0.43
ซิลิกา (SiO ₂)	0.60	0.64
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	24.70	32.5
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	17.40	8.3

3. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในนอร์เวย์ ผลิตโดย Titania A/S จากเหมืองหาบ Tellnes
เป็นแหล่งทางฝั่งทะเลตะวันตกเฉียงใต้ของนอร์เวย์

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)		44-45	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)		2-3.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)		34.5-35.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)		12-13	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)		0.25-0.32	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)		0.29-0.32	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)		0.15-0.2	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)		3.5-5.1	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	สูงสุด	0.03	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	สูงสุด	0.08	เปอร์เซ็นต์
กำมะถันอยู่ในรูปของซัลไฟด์ (S as sulphide)	สูงสุด	0.25	เปอร์เซ็นต์
C Fat content	สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe total)		34.5-36.5	เปอร์เซ็นต์
นิกเกิล (Ni)	สูงสุด	200	ส่วนในล้านส่วน
ทองแดง (Cu)	สูงสุด	15	ส่วนในล้านส่วน
โคบอลต์ (Co)	สูงสุด	200	ส่วนในล้านส่วน
สังกะสี (Zn)	สูงสุด	200	ส่วนในล้านส่วน
ปรอท (Hg)	สูงสุด	0.01	ส่วนในล้านส่วน
แคดเมียม (Cd)	สูงสุด	0.1	ส่วนในล้านส่วน
ตะกั่ว (Pb)	สูงสุด	5	ส่วนในล้านส่วน
ยูเรเนียม (U)	สูงสุด	1	ส่วนในล้านส่วน
ทอเรียม (Th)	สูงสุด	2	ส่วนในล้านส่วน

4. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ในออสเตรเลีย

4.1 แร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

เปอร์เซ็นต์

ผู้ผลิต	Tiwest	Cable	Westralian	CRL	ISK	RGC
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	61.0	54.6	54-56	50-51	60	55.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	32.5	16.8	18-24	32-34	30	28.9
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	3.6	23.2	16-22	n.a.	6.0	20.7
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.2	n.a.	0.5-0.8	0.59	0.80	1.3
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.11	0.04	0.5-0.8	0.27	0.05	0.03
ซิลิกา (SiO ₂)	0.85	0.70	0.4-0.7	0.46	0.40	0.85
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.14	0.035	0.02-0.04	n.a.	0.014	0.03
ยูเรเนียม+ทอเรียม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	140	สูงสุด 85	130-140	20	210	สูงสุด 70

Tiwest : Tiwest Sales Pty Ltd เป็นบริษัทผู้ส่งออกแร่ไทเทเนียมจากแหล่ง Munbinea Shoreline,

Western Australia

Cable : Cable Sands (W.A.) Ltd. จากแหล่ง Bunbury, Western Australia

Westralian : Westralian Sands Ltd. จากแหล่ง Capel, Western Australia

CRL : Consolidated Rutile Ltd จากแหล่ง North Stradbroke Island, Queensland

ISK : ISK Minerals Pty Ltd จากแหล่ง Waroona and Capel, Western Australia

RGC : RGC Mineral Sands Ltd จากแหล่ง Eneabba, Western Australia

4.1 แร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตโดย Westralian Sands Limited

ผลิตแร่อิลเมนไนต์เกรดซัลเฟต (Sulphate grade) โดยมีเครื่องหมายการค้าว่า Yoganup และมีแหล่งที่ Capel, Western Australian

การรับประกันคุณภาพแร่ (Guarantees)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	55.00	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃) สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์



ส่วนประกอบทางเคมี (Typical Chemical Analysis)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	55-58	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	10-16	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	25-30	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	1.3-1.5	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.03-0.04	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.15-0.25	เปอร์เซ็นต์
ไนโอเบียมเพนตอกไซด์ (Nb ₂ O ₅)	0.15-0.17	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.4-0.7	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.03-0.05	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	0.4-0.7	เปอร์เซ็นต์
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.1-0.2	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.01-0.02	เปอร์เซ็นต์
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	0.01-0.02	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)		
ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส	0.2-0.4	เปอร์เซ็นต์
Untackable TiO ₂	0.3-0.6	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกายภาพ (Typical Physical Data)

ความหนาแน่น (Bulk Density)	2,500 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	4.4



5. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในประเทศอินเดีย

ผลิตโดย Indian Rare Earths Ltd. (IRE) โดยส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นและยุโรปตะวันตกรวมทั้งกลุ่มประเทศสแกนดิเนเวีย

เปอร์เซ็นต์

	Q ilmenite	MK ilmenite	OR ilmenite
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	60.0	55.0	50.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	25.5	18.9	12.76
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.4	0.06	0.01
ซิลิกา (SiO ₂)	0.9	0.90	0.8
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.2	0.12	0.03
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.1	0.8	0.6

เกรด Q เป็นแร่จากแหล่ง Chavara ตำบล Quilon รัฐ Tamil Nadu

เกรด MK เป็นแร่จากแหล่ง Manavalakurichi ตำบล Kanyakumari รัฐ Tamil Nadu

เกรด OR เป็นแร่จากแหล่ง Chatrapur ใน Ganjam region รัฐ Orissa

6. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ที่ผลิตได้ในประเทศมาเลเซีย

เป็นแร่อิลเมนไนต์ที่เป็นผลพลอยได้จากการผลิตแร่ดีบุก และส่งออกโดยแบ่งออกเป็น 3 เกรด ดังนี้

เปอร์เซ็นต์

	เกรด A	เกรด B	เกรด C
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	27	16	12
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	52	56	60

7. คุณลักษณะของแร่อิลเมไนต์ที่ผลิตได้ในศรีลังกา

ผลิตโดย Ceylon Mineral Sands Corp. (CMSC) และส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น และสหรัฐอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	Ilmenite	Hi Ti ilmenite
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	52.32	61.95
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	21.99	n.a.
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.38	1.57
ซิลิกา (SiO ₂)	1.18	0.57
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.05	0.47
วานเนียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.17	0.39
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.19	0.35

8. คุณลักษณะของแร่อิลเมไนต์ของแอฟริกาใต้

8.1 คุณลักษณะของแร่อิลเมไนต์ที่ผลิตได้

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	50.5	46.6	41.6
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	38.2	39.51	34.1
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	9.2	9.11	19.7
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.2	0.10	0.0
วานเนียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.12	2.76	0.92

1. Ilmenite concentrate, Umgababa, Natal
2. Ilmenite concentrate, Isipingo, Natal
3. Ilmenite fraction, vanrhynsdorp District, Cape Province



8.2 คุณลักษณะของ RB slag ซึ่งใช้แร่อิลเมนไนต์โดยผ่าน Chloride process

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	85	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) สูงสุด	25	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	0.15	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	1.3	เปอร์เซ็นต์
โครเมียมออกไซด์ (Cr ₂ O ₃) สูงสุด	0.3	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.6	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	2.5	เปอร์เซ็นต์

9. คุณลักษณะของแร่อิลเมนไนต์ ที่ผลิตได้ในบราซิล

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	58.5	61.6	55.6	38.9	66.5	70.5	79.3	69.0	75.2
เฟอร์ไรต์ออกไซด์ (FeO)	35.4	32.0	36.6	-	26.2	24.6	19.8	30.9	21.7
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)				44.2	1.8				
ซิลิกา (SiO ₂)	0.2	2.5		4.0	5.2				
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.9								
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.1								
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.5								
H ₂ O ⁻ ที่ 100 °C	0.1								
H ₂ O ⁺ ที่ 110 °C	2.7								

1. Ilmenite from coastal sand, รัฐ Sergipe
2. Ilmenite and rutile, Bom Jarin, รัฐ Minas Gerais
3. Ilmenite from Pissaguera, รัฐ Parana
4. Ilmenite from Sao Sebastiao, รัฐ Sao Paulo
5. Ilmenite and rutile, Anapolis, รัฐ Goias
6. Material from riverbed, Rio Grande, รัฐ Minas Gerais
7. Ilmenite and rutile, Santa Guiteria, รัฐ Ceara
8. Ilmenite and rutile, Neopolis, รัฐ Sergipe



เหล็ก (Iron)



แร่เหล็ก (Iron ore) มีหลายชนิดได้แก่ แร่เหล็กออกไซด์และไฮดรอกไซด์ และมีปริมาณแร่
มลทินปนอยู่แตกต่างกัน แร่เหล็กออกไซด์ดังกล่าวคือ แมกนีไทต์ (Magnetite) ฮีมาไทต์ (Hematite) และ
เกอไทต์ (Goethite) หรือไลโมนาइट (Limonite) นอกจากนี้ยังมีแร่เหล็กคาร์บอเนต (siderite) และเหล็ก
ซัลไฟด์หรือไพไรต์ (Pyrite) แร่ 2 ชนิดหลัง ก่อนจะนำมาใช้งานต้องเผา (Calcined) เพื่อได้
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หรือ กำมะถัน (S) เสียก่อน

แร่ฮีมาไทต์ แมกนีไทต์และไลโมนาइटหรือเกอไทต์ อาจจะแยกออกเป็นชนิดโดยสีของมัน
คือ แร่แดง (Red ore) แร่ดำ (Black ore) และแร่สีน้ำตาล (Brown ore) ตามลำดับ บางครั้งแร่ซิดิไรต์
(Siderite) ก็อาจจะเรียกว่าแร่สีน้ำตาลก็ได้

ส่วนประกอบและคุณสมบัติทางกายภาพของแร่เหล็กต่างๆ

	Magnetite Fe_3O_4 เปอร์เซ็นต์	Hematite Fe_2O_3 เปอร์เซ็นต์	Limonite FeO.OH. $n\text{H}_2\text{O}$ เปอร์เซ็นต์	Goethite FeO.OH เปอร์เซ็นต์	Siderite FeCO_3 เปอร์เซ็นต์	Pyrite FeS_2 เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	72.4	70.0	60.0	63.0	48.3	46.6
ออกซิเจน (O)	27.6	30.0	-	27.0	-	-
น้ำ (H_2O)	-	-	10.0	10.0	-	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	-	-	-	-	37.9	-
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	-	-	-	-	62.1	-
กำมะถัน (S)	-	-	-	-	-	53.4
ความแข็ง	5.5-6.5	6	5-5.5	5-5.5	3.5-4	6-6.5
ความถ่วงจำเพาะ	4.9-5.2	4.9-5.3	3.6-4	4.37	3.83-3.88	4.9-5.2
สี	ดำ	แดง	น้ำตาลเข้ม	น้ำตาล เหลือง	น้ำตาลดำ	เหลืองอ่อน คล้ำ เหลืองทอง

1. คุณลักษณะของแร่เหล็กตามมาตรฐาน ASTM

(American Society for testing Material)

1.1 เหล็กออกไซด์สีดำสังเคราะห์ (Black synthetic iron oxede) ASTM D 769-81

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์รัสและเฟอร์ริกออกไซด์ทั้งหมด ($\text{Fe}_2\text{O}_3.\text{FeO}$ or Fe_3O_4) ต่ำสุด	93.0
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO) ต่ำสุด	20.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	0.5
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
ตกค้างบนตะแกรงขนาด 325 เมช สูงสุด	0.5
ค่าของความเป็นกรดหรือด่าง (Hydrogen ion concentration : pH value)	4.5-8.5



1.2 เหล็กออกไซด์สีแดงสังเคราะห์

(Synthetic red iron หรือ Anhydrous ferric oxide) ASTM D 3721-78

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์ริกออกไซด์ทั้งหมด (Fe_2O_3) ต่ำสุด	95.0
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สีจากสารอินทรีย์ (Organic coloring matter)	none
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	2.0
ตกค้างบนตะแกรงขนาด 325 เมช สูงสุด หรือ 45 ไมครอน สูงสุด	1.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	0.5

1.3 เหล็กออกไซด์สีเหลืองซึ่งมีน้ำ (Yellow iron oxide hydrated)

ASTM D 767-81

เฟอร์ริกออกไซด์และน้ำทั้งหมด ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) ต่ำสุด	93.0	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ทั้งหมด (Fe_2O_3) ต่ำสุด	83.0	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) สูงสุด	13.0	เปอร์เซ็นต์
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์
ตกค้างบนตะแกรงขนาด 325 เมช สูงสุด หรือ 45 ไมครอน สูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์
ค่าของความเข้มข้นกรดหรือด่าง (Hydrogen ion concentration : pH value)	4.5-8.0	

1.4 เหล็กออกไซด์สีน้ำตาลสังเคราะห์ (Synthetic brown iron oxide)

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0-10
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	83-98
คาร์บอนแบล็ค (Carbon black) สูงสุด	5.0
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สีจากสารอินทรีย์ (Organic coloring matter)	none
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) สูงสุด	2.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	0.5
ตกค้างบนตะแกรงขนาด 325 เมช สูงสุด หรือ 45 ไมครอน สูงสุด	1.0



1.5 เหล็กออกไซด์ธรรมชาติสีแดงและสีน้ำตาล

(Natural red and brown iron oxide) ASTM D 3722-78

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	70.0
ความชื้นและสารที่ระเหิดได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สีจากสารอินทรีย์ (Organic coloring matter)	none
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3) สูงสุด	2.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	2.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ : แมงกานีส สูงสุด	1.0
ดกค้ำบนตะแกรงขนาด 325 เมช สูงสุด หรือ 45 ไมครอน สูงสุด	2.0

2. คุณสมบัติของแร่เหล็กตามมาตรฐานของออสเตรเลีย

(Australian Commonwealth Engineering Standard Association. AS : K 61-1939)

2.1 เหล็กออกไซด์สีดำสำหรับทำสี (Black Oxide of Iron for paints)

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	90.0
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Coarse particles) สูงสุด	0.5
สารที่ระเหิดได้ (Volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	1.0
* แร่ที่เป็นกรดและด่าง (Mineral acid and alkali) สูงสุด	1.0

* แร่ที่เป็นกรดและด่าง เช่น กรดซัลฟูริก หรือ โซเดียมคาร์บอเนต (H_2SO_4 or Na_2CO_3)

2.2 เหล็กออกไซด์สีม่วงสำหรับทำสี

(Purple oxide iron for paints.) AS : K 62-1939

เปอร์เซ็นต์

เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	85.0
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Coarse particles) สูงสุด	0.5
สารที่ระเหิดได้ (Volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	1.5
แร่ที่เป็นกรดและด่าง (Mineral acid and alkali) สูงสุด	0.1



2.3 เหล็กออกไซด์สีแดงธรรมชาติใช้ทำสี

(Natural red oxide of iron for paints.) AS : K 59-1939

เปอร์เซ็นต์

ชนิด A เพอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	75.0
ชนิด B เพอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	65.0
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Coarse particles) สูงสุด	0.5
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter) สูงสุด	1.0
แร่ที่เป็นกรดและด่าง (Mineral acid and alkali) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	1.0
ปริมาณซัลเฟตที่ละลายได้ เช่น แคลเซียมซัลเฟต สูงสุด (Content of soluble sulphates : CaSO_4)	0.5
ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (Content of carbonates : CaCO_3) สูงสุด	5.0

2.4 เหล็กออกไซด์สีแดงที่ผลิตขึ้นสำหรับอุตสาหกรรมสี

(Manufactured red oxide of iron for paints.) AS : K 60-1939

เปอร์เซ็นต์

เพอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	95.0
สิ่งเจือปนอื่นๆ (Coarse particles) สูงสุด	0.5
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	1.0
แร่ที่เป็นกรดและด่าง (Mineral acid and alkali) สูงสุด	1.0
ปริมาณแคลเซียมซัลเฟตที่ละลายได้ เช่น แคลเซียมซัลเฟต สูงสุด (Content of soluble sulphates : CaSO_4)	1.5
ปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต (Content of carbonates : CaCO_3) สูงสุด	1.0

3. คุณลักษณะของแร่เหล็กตามมาตรฐานองค์การนานาชาติ

(International Organization for Standard : ISO/R 1248-1970.E)

องค์การนานาชาติได้กำหนดคุณลักษณะของเหล็กออกไซด์ที่ใช้ทำสีโดยจัดเป็นประเภท ดังนี้

- 3.1 แบ่งเป็นกลุ่มตามสี
- 3.2 แบ่งตามปริมาณเหล็กออกไซด์
- 3.3 แบ่งตามปริมาณสารที่ละลายน้ำได้ และปริมาณคลอไรด์และซัลเฟต ซึ่งแสดงในรูปไอออน Cl^- และ SO_4^{--}
- 3.4 แบ่งเป็นเกรดตามขนาดที่ตกค้างบนตะแกรง



3.1 และ 3.2 แบ่งเป็นกลุ่มตามสีและปริมาณเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3)

เปอร์เซ็นต์

Group	Category	Fe_2O_3 ต่ำสุด
Red	A	95.0
	B	70.0
	C	50.0
	D	10.0
Yellow	A	83.0
	B	70.0
	C	50.0
	D	10.0
Brown	A	87.0
	B	70.0
	C	30.0
Black	A	95.0
	B	70.0
Grey with metallic sheen	A	85.0

3.3 แบ่งตามปริมาณสารที่ละลายน้ำได้ และปริมาณคลอไรด์และซัลเฟต ซึ่งแสดงในรูปไอออน Cl^- และ SO_4^{--} ที่ละลายน้ำ

เปอร์เซ็นต์

	สารที่ละลายน้ำได้หลังจาก ที่ทำให้แห้งที่ 105°C	ไอออนคลอไรด์และไอออน ซัลเฟตที่ละลายน้ำได้ (Cl^- และ SO_4^{--})
Type 1 Red and brown only สูงสุด	0.3	0.1
Type 2 Red and brown	0.3-1.0	-
Yellow, black and grey สูงสุด	1.0	-
Type 3	1.0-5.0	-



3.4 แบ่งเป็นเกรดตามขนาดที่ตกค้างบนตะแกรง

เปอร์เซ็นต์

	ตกค้างบนตะแกรงขนาด 63 ไมครอน
เกรด 1 สูงสุด	0.01
เกรด 2	0.01-0.1
เกรด 3	0.1-1.0
เกรด 4 (สีเทาเท่านั้น)	5.0-15.0

4. คุณลักษณะของแร่เหล็กตามมาตรฐานทั่วไปสำหรับเหล็กออกไซด์เพื่อใช้ในอุตสาหกรรมสี

เปอร์เซ็นต์

	Red ochre	Yellow ochre	Sienna	Umber
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	75.0	50.0	40.0	45.0
ซิลิกา (SiO_2)	5.0	30.0	30.0	15.0
อะลูมินา (Al_2O_3)	5.0	5.0	15.0	10.0
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)	-	-	5.0	20.0

5. คุณลักษณะของเหล็กออกไซด์สำหรับการเจาะ

5.1 เหล็กออกไซด์ในรูปของก้อนแร่ที่เผาให้เข้มเกาะกัน เรียกว่า Fer-O-Bar

เปอร์เซ็นต์

เหล็กออกไซด์ในรูปของฮีมาไทต์ (Fe_2O_3)	85.0
ซิลิเกตของอะลูมิเนียม สังกะสี และแคลเซียม	15.0
ของแข็งละลายน้ำได้ (Water soluble solids) สูงสุด	0.1
*Earth metals ที่ละลายน้ำได้ สูงสุด	100 ppm

*Earth metals คือธาตุในกลุ่มที่ 3 ของตาราง Periodic เช่น Al



5.2 อีมาไทต์ ซึ่งเป็นแร่คัลไซต์ไมกา มีแหล่งกำเนิดที่บราซิล

ผลวิเคราะห์ทางเคมี (Chemical analysis)

เหล็ก (Fe)	66.5-67.5	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	2.5-3.6	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.4-0.7	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมไอออนที่ละลายได้ (Ca ⁺⁺ soluble) น้อยกว่า	200	ส่วนในล้านส่วน
กำมะถัน (S)	เล็กน้อย -0.02	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P)	0.01-0.06	เปอร์เซ็นต์
ทองแดง (Cu)	เล็กน้อย -0.01	เปอร์เซ็นต์
ความชื้นที่สูญหายไปที่อุณหภูมิ 105°C	8.0-9.5	เปอร์เซ็นต์
ปริมาณแมกนีไทต์	เล็กน้อย	

ผลวิเคราะห์ทางฟิสิกส์ (Physical analysis)

เล็กกว่า 200 เมช	97.0	เปอร์เซ็นต์
เล็กกว่า 325 เมช ต่ำสุด	80-85	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	5.0	
สี (เปียก)	สีเทา สีดำ	
สี (แห้ง)	สีน้ำตาล	
ความแน่นเมื่อมีความชื้น 8 เปอร์เซ็นต์	155	ปอนด์ ต่อ ลบ.ฟุต
ความแน่นเมื่อไม่มีความชื้น	143	ปอนด์ ต่อ ลบ.ฟุต



6. คุณสมบัติของแร่เหล็กชนิดแมกนีไทต์ (Fe_3O_4 , magnetite) ที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา ผลิตโดย Pea Ridge Iron Ore Co. ในรัฐ Missouri

คุณสมบัติทางเคมี

เหล็ก (Fe)	71.9	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ซิลิกา (SiO_2)	0.16	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.047	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.04	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.039	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.084	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.007	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.012	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
กำมะถัน (S)	0.015	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
แมงกานีส (Mn)	0.03	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ทองแดง (Cu)	0.01	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โครเมียม (Cr)	0.0025	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
นิกเกิล (Ni)	0.0045	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
โมลิบดีนัม (Mo)	0.001	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
ฟอสฟอรัส (P)	0.023	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

คุณสมบัติทางกายภาพ

Apparent bulk density (lbs/ft^3)	180
Specific gravity	5.0
BET Surface area (m^2/gm)	0.5
Moisture (%)	0.1
Screen size (% passing 325 mesh)	99.8



7. คุณสมบัติของแร่เหล็กที่ผลิตได้ในสเปน

7.1 ผลิตโดย Productos Minerales para la Industrial SA (Promindsa)

	Superfine red iron oxide	Micronised red iron oxide (Micronox)	High purity iron oxide (Ferrox)	
คุณสมบัติทางเคมี	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	81.0	81.0	97.5	
ซิลิกา (SiO ₂)	5.0	5.0	0.96	
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	2.279	2.279	0.030	
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.000	2.000	0.020	
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	2.500	2.500	0.933	
แมงกานีส (Mn)	0.060	0.060	0.038	
ฟอสฟอรัส (P)	0.026	0.026	0.019	
กำมะถัน (S)	0.005	0.005		
สารที่ละลายเกลือในน้ำ (Water-soluble salts)	0.130	0.130		
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	7.000	7.000	0.500	
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	8	8		
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	ไมครอน	%	ไมครอน	%
	50	100	10	100
	25	91.88	8	94.43
	15	89.77	6	90.24
	10	79.82	4	75.95
	5	60.61	2	42.81
	2	25.27	1	10.19
	1	5.49		
การดูดซึมน้ำมัน (Oil absorption), กรัม/ลบ.ซม.	15.6	19.5		
ความทึบ (Opacity), เปอร์เซ็นต์	97	99		
Tint strength, เปอร์เซ็นต์	68	100		



7.2 ผลิตภัณฑ์ Romero Hermanos SA เพื่อนำไปใช้สำหรับการป้องกันระบายสี (protective paint system)

เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	89-96	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	0.5	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.7	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.15	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.4	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1.4	เปอร์เซ็นต์

8. คุณลักษณะของแร่เหล็กที่ผลิตได้ในประเทศอังกฤษสำหรับการทำสีผลิตโดย (Via Gellia Colour Co., Ltd.

	Red oxide No.146M	Brown oxide No.381	Brown oxide No.369	Red oxide No.333	Umber B61
คุณลักษณะทางเคมี					
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)%	96.8	73.2	85.3	80.8	53.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)%					12.8
ซิลิกาและอะลูมินา($\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3$)%	2.3	1.8	2.5	9.49	12.8
สารละลายน้ำ (Water soluble)%	0.3	0.6	0.7	0.10	0.6
ความเป็นกรด-ด่าง (pH of extract) %	5.5	6.0	6.0	7.0	7.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)%	0.4	14.1	8.7	1.16	4.2
คุณลักษณะทางกายภาพ					
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	5.0	4.1	4.4	4.6	4.1
การดูดซับน้ำมัน (Oil absorption), กรัม/100 กรัม	24	33	40	17	55
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	สูงสุด 45 ไมครอน	0.1% มากกว่า 63 ไมครอน	0.2% มากกว่า 63 ไมครอน	0.2% มากกว่า 63 ไมครอน	0.5% มากกว่า 63 ไมครอน
ความหนาแน่น (Bulk density), กรัม/ลบ.ซม.	0.9	0.68	0.7	1.78	0.75

No.146M : High grade micronised synthetic red oxide

No.381 : Strong brown oxide mainly for concrete industry

No.369 : Mixed pigment to form a marigold colour

No.333 : Low cost natural iron oxide with variety of applications

B61 : Excellent natural oxide with a micronised grade (MB61) for paints, etc.



9. คุณสมบัติของเหล็กออกไซด์ที่ใช้หุ้มท่อส่งแก๊สหรือน้ำมันในทะเล

	คุณสมบัติที่ต้องการ	คุณสมบัติของแร่เหล็กเกรดสูง
ลักษณะของแร่	เป็นเหลี่ยม	เป็นเหลี่ยม
ความถ่วงจำเพาะ	4.5-5.1 (A)	4.5-5(A) หรือ 4.45-4.55 (SSD)
น้ำหนักเมื่อไม่มีความชื้น	ต่ำสุด 160 ปอนด์/ลบ.ฟุต	160-190 ปอนด์/ลบ.ฟุต
การดูดซึมน้ำได้	สูงถึง 4 เปอร์เซ็นต์ รับได้	1-3 เปอร์เซ็นต์
ปฏิกิริยาของความเปื่อยพัง	ไม่เป็นอันตราย	ไม่เป็นอันตราย
ปฏิกิริยาของซัลไฟด์	ถ้ามีเพียงเล็กน้อยรับได้	กำมะถันน้อยกว่า 0.01 เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	ต่ำสุด 65 เปอร์เซ็นต์	65-69 เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา+ซิลิกา ($Al_2O_3+SiO_2$)	สูงสุด 5 เปอร์เซ็นต์	0.8-4.5 เปอร์เซ็นต์
มลทินที่เป็นอันตราย	ไม่มี	ไม่มี

10. คุณสมบัติของแร่เหล็กตามมาตรฐานที่ซื้อขายในประเทศไทย

10.1 แร่เหล็กที่ใช้ในโรงงานถลุงของบริษัทปูนซีเมนต์ไทย

เหล็ก (Fe) ต่ำสุด	51	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	15	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.25	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์

10.2 แร่เหล็กที่ส่งขายประเทศญี่ปุ่นมีมาตรฐานดังนี้

เหล็ก (Fe) ต่ำสุด	59	เปอร์เซ็นต์
(ถ้าต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ไม่รับซื้อ)		
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	15	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As) สูงสุด	0.02	เปอร์เซ็นต์
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.03	เปอร์เซ็นต์
ความชื้นที่ 105°C สูงสุด	8	เปอร์เซ็นต์
ขนาดไม่เกิน 8 นิ้ว หรือ 200 มม.		
และแร่ขนาดเล็กกว่า 6 มม. ปั่นได้ไม่เกิน	25	เปอร์เซ็นต์

11. คุณสมบัติของเหล็กออกไซด์ที่ส่งเข้ามาในประเทศเพื่อใช้ทำสี (Natural Red Oxide)

เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) ต่ำสุด	80.0	เปอร์เซ็นต์
เกลือที่ละลายได้ในน้ำสูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์
คลอไรด์ที่ละลายได้ในน้ำสูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์
ความสามารถในการดูดซับน้ำมัน 12 gm.oil/100 gm.pigment		
ความถ่วงจำเพาะ	4.2	

ดินขาว (China clay or Kaolin)



China clay หรือ Kaolin หรือดินเกาเหลียง คือแร่ที่มีลักษณะเป็นดินสีขาว ซึ่งประกอบด้วยสารประกอบผลึกเล็กๆ ของแร่ Kaolinite

สูตรเคมี	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	ซิลิกา (SiO_2)	46	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)	40	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	14	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.0-2.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.6	
	จุดหลอมประมาณ	1,785°C	

เกรดในการค้าของดินขาวที่บริสุทธิ์ที่สุดมีส่วนประกอบเกือบใกล้เคียงกัน

1. คุณสมบัติของดินขาวตามมาตรฐาน ASTM

(American Society for Testing Materials)

1.1 สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตสี : ASTM D 603-91

	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	43-47
อะลูมินา (Al_2O_3)	37-40
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10-15
ความชื้นและสารที่ระเหิดได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ค้างบนตะแกรงมีขนาด 325 เมช สูงสุด	2.0



1.2 สำหรับใช้ในการผลิตสีขาว (White pigment) : ASTM D 603-91

(Reapproved 1979)

เปอร์เซ็นต์

	Ideal	Typical	Range	Maximum
อะลูมินา (Al_2O_3)	39.5	38.80	37-42 ^A	-
ซิลิกา (SiO_2)	46.54	45.40	43-48 ^B	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	-	0.3	-	0.50
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	-	1.50	-	2.00
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	0.10	-	0.20
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	-	0.10	-	0.30
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	-	0.10	-	0.20
ออกไซด์อื่น ๆ (Other oxides)	-	Trace	-	0.10
ความชื้น (Free Moisture ที่ 105°C)	-	-	-	1.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ 1,000°C (Loss on ignition 1,000°C)	13.96	13.8	-	15.0

A : ขอมให้อะลูมินา (Al_2O_3) มีได้สูงกว่าขีดต่ำสุด 5% สำหรับ AllophaneB : ขอมให้ซิลิกา (SiO_2) มีได้สูงกว่าขีดต่ำสุด 5% สำหรับ Quartz

2. คุณลักษณะของแร่ดินขาวที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3
อะลูมินา (Al_2O_3)	39.60	37.3-38.4	38.0
ซิลิกา (SiO_2)	45.40	44.9-45.3	45.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.42	0.27-0.61	1.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.66	1.35-1.75	2.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.06	0.03-0.25	0.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.04	0.2-0.3	0.1
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.21	0.2-0.35	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.07	0.04-0.10	0.2
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	13.77	13.4-13.8	14.0
ความขาวสว่าง (Brightness)	90-92		74
ความละเอียดหยาบของเม็ดดิน (Particles size distribution)			
- เล็กกว่า 2 ไมครอน	95		
- กากค้ำตะแกรงขนาด 325 เมช	0.005		99.8

1. สำหรับใช้เป็นตัวเคลือบในอุตสาหกรรมกระดาษ
2. สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมสี ผลิตโดยบริษัท Courtery Georgia Kaolin Co.
3. สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมยาง



3. คุณสมบัติของแร่ดินขาวที่ผลิตได้ในบราซิล

เปอร์เซ็นต์

	รัฐ Amapa (Amazon88, CADAM)	รัฐ Para (Capim, CVRD)	รัฐ Minas Gerais
ซิลิกา (SiO ₂)	45.1	44.5	44.96
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	37.75	37.9	39.37
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.90	0.77	0.34
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.10	1.85	0.10
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	-	-	0.10
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	-	0.24	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.10	-	0.06
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.10	-	0.34
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	13.85	-	14.7

CADAM หรือ Caulim da Amazonia SA เป็นผู้ผลิตดินขาวรายใหญ่ของบราซิล มีแหล่งแร่อยู่ที่ใกล้กับแม่น้ำ Jari รัฐ Amapa ทางตอนเหนือของบราซิล

CVRD หรือ Companhia Vale do Rio Doce เป็นผู้ประกอบการเหมืองแร่รายใหญ่ที่สุดของบราซิล มีโครงการพัฒนาแหล่งแร่ดินขาวที่แม่น้ำ Capim รัฐ Para ทางภาคเหนือของบราซิล

รัฐ Minas Gerais เป็นแหล่งแร่ทางภาคใต้ของบราซิล



4. คุณสมบัติของแร่ดินขาวที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

4.1 สำหรับเคลือบกระจก ผลิตจากแหล่ง Skardon River, Western coast of Cape York in Northern Australia

คุณสมบัติทางเคมี

เปอร์เซ็นต์

	ช่วง
ซิลิกา (SiO ₂)	43.1-46.3
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	36.1-38.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.8-1.2
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.8-2.1
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.02-0.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.05-0.2
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.1-0.3
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.1-0.4
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	11.9-15.2

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- | | | |
|--|------------|-------------|
| 1. ความละเอียดของเม็ดดิน (Particle size) | | |
| - ขนาดเล็กกว่า 5 ไมครอน | 99 | เปอร์เซ็นต์ |
| - ขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน | 92 | เปอร์เซ็นต์ |
| 2. ความขาวสว่าง (Brightness) ต่ำสุด | 87 หรือ 88 | เปอร์เซ็นต์ |
| 3. ความคม (Abrasion) AT1000 | 3.6 | มิลลิกรัม |



4.2 สำหรับเคลือบกระดาษ ผลิตจากแหล่ง Pittong, Victoria, Kaolin Australia (Pty) Ltd.

คุณลักษณะทางเคมี

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂)	46.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	38.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.57
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.81
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.06
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.20
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.12
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.11
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	13.9

คุณลักษณะทางฟิสิกส์

1. ความละเอียดของเม็ดดิน (Particle size)

- ขนาดเล็กกว่า 2 ไมครอน 60±3.0 เปอร์เซ็นต์
- ขนาดเล็กกว่า 10 ไมครอน 12 เปอร์เซ็นต์
- สารที่ล้างบนตะแกรงมีขนาด 300 เมช สูงสุด 0.05 เปอร์เซ็นต์

2. ความขาวสว่าง (Brightness) ที่ขนาด 458 ไมครอน 84.0±1.0 เปอร์เซ็นต์



5. คุณสมบัติของแร่ดินขาวเกรดต่างๆ ที่ผลิตได้ในตุรกี

เปอร์เซ็นต์

	Ceramic grade	Refractory grade	White Cement Grade A	White Cement Grade B
อะลูมินา (Al_2O_3)	35.5	35.5	28.0	17.0
ซิลิกา (SiO_2)	50.0	49.3	52.0	73.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.4	0.8	0.3	0.4
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.3	0.3	0.2	0.3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1	0.2	0.1	0.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.1	0.1	0.1	0.1
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.2	0.1	0.1	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.2	0.2	1.2	0.6
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	0.8	1.0	2.0	2.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	13.0	13.5	18.0	8.0

6. คุณสมบัติของแร่ดินขาวที่ใช้ทั่วไปในประทศอังกฤษสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา

เปอร์เซ็นต์

อะลูมินา (Al_2O_3)	37-39
ซิลิกา (SiO_2)	46-47
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.4-1.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	1
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	12.5
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	1.0-2.0



7. คุณลักษณะของดินขาวที่ผลิตได้ในนิวซีแลนด์ ผลิตโดย New Zealand China Clays Limited มีชื่อทางการค้าว่า Premium Halloysite ซึ่งมีชื่อเสียงเป็นที่ทราบกันทั่วไปว่า มีเหล็กและไทเทเนียมต่ำ นอกจากนี้ยังมีความขาวเป็นพิเศษและไม่ทึบ (translucency) เมื่อใช้ในการผลิต porcelain และ bone china ware

ซิลิกา (SiO ₂)	50.1	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	35.8	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.22	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.08	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.06	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.07	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.05	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.06	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ (Loss on ignition)	13.8	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Moisture)	3	เปอร์เซ็นต์
ความขาวสว่าง (El Repho Brightness)	90.8	(ต่ำสุด 88.5)

8. คุณลักษณะของแร่ดินขาวตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

8.1 แร่ดินขาวใช้ผสมทำกระดาษ (มอก.74-2529)

คุณลักษณะที่ต้องการ

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความขาวสว่าง ร้อยละไม่น้อยกว่า	80
2	กากที่ค้ำบนแรง 45 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	0.2
3	ความหยาบละเอียดของดินขาว	
	- ขนาดใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	30
	- ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	50
4	ความคมโดยวิธีแวลเลย์ มิลลิกรัม ไม่เกิน	40
5	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3
6	ความเป็นกรด-ด่าง ไม่เกิน	5.5

8.2 แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา (มอก.485-2526)

	เกณฑ์ที่กำหนด		
	คุณภาพที่ 1	คุณภาพที่ 2	คุณภาพที่ 3
1. กากที่ค้างบนแรงขนาด 45 ไมโครเมตร มีปริมาณร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.0	2.0	5.0
2. การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากการเผามีปริมาณร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	12.0	10.5	10.5
3. อะลูมินา (Al_2O_3) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่น้อยกว่า	36.0	30.0	30.0
4. ซิลิกา (SiO_2) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่น้อยกว่า	45.0	50.0	50.0
5. เหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.0	1.5	2.0
6. ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) โดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้งไม่เกิน	0.7	1.5	1.5
7. เหล็กออกไซด์และไทเทเนียมไดออกไซด์รวมกันโดยร้อยละของน้ำหนักอบแห้ง ไม่เกิน	1.5	2.75	3.0
8. การหดตัวเชิงเส้น (Linear shrinkage) ร้อยละไม่เกิน			
8.1 หลังจากอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส	7.5	7.5	7.5
8.2 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส	12.0	12.0	12.0
8.3 หลังเผาที่อุณหภูมิ 1,350 องศาเซลเซียส	15.5	15.5	15.5

หมายเหตุ การทดสอบการหดตัวหลังเผาอาจเลือกทดสอบที่อุณหภูมิ 1,200 องศาเซลเซียส หรือที่อุณหภูมิ 1,350 องศาเซลเซียส หรือที่ทั้งสองอุณหภูมิก็ได้

8.3 แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมสี (มอก.1058-2534)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด		
		คุณภาพที่ 1	คุณภาพที่ 2	คุณภาพที่ 3
1	ความหยาบละเอียด ร้อยละ ไม่น้อยกว่า - ขนาดเล็กกว่า 20 ไมโครเมตร - ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร - ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร	99.5 88 65	95 80 35	90 70 15
2	กากที่ค้ำงบนแรง 45 ไมโครเมตร (325 เมช) ร้อยละไม่เกิน	0.05	0.1	0.5
3	ความชื้น ร้อยละไม่เกิน	2		
4	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1,000 องศาเซลเซียส ร้อยละของน้ำหนัก อบแห้ง	10 ถึง 4		
5	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลาย ร้อย ละ 10 โดยน้ำหนัก	4.5 ถึง 9.5		
6	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	80	75	
7	การดูดซึมน้ำหนัก กรัมต่อดินขาว 100 กรัม	45 ถึง 55	40 ถึง 50	30 ถึง 45
8	สารที่ละลายในน้ำ ร้อยละไม่เกิน	0.5		

8.4 แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมยาง (มอก.1059-2534)

รายการ ที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด			
		ชั้นคุณภาพ ก1	ชั้นคุณภาพ ก2	ชั้นคุณภาพ ข1	ชั้นคุณภาพ ข2
1	ความหยาบละเอียด ร้อยละไม่น้อยกว่า ขนาดเล็กกว่า 10 ไมโครเมตร ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร	95 75		75 20	
2	ซิลิกาต่ออะลูมินา	ไม่เกิน 1.50/1.00	เกิน 1.50/1.00	ไม่เกิน 1.50/1.00	เกิน 1.50/1.00
3	กากที่ค้ำบนแรง ร้อยละ ไม่เกิน แรง 125 ไมโครเมตร แรง 45 ไมโครเมตร	0.01 0.1			
4	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	2			
5	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่ อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ร้อยละของ น้ำหนักอบแห้ง	10 ถึง 14	6 ถึง 14	10 ถึง 14	6 ถึง 14
6	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลาย ร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก	4.5 ถึง 9.5			
7	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ 27/27 องศา เซลเซียส	2.4 ถึง 2.8			
8	เหล็ก (คำนวณเป็น Fe_2O_3) ร้อยละ ไม่เกิน	2			
9	ทองแดง มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	50			
10	แมงกานีส มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	100			

8.5 แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมยาปราบศัตรูพืช (มอก.1060-2534)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	กากที่ค้ำบนแรง 45 ไมโครเมตร (325 เมช) ร้อยละ ไม่เกิน	0.5
2	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3.0
3	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	5.5 ถึง 7.5
4	ความหนาแน่นเชิงปริมาตร (bulk density) กรับนต่อลูกบาศก์เซนติเมตร	0.3 ถึง 0.4
5	สารหนู (คำนวณเป็น As_2O_3) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	10



8.6 แร่ดินขาวสำหรับอุตสาหกรรมปุ๋ย

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ซิลิกา ร้อยละไม่เกิน	60
2	กากที่ค้ำบนแรง 600 ไมโครเมตร (30 เมช) ร้อยละไม่เกิน	0.5
3	ความชื้น ร้อยละไม่เกิน	3
4	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	5.5 ถึง 7.5
5	สารหนู (คำนวณเป็น As_2O_3) มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ไม่เกิน	10

8.7 เกลือดินสำหรับใช้เคลือบกระดาช (มอก.1064-2534)

รายการที่	คุณลักษณะ	เกณฑ์ที่กำหนด
1	ความหยาบละเอียด ขนาดใหญ่กว่า 5 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน ขนาดเล็กกว่า 2 ไมโครเมตร ร้อยละ ไม่เกิน	5 80
2	ซิลิกาต่ออะลูมินา ไม่เกิน	1.20/1.00
3	กากที่ค้ำบนแรง 45 ไมโครเมตร (325 เมช) ร้อยละไม่เกิน	0.01
4	ความชื้น ร้อยละ ไม่เกิน	3
5	น้ำหนักที่สูญเสียเนื่องจากการเผาที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ร้อย ละของน้ำหนักอบแห้ง	10 ถึง 14
6	ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อทำเป็นสารละลายร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก	4.0 ถึง 7.5
7	ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ 27/27 องศาเซลเซียส	2.5 ถึง 2.9
8	ความขาวสว่าง ร้อยละ ไม่น้อยกว่า	85
9	ความคม โดยวิธีแวลเลย์ มิลลิกรัม ไม่เกิน	20
10	สารที่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก ร้อยละ ไม่เกิน	2.5
11	เหล็ก (คำนวณเป็น Fe_2O_3) ร้อยละ ไม่เกิน	0.7

9. คุณลักษณะของแร่ดินขาวที่ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษของโรงงานกระดาษ กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย

9.1 คุณลักษณะทางเคมี

	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	50.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	34.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.8
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.5
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.0
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.2

9.2 คุณลักษณะทางฟิสิกส์

ความขาวสว่าง (Brightness) ต่ำสุด	80.0	เปอร์เซ็นต์
ความละเอียดของเม็ดดิน (Fineness) ขนาด 325 เมช สูงสุด	0.2	เปอร์เซ็นต์
ความชื้น (Moisture) สูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	4-6	
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.5-2.6	
ดัชนีหักเหของแสง (Refractive index)	1.5-1.6	

10. คุณลักษณะของแร่ดินขาวล้างที่ผลิตได้ของประเทศไทย

	เปอร์เซ็นต์	
	อ.เวียงป่าเป้า จ.เชียงราย	จ.ระนอง
ซิลิกา (SiO ₂)	44.5	48.6
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	38.2	36.4
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.8	0.94
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.2	0.02
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1	0.08
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.8	2.0
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	-	0.19
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	14.2	11.73



คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ดินขาวล้างเวียงป่าเป้า

ค่าความคม (Abrasive value)	47.4	มิลลิกรัม
ความขาวสว่าง (Brightness)	80.0	เปอร์เซ็นต์
ขนาด (size) : -325 เมช	99.4	เปอร์เซ็นต์

2. ดินขาวระนอง

ขนาด (size) : -325 เมช	100	เปอร์เซ็นต์
การหดตัว (Volume drying shrinkage)	21	เปอร์เซ็นต์

11. คุณลักษณะของแร่ดินขาวที่ผลิตได้อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	แหล่งที่ 1		แหล่งที่ 2		
	ขนาด		ขนาด		
	200 mesh	325 mesh	200 mesh	250 mesh	325 mesh
ซิลิกา (SiO ₂)	65.29	62.40	61.7	53.9	51.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	19.80	21.46	25.8	29.9	32.1
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.36	1.34	1.5	1.3	1.5
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	7.31	8.09	4.38	5.49	5.73
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.97	1.27	0.83	1.27	1.16
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	สูงสุด 0.001	สูงสุด 0.001	0.73	0.62	0.95
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.16	0.20	0.64	0.72	0.36
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.04	0.03	-	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.04	5.02	4.31	6.25	6.56



ตะกั่ว (Lead)



แร่ตะกั่วที่สำคัญคือ ตะกั่วซัลไฟด์ ที่สำคัญรองลงมาคือ ตะกั่วคาร์บอเนต และตะกั่วซัลเฟต

1. ตะกั่วซัลไฟด์ (Galena)

สูตรเคมี	PbS	
ส่วนประกอบทางเคมี	Pb	86.6 เปอร์เซ็นต์
	S	13.4 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.5
	ความถ่วงจำเพาะ	7.4-7.6

2. ตะกั่วคาร์บอเนต (Cerussite)

สูตรเคมี	PbCO_3	
ส่วนประกอบทางเคมี	PbO	86.6 เปอร์เซ็นต์
	CO_3	13.4 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3-3.5
	ความถ่วงจำเพาะ	6.55

3. ตะกั่วซัลเฟต (Anglesite)

สูตรเคมี	PbSO_4	
ส่วนประกอบทางเคมี	PbO	73.6 เปอร์เซ็นต์
	SO_3	26.4 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3
	ความถ่วงจำเพาะ	6.2-6.4

คุณสมบัติของตะกั่วที่ซื้อขายในตลาดยุโรป

หัวแร่ตะกั่ว (Concentrate) มีตะกั่ว (Pb) 70-80 เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะของโลหะตะกั่วที่มีการซื้อขายในตลาดต่างๆ

ตลาดโลกและสหรัฐอเมริกา (World and US prices)

เป็นราคาจาก London Metal Exchange (LME) ซึ่งเป็นราคา Brands of standard lead

ตะกั่ว (Pb) ต่ำสุด 99.97 เปอร์เซ็นต์

ฝรั่งเศส

Lead, soft : ตะกั่ว (Pb) 99.9 เปอร์เซ็นต์

อิตาลี

Virgin Ingots : ตะกั่ว (Pb) 99.99 เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะของหัวแร่ตะกั่วของไทยที่ส่งออกต่างประเทศ

ตะกั่ว (Pb) ต่ำสุด 60 เปอร์เซ็นต์

สังกะสี (Zn) สูงสุด 7 เปอร์เซ็นต์

สารหนู (As) สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์

ปรอท (Hg) สูงสุด 100 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของแร่ตะกั่วแท่ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย
(มอก. 958-2533)

เปอร์เซ็นต์

ส่วนประกอบทางเคมี		ชั้นคุณภาพ			
		1	2	3	4
ทองแดง		สูงสุด 0.001	สูงสุด 0.001	สูงสุด 0.001	สูงสุด 0.001
พลวง	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
บิสมัท	สูงสุด	0.005	0.029	0.050	0.030
สังกะสี	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
เงิน	สูงสุด	0.002	0.002	0.002	0.002
ดีบุก	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
สารหนู	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
แคดเมียม	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
เหล็ก	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
กำมะถัน	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
นิกเกิลและโคบอลต์	สูงสุด	0.001	0.001	0.002	0.002
ตะกั่ว	สูงสุด	99.99	99.97	99.95	99.90

ลักษณะของแร่ตะกั่วคาร์บอนเนตที่ผลิตได้ในประเทศไทย จากคำบดชะแล อำเภอลำปาง จ.ลำปาง

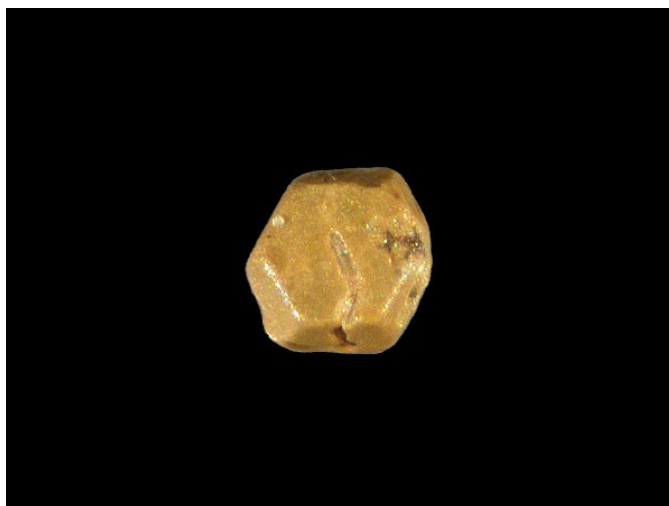
- แร่ดิบ (Crude ore)
ตะกั่ว (Pb) 8-9 เปอร์เซ็นต์
- แร่ล้าง (Pre-concentrate)
ตะกั่ว (Pb) 15-20 เปอร์เซ็นต์
- หัวแร่ (Concentrate)
ตะกั่ว (Pb) 60-65 เปอร์เซ็นต์
- ตะกั่วแท่งบริสุทธิ์ (Refined Pb) เกรดเอ
ตะกั่ว (Pb) 99.99 เปอร์เซ็นต์



คุณลักษณะของแร่ตะกั่วซัลไฟด์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย จากตำบลชะแล อำเภอลำทะเมนชัย จังหวัดกาฬสินธุ์

1.	แร่ดิบ (Crude ore)		
	ตะกั่ว (Pb)	8.8	เปอร์เซ็นต์
2.	แร่ล้าง (Pre-concentrate)		
	ตะกั่ว (Pb)	20	เปอร์เซ็นต์
3.	หัวแร่ (Concentrate)		
	ตะกั่ว (Pb)	65	เปอร์เซ็นต์
4.	หัวแร่ผสมตะกั่ว-สังกะสี (Mixed concentrate)		
	ตะกั่ว (Pb)	10.48	เปอร์เซ็นต์
	สังกะสี (Zn)	16.71	เปอร์เซ็นต์
	เหล็ก (Fe)	8.69	เปอร์เซ็นต์
	เงิน (Ag)	210	กรัม/ตัน
	ปรอท (Hg)	176	กรัม/ตัน

ฐโคชิน (Leucoxene)



1. คุณสมบัติของแร่ฐโคชินที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

เปอร์เซ็นต์

	Cable	Tiwest	RGC
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	90.0	85.0	89.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	2.3	10.0	4.9
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.09	n.a.	0.07
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	2.35	0.2-0.5	0.9
กำมะถัน (S)	0.015	0.02-0.03	0.02
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	n.a.	0.5-1.2	1.6
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	n.a.	0.13-0.15	0.16

Tiwest : Tiwest Sales Pty Ltd จากแหล่ง Munbinea, Western Australia

RGC : RGC Mineral Sands Ltd. จากแหล่ง South of Perth

Cable : Cable Sands (WA) Ltd มีแหล่งที่ Bunbury, Western Australia

2. คุณลักษณะของแร่ภูเก็ตตามมาตรฐานมาเลเซีย

	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	90.00
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	2.05
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0.60
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.55
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.70
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.04
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.17
ซิลิกา (SiO ₂)	0.96
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.07
กำมะถัน (S)	0.04
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.27
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.07
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.09
น้ำ (H ₂ O)	0.41

3. คุณลักษณะของแร่ภูเก็ตในประเทศไทย

3.1 คุณลักษณะของแร่ภูเก็ตสำหรับตลาดภายในประเทศ

	เปอร์เซ็นต์		
	Premium grade	Standard grade	Low grade
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	92.0	87.0	83.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	2.0	2.0	6.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	1.5	1.5	3.0
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂) สูงสุด	1.0	1.0	1.0

3.2 คุณลักษณะของแร่ภูเก็ตที่ผลิตได้ในประเทศ

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO₂) ต่ำสุด 90.0 เปอร์เซ็นต์



หินปูน (Limestone)



หินปูน (Limestone) หมายถึง หินชั้นหรือหินตะกอนที่ประกอบด้วยแคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) เป็นส่วนใหญ่

ส่วนประกอบของหินปูนโดยทั่วไป

แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	22-56	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0-21	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	3	เปอร์เซ็นต์
ความแข็ง	3	
ความถ่วงจำเพาะ	2.7	

1. คุณสมบัติของหินปูนตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials)

1.1 หินปูนสำหรับก่อสร้าง (Limestone Building Stone. ASTM C 568 (04.08)-91) แบ่งออกเป็น 3 เกรด

- I ความแน่นต่ำ (Low-density)
- II ความแน่นกลาง (Medium-density)
- III ความแน่นสูง (High-density)

	เกรด I	เกรด II	เกรด III
การดูดซึมโดยน้ำหนัก (Absorption by weight) สูงสุด	12%	7.5%	3.0%
ความแน่น (Density) : ปอนด์/ลบ.ฟุต (กิโลกรัม/ลบ.ม.) สูงสุด	110 (1,760)	135 (2,160)	160 (2,560)
แรงอัด (Compressive strength) : ปอนด์/ตร.นิ้ว ต่ำสุด	1,800	4,000	8,000
พิกัดแตกร้าว (Modulus of rupture) : ปอนด์/ตร.นิ้ว ต่ำสุด	400	500	1,000
ความต้านทานแรงขัด, ต่ำสุด, ความแข็ง (Abrasion resistance, min, hardness)	10	10	10

1.2 หินปูนใช้ทำวัตถุทนไฟตามมาตรฐาน ASTM

(American society for Testing Materials ASTM 1965 Part 13)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	41.32
ซิลิกา (SiO ₂)	14.11
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	4.16
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.63
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.19
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.39
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.71
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.16
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.15
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.038
คาร์บอน (C)	0.61
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	33.53
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	31.53



2. คุณสมบัติของหินปูนตามมาตรฐานอินเดีย (Indian Standard)

2.1 หินปูนใช้สำหรับงานการหล่อโลหะ (foundry. IS : 4140-1967) แบ่งออกเป็น 2 เกรด

เปอร์เซ็นต์

	เกรด I	เกรด II
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ต่ำสุด	50.0	45.0
สารที่ไม่ละลายในกรดเกลือ (Matter insoluble in HCl) สูงสุด	5.0	8.0
ซิลิกา+อะลูมินา+เฟอร์ริกออกไซด์ ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) สูงสุด	7.0	10.0
กำมะถัน+ฟอสฟอรัส (S+P)	trace	trace

2.2 หินปูนใช้ในอุตสาหกรรมเคมี (IS : 3204-1965) แบ่งออกเป็น 4 เกรด

เกรด I เหมาะสำหรับการทำผงฟอกสี (bleaching-powder) น้ำยาฟอกสี (bleach liquor) ใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า (Textiles)

เกรด II เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานผลิตโซดาแอส (Soda ash) โซดาไฟ (Caustic soda)

เกรด III เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ (Calcium Carbide)

เกรด IV เหมาะสำหรับใช้ในโรงงานผลิตน้ำตาล

เปอร์เซ็นต์

	เกรด I	เกรด II	เกรด III	เกรด IV
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ต่ำสุด	54.0	53.0	54.0	50.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	2.0	1.0	0.8	1.0
แมงกานีสออกไซด์ (Mn ₂ O ₃) สูงสุด	0.06	-	-	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ต่ำสุด	42.0	42.0	42.0	41.0
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	0.75	-	1.0	2.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.15	-	0.25	-
กำมะถัน (S) สูงสุด	-	-	0.1	-
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	-	-	0.01	-
อะลูมินา + เฟอร์ริกออกไซด์ (Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃) สูงสุด	-	-	0.5	1.5
ซิลิกา+อะลูมินา+เฟอร์ริกออกไซด์ (SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃) สูงสุด	-	3.0	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) สูงสุด	46.0	46.0	46.0	44.0

2.3 หินปูนและโดโลไมต์ที่เหมาะสมสำหรับผลิตแก้ว (IS : 997-1973)

เปอร์เซ็นต์

แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ต่ำสุด	53.0
แคลเซียมออกไซด์+ แมกนีเซียมออกไซด์ (CaO+MgO) ต่ำสุด	54.5
ซิลิกา (SiO ₂)	2.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) ก. แคลไซต์หรือหินอ่อน สูงสุด	0.05
ข. หินปูน สูงสุด	0.1
ค. โดโลไมต์ สูงสุด	0.15



3. คุณสมบัติของหินปูนสำหรับใช้ทำขอสลักตามมาตรฐานออสเตรเลีย

(Australian Standard. AS : K24-1927)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่ำสุด	90.0
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) สูงสุด	3.0
สารที่ระเหยได้ (Volatile matter) สูงสุด	3.0
วัตถุหยาบ (Coarse particles) สูงสุด	1.5

4. คุณสมบัติของหินปูนสำหรับใช้ทำแวนตาตามมาตรฐานอังกฤษ

(British Standard. BS : 3108-1959)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) ต่ำสุด	55.2
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่ำสุด	98.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.035
สารที่ไม่ระเหย ซิลิกา และสารที่ไม่ละลายในกรดเกลือ (Non-Volatile matter, SiO_2 , insoluble in HCl) สูงสุด	1.0
สารอินทรีย์ (Organic matter) สูงสุด	0.1
มลทินต่างๆ เช่น แมงกานีส ตะกั่ว กำมะถันและฟอสฟอรัส (Impurities such as Mn, Pb, S, P)	0.1
อะลูมินาและแมกนีเซียมออกไซด์ (Al_2O_3 and MgO)	ตกลงกันเองระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย

5. คุณสมบัติของหินปูนที่ผลิตได้ในฝรั่งเศส สำหรับใช้ในการผลิต Calcium aluminate cements (CAC)

	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	55.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.2
ซิลิกา (SiO_2)	0.4
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.2
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.5
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	43.0



6. คุณลักษณะของหินปูนที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ ผลิตโดย Umzimkulu Lime (Kulu) ซึ่งเป็นฝ่ายอุตสาหกรรมแร่ของบริษัท Anglo Alpha Ltd มีแหล่งใน Natal

ผลิตหินปูนโดยใช้ชื่อในเชิงพาณิชย์ว่า Kulubrite ผลิต 3 เกรด คือ Kulubrite 1, Kulubrite 5 และ Kulubrite 10 ซึ่งนำไปใช้ทำสี พลาสติก ใยแก้ว ยาง กาว เครื่องอุด วัสดุสำหรับขัดด้านหลังของพรมและเซรามิก

เปอร์เซ็นต์

	Kulubrite 10
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)	95.0
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3)	4.0
ซิลิกา (SiO_2)	0.2
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.05
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	10 ไมครอน

7. คุณลักษณะของหินปูนสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์และใช้เป็น Flux

เปอร์เซ็นต์

	แคลเซียมคาร์ไบด์	Flux
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่ำสุด	97.0	95.06
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) สูงสุด	0.5	-
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	1.2	1.73
อะลูมินา + เฟอร์ริกออกไซด์ ($\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$) สูงสุด	0.5	0.70
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.004	0.02
กำมะถัน (S) สูงสุด	เล็กน้อย (trace)	0.049
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3)	-	0.54

8. คุณสมบัติของหินปูนบริสุทธิ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมเคมีบางอย่าง

เปอร์เซ็นต์

	สีทาบ้ำน, สีรองพื้น	อุตสาหกรรมยาง
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)	99.75	99.72
ซิลิกา (SiO_2)	0.09	0.09
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.02	0.02
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.02	0.02
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	trace	trace
แมงกานีส ทองแดง (Mn, Cu)	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	43.34	43.34
ความชื้น (Moisture)	0.1-0.2	สูงสุด 0.1
ซัลเฟต (SO_4)	-	0.06

9. คุณสมบัติของหินปูนที่ใช้ผลิตปูนขาว

คุณสมบัติทางเคมี

คุณสมบัติทั่วไปมี CaCO_3 ไม่น้อยกว่า	90	เปอร์เซ็นต์
แต่ที่ดีควรมี CaCO_3	97-98	เปอร์เซ็นต์
และมี MgCO_3 ไม่เกิน	5	เปอร์เซ็นต์
สำหรับผลิตปูนไฮดรอลิกมีแคลเซียมสูงต้องมีมลทินน้อยกว่า	3	เปอร์เซ็นต์
สำหรับผลิตปูนไฮดรอลิกที่มีแมกนีเซียมสูง ต้องมี MgCO_3 ไม่น้อยกว่า	40	เปอร์เซ็นต์
และมีมลทินอื่นไม่เกิน	3	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

ขนาด ขึ้นอยู่กับเทคนิคของการผลิต แต่ต้องไม่ละเอียดเกินไปและเป็นหินที่มีเนื้อแน่นไม่เป็นผลึกจะได้ไม่แตกตัวเวลาเผา



10. คุณลักษณะของหินปูนที่ผลิตได้ของประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	High industrial (Saraburi)	Cement Grade
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	55.0	ต่ำสุด 46.0
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	98.0	ต่ำสุด 82.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.32	สูงสุด 1.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.06	-
ซิลิกา (SiO ₂)	0.08	-
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.07	สูงสุด 5.0
โซเดียมออกไซด์ + โพแทสเซียมออกไซด์ (Na ₂ O+K ₂ O)	-	สูงสุด 0.6
กำมะถัน (S)	-	สูงสุด 4.0
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	-	สูงสุด 0.4

11. คุณลักษณะของหินปูนที่ใช้ในการผลิตปูนซีเมนต์ในประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	95-99
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	1.0

แมกนีไซต์ (Magnesite)



แร่แมกนีไซต์หมายถึง แมกนีเซียมคาร์บอเนต

สูตรเคมี	MgCO_3		
ส่วนประกอบทางเคมี	MgO	47.8	เปอร์เซ็นต์
	CO_2	52.2	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3.5-5	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.0-3.2	
	ทนความร้อน	1,705°C	

1. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์จากประเทศต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃ and Al ₂ O ₃	SiO ₂ and undetermined	CO ₂ and H ₂ O
แคนาดา (Argenteuil Co., Quebec)	38.4	9.5	1.0	1.7	49.4
อินเดีย (Salem, Madras)	47.4	-	0.3	0.6	51.7
ออสเตรเลีย (Fifield and Attunga, New south Wales)	41.8	1.9	0.7	2.4	53.2
ออสเตรีย (Veitsh)	43.1	1.1	4.3	1.6	49.9
กรีซ	46.4	0.7	0.4	1.4	51.1
รัสเซีย (Satka)	44.1	3.8	0.9	0.6	50.6
ยูโกสลาเวีย (Skoplje)	46.8	1.4	0.7	0.3	50.8
อเมริกา (Washington)	43.5	1.0	1.5	1.5	52.5
แมนจูเรีย	44.1	3.1	0.3	1.3	51.3
ปากีสถาน	46-47	1.2-1.8	0.2-0.8	0.3-0.8	-

2. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์ตามมาตรฐานอินเดีย สำหรับอุตสาหกรรมเคมี (IS : 3607-1966)

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	2.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	0.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	1.0
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ต่ำสุด	45.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	1.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	48.0



3. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์และผลิตภัณฑ์แมกนีไซต์ที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้

ผลิตโดย Chamotte Hokdings (Pty) Ltd. จากแหล่ง Malelane ใน Transvaal ตะวันออก

- Magnesite S2 ใช้สำหรับเป็น flux ในงานโลหกรรม
- Caustic magnesia ใช้ในการผลิตอาหารสัตว์และปุ๋ย

เปอร์เซ็นต์

	Magnesite S2	Caustic Magnesia
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	47.95	ต่ำสุด 83.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.5	1.5
ซิลิกา (SiO ₂)	2.1	6.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.4	0.3
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.2	0.2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.1	
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.06	
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.04	
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	48.64	สูงสุด 8.0
คลอรีน (Cl)		-0.01
ซัลเฟต (SO ₄)		1.0
ความหนาแน่น (Bulk density)	1.55	

ส่วนในล้านส่วน

	Epsom salts	
	BP grade	Technical grade
แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO ₄) (%)	48.6	48.0
คลอรีน (Cl)	สูงสุด 300	0.03
แคลเซียม (Ca)	สูงสุด 120	0.02
เหล็ก (Fe)	สูงสุด 20	0.01
สารหนู (As)	สูงสุด 5	0.001
โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว (Heavy metals as Pb)	สูงสุด 10	

Epsom salts ใช้ในอุตสาหกรรมกระดาษและเกษตร



4. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์ที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย จากแหล่ง Kumwarara ในตอนกลางของ Queensland

	เฉลี่ยโดยน้ำหนัก (เปอร์เซ็นต์)		
	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	41.4	47.3	44.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.7	5.1	2.1
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.07	0.47	0.20
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.08	0.26	0.14
ซิลิกา (SiO ₂)	0.45	3.94	1.33
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.01	0.14	0.05
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	48.0	50.4	49.5

5. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์ที่ผลิตได้ในกรีซ จากแหล่ง Carkara ทางตอนเหนือของกรีซ เป็นแร่แมกนีไซต์ที่มีเนื้อผลึกซ่อนรูป (Cryptocrystalline magnesite) มีเหล็กต่ำ

เปอร์เซ็นต์

	เกรดที่ 1	เกรดที่ 2
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	46.5	46.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.77	1.02
ซิลิกา (SiO ₂)	0.64	0.38
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.02	0.12

6. คุณลักษณะของแร่แมกนีไซต์ที่ผลิตได้จากแหล่งในจังหวัดน่าน ประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	ตัวอย่าง 1	ตัวอย่าง 2	ตัวอย่าง 3	ตัวอย่าง 4
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	30.66	31.05	20.91	19.86
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.1	0.08	0.04	0.30
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.34	0.07	0.15	0.65
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	5.98	6.48	2.89	4.33
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.52	2.01	17.86	10.21
ซิลิกา (SiO ₂)	23.55	18.39	15.87	32.43
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	35.41	38.56	38.46	30.28

หมายเหตุ แร่แมกนีไซต์จากแหล่งนี้นำไปใช้ทำปุ๋ยสำหรับต้นยางพาราและต้นปาล์ม โดยต้องผ่าน
ขบวนการเผาก่อน

แมงกานีส (Manganese)



แร่แมงกานีสมีอยู่หลายชนิดด้วยกัน ส่วนมากอยู่ในรูปของออกไซด์ คาร์บอเนตและซิลิเกต ซึ่งปริมาณแมงกานีสในแร่เหล่านั้นแตกต่างกันออกไป

แร่แมงกานีสชนิดต่างๆ ซึ่งมีปริมาณแมงกานีสตั้งแต่ร้อยละ 35 ขึ้นไป

ชื่อแร่	สูตรเคมี	ปริมาณแมงกานีส (เปอร์เซ็นต์ Mn)	ความถ่วงจำเพาะ	ความแข็ง
Alabandite	MnS	63.14	4.0	3.5-4.0
Braunite	Mn ₂ O ₃	60-69	4.7-5.0	6.0
Hausmannite	Mn ₃ O ₄	65-72	4.7-4.9	5.0
Mangnite	Mn ₂ O ₃ ·H ₂ O	50-62	4.2-4.33	3-4
Psilomelane	BaMnMn ₈ O ₁₆ (OH) ₄	45-60	3.7-4.7	5-6
Pyrolusite	MnO ₂	55-63.2	4.7-5.0	5-6
Rhodochrosite	MnCO ₃	47.8	3.6-3.7	3.5-4.5
Rhodonite	MnSiO ₃	32-41	3.4-3.75	5-5.5

นอกจากนี้แร่แมงกานีสยังจำแนกได้ตามปริมาณแมงกานีสที่มีอยู่ในแร่ ซึ่ง U.S.Bureau of Mines ได้จำแนกดังนี้

Ferruginous managanese ore หมายถึง แร่ที่มีแมงกานีสอยู่ตั้งแต่ 10-35 เปอร์เซ็นต์

Manganiferous iron ore หมายถึงแร่ซึ่งมีแมงกานีสตั้งแต่ 5-10 เปอร์เซ็นต์ แร่แมงกานีสที่ซื้อขายกันทั่วไปอาจแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดตามงานที่ใช้

1. เกรดใช้งานโลหะกรรม
2. เกรดใช้ทำแบตเตอรี่
3. เกรดเคมี

1. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสเกรดใช้งานโลหะกรรม

เกรดใช้งานโลหะกรรมมีปริมาณแมงกานีส (Mn) 38-55 เปอร์เซ็นต์ แต่เกรดตามมาตรฐานอุตสาหกรรมซึ่งนำมาพิจารณาเพื่อใช้กำหนดราคานั้น ใช้หลักเกณฑ์จาก Encyclopedia of Chemical Technology มีดังนี้

แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	48	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe) สูงสุด	6	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	7	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินาและซิลิกา($Al_2O_3 + SiO_2$) สูงสุด	11	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As) สูงสุด	0.18	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.19	เปอร์เซ็นต์
ทองแดง ตะกั่วและสังกะสี (Cu+Pb+Zn) สูงสุด	0.30	เปอร์เซ็นต์

2. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสธรรมชาติที่เหมาะสมสำหรับใช้ทำแบตเตอรี่

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)	75-85	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีส (Mn)	48-58	เปอร์เซ็นต์
การดูดซึม (Absorbed H_2O)	3-5	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	0.2-0.3	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	0.5-5	เปอร์เซ็นต์
โลหะเจือปน (Metallic impurities)	0.1-0.2	เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสไดออกไซด์เกรดเคมี

(Chemical grade manganese dioxide)

	ชนิดเอ (Type A)	ชนิดบี (Type B)	
		grade P-81	grade P-81-R
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	80.0	85.0	82.0
แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	-	-	53.0
เหล็ก (Fe) สูงสุด	3.0	3.0	3.0
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	-	3.0	5.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	-	3.0	3.0
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	-	0.1	0.2
สารหนู (As) สูงสุด	-	0.05	0.1

ชนิดเอ ใช้เป็นตัวเติมออกซิเจนในขบวนการทางเคมี เช่น ในโรงงานผลิต Hydroquinone

ชนิดบี ใช้สำหรับผลิตต่าง ๆ (โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต) และเปอร์แมงกาเนตชนิดอื่นๆ

4. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมแก้ว

เปอร์เซ็นต์

	สีดำ	สีเทา
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	93.12	82.50
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.56	0.15
ซิลิกา (SiO ₂)	2.35	5.66
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.85	1.23
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.25	0.25
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.26	1.60
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	0.40	3.45
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.49-0.61	0.49-0.61
ขนาดเม็ดแร่ (Particle size)	ค้ำตะแกรงขนาด 53 ไมครอน 5 เปอร์เซ็นต์	

5. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิกและอุตสาหกรรมแก้วของเนเธอร์แลนด์

ผลิตภัณฑ์แมงกานีสนี้ผลิตโดย Jan de Poorter BV ใช้ชื่อผลิตภัณฑ์ว่า Mangalox ซึ่งนำไปใช้ในการผลิตตัวเนื้อเซรามิก ภาชนะแก้ว วัสดุสำหรับเคลือบถ้วยชามและพื้น สำหรับ Mangalox A นั้นสามารถนำไปใช้เป็นตัวเร่งออกซิเจนในงานเคมีได้

เปอร์เซ็นต์

	Mangalox A	Mangalox B	Mangalox C
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	79.0	69.0	76.0
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	1.0	3.0	2.0
ซิลิกา (SiO ₂)	3.5	5.0	8.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	4.5	9.0	3.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	3.0	5.5	-
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.3	0.3	-
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.05	0.2	-
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.35	0.2	-
แบเรียมออกไซด์ (BaO)	2.8	0.4	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.1	0.1	-
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.6	0.7	-
ตะกั่วออกไซด์ (PbO)	0.02	0.02	-
กำมะถัน (S)	0.01	-	-
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	-	0.05	-
ฟอสฟอรัส (P)	0.09	-	-
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	-	0.25	-
โคบอลต์ออกไซด์ (CoO)	0.04	0.15	-
นิกเกิลออกไซด์ (NiO)	0.05	0.1	-
ทองแดงออกไซด์ (CuO)	0.06	0.07	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	0.2	-	-
สังกะสีออกไซด์ (ZnO)	-	0.06	-
น้ำผลึก (Water of crystallization)	3.0	5.0	-
ความหนาแน่น (Density) : กรัม/ลบ.ซม.	3.8	4.1	4.3
น้ำหนักก้อนแร่ (Bulk weight):กรัม/ลบ.ซม.	1.0	1.3	1.2-1.3
ความแข็ง (Hardness): โมห์ส	5	5.5	4



6. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสสำหรับใช้ในอุตสาหกรรมอิฐและกระเบื้องของเนเธอร์แลนด์

สำหรับใช้ใน heavy clay products และ ceramic bodies ของบริษัท Jan de Poorter BV

เปอร์เซ็นต์

	Bricolor X45	Bricolor C45	Bricolor H45
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	68.0	76.0	80.0
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	5.0	2.0	2.0
ซิลิกา (SiO ₂)	3.5	8.0	8.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	7.5	3.0	2.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	10.0	2.0	1.0
น้ำผลึก (Water of crystallization)	2.5	1.5	1.5

7. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่นิยมใช้ทำถ่านไฟฉายในอังกฤษ

(A Well-known British maker of dry batteries specifies ore)

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	84.0	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe) สูงสุด	2.0	เปอร์เซ็นต์
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) สูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์
เส้นผ่าศูนย์กลางของแร่ไม่เกิน	10	นิ้ว

8. คุณลักษณะของแมงกานีสไดออกไซด์ที่แยกด้วยไฟฟ้า (Chemical composition of synthetic managanese, Electrolytic managanese dioxide or EMD) ตามหลักเกณฑ์จาก Encyclopedia of Chemical technology ดังนี้

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	85	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีส (Mn)	58	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H ₂ O) สูงสุด	2	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe) สูงสุด	0.3	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์
โลหะหนัก (Total heavy metals) สูงสุด	0.3	เปอร์เซ็นต์
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.2	เปอร์เซ็นต์
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	6-7	



9. คุณสมบัติของแมงกานีสชนิดใช้งานโลหกรรมตามมาตรฐานคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา : U.S. National Stockpile Specification P-30-R2 Managanese metallurgical (Ore. Nodule, and Sinter), August 31, 1971 ซึ่งหมายรวมถึงแร่เม็ด (nodule) และแร่ย่างแล้ว (sinter) ซึ่งมีแมงกานีสไม่สูงนักแบ่งเป็น 4 เกรด คือ

เปอร์เซ็นต์

	เกรดเอ	เกรดบี	เกรดซี	เกรดดี
แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	48.00	48.00	46.00	44.00

10. คุณสมบัติทางเคมีของแร่แมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉายตามมาตรฐานคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา (U.S. National Stockpile Specification P-29-R June 16, 1961)

เปอร์เซ็นต์

	Synthetic	เกรดเอ	เกรดบี
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	85.0	75.0	68.0
แมงกานีส (Mn) ทั้งหมดต่ำสุด	58.0	48.0	-
เหล็ก (Fe) สูงสุด	0.3	3.0	2.5
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	0.5	10.0	-
อัลคาไลน์และโลหะอัลคาไลน์เอิร์ธ (Alkali and alkali earth metal) สูงสุด	1.0	-	-
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.2	รวมอยู่ในโลหะหนัก	0.5
สารหนู (As) สูงสุด	-	-	0.1
ทองแดง (Cu) สูงสุด	-	-	0.03
โลหะหนัก (Heavy Metal)	0.3*	0.05**	-
ความเป็นกรดด่าง (pH)	4-8	4-8	-

* นอกจากเหล็กและตะกั่ว

** นอกจากเหล็ก



11. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในกานา โดย Ghana National Manganese corp. (GNMC) ผลิตแร่แมงกานีส 4 เกรด ดังนี้

- 11.1 “R” grade ore containing 52% Mn
- 11.2 Standard metallurgical grade ore containing 48% Mn
- 11.3 “C” grade ore containing 42% Mn
- 11.4 Carbonate ore containing 28-30% Mn

12. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในกาบอง โดย Cie Minierede; Ogooue (Comilog) จากแหล่งที่ Moanda ซึ่งผลิตแร่แมงกานีสได้ออกไซด์ 4 เกรด ดังนี้

- 12.1 A 70% MnO₂ fines grade
- 12.2 An 80% MnO₂ hydrometallurgical grade
- 12.3 An Intermediate 74% MnO₂ fines grade
- 12.4 A 48-50% MnO₂ flue dust waste material

13. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในโมร็อกโก โดย SA Cherifienne d’Etudes Minieres (SACEM) จาก Imini mine ซึ่งผลิตแร่แมงกานีสชนิด high value ultrafine grade ดังนี้

เปอร์เซ็นต์

Brandname	ขนาดเม็ดแร่		ส่วนประกอบทางเคมี	
	น้อยกว่า 40 ไมครอน (325 เมช)	น้อยกว่า 75 ไมครอน (200 เมช)	MnO ₂	MnO
UF ST	80	90	74	47
UF 80	95	98	80	52
UF 84	95	98	84	54
UF 88	95	98	88	56
UF 92	95	98	92	58

UF ST สำหรับใช้ในงานเซรามิก

UF 80 และ UF 88 สำหรับใช้ในงานเซรามิกและงานเคมี

UF 84 สำหรับใช้ในงานเคมี

UF 92 สำหรับใช้ในงานเคมี เครื่องสำอางและ ferrites



14. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ ผลิตโดย Samancor Ltd. จากแหล่ง Mamatwan in the Northern Cape

14.1 Chemical MnO₂

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	40.0	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	8.0	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	7.0	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	4.0	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	1.5	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	0.2	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O) สูงสุด	1.3	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์

14.2 Samancor's sinter products

เปอร์เซ็นต์

	High grade	Standard grade
แมงกานีส (Mn)	50.6	44.0
เหล็ก (Fe)	5.9	6.0
ซิลิกา (SiO ₂)	5.4	6.8
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.9	0.95
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	13.4	17.2
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.8	2.8
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.34	0.35
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.18	0.20
ฟอสฟอรัส (P)	0.03	0.03
กำมะถัน (S)	0.03	0.03

15. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในกรีซ ผลิตแมงกานีสไดออกไซด์เกรดแบตเตอรี่จากแร่แมงกานีสชนิด Pyrolusite โดยใช้ชื่อทางการค้าว่า Scalma 72 และ Scalma 74 โดยมีปริมาณแมงกานีสดังนี้

Scalma 72 : Mn	48%
Scalma 74 : Mn	49%



16. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสสะอาดที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย จาก Groote Eylandt Mining Co.Pty.Ltd. ใน Northern Territory

เปอร์เซ็นต์

	เกรดโลหกรรม	เกรดพิเศษ
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	74	78
แมงกานีส (Mn)	48-50	51-53
ซิลิกา (SiO ₂)	4.5-7.5	3.0-4.0
เหล็ก (Fe)	3.5-5.0	2.5-3.5
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	4.0-6.0	3.0-4.5
ฟอสฟอรัส (P)	0.06-0.10	0.06-0.10

17. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสเกรดที่ไม่ได้ใช้ทางโลหกรรมซึ่งผลิตได้ในบราซิล จาก Companhia Vale Do Rio Doce (CVRD) ใน Serra de Carajas ทางภาคเหนือของบราซิล

17.1 เกรดเคมี (Chemical grade)

เปอร์เซ็นต์

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	76.5
แมงกานีส (Mn)	51.0
เหล็ก (Fe)	3.20
ซิลิกา (SiO ₂)	2.60
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	5.70
ฟอสฟอรัส (P)	0.15
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.23
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.32
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.07
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	2.05
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	15.50
ขนาด : ไม่เกิน 2 นิ้ว	100%
: ไม่เกิน 1 นิ้ว	80%



17.2 เกรดแบตเตอรี่ (Battery grade)

	เกรด 1	เกรด 2
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	81.0	76.5
แมงกานีส (Mn)	53.8	51.0
เหล็ก (Fe)	3.0	3.0
ตะกั่ว (Pb)	0.022	0.025
ทองแดง (Cu)	0.025	0.03
นิกเกิล (Ni)	0.05	0.06
โคบอลต์ (Co)	0.016	0.02
สารหนู (As)	0.004	0.003
ขนาดเม็ดแร่บดหรือไม่บด : ต่ำกว่า 100 เมช	100%	
: ต่ำกว่า 1 นิ้ว	95%	

18. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ใน Chile เหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะ

เปอร์เซ็นต์

แมงกานีส (Mn)	50.37
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	53.64
ซิลิกา (SiO ₂)	7.18
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.72
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.24
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.59
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.88
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	3.06
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.8
แบเรียมออกไซด์ (BaO)	1.72
ฟอสฟอรัส (P)	0.018
กำมะถัน (S)	0.38
ตะกั่ว (Pb)	0.01
คาร์บอน (C)	0.1



19. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสสำหรับส่งออกของจีน รายงานโดยสมาคมส่งออก-นำเข้าแร่และโลหะแห่งประเทศจีน (China National metals and Minerals Import and Export Corporation)

19.1 Manganese ore

เปอร์เซ็นต์

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	เกรด 5
แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	46	44	40	38	35

19.2 Ferruginous Manganese ore

เปอร์เซ็นต์

แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	30
เหล็ก (Fe) ต่ำสุด	17

19.3 Silicous manganese ore

เปอร์เซ็นต์

แมงกานีส (Mn) ต่ำสุด	30
ซิลิกา (SiO ₂) ต่ำสุด	25

19.4 Manganese dioxide in lumps

เปอร์เซ็นต์

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	เกรด 5
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	80	75	70	65	60
เหล็ก (Fe) สูงสุด	3	4	6	6	7

19.5 Manganese dioxide in powder

เปอร์เซ็นต์

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4	เกรด 5
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	80	75	70	65	60
เหล็ก (Fe) สูงสุด	3	4	6	6	7

ความละเอียด : 95 เปอร์เซ็นต์ผ่านตะแกรงขนาด 30, 80, 120 หรือ 200 เมช



20. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสสำหรับผลิตโลหะผสมแมงกานีสตามมาตรฐานอินเดีย (Indian Standard)

เปอร์เซ็นต์

	เกรด 1	เกรด 2	เกรด 3	เกรด 4
แมงกานีส (Mn)	ต่ำสุด 48	46-48	44-46	40-44
เหล็ก (Fe) สูงสุด	7.0	7.5	9.0	12.0
ซิลิกา (SiO ₂) สูงสุด	8.0	9.0	10.0	12.0
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.12	0.15	0.15	0.15

ขนาดของแร่ต้องค้ำบนตะแกรง 850 ไมครอน (Indian Standard Sieve) ไม่ต่ำกว่า 95 เปอร์เซ็นต์

21. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในเวียดนาม จากแหล่ง Toc Tac

แมงกานีส (Mn)	30	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	6.4	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	23	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P)	0.224	เปอร์เซ็นต์

22. คุณสมบัติของแร่แมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉายที่ประเทศไทยสั่งเข้ามาจากแอฟริกา

เปอร์เซ็นต์

แมงกานีสทั้งหมด (Total Mn)	52.9
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	82.2
ความชื้น (Moisture)	2.86
เหล็ก (Fe)	1.8
ซิลิกา (SiO ₂)	1.44
อะลูมิเนียม (Al)	3.5
ไทเทเนียม (Ti)	0.01
ดีบุก (Sn)	0.03
ฟอสฟอรัส (P)	0.04
กำมะถัน (S)	0.03
สารหนู (As)	0.005
ทองแดง (Cu)	0.04
การสูญเสียหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	10.9



23. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสบริสุทธิ์ที่ประเทศไทยสั่งเข้ามาจากญี่ปุ่น

แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)	90	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก, ทองแดง (Fe, Cu)	0	เปอร์เซ็นต์

24. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่ซื้อขายในประเทศไทย

ข้อกำหนดทั่วไปของแมงกานีสชนิดทำถ่านไฟฉายในตลาดกรุงเทพฯ ส่วนมากยึดถือ Battery activity, Fe และ MnO_2 สำคัญรองลงมาตามลำดับ เมื่อแร่มี Battery activity ใช้ได้แล้ว ก็มาพิจารณาปริมาณของ Fe ซึ่งโดยทั่วไปแล้วไม่ควรเกิน 3.0 เปอร์เซ็นต์ แต่อาจจะเกินได้ถึง 5.0 เปอร์เซ็นต์ ถ้า Fe อยู่ในรูปของ เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สำหรับปริมาณ MnO_2 บางที 65.0 เปอร์เซ็นต์ก็ยังสามารถใช้ได้ มลทินตัวอื่นๆ ที่สำคัญคือทองแดง (Cu) ไม่ควรเกิน 0.02 เปอร์เซ็นต์

24.1 เกรดเคมี

MnO_2	ต่ำสุด	75.0	เปอร์เซ็นต์
Fe	สูงสุด	1.00	เปอร์เซ็นต์

24.2 เกรดใช้งานโลหะกรรม

24.2.1 เกรดสูง

Mn	ต่ำสุด	40.0	เปอร์เซ็นต์
SiO_2	สูงสุด	12.0	เปอร์เซ็นต์
Fe	สูงสุด	6.0	เปอร์เซ็นต์
P	สูงสุด	0.10	เปอร์เซ็นต์

24.2.2 เกรดเฟอโรแมงกานีส

Mn		30-36	เปอร์เซ็นต์
SiO_2	สูงสุด	5.0	เปอร์เซ็นต์
Fe	สูงสุด	28.0	เปอร์เซ็นต์
P	สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์

24.2.3 เกรดซิลิโกแมงกานีส

Mn		30-36	เปอร์เซ็นต์
SiO_2	สูงสุด	28	เปอร์เซ็นต์
Fe	สูงสุด	0.5	เปอร์เซ็นต์
P	สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์

25. คุณลักษณะของแร่แมงกานีสที่ผลิตได้ในประเทศไทย

25.1 สำหรับผลิตแบตเตอรี่แห้ง จากแหล่ง ดำบลแม่ดิน อำเภอสี จังหวัดลำพูน



	แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	60-70	เปอร์เซ็นต์
	เหล็ก (Fe)	4-5	เปอร์เซ็นต์
	ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.04	เปอร์เซ็นต์
25.2	สำหรับผลิตแบตเตอรี่แห้ง จากแหล่งตำบลจะนะ อำเภอร่อนงะ จังหวัดนราธิวาส		
	แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂) ต่ำสุด	70	เปอร์เซ็นต์
25.3	สำหรับผลิตแบตเตอรี่แห้ง จากแหล่งอำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย		
	แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	70-80	เปอร์เซ็นต์
25.4	สำหรับผลิตแบตเตอรี่ จากแหล่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง		
	แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO ₂)	87.61	เปอร์เซ็นต์
	เหล็ก (Fe)	4.16	เปอร์เซ็นต์

หินอ่อน (Marble)



โดยทั่วไปนั้นหินอ่อนหมายถึง หินทุกชนิดที่สามารถนำมาตัดและขัดมันให้เป็นหินประดับได้ หินอ่อนในทางวิชาการหมายถึง หินธรรมชาติที่มีอนุภาคของเม็ดหินประกอบไปด้วยเม็ดผลึกของแร่แคลไซต์และโดโลไมต์ ซึ่งเกิดจากการแปรสภาพและการตกผลึกใหม่ของหินปูน ส่วนประกอบทางเคมีที่สำคัญของหินอ่อนก็เหมือนๆ หินปูนหรือหินโดโลไมต์แต่ที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดคือ อนุภาคของแคลเซียมและแมกนีเซียมคาร์บอเนต ในหินปูนหรือโดโลไมต์ ซึ่งโดยปกติแล้วเป็นมวลเม็ดธรรมดาไม่เป็นผลึก บางครั้งในทางการค้าคำว่า marble อาจจะหมายถึงหินประดับเพื่อความสวยงาม (Ornamental stones) ซึ่งไม่ได้หมายถึงหินปูน (Limestone) เสมอไป

ส่วนประกอบหลักของหินอ่อน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

หินอ่อนแคลไซต์ :	CaCO_3	95-100	เปอร์เซ็นต์
หินอ่อนโดโลไมต์ :	CaCO_3	54	เปอร์เซ็นต์
	MgCO_3	46	เปอร์เซ็นต์

1. คุณสมบัติของหินอ่อนตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials. ASTM C 503(04.08)-91) สำหรับประดับภายนอกอาคารในการก่อสร้าง (Marble building stone (exterior)) แบ่งออกเป็น 4 ชนิด

ชนิดที่ 1	แคลไซต์ (Calcite)
ชนิดที่ 2	โดโลไมต์ (Dolomite)
ชนิดที่ 3	เซอร์เพนทีน (Serpentine)
ชนิดที่ 4	ทราเวอร์ทีน (Travertine)



	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3	ชนิดที่ 4
การดูดซึมโดยน้ำหนัก (Absorption by weight) สูงสุด : เปอร์เซ็นต์	0.75	0.75	0.75	0.75
ความแน่น (Density) ต่ำสุด : ปอนด์/ลบ.ฟุต (กิโลกรัม/ลบ.ม.)	162(2,595)	175(2,800)	168(2,690)	144(2,305)
แรงอัด (Compressive strength) ต่ำสุด : ปอนด์/ตร.นิ้ว	7,500	7,500	7,500	7,500
พิกัดแตกร้าว (Modulus of rupture) ต่ำสุด : ปอนด์/ตร.นิ้ว	1,000	1,000	1,000	1,000
ความต้านทานการขัดถู (Abrasion resistance)	10	10	10	10

2. คุณลักษณะของหินอ่อนที่กำหนดโดย **Marble Institute of American** ซึ่งแบ่งกลุ่มของหินอ่อนตามระดับเสียงของหินอ่อน (Marble Institute of American A Stone classification based on Soundness) แบ่งออกเป็น 4 กลุ่ม ดังนี้

- Group A : Sound marbles and stones with uniform and very favourable working qualities.
- Group B : Marbles and stones similar in character to the preceding group but working qualities somewhat less favourable ; may have natural faults ; a limited amount of waxing and sticking necessary.
- Group C : Marbles and stones with some variations in working qualities ; geological flaws, voids, veins, and lines of separation are common ; it is standard practice to repair these variations by sticking, waxing, and filling ; liners and other forms of reinforcements employed when necessary.
- Group D : Marble and stone similar to the preceding group but containing a larger proportion of natural faults and a maximum variation in working qualities, requiring more of the same methods of finishing. This group comprises many of the highly coloured marbles prized for their decorative qualities.

3. คุณลักษณะของหินอ่อนที่ผลิตได้ในประเทศไทย

ความแข็ง	3-4
ความหนาแน่น	2.91 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
การทนความร้อน	1,522 องศาเซลเซียส



ดินมาร์ล (Marl)



ดินมาร์ล หมายถึง หินที่มีเนื้อค่อนข้างร่วน ประกอบด้วย ไลม์คาร์บอเนต (Lime Carbonate) และดิน (Clay) ในอัตราส่วน 35-65 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งหมายความว่า ถ้ามีไลม์คาร์บอเนต 35 เปอร์เซ็นต์ จะมีดินปนอยู่ด้วยถึง 65 เปอร์เซ็นต์ หรือถ้ามีไลม์คาร์บอเนตอยู่ 65 เปอร์เซ็นต์ ก็จะมีดินปนอยู่เพียง 35 เปอร์เซ็นต์

1. คุณลักษณะของดินมาร์ลที่กำหนดเป็นมาตรฐานการซื้อขาย

แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3) ต่ำสุด	90	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3) สูงสุด	3	เปอร์เซ็นต์

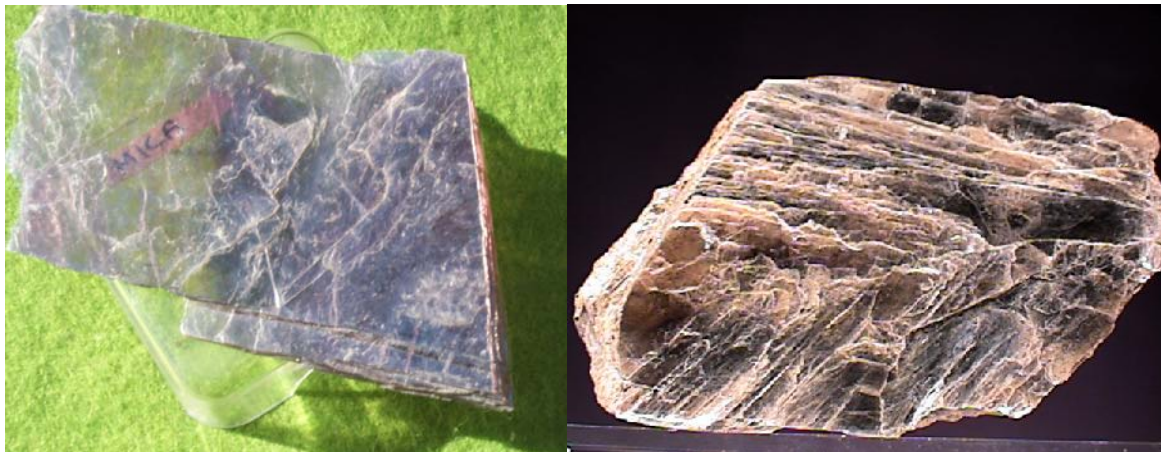
2. คุณลักษณะของดินมาร์ลที่ผลิตได้ในประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	อ.บ้านหมอ จ.สระบุรี	
แคลเซียมคาร์บอเนต + แมกนีเซียมคาร์บอเนต ($\text{CaCO}_3 + \text{MgCO}_3$)	92.86	91.52
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO_3)	92.71	91.09
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	51.95	51.04
แมกนีเซียมคาร์บอเนต (MgCO_3)	0.15	0.43
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.14	0.04
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.80	0.73
อะลูมินา (Al_2O_3)	1.63	1.35
ซิลิกา (SiO_2)	2.57	5.40



ไมกา (Mica)



แร่ไมกาหรือแร่กลีบหิน หมายถึง แร่ซิลิเกตที่เกิดเป็นแผ่นรูปหกเหลี่ยมซ้อนกันอยู่คล้ายขนมชั้นประกอบด้วยแร่ที่สำคัญคือ

1. Muscovite หรือ Potassium mica

สูตรเคมี	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	46	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	35	เปอร์เซ็นต์
	K_2O	10.5	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	4.5	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	2.76-2.88		
ความแข็ง	2-2.5		
สี	ไม่มีสีหรือสีเขียวอ่อนหรือสีทับทิม		

2. Biotite หรือ Magnesium-iron mica

สูตรเคมี	$K(Mg,Fe)_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO ₂	37	เปอร์เซ็นต์
	Al ₂ O ₃	18	เปอร์เซ็นต์
	K ₂ O	9	เปอร์เซ็นต์
	MgO	8	เปอร์เซ็นต์
	FeO	21	เปอร์เซ็นต์
	H ₂ O	3	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	2.8-3.2		
ความแข็ง	2.5-3		
สี	ดำหรือเขียวแก่		

3. Phlogopite หรือ Magnesium mica

สูตรเคมี	$KMg_3(AlSi_3O_{10})(OH)_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO ₂	40	เปอร์เซ็นต์
	Al ₂ O ₃	17	เปอร์เซ็นต์
	K ₂ O	10	เปอร์เซ็นต์
	MgO	26	เปอร์เซ็นต์
	H ₂ O	3	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	2.86		
ความแข็ง	2.5-3		
สี	น้ำตาลแก่หรือสีเหลืองอำพัน		

4. Lepidolite หรือ Lithium mica

สูตรเคมี	$K(Li,Al)_{2-3}(AlSi_3O_{10})(O,H,F)_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	Li ₂ O	3.3-7	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	2.8-2.9		
ความแข็ง	2.5-4		
สี	ม่วงหรือชมพู		



5. Margarite หรือ Calcium mica

สูตรเคมี	$\text{CaAl}_2(\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10})(\text{OH})_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	30.2	เปอร์เซ็นต์
	Al_2O_3	51.3	เปอร์เซ็นต์
	CaO	14.0	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	4.5	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ	3-3.1		
ความแข็ง	3.5-5		
สี	ชมพู ขาว และเทา		

คุณสมบัติของแร่ไมกาชนิด non-sheet สำหรับใช้งานต่างๆ

Grade	Sieve size	Uses
Coarse flakes	6 mesh	Oil well drilling; artificial snow
Medium-coarse flakes	10 mesh	Christmas ornaments; display materials
Fine-coarse flakes	16 mesh	Concrete block fillers; refractory bricks; gypsum boards; asphalt roofing felts; shingles
Coarse-fine powder	30 mesh	Metal annealing; absorbent in explosives, disinfectants and automotive components
Medium-fine powder	60 mesh	Welding electrodes, cables and wires, foundry works, pipeline enamels, mastics, lubricants, adhesive
Fine powder	100 mesh	Texture paints, acoustical plasters, ceiling tiles
Superfine powder	325 mesh	Paints, plastics, rubber products, paper



คุณสมบัติของแร่ไมกาในเชิงพาณิชย์ (Typical analyses for commercial micas)

เปอร์เซ็นต์

	Muscovite	Phlogopite
ซิลิกา (SiO ₂)	44-47	37-43
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	30-38	12-17
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.2-5	0.2-2
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	8.5-11.5	8.5-11.5
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.1-0.8	0.3-0.8
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0-0.9	0-1.5
แบเรียมออกไซด์ (BaO)	-	0-0.7
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.3-1.5	23-29
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.1	0.1-0.5
ลิเทียมออกไซด์ (Li ₂ O)	0.1-0.8	0-0.1
ฟลูออรีน (F)	0-0.15	0.5-5
ฟอสฟอรัส (P)	trace	trace
กำมะถัน (S)	trace	trace
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4-5	1-3



คุณลักษณะของแร่ไมกาเกรด muscovite ที่ผลิตได้ในอินเดีย (Indian muscovite grades (colour))

V-1	Ruby clear
V-2	Ruby clear and slightly stained
V-3	Ruby fair stained
V-4	Ruby good stained
V-5	Ruby stained 'A'
V-6	Ruby AQ
V-7	Ruby stained 'B'
V-8	Ruby BQ
V-9	Ruby heavy stained
V-10	Ruby densely stained
V-11	Black dotted
V-12	Black spotted
V-13	Black red stained
V-14	Green/brown 1st quality
V-15	Green/brown 2st quality
V-16	Green/brown stained or BQ

คุณลักษณะของแร่ไมกาในการซื้อขาย

คุณลักษณะของแร่ในการซื้อขายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่จะนำไปใช้งาน

- ใช้ในอุตสาหกรรมทำยางรถยนต์ โดยเป็นส่วนผสมของสารทาเป้า เพื่อกันไม่ให้ยางติดเป้าหล่อ

ความละเอียด	ผ่านตะแกรง 100 เมช	98	เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ
	ผ่านตะแกรง 200 เมช	94	เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ
	ผ่านตะแกรง 325 เมช	75-90	เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ
ความชื้นไม่เกิน		1	เปอร์เซ็นต์
ผงซิลิกา ไม่เกิน		1	เปอร์เซ็นต์
สีขาหรือสีเทา			

- ใช้ในอุตสาหกรรมทำสี

ความละเอียด	ผ่านตะแกรง 325 เมช	100	เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ
สีขา			



3. ใช้ในอุตสาหกรรมทำเครื่องสำอาง

ความละเอียด	ผ่านตะแกรง 100 เมช	100	เปอร์เซ็นต์เป็นอย่างต่ำ
	ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	20	ส่วนในล้านส่วน (ppm)
	สารหนู (As) สูงสุด	3	ส่วนในล้านส่วน (ppm)
	การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)		
	สูงสุด	5	เปอร์เซ็นต์
สีขาวเกมเทา			

คุณสมบัติของแร่จากประเทศต่างๆ ที่ส่งเข้าประเทศไทย

1. แร่ไมกาจากประเทศอินเดีย ส่งเข้ามาเพื่อใช้ผลิตยาง

ผลการทดสอบทางกายภาพ

+100 เมช	2.65	เปอร์เซ็นต์
+150 เมช	5.17	เปอร์เซ็นต์
+200 เมช	9.95	เปอร์เซ็นต์
+250 เมช	12.86	เปอร์เซ็นต์
+325 เมช	9.95	เปอร์เซ็นต์
-325 เมช	59.42	เปอร์เซ็นต์
	100.00	เปอร์เซ็นต์

ความขาว (whiteness) 0.76

ผลการตรวจสอบด้วย X-ray เป็นแร่ไมกาชนิด Muscovite มีแร่ Talc ผสมอยู่ด้วย

2. แร่ไมกาจากประเทศญี่ปุ่น

2.1 ส่งเข้ามาเพื่อใช้ในการผลิตยางรถยนต์

ผลการทดสอบทางกายภาพ

ความละเอียด ผ่านตะแกรง 325 เมช	100	เปอร์เซ็นต์
ความขาว (Whiteness)	0.75	

ผลการตรวจสอบด้วย X-ray ปรากฏว่าเป็นแร่ Chlorite และ Talc เป็นส่วนใหญ่มีแร่

Muscovite เล็กน้อย

2.2 ส่งเข้ามาเพื่อใช้ผลิตสี

ผลการทดสอบทางกายภาพ

ความละเอียด ผ่านตะแกรง 325 เมช	98	เปอร์เซ็นต์
ความขาว (Whiteness)	0.62	

ผลการตรวจสอบด้วย X-ray เป็นแร่ไมกาชนิด Muscovite



3. แร่ไมกาจากประเทศอังกฤษ สั่งเข้ามาเพื่อใช้ทำสี

ผลการทดสอบทางกายภาพ

ความละเอียด ผ่านตะแกรง 325 เมช 100 เปอร์เซ็นต์

ความขาว (Whiteness) 0.75

ผลการตรวจสอบด้วย X-ray เป็นแร่ไมกาชนิด Muscovite มีแร่ Kaolinite ปนอยู่

เล็กน้อย

4. แร่ไมกาจากประเทศสหรัฐอเมริกา สั่งเข้ามาเพื่อใช้ทำยางรถยนต์

ผลการทดสอบทางกายภาพ

Sieve analysis

+100 เมช - เปอร์เซ็นต์

+150 เมช 3.46 เปอร์เซ็นต์

+200 เมช 12.34 เปอร์เซ็นต์

+250 เมช 6.39 เปอร์เซ็นต์

+325 เมช 5.19 เปอร์เซ็นต์

-325 เมช 72.62 เปอร์เซ็นต์

100.00 เปอร์เซ็นต์

ความขาว (whiteness) 0.60

ผลการตรวจสอบด้วย X-ray เป็นแร่ไมกาชนิด Muscovite



โมนาไซต์ (Monazite)



สูตรเคมี	$(\text{Ce,La,Y,Th})\text{PO}_4$	
ส่วนประกอบทางเคมี	เป็นแร่ฟอสเฟตของโลหะหายาก (Rare-earth metal) และธาตุทอเรียม (Thorium) ซึ่งประกอบด้วยทอเรียมออกไซด์ (ThO_2) เป็นปริมาณไม่แน่นอน อยู่ระหว่าง 1 เปอร์เซ็นต์ ถึง 20 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปจะมี ThO_2 ประมาณ 3 เปอร์เซ็นต์ ถึง 9 เปอร์เซ็นต์ และออกไซด์ของธาตุหายาก $(\text{Ce,La})_2\text{O}_3$ ประมาณ 60.6 เปอร์เซ็นต์	
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5-5.5
	ความถ่วงจำเพาะ	4.6-5.4
	สี	เหลืองถึงน้ำตาลแดง

1. คุณสมบัติของแร่โมนาไซต์

1.1 แร่โมนาไซต์บริสุทธิ์ (Pure monazite)

ออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare-earth oxides : REO) 70 เปอร์เซ็นต์

1.2 แร่โมนาไซต์มาตรฐาน (Standard monazite)

ออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare-earth oxides : REO) 55, 60 และ 66 เปอร์เซ็นต์

2. คุณสมบัติของแร่โมนาไซต์ที่ซื้อขายกันในตลาดต่างประเทศ

ออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare-earth oxides : REO) ต่ำสุด 55 เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของแร่โมนาไซต์ที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย ผลิตโดย westralian Sands Limited จากแหล่ง Capel, Western Australia ซึ่งใช้เครื่องหมายการค้าว่า Yoganup

3.1 Guarantees

ออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare-earth oxides : REO) ต่ำสุด	55	เปอร์เซ็นต์
ทอเรียมออกไซด์ (ThO_2) ต่ำสุด	6	เปอร์เซ็นต์
รวมออกไซด์ของธาตุหายากและทอเรียมออกไซด์ (Total REO and ThO_2) ต่ำสุด	61	เปอร์เซ็นต์
สารที่ไม่ละลายในกรด (Total Acid Insolubles) สูงสุด	10	เปอร์เซ็นต์

3.2 Typical Analysis

ออกไซด์ของธาตุหายาก (Rare-earth oxides)	56-58	เปอร์เซ็นต์
ทอเรียมออกไซด์ (ThO_2)	6.5-7.0	เปอร์เซ็นต์
สารที่ไม่ละลาย (Insolubles)	7.0-8.5	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.3-0.6	เปอร์เซ็นต์

3.3 Rare earth Analysis

สแกนเดียมออกไซด์ (Sc_2O_3) สูงสุด	0.005	เปอร์เซ็นต์
อิตเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3)	1.36	เปอร์เซ็นต์
แลนทานัมออกไซด์ (La_2O_3)	13.5	เปอร์เซ็นต์
ซีรีียมออกไซด์ (Ce_2O_3)	26.0	เปอร์เซ็นต์
เพอร์เชียมออกไซด์ (Pr_6O_{11})	2.85	เปอร์เซ็นต์
นีโอดิเมียมออกไซด์ (Nd_2O_3)	9.82	เปอร์เซ็นต์
ซามาเรียมออกไซด์ (Sm_2O_3)	1.43	เปอร์เซ็นต์
ยูโรเพียมออกไซด์ (Eu_2O_3)	0.03	เปอร์เซ็นต์
แกโดลิเนียมออกไซด์ (Gd_2O_3)	0.84	เปอร์เซ็นต์
เทอร์เบียมออกไซด์ (Tb_4O_7) สูงสุด	0.02	เปอร์เซ็นต์
ดิสโพรเซียมออกไซด์ (Dy_2O_3)	0.39	เปอร์เซ็นต์
โฮลเมียมออกไซด์ (Ho_2O_3) สูงสุด	0.03	เปอร์เซ็นต์
เออร์เบียมออกไซด์ (Er_2O_3)	0.12	เปอร์เซ็นต์
ทูลัมออกไซด์ (Tm_2O_3) สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์
อิตเทอร์เบียมออกไซด์ (Yb_2O_3)	0.07	เปอร์เซ็นต์
ลูทเชียมออกไซด์ (Lu_2O_3) สูงสุด	0.02	เปอร์เซ็นต์



3.4 Typical Physical Data

Bulk Density : 3,000 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร

Specific Gravity : 5.1

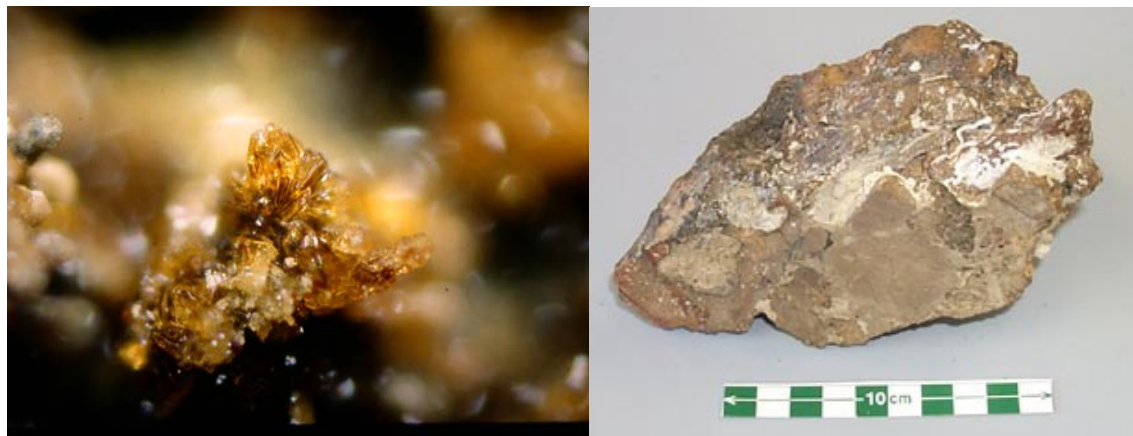
3.5 Typical Screen Analysis

Aperture (microns)	Wr% (Retained)
180	0.7
150	11.7
125	19.7
106	34.6
75	33.0
-75	0.3

หมายเหตุ ออกไซด์ของโลหะจำพวกหายาก (Rare earth oxide) มี 15 ชนิดคือ แลนทานา (La_2O_3), ซีเรีย (CeO_2), นีโอไดเมีย (Nd_2O_3), เพอร์ซีโอไดเมีย (Pr_2O_3), โปรมิเทียม (Pm_2O_3), ซาแมเรีย (Sm_2O_3), ยูโรเพียม (Eu_2O_3), แกโดลิเนียม (Gd_2O_3), เทอร์เบียม (Tb_2O_3), ดิสโพรเซียม (Dy_2O_3), โฮลเมีย (Ho_2O_3), เออร์เบียม (Er_2O_3), ทูเลียม (Tm_2O_3), อิตเทอร์เบียม (Yb_2O_3), ลูทีเซียม (Lu_2O_3)



ฟอสเฟต (Phosphate)



ฟอสเฟต หมายถึงกลุ่มแร่ที่มีอนุมูลกรดฟอสฟอริก (PO_4)₃ เป็นองค์ประกอบตัวอย่างเช่น อะพาไทต์ [$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{OH}, \text{Cl})$] ซีนไทม์ (YPO_4)

ฟอสเฟตที่กล่าวถึงในที่นี้หมายถึงหินฟอสเฟต (Phosphate Rock) ซึ่งมี BPL (Bone Phosphate of Lime) หรือ TPL (Triphosphate of Lime) เป็นองค์ประกอบ โดย BPL หรือ TPL หมายถึง $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ หรือแสดงได้อีกรูปแบบหนึ่งเป็น $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ ซึ่งคุณลักษณะของหินฟอสเฟตจะแสดงอยู่ในรูปของแคลเซียมฟอสเฟตในลักษณะต่างๆ กันดังนี้

BPL (bone phosphate of lime) : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ หรือ $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$

TPL (triphosphate of lime) : $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ หรือ $3\text{CaO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$

P_2O_5 (Phosphorus pentoxide)

P (Phosphorus-not commonly used)

โดยมีความสัมพันธ์กันดังนี้

$80\% \text{BPL} = 80\% \text{TPL} = 36.6\% \text{P}_2\text{O}_5 = 16\% \text{P}$

ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังนี้

$\text{BPL} \times 0.4576 = \text{P}_2\text{O}_5$

$\text{BPL} \div 5 = \text{P}$

$\text{P}_2\text{O}_5 \times 2.185 = \text{BPL}$

แหล่งหินฟอสเฟตที่มีการทำเหมืองและนำมาใช้ประโยชน์แบ่งออกตามชนิดของหินได้ 2 ชนิด คือ

1. ฟอสเฟตจากหินอัคนี (Igneous Phosphate Deposits)
2. ฟอสเฟตจากหินชั้น (Sedimentary Phosphate Deposits)

ฟอสเฟตจากหินอัคนี เป็นแร่ฟอสเฟตชนิดกลุ่มอะพาไทต์ (Apatite group) มี 3 แร่ คือ แร่ฟลูออราพาไทต์ (Fluorapatite) แร่คลอราพาไทต์ (Chlorapatite) และแร่ไฮดรอกซีลาพาไทต์ (Hydroxylapatite)

สูตรเคมี	แร่อะพาไทต์ (Apatite)
	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3 (\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$
	แร่ฟลูออราพาไทต์ (Fluorapatite)
	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$
	แร่คลอราพาไทต์ (Chlorapatite)
	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$
	แร่ไฮดรอกซีลาพาไทต์ (Hydroxylapatite)
	$\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH})$
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความถ่วงจำเพาะ 3.15-3.20
	ความแข็ง 5
	สี มีหลายสี เช่น เขียว น้ำตาล น้ำเงิน ม่วงหรือขาวใส

ฟอสเฟตจากหินชั้น หรือ ฟอสฟอไรต์ (Phosphorite) แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ มูลสัตว์ (Guano) และ pelletal

Guano เป็นแหล่งที่เกิดจากการสะสมตัวของมูลสัตว์ เช่น นกนางแอ่นและนก

Pelletal เป็นแหล่งฟอสเฟตจากน้ำทะเล (Marine phosphate) เช่น แร่ฟรานโคไลต์ (Francolite)

หินฟอสเฟตแบ่งตามประโยชน์การใช้เป็น 3 เกรด

1. เกรดสำหรับผลิตปุ๋ย หรือ Acid grade มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ ใช้ในการผลิตปุ๋ยเคมี โดยการเอาไปทำปฏิกิริยากับกรดโดยตรง
2. เกรดสำหรับเตาถลุง มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) 24-30 เปอร์เซ็นต์ ใช้สำหรับถลุงด้วยเตาไฟฟ้าเพื่อเอาฟอสฟอรัส (P)
3. เกรดต่ำ มีปริมาณฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ใช้บดให้ละเอียดสำหรับใส่เป็นปุ๋ยโดยตรง ซึ่งเรียกว่า ปุ๋ยหินฟอสเฟต (ground phosphate)



KEY TO LOCATION CODES

1. Central Florida (66% BPL grade from one producer)
2. Central Florida (75% BPL grade from one producer)
3. North Florida
4. North Carolina (Texasgulf Inc.)
5. North Carolina (Texasgulf Inc., Calcined)
6. Morocco (Khouribga area, 75% TPL grade)
7. Morocco (Khouribga area, 80-82% TPL grade)
8. Morocco (Youssoufia)
9. Spanish Sahara (80% TPL grade)
10. Senegal (Taiba)
11. Togo
12. Tunisia (65-68% TPL grade)
13. Algeria (Djebel-Onk)
14. Arab Republic of Egypt (Kosseir area)
15. Israel (Oron)
16. Syria (Kneifess area)
17. Jordan (El Hassa)
18. North Vietnam (Lao-Kay)
19. Baja California, Mexico (beach sands, beneficiated, not calcined)
20. Mexico (Saltillo area, La Caja formation, calcined, washed)
21. Tennessee, Maury co. (washed brown rock)
22. 40-mile bank off coast of Southern Calif, (sea floor nodule)
23. Idaho, Caribou co. (Phosphoria Frm., main bed-high grade, 6-ft thick)
24. Idaho, Caribou Co. (washed calcined)
25. Idaho, Caribou Co. (electric furnace shale rock-not beneficiated)
26. Tennessee, Maury Co. (washed electric furnace brown rock)



1. คุณสมบัติของแร่ฟอสเฟตในประเทศอินเดีย

1.1 แร่ฟอสเฟตเกรดสูงและเกรดต่ำ

	เปอร์เซ็นต์	
	เกรดสูง	เกรดต่ำ
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	30-37	14-20
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	46-52	38-44
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.5-1	6-13
ซิลิกา (SiO_2)	5-12	3-10
ออกไซด์อื่น ๆ (R_2O_3)	1-3	1-4
ฟลูออรีน (F)	2-3	1.5-2.5
คลอรีน (Cl)	100 ppm	100 ppm
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	1-2	20-25

1.2 แร่ฟอสเฟตที่ผลิตได้ใน Jhamarkotra

	เปอร์เซ็นต์	
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	31-34	
ซิลิกา (SiO_2)	7-11	
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	45-50	
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2-4	
ออกไซด์อื่น ๆ (R_2O_3)	1-4	
ฟลูออรีน (F)	2-4	
คลอรีน (Cl)	เล็กน้อย	
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO_3)	เล็กน้อย	
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2)	1-3	



2. คุณสมบัติของหินฟอสเฟตที่ผลิตได้ในศรีลังกา จากแหล่ง Eppawala ในตำบล Anuradhapura ทางภาคตะวันตกเฉียงเหนือของศรีลังกา

ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	36.60	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.70	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.95	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	52.30	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.20	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2)	0.50	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	3.72	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.78	เปอร์เซ็นต์
สตรอนเชียมออกไซด์ (SrO)	0.66	เปอร์เซ็นต์
แบเรียมออกไซด์ (BaO)	0.13	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสไดออกไซด์ (MnO_2)	0.09	เปอร์เซ็นต์
ทอเรียมไดออกไซด์ (ThO_2)	0.02	เปอร์เซ็นต์
คลอรีน (Cl)	0.88	เปอร์เซ็นต์
ฟลูออรีน (F)	2.40	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H_2O)	1.46	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียออกซิเจนสำหรับคลอรีนและฟลูออรีน (Loss of O for Cl & F)	1.23	เปอร์เซ็นต์

3. คุณสมบัติของแร่ฟอสเฟตในเวียดนาม จากแหล่ง Lao Cai ทางด้านตะวันออกของแม่น้ำแดงตอนบน แบ่งออกเป็น 4 เกรด

1. ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	36-41	เปอร์เซ็นต์
2. ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	20-36	เปอร์เซ็นต์
3. ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	16-20	เปอร์เซ็นต์
4. ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) สูงสุด	16	เปอร์เซ็นต์



4. คุณสมบัติของหินฟอสเฟตที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ ผลิตโดย Foskor Ltd. จากแหล่งทางตะวันออกเฉียงเหนือของ Transvaal ผลิตหินฟอสเฟตโดยมีชื่อทางการค้าว่า Palfos

	Palfos 80 M	Palfos 86 S	Palfos 88 S
BPL (Bone phosphate of Lime)	80	86	88
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	36.5	39.5	40.2
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	52.0	54.0	54.1

5. คุณสมบัติของหินฟอสเฟตสำหรับใช้ทำปุ๋ยขององค์การสงเคราะห์การทำสวนยาง กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

5.1 สำหรับดินยางพาราที่โตแล้ว

5.1.1 หินฟอสเฟตบดที่ใช้ทำปุ๋ย (GRPF Ground rock phosphate fertilizer) ต้องมีฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ต่ำสุด 25 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

5.1.2 ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ที่ละลายได้ในกรดซัลฟริกและน้ำรวมกันไม่ต่ำกว่า 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แต่ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ละลายน้ำได้ในฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ที่ละลายทั้งหมดต้องไม่เกิน 1 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ใน GRPF จะยอมให้มีฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ต่ำกว่าระดับ ที่กำหนดแต่ไม่เกินกว่า 0.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของจำนวนทั้งหมด

5.1.3 หินฟอสเฟตบดที่ใช้ทำปุ๋ย (GRPF) ผ่านตะแกรงมาตรฐานของ ASTM ขนาดนัมเบอร์ 80 ได้ต่ำสุด 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

5.1.4 ความชื้น ($100^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$) สูงสุด 3 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

5.2 สำหรับใส่ก้นหลุมก่อนปลูกต้นยางพารา

หินฟอสเฟตบดที่ใช้ทำปุ๋ยต้องมีฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) ต่ำสุด 20 เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติของหินฟอสเฟตในทางการค้า (Composition of Commercial Raw Phosphates)

		Florida U.S.A. Land Pebble	Florida U.S.A. Hard rock Phosphate	Nauru Phosphate rock	Kola, USSR, Apatite concentrate	Morocco	Gafsa, Tunisia	Kalaa Djerda, Tunisia	Safaga Egypt
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅) เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) อะลูมินา (Al ₂ O ₃) แคลเซียมออกไซด์ (CaO) แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O) โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O) ฟลูออรีน (F) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃) ซิลิกาและสารที่ไม่ละลายน้ำ (SiO ₂ and insoluble) อนุภาคน้ำในเนื้อแร่และสารอินทรีย์ (Combined water and organic matter)		31.18	35.57	38.92	40.22	35.11	30.55	27.32	31.05
		1.38	0.61	0.30	0.29	0.12	0.55	0.45	1.28
		1.13	1.44			0.45	0.74	0.48	0.38
		46.26	50.40	54.42	51.05	53.00	49.68	51.10	48.74
		0.30	0.87	-	0.19	0.16	0.99	-	0.35
		0.45	0.11	-	0.23	0.16	0.61	-	1.00
			0.43	0.45	0.63	1.14	1.20	-	0.09
		3.68	3.88	2.62	3.25	4.24	2.86	2.19	3.21
		3.68	3.88	2.62	3.25	4.24	2.86	2.19	3.21
		1.59	0.09	1.40	0.37	1.40	2.46	1.99	2.70
7.75	4.68	0.20	1.34	0.86	1.64	-	3.81		
2.57	-	278	-	1.63	6.39	4.00	3.24		
แสดงในรูปแบบ BPL (Ca ₃ P ₂ O ₈) โดยคูณ P ₂ O ₅ ด้วย 2.185		68.13	77.68	84.05	87.88	76.72	66.75	59.69	67.84



คุณสมบัติของแร่ฟอสเฟตชนิด Pellet Phosphorites

Location	code	P ₂ O ₅	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	Cr ₂ O ₃	TiO ₂	V ₂ O ₅	SiO ₂	CO ₂	SO ₃	F ₂	Cl ₂	Org.C	Insol.
	1	30.31	45.25	1.54	1.31	0.52	0.24	0.16	0.05	0.02	0.07	0.01	10.25	4.02	0.91	3.62	0.01	0.30	
	2	34.42	49.34	1.20	0.95	0.17	0.22	0.12	0.02	0.01	0.15	0.01	4.21	3.12	0.68	3.84	0.01	0.18	
	3	32.95	46.45	0.55	1.50	0.25	0.50	0.15					4.25	3.40	0.90	3.60		0.15	4.50
	4	30.08	49.00	0.45	0.40	0.50										3.53		1.20	2.28
	5	33.10	52.10	0.75	0.45	0.60										3.90		0.04	2.00
	6	34.26	52.78	0.26	0.37	0.48	0.84	0.09					1.36	3.59	1.59	3.05	0.03		
	7	37.21	54.24	0.13	0.39	0.10	0.27	0.06					0.97	2.64	0.62	4.17	tr		
	8	33.05	51.95	0.21	0.43	0.40	0.80	0.07					2.46	4.48	1.22	2.49	0.03		
	9	36.60	51.90	0.14	0.35	0.06	0.24	0.14					4.52	1.83	0.44	3.93	0.036	tr	
	10	37.68	51.08	1.02	1.15	0.04	0.17	0.03					2.95	1.45	0.25	3.32	0.03		
	11	36.85	51.69	1.30	1.00	0.03	0.27	0.05					2.99			3.75	0.12		
	12	30.23	48.92	0.37	0.77	0.76	1.50	0.08					3.12	5.18	3.42	3.26	0.09		
	13	34.58	54.25	0.45	0.46	0.77	0.60	0.02					2.35	1.25	1.60	4.00	tr		
	14	29.86	48.96		1.50	0.98							4.98	6.09	2.51	2.95	0.40		
	15	35.10	55.60	0.10	0.30	0.20	0.40	0.03					1.60	1.40	1.80	4.00	0.07		
	16	31.20	47.70	0.35	0.27	0.35	0.58	0.06					3.00		1.16	3.00	0.23		
	17	34.60	53.60										0.83			4.05	0.10		
	18	34.50	42.50	1.75	3.50	0.40			0.40				9.50	0.95		3.05			
	19	29.00	46.14	2.15	1.96	0.77	0.73	0.32	0.03				6.78	5.33	1.51	2.95		0.33	
	20	30.10	54.04	0.37	0.65	0.16				0.006		0.07	8.68	2.95		3.25		0.04	
	21	31.30	43.86	2.10	3.05	0.10	0.34	0.46	0.11				12.66	1.76	0.52	4.06		0.07	
	22	29.90	47.04	3.56	1.31	0.91	1.46	0.35	0.01	0.06			3.70	5.41	2.22	3.49		1.04	
	23	32.30	45.85	0.95	2.13	0.17	0.46	0.61	0.01	0.09	0.05	0.25	9.87	2.10	0.84	2.99		2.50	
	24	33.12	47.70	0.51	1.26	0.30													
	25	25.20	37.33	1.63	4.36	4.36	0.25	1.48	0.02	0.14	0.09	0.20	20.56	0.45	2.62				
	26	33.00	47.86	0.75	1.28	0.36	0.81	0.77		0.25		0.39	5.06	2.15	1.68	3.28	2.53		



โพแทช (Potash)



โพแทชเป็นชื่อเรียกทั่วไปที่มีความหมายรวมถึง โพแทสเซียมคลอไรด์ โพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต โพแทสเซียมซัลเฟต โพแทสเซียมไนเตรดและของผสมโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในไตรดรูปแบบที่สำคัญของแร่โพแทช

1. โพแทสเซียมคลอไรด์ (Potassium chloride) หรือเรียกว่า Muriate of potash และเรียกย่อๆ ว่า MOP เป็นรูปแบบที่ธรรมดาที่สุดมีความบริสุทธิ์อย่างน้อยที่สุดมี KCl 95 เปอร์เซ็นต์ แต่ในที่นี้จะแสดงปริมาณโพแทสเซียมที่มีอยู่ในแร่ด้วยรูปแบบของ K_2O โดยแร่โพแทชชนิดนี้ได้แก่ Sylvite

สูตรเคมี	KCl	
ส่วนประกอบทางเคมี	K	52.4 เปอร์เซ็นต์
	Cl	47.6 เปอร์เซ็นต์
แสดงในรูป K_2O ได้ดังนี้		
คุณสมบัติทางกายภาพ	ทางทฤษฎี K_2O	63.18 เปอร์เซ็นต์
	ทางปฏิบัติ K_2O ต่ำสุด	60 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	1.5-2
	ความถ่วงจำเพาะ	1.99
สี ไม่มี สีขาว สีแดงและชมพู		

2. โพแทสเซียมซัลเฟต (Potassium Sulfate) หรือเรียกว่า Sulfate of potash และเรียกย่อๆ ว่า SOP แร่โพแทชชนิดนี้มีชื่อว่าอาร์คาไนต์ (Arkanite)

สูตรเคมี	K_2SO_4	
ส่วนประกอบทางเคมี	แสดงในรูป K_2O ได้ดังนี้	
	ทางทฤษฎี K_2O	54.05 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความถ่วงจำเพาะ	2.66

3. โพแทสเซียมแมกนีเซียมซัลเฟต (Potassium magnesium Sulfate) หรือเรียกว่า Sulfate of potash-magnesia แร่โพแทชชนิดนี้มีชื่อว่า Langbeinite

สูตรเคมี	$K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$	
ส่วนประกอบทางเคมี	$MgSO_4$	41.99 เปอร์เซ็นต์
	$MgSO_4$	58.01 เปอร์เซ็นต์
	แสดงในรูป K_2O ได้ดังนี้	
	ทางทฤษฎี K_2O	22.69 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความถ่วงจำเพาะ	2.83
	สี	ใสไม่มีสี บางครั้งมีสีแดง และเหลือง มักเกิดปนกับเกลือหรือแอนไฮไดรต์

4. โพแทสเซียมไนเตรต (Potassium nitrate) แร่โพแทชชนิดนี้มีชื่อว่า Niter หรือ Saltpeter

สูตรเคมี	KNO_3	
ส่วนประกอบทางเคมี	K_2O	46.5 เปอร์เซ็นต์
	N_2O_5	53.5 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2
	ความถ่วงจำเพาะ	2.09-2.14
	สี	ขาวและไม่มีสี

นอกจากนี้ แร่โพแทชยังมีรูปแบบต่างๆ อีกหลายชนิดด้วยกัน ซึ่งจะสรุปคุณสมบัติและส่วนประกอบต่างๆ ตามตารางข้างล่างนี้

Mineral	Formula	Sp.Gr	Percent					
			KCl	K ₂ SO ₄	MgCl ₂	MgSO ₄	H ₂ O	K ₂ O
Arcanite	K ₂ SO ₄	2.66	-	100.0				54.06
Carnallite	KCl.MgCl ₂ .6H ₂ O	1.61	26.83		34.27		38.9	16.95
Erytrosiderite	2KCl.FeCl ₃ .H ₂ O		45.28				5.47	28.61
Glaserite	K ₃ Na(SO ₄) ₂	2.7		78.63				42.51
Glauconite	K ₂ (Mg,Fe) ₂ Al ₆ (Si ₄ O ₁₀) ₃ (OH) ₁₂	2.3						2.3-8.5
Hydrophilite	KCl.CaCl ₂ .6H ₂ O		25.39					16.04
Kainite	MgSO ₄ .KCl.3H ₂ O	2.13	29.94			48.35	21.71	18.92
Langbeinite	K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	2.83		41.99		58.01		22.70
Leonite	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .4H ₂ O	2.25		47.52		32.83	19.65	25.69
Niter	KNO ₃	2.11						46.59
Polyhalite	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .2CaSO ₄ .2H ₂ O	2.78		28.9		19.96	5.98	15.62
Schoenite	K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .6H ₂ O	2.1		43.27		29.89	26.84	23.39
Sylvinite	KCl + NaCl	-						10-30
Sylvite	KCl	1.98	100.0					63.17
Syngenite	K ₂ SO ₄ .CaSO ₄ .H ₂ O	2.6		53.06			5.49	28.68

คุณสมบัติโดยย่อของแร่โพแทชบางชนิด

Sylvite (KCl) เป็นแร่โพแทชที่สำคัญที่สุดทั้งนี้เนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์ของโพแทสเซียมสูงถึง 52.44% หรือ 100% KCl หรือ 63.17% K₂O แต่อย่างไรก็ตามส่วนใหญ่จะเกิดปนกับเกลือหินเสมอๆ ซึ่งเราจะเรียกว่า Sylvinite ซึ่งทำการแต่งแร่ก็เพียงแค่แยกเอาเกลือหิน (NaCl) ออกอย่างเดียวเท่านั้น คุณสมบัติทางฟิสิกส์โดยทั่วไป จะมีสีคล้ายเกลือหิน แต่แตกต่างกับเกลือหินตรงที่มีรสฝาดหรือเผ็ดอยู่ด้วย ความแข็งน้อยกว่าเกลือหิน มีสีขาวปน ใสไม่มีสี จนถึงสีแดงหรืออมแดง

Carnallite (KCl.MgCl₂.6H₂O) แร่นี้ถ้าพบอยู่ในรูปที่บริสุทธิ์แล้วจะมี KCl = 26.83%, MgCl₂ = 34.27% และ H₂O = 38.90% ถ้าเป็น K₂O จะมี 16.95% K₂O จะเห็นว่าแร่ carnallite นี้มี KCl



Kainite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{KCl} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) เมื่อบริสุทธิ์จะมี $\text{KCl} = 29.94\%$ ($\text{K}_2\text{O} = 18.92\%$) $\text{MgSO}_4 = 48.35\%$ และ $\text{H}_2\text{O} = 21.71\%$ มีสีต่างๆ กันและบางครั้งใสไม่มีสี มักจะเกิดแทนที่แร่ตัวอื่น เช่น carnallite ละลายน้ำได้ง่ายเช่นเดียวกัน

Langbeinite ($\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$) เมื่อบริสุทธิ์จะมี $\text{K}_2\text{SO}_4 = 41.99\%$, $\text{MgSO}_4 = 58.01\%$ ส่วนมากมีลักษณะใสไม่มีสี บางครั้งมีสีแดงและเหลือง มักเกิดปนกับเกลือหินหรือแอนไฮไดรต์

คุณสมบัติของแร่โพแทชเกรดมาตรฐาน

	Muriate of potash KCl	Sulfate of Potash K_2SO_4	Potassium, Magnesium Sulfate $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 2\text{MgSO}_4$
คุณสมบัติทางเคมี (%)			
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	60.0-61.5	50.0-52.4	22.0-22.9
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)			18.0-18.8
กำมะถัน (S)			22.3-22.6
คลอรีน (Cl)		1.0-2.5	1.0-2.3
น้ำ (H_2O)	0.06-0.12	0.10-0.12	0.12-0.15
คุณสมบัติทางกายภาพ (% สะสม)			
+8 เมช			0-3
+10			3-16
+14	0-6	0.15	16-38
+20	17-32	20-45	39-63
+28	42-63	65-85	60-83
+35	66-90	80-95	75-92
+48	84-98	90-98	85-96
+65	93-100	95-100	94-100

	Muriate of potash KCl	Sulfate of Potash K ₂ SO ₄	Potassium, Magnesium Sulfate K ₂ SO ₄ ·2MgSO ₄
ความหนาแน่น			
ปอนด์/ลบ.ฟุต	66-68	88	92
ผลวิเคราะห์ทางเคมี (%)			
โพแทสเซียม (K)	50.5	41.9	18.5
แมกนีเซียม (Mg)	0.17	0.9	11.1
แคลเซียม (Ca)	0.02	0.3	0.05
โซเดียม (Na)	0.05	0.2	0.76
คลอรีน (Cl)	47.86	1.5	
ซัลเฟต (SO ₄)	0.04	51.5	67.4
สารที่ไม่ละลาย (Insoluble)	0.30	0.7	0.33
*1.0 % K = 1.2046% K ₂ O			

คุณลักษณะของแร่โพแทชในเชิงพาณิชย์ แบ่งเกรดตามขนาดแร่

Grade	Minimum K ₂ O equivalent	Approximate particle size range ¹		Type of potash
		Mesh ²	Millimeters	
Granular	61, 50, 22	6-20	3.35-0.85	Muriate and sulfates
Blend ³	60	6-14	3.35-1.18	Muriate
Coarse	60	8-28	2.4-0.6	Muriate
Standard	60, 50, 22	14-65	1.2-0.21	Muriate and sulfates
Special standard	60	35-150	0.4-0.11	Muriate and sulfates
Soluble or suspension	62	35-150	0.4-0.11	Muriate
Chemical	63	xx	xx	Muriate

xx Not applicable

1 From approximately 2% to 98% by weight percent cumulative

2 Tyler standard

3 Blend is a new grade with a midpoint between 8 and 10 mesh that is being introduced by Canadian producers



คุณสมบัติของแร่ตามมาตรฐานอินเดียสำหรับโพแทสเซียมคลอไรด์ที่ใช้ทำปุ๋ย (Potassium Chloride fertilizer grade ; IS : 2779-1964)

เปอร์เซ็นต์

โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O) ต่ำสุด	58.0
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) สูงสุด (เมื่อไม่มีความชื้น)	3.0

ไพโรฟิลไลต์ (Pyrophyllite)



ไพโรฟิลไลต์หรืออะแกลมาโตไลต์ (Agalmatolite) คือแร่อะลูมิเนียมซิลิเกตที่มีน้ำรวมอยู่ด้วย เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของหินเนื่องจากความร้อน มีสีขาว เขียว เทา น้ำตาล ผิวเป็นมันวาวและลื่น แร่ไพโรฟิลไลต์เป็นแร่ที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับแร่ทัลก์

สูตรเคมี	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ หรือ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	อะลูมินา (Al_2O_3)	28.3	เปอร์เซ็นต์
	ซิลิกา (SiO_2)	66.7	เปอร์เซ็นต์
	น้ำ (H_2O)	5.0	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	1-2	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.8-2.9	

1. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์จากแหล่งต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	ทฤษฎี ¹	บราซิล ²	สหรัฐ อเมริกา ³	ญี่ปุ่น ⁴	เกาหลี ⁵	ออสเตรเลีย ⁶
ซิลิกา (SiO ₂)	66.0	63.64	57.58	75.7	67.6	75.7
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	28.4	25.59	33.31	17.74	26.32	18.8
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)			0.33	1.43	0.84	0.38
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)			เล็กน้อย		0.19	0.30
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)		0.01	เล็กน้อย	0.09	0.25	0.12
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)		2.48	3.90	0.32	0.25	0.24
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)		0.29	0.06	0.22	0.65	0.11
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)				0.09		0.39
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.0	4.81	5.56	4.31	3.93	3.90

1. ส่วนประกอบทางเคมีตามทฤษฎี
2. ผลิตโดย Matheus Ieme เป็นเกรด filler และ extender
3. ผลิตโดย Standard Mineral Co. รัฐแคลิฟอร์เนีย
4. เกรดวัสดุทนไฟจากแหล่ง Okayama
5. Dongnae mine at Tongnaegun
6. chalcedonic pyrophyllite เกรดวัสดุทนไฟจาก Pambula



2. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิไลต์ที่ผลิตได้ในญี่ปุ่นและเกาหลีใต้เกรดวัสดุทนไฟ

เปอร์เซ็นต์

	ญี่ปุ่น			เกาหลีใต้
	Ohira, Okayama prefecture	Ochidani, Hyogo prefecture	Shokozan, Hiroshima prefecture	Wando, Cholianam province
ซิลิกา (SiO ₂)	75.76	79.90	77.35	76.39
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	17.68	14.28	18.18	18.09
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.57	0.46	0.20	0.30
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.31	0.19	0.12	0.74
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.17	-	0.21	0.18
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.02	-	0.07	0.04
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.96	0.13	0.29	0.10
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.15	0.15	0.09	0.06
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4.38	3.26	3.51	4.00

3. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิไลต์ที่ผลิตได้ในเกาหลีใต้

เปอร์เซ็นต์

	Wando mine	Milyang mine	Dongnae mine	Sungsan mine
ซิลิกา (SiO ₂)	60.85-63.04	65.31	67.60	63.90
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	31.18-29.50	28.75	26.32	27.68
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.63-0.58	0.51	0.84	0.56
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.14-0.10	0.35	0.25	0.27
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.35-0.15	0.13	0.19	0.67
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.89-0.58	0.45	0.65	0.76
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.13-0.06	0.07	0.25	0.83
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	6.32-6.02	4.48	3.93	5.35



4. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา จาก Pioneer mine ใน San Diego county รัฐแคลิฟอร์เนีย

เปอร์เซ็นต์

	A	B	C	D	E
ซิลิกา (SiO ₂)	80.13	65.58	77.16	66.74	66.80
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	11.79	24.07	18.29	26.68	28.20
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.28	0.38	0.16	0.44	0.14*
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.06	0.45	0.05	0.06	เล็กน้อย
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.74	0.30	0.10	0.05	เล็กน้อย
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	เล็กน้อย
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	เล็กน้อย
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.85	0.68	0.65	0.70	0.02
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.24	0.07	0.05	0.02	0.06**

n.d. = not determined

* รวม MnO 0.04% ด้วย

** เป็นเปอร์เซ็นต์ของ Sulphur สำหรับ P₂O₅ ไม่ได้วิเคราะห์

A. Silicified and slightly pyrophyllitized dacite

B. Moderately pyrophyllitized dacite

C. Pyrophyllite-quartz schist

D. Pyrophyllite schist

E. Pyrophyllite schist



5. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ โดยมีชื่อเรียกไพโรฟิลไลต์เป็นภาษาท้องถิ่น Wonderstone

เปอร์เซ็นต์

ตัวอย่างที่ 1	1	2	3	4	5	6
ซิลิกา (SiO ₂)	56.76	55.50	56.71	56.84	54.96	54.20
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	32.39	34.30	33.27	33.57	34.03	34.94
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.54	0.82	1.48	0.75	0.86	1.06
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	2.80	2.60	2.30	2.25	2.75	2.50
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.25	0.16	0.14	0.07	0.18	0.12
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.31	0.28	0.26	0.29	0.13	0.21
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	6.37	6.71	6.15	6.42	7.63	7.40

6. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ในตุรกี

เปอร์เซ็นต์

	Massive Type	Natural Powder	High aluminous type
ซิลิกา (SiO ₂)	65.88	61.54	42.70
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	26.39	28.59	43.48
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	1.00	0.60	0.60
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.60	0.50	0.43
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.67	0.79	0.45
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.17	0.78	0.78
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.33	0.33	4.66
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.70	1.27	2.67
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4.26	5.60	4.23



7. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

7.1 กำหนดเกรดของแร่ไพโรฟิลไลต์ดังนี้

ชนิดแร่	เปอร์เซ็นต์			การใช้ประโยชน์
	Al ₂ O ₃	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	
Chloritic pyrophyllite	24-28	0.2-0.5	0.2	Paint filler Plastics filler Rubber filler
Chalcedonic pyrophyllite	13-15	0.2-0.5	0.4	Contact refractories
Chalcedonic sericitic pyrophyllite	15-20	0.4-0.8	0.5	Tunnel kiln furniture
Serucutuc otriogtkute	18-22	0.5-3.0	0.5	Whiteware ceramics Floor tiles Electrical porcelain

7.2 แร่ไพโรฟิลไลต์สำหรับใช้งานต่างๆ

7.2.1 Contact Refractories คุณลักษณะทางเคมีควรมี Al₂O₃ 14-20 เปอร์เซ็นต์ Na₂O และ K₂O น้อยกว่า 0.5 เปอร์เซ็นต์ สำหรับคุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ ดังนี้

ซิลิกา (SiO ₂)	78.50	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	15.80	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.38	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.11	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.24	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.30	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.12	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.39	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	3.90	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.65	

7.2.2 Tunnel kiln Furniture คุณลักษณะทางเคมีควรมี Al_2O_3 18-20 เปอร์เซ็นต์ แอลคาไลส์ รวมประมาณ 1 เปอร์เซ็นต์ สำหรับคุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ ดังนี้

ซิลิกา (SiO_2)	73.90	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	20.60	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.45	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.12	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.44	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4.3	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.65	

7.2.3 Refractory Mortars

ซิลิกา (SiO_2)	73.90	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	20.60	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.45	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.12	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.44	เปอร์เซ็นต์

7.2.4 Whiteware เช่น ผลิตภัณฑ์ stoneware เครื่องใช้ที่ทำด้วยดินเผา กระเบื้องปูพื้น กระเบื้องผนัง เครื่องสุขภัณฑ์ พอร์ซเลน

ซิลิกา (SiO_2)	65.8	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al_2O_3)	28.2	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.11	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na_2O)	0.10	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K_2O)	0.04	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.01	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.01	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.18	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.10	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.80	

7.2.5 Mineral fillers

ซิลิกา (SiO ₂)	65.80	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	28.20	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.22	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.10	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.04	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.28	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.01	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.18	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	5.10	เปอร์เซ็นต์
ความขาวสว่าง (Brightness)	80-90	เปอร์เซ็นต์
การดูดซึมน้ำ (Water Absorption)	50	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.74	

8. คุณลักษณะของแร่ไพโรฟิลไลต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย

ซิลิกา (SiO ₂)	67.8	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	22.8	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.12	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.15	เปอร์เซ็นต์
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.15	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	6.7	เปอร์เซ็นต์

ควอร์ตซ์ (Quartz)



ควอร์ตซ์หรือแร่เขียวหนุมาน เป็นแร่ประกอบหินอัคนีที่สำคัญมากโดยเฉพาะในหินแกรนิต

สูตรเคมี	SiO_2		
ส่วนประกอบทางเคมี	Si	46.7	เปอร์เซ็นต์
	O	53.6	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	7	
	ความถ่วงจำเพาะ	2.65	
	สี	สีขาวขุ่น สีเขียว สีชมพู สีม่วง ใสไม่มีสี	

1. คุณสมบัติของควอร์ตซ์ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials. ASTM C616-89,04.08) สำหรับควอร์ตซ์แท่งเพื่อใช้ในการก่อสร้างโดยแบ่งตามปริมาณ Free silica ได้ 3 ชนิด

ชนิดที่ 1 หินทราย (Sandstone) มี Free silica ต่ำสุด 60 เปอร์เซ็นต์

ชนิดที่ 2 หินทรายควอร์ตซิก (Quartzitic Sandstone) มี Free silica ต่ำสุด 90 เปอร์เซ็นต์

ชนิดที่ 3 หินควอร์ตไซต์ (Quartzite) มี Free silica ต่ำสุด 95 เปอร์เซ็นต์

	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2	ชนิดที่ 3
การดูดซึมโดยน้ำหนัก (Absorption by weight) สูงสุด : เปอร์เซ็นต์	20	3	1
ความแน่น (Density) ต่ำสุด : ปอนด์/ลบ.ฟุต (กิโลกรัม/ลบ.ม.)	135 (2,160)	150 (2,400)	160 (2,560)
แรงอัด (Compressive strength) ต่ำสุด : ปอนด์/ตารางนิ้ว	2,000	10,000	20,000
พิกัดแตกร้าว (Modulus of rupture) ต่ำสุด : ปอนด์/ตารางนิ้ว	300	1,000	2,000
ความต้านทานการขัด (Abrasion resistance)	8	8	8

2. คุณสมบัติของควอร์ตซ์สำหรับใช้ในงานต่างๆ ของประเทศในยุโรป

เปอร์เซ็นต์

	เกรดเคมี	เกรดโลหกรรม
ซิลิกา (SiO ₂)	ต่ำสุด 99.0	ต่ำสุด 99.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	สูงสุด 0.1	สูงสุด 0.2
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	สูงสุด 0.2	สูงสุด 0.3
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	สูงสุด 0.1	สูงสุด 0.1
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	สูงสุด 0.1	สูงสุด 0.1
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	สูงสุด 0.02	สูงสุด 0.02

แต่ในทางปฏิบัติผู้บริโภคมักต้องการใช้แร่ควอร์ตซ์ที่มีความบริสุทธิ์สูง ได้แก่ เกรดโลหกรรมของสเปน ต้องการให้มี Fe₂O₃ 0.05% และ CaO 0.01%



3. คุณลักษณะของควอร์ตซ์ในอัฟริกา สำหรับใช้ทำแว่นตา (African Optican Quartz)

ส่วนประกอบทางเคมี (Typical chemical Analysis)

ซิลิกา (SiO ₂)	99.6	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	130	ส่วนในล้านส่วน
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	17	ส่วนในล้านส่วน
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	3	ส่วนในล้านส่วน
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	120	ส่วนในล้านส่วน
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	8	ส่วนในล้านส่วน
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	55	ส่วนในล้านส่วน
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	40	ส่วนในล้านส่วน
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	90	ส่วนในล้านส่วน
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.2	ส่วนในล้านส่วน
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.2	เปอร์เซ็นต์

ขนาดแร่ (Typical size Analysis)

ไมครอน (Micron)	% ปริมาณ (%Held)	%สะสม (%Cumulative)
+300		
+250		
+150		
+105	5	5
+75	25	30
+45	50	80
+38	10	90
-38	10	100

4. คุณลักษณะของควอร์ตซ์ที่ผลิตได้ในประเทศอินเดีย และส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นเพื่อผลิตซิลิโคนแผ่น

ซิลิกา (SiO ₂)	99.8	เปอร์เซ็นต์
----------------------------	------	-------------

5. คุณลักษณะของควอร์ตซ์ที่ใช้ภายในประเทศ เกรดสำหรับทำแก้ว

ซิลิกา (SiO ₂) ต่ำสุด	97.0	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe) สูงสุด	2.0	เปอร์เซ็นต์



เกลือหิน (Rock salt)



แร่เกลือหิน (Rock salt) เป็นแร่เกลือที่ถือกำเนิดแบบหินชั้นชนิดหนึ่ง เกิดจากการระเหยของน้ำทะเลในสมัยดึกดำบรรพ์ และเมื่อน้ำทะเลระเหยไปเพราะความร้อนจากแสงอาทิตย์จนมี density 1.25 gm/cm^3 หรือน้ำได้ระเหยไป 90 เปอร์เซ็นต์จากน้ำทะเลที่มีอยู่เดิม เกลือหินจะเริ่มตกตัวเป็นของแข็ง และหลังจากนั้นพวกธาตุโพแทสเซียม (K) และแมกนีเซียม (Mg) ก็จะตกตัวต่อมาเป็นแร่โพแทชอื่นๆ ต่อไป ซึ่งในช่วงหลังนี้น้ำทะเลจะระเหยจนเหือดแห้งไปหมด

แร่เกลือหิน (Rock salt) นี้ ส่วนใหญ่คือแร่เกลือ (Halite NaCl) มากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป จนถึง 100 เปอร์เซ็นต์ มีแร่อื่นปนอยู่บ้างเล็กน้อย เช่น แร่ยิปซัม ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) และแร่แอนไฮไดรต์ (CaSO_4) เป็นต้น นอกจากนั้นอาจมีพวกสารอินทรีย์ (Organic matter) เช่น ซากพืช และซากสัตว์ หรือแร่ที่เกิดจากการระเหยของน้ำทะเลตัวอื่นๆ เช่น Kieserite ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), Boracite ($\text{MgCl}_2 \cdot 5\text{MgO} \cdot 7\text{B}_2\text{O}_3$) เป็นต้น

สูตรเคมี ของแร่เกลือหินหรือ Halite คือ NaCl

ส่วนประกอบทางเคมี	NaCl	100 เปอร์เซ็นต์
ซึ่งมี	Na	39.34 เปอร์เซ็นต์
	Cl	60.66 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2.5
	ความถ่วงจำเพาะ	2.16
	จุดหลอมเหลว	801° C
	จุดเดือด	1,413° C



1. คุณสมบัติของแร่เกลือหินจาก West Germany ผลิตโดย Deutsche Solvay Werke Borth เป็นแร่ที่มีเกรดสูงกว่าปกติ

คือ มีโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	98-99 เปอร์เซ็นต์
ซัลเฟต (SO ₄)	1.1 เปอร์เซ็นต์
แคลเซียม (Ca)	0.4 เปอร์เซ็นต์

2. คุณสมบัติของแร่เกลือหินจากแหล่งต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	Winsford Cheshire England	Mays salts Mine India	Livingston Co. New York U.S.A.	Malagash Nova Scotia Canada	Stassfurt Germany
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	95.60	98.86	96.54	99.09	97.53
แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl ₂)	0.08	nil	0.39	0.03	0.23*
แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl ₂)	0.03	-	1.37	1.12	-
แคลเซียมซัลเฟต (CaSO ₄)	1.29	-	1.70	0.40	1.49
โซเดียมซัลเฟต (Na ₂ SO ₄)	-	0.57	-	-	0.43
โซเดียมไบคาร์บอเนต (NaHCO ₃)	-	Trace	-	-	-
สารที่ไม่ละลาย	3.00	-	-	3.36	-

* Magnesium sulphate



3. คุณลักษณะของแร่เกลือหินที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3	4	5	6
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	92.08	76.1-99.8	99.25	96.15	98.22	98.15
เฟอร์ริกออกไซด์+อะลูมินา (Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃)	3.52	-	-	0.015	-	-
แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl ₂)	2.04	0.5-0.2	0.04	0.018	0.053	0.011
แคลเซียมซัลเฟต (CaSO ₄)	0.71	0.01-0.03	0.69	3.252	0.634	0.639
แคลเซียมคาร์บอเนต (CaCO ₃)	0.15	1.1-0.39	-	-	-	-
แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl ₂)	0.08	-	0.01	0.342	0.052	0.027
ซิลิกา (SiO ₂)	1.42	-	-	-	-	-
แมกนีเซียมซัลเฟต (MgSO ₄)	-	-	-	-	-	-
สารที่ไม่ละลายในน้ำ (H ₂ O insoluble)	-	22.8-0.3	-	0.223	1.041	1.173

1. Louann Salt, Union county, Alabama
2. Haynesville Salt, Se4, T5N, R2E, Alabama
3. International Salt Co., Avery Island, Alabama
4. Hutchinson Salt, Carey Salt Co.
5. International Salt Co., Detroit, Michigan
6. International Salt Co., Cleveland, Ohio

4. คุณลักษณะของแร่เกลือหินที่ผลิตได้ในนิวยอร์ก สหรัฐอเมริกา โดยจำแนกตามชนิดผลึก และเกรดน้ำมันเบอร์ 1

เปอร์เซ็นต์

	FC	CC	No.1
ความชื้น (Moisture)	0.038	0.023	0.022
สารที่ไม่ละลายน้ำ (Water insolubles)	1.308	1.227	1.613
แคลเซียมซัลเฟต (CaSO ₄)	0.533	0.473	0.639
แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl ₂)	0.022	0.022	0.030
แมกนีเซียมคลอไรด์ (MgCl ₂)	0.006	0.006	0.008
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	98.095	98.249	97.688
โซเดียมคลอไรด์ (dry basis)	98.133	98.272	97.710

FC = fine crystal

CC = coarse crystal

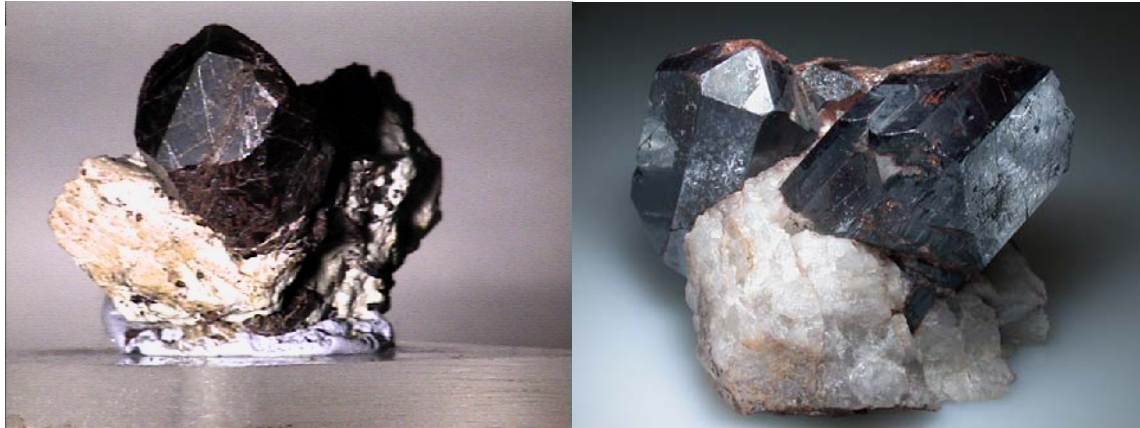


5. คุณลักษณะของแร่เกลือหินจากแหล่งทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

คุณลักษณะทางเคมี	ด้านทิศตะวันออก ของ จ.อุดรธานี	ด้านทิศใต้ของ จ.อุดรธานี	อ.สุวรรณภูมิ จ.อุบลราชธานี
ซิลิกา (SiO ₂)	0.13	0.06	-
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.00	Al 0.09	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.19	Fe 0.06	-
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.69	Ca 0.19	Ca -
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.05	Mg 0.09	Mg 0.11
แมงกานีส (Mn)	-	0.03	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	37.04	Na 38.43	Na 39.10
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	Trace	K 0.00	K Trace
ลิเทียมออกไซด์ (Li ₂ O)	0.00	Li 0.00	-
ซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (SO ₃)	0.64	SO ₄ 0.28	SO ₄ 0.19
คลอรีน (Cl)	60.02	60.25	60.27
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	-	0.07	-
ไอโอดีน (I)	0.00	0.00	0.05
ฟอสเฟต (PO ₄)	0.00	0.00	-
โบรมีน (Br)	-	0.00	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	3.64	-	-
ไม่ละลายในกรดไฮโดรคลอริก (Insoluble in HCl)	-	0.08	-
ไม่ละลายในน้ำ (Insoluble in H ₂ O)	0.04	0.20	0.02
ปริมาณโซเดียมคลอไรด์ (NaCl content)	96.24	97.76	99.45

รูไทล์ (Rutile)



1. คุณสมบัติของแร่รูไทล์จากบราซิล

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3	4	5	6
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	96.7	92.9	93.5	97.8	97.1	95.6
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	2.0	6.8	6.6	2.3	3.0	3.4
ซิลิกา (SiO ₂)	0.5	0.4	0.1	0.2	-	0.7

ที่มาของตัวอย่าง

- | | |
|----------------------------|----------------|
| 1. Mossamedes, | State of Goias |
| 2. Mossamedes, | State of Goias |
| 3. Corumba, | State of Goias |
| 4. Pirenopolis, | State of Goias |
| 5. Santa Luzia, | State of Goias |
| 6. ตัวอย่างเฉลี่ยที่ส่งจาก | State of Goias |

2. คุณลักษณะของแร่ไทล์ที่ผลิตได้ในฝรั่งเศส

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	97.51	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.64	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.08	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.16	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมออกไซด์และโพแทสเซียมออกไซด์ (Na ₂ O+K ₂ O)	0.30	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	0.29	เปอร์เซ็นต์
โครเมียมออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.1	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.08	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	0.25	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	0.14	เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของแร่ไทล์ในออสเตรเลีย

3.1 แร่ไทล์เกรดพรีเมียมของออสเตรเลีย

เปอร์เซ็นต์

	แร่ไทล์ชนิดหยาบ (Rutile sand)	แร่ไทล์ชนิดผงละเอียด (Rutile flour)
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	96.0	96.0
เซอร์โคเนียมออกไซด์ (ZrO ₂) สูงสุด	1.0	1.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.5	1.0
ขนาด (Size)		
1. ลอดตะแกรง 200 เมช (BSS) ต่ำสุด	-	95
2. ลอดตะแกรง 300 เมช (BSS) ต่ำสุด	-	95
3. ลอดตะแกรง 350 เมช (BSS) ต่ำสุด	-	95

3.2 แร่ไทล์ที่ผลิตโดย Westralian Sands Limited โดยมีเครื่องหมายการค้าว่า HYT191 และมีแหล่งแร่ที่ Capel, Western Australia

การรับประกันคุณภาพแร่ (Guarantees)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	91	เปอร์เซ็นต์
---	----	-------------



ส่วนประกอบเคมี (Typical Chemical Analysis)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	91.0-92.0	เปอร์เซ็นต์
เหล็กทั้งหมดซึ่งอยู่ในรูปเฟอร์ริกออกไซด์ (Total Iron as Fe ₂ O ₃)	2.0-3.5	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.6-1.1	เปอร์เซ็นต์
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	1.0-1.8	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.09-0.12	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.11-0.13	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	1.1-1.5	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.08-0.10	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	0.02-0.03	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.30-0.35	เปอร์เซ็นต์
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.02-0.03	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) เมื่อ 105 °C	0.2-0.3	เปอร์เซ็นต์
ไนโอเบียมเพนตอกไซด์ (Nb ₂ O ₅)	0.35-0.40	เปอร์เซ็นต์
อิตเทรียมไตรออกไซด์ (Y ₂ O ₃) สูงสุด	0.01-0.02	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกายภาพ (Typical Physical Data)

ความหนาแน่น (Bulk Density)	2,200 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity)	4.0

3.3 แร่ที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

ผู้ผลิต	1	2	3	4	5	6	7
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	95.2	95.2	95.8	95.5	91-92	98.2	95.0
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	0.5-0.95	0.69	0.8	0.95	1.5-2.5	0.75	1.0
ซิลิกา (SiO ₂)	0.7-1.0	0.72	0.8	0.8	1.1-1.5	0.70	n.a.
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.5-0.9	0.53	0.94	0.9	1.5-3.5	0.35	1.0
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.18-0.28	0.16	0.15	0.15	0.07-0.15	0.20	n.a.
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.58-0.65	0.75	0.43	0.68	0.02-0.05	0.70	n.a.



1. Mineral Deposits Ltd มีแหล่งอยู่ใน New South Wales
2. CRL : Consolidated Rutile Ltd มีแหล่งอยู่ใน Queensland
3. Tiwest : Tiwest Sales Pty Ltd มีแหล่งอยู่ใน Western Australia
4. RGC (Eneabba) : RGC Mineral Sands Ltd มีแหล่งอยู่ใน Western Australia
5. Westralian : Westralian Sands Ltd มีแหล่งอยู่ใน Western Australia
6. RZM : RZM Pty Ltd โดย RZM ย่อมาจาก Rutile and Zircon Mines มีแหล่งอยู่ใน New South Wales
7. Currumbin : Currumbin Minerals Pty Ltd มีแหล่งอยู่ใน Queensland และ New South Wales

4. คุณลักษณะของแร่ Rutile ที่ผลิตได้ในศรีลังกา ผลิตโดย Ceylon Mineral Sands Corp. (CMSC) และ
บรรจุลงขนาดย่อมส่งออกไปยังประเทศปากีสถาน อินเดีย ญี่ปุ่น และเกาหลีใต้

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	95.5	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.98	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.28	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	0.53	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.12	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.35	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.05	เปอร์เซ็นต์
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	1.5	เปอร์เซ็นต์

5. คุณลักษณะของแร่ Rutile ที่ผลิตได้ในประเทศอินเดีย ผลิตโดย Indian Rare Eare Earths Ltd (IRE)
โดยส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่นและยุโรปตะวันตก รวมทั้งกลุ่มประเทศแคนดินเนเวีย

เปอร์เซ็นต์

	Q rutile	MK rutile	OR rutile
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	96.4	95.0	95.5
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.1	2.0	0.5
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	1.1	1.2	1.2
ซิลิกา (SiO ₂)	1.1	0.8	0.9
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.03	0.03	0.01
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	n.a.	n.a.	0.55



6. คุณลักษณะของแร่ Rutile ที่ผลิตได้ในโมซัมบิก ผลิตโดย Kenmare Resources เป็นแร่ Rutile ชนิด

พิเศษ (Premium rutile)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	96.4	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.36	เปอร์เซ็นต์
โครเมียมออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.18	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	0.46	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.2	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	n.a.	เปอร์เซ็นต์

7. คุณลักษณะของแร่ Rutile สังกะราห์ที่ผลิตได้จากประเทศต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	สหรัฐอเมริกา	มาเลเซีย	ออสเตรเลีย			อินเดีย	
	1	2	3	4	5	6	7
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	93.5	95.0	92.5	93.5	92.5-93.5	91.8	95.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	n.a.	สูงสุด 1.5	2.7	3.1	2.0-3.0	4.6	2.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	n.a.	สูงสุด 0.55	1.1	0.9	1.4-1.6	0.4	n.a.
โครเมียมออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	n.a.	สูงสุด 0.05	0.18	0.23	0.08	0.06	n.a.
วานาเดียมเพนทอกไซด์ (V ₂ O ₅)	n.a.	สูงสุด 0.14	0.26	0.37	0.25	0.2	n.a.
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	n.a.	สูงสุด 0.11	0.10	0.06	n.a.	0.24	n.a.

1. Kerr McGee Chemical Corp.
2. Hitox Corporation of America
3. RGC Mineral Sands Ltd (Narngulu)
4. Tiwest Saales Pty Ltd
5. Westralian Sands Ltd
6. Indian Rare Earths
7. Dhranghadhra Chemical Works Ltd (DCW)



8. คุณลักษณะของแร่ไทล์ในประเทศไทย

8.1 แร่ไทล์เกรดมาตรฐาน (Standard grade)

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) ต่ำสุด	95	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	1	เปอร์เซ็นต์
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂) สูงสุด	1	เปอร์เซ็นต์

8.2 แร่ไทล์ที่มีชื่อ – ขายในท้องตลาด

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	80- 85	เปอร์เซ็นต์
--	--------	-------------

8.3 แร่ไทล์ที่ผลิตโดย Sakorn Minerals Co., Ltd. จากแหล่งในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์

ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	95	เปอร์เซ็นต์
--	----	-------------

หินดินดาน (Shale)



หินดินดานเป็นหินชั้นซึ่งประกอบด้วยแร่ดิน (clay minerals) เป็นส่วนใหญ่ แร่ดินนี้เป็นสารผสมของอะลูมิเนียมซิลิเกตกับแมกนีเซียมซิลิเกตในส่วนต่างๆ กัน และมีสมบัติประจำคือละเอียดมาก บีบกับน้ำแล้วเหนียวติดมือ หินดินดานบางชนิดย่างไฟแล้วให้น้ำมัน ซึ่งเมื่อกลั่นจะได้น้ำมันคุณภาพต่างๆ กัน จึงเรียกหินดินดานนั้นว่า หินน้ำมัน (oil shale)

ส่วนประกอบทางเคมี	ซิลิกา (SiO_2)	ต่ำสุด	65	เปอร์เซ็นต์
	อะลูมินา (Al_2O_3)		12-18	เปอร์เซ็นต์
	อัลคาไล (Alkali : K_2O , Na_2O)			น้อยที่สุด

ประโยชน์ของหินดินดาน

ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตปูนซีเมนต์

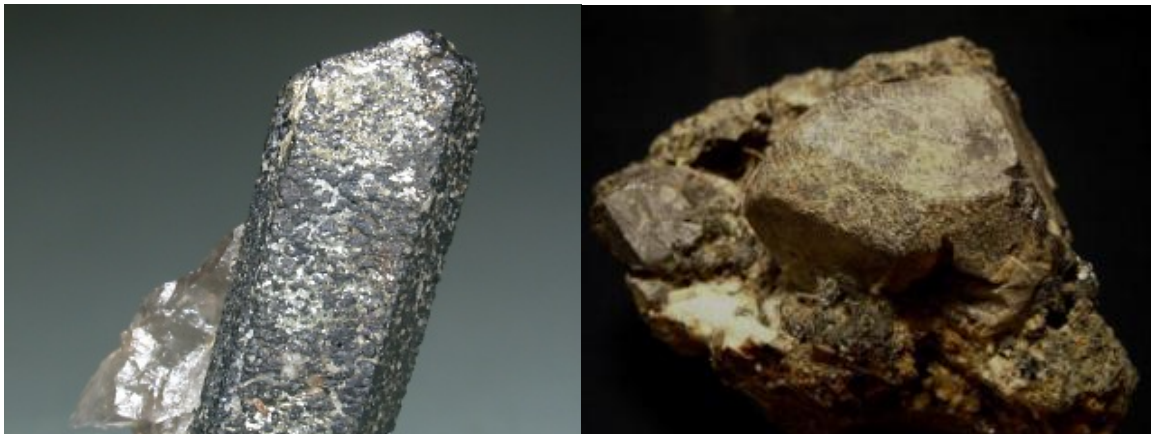
คุณสมบัติของหินดินดานซึ่งเป็นตัวอย่างจากการสำรวจของสหรัฐอเมริกา และจากบางแหล่งของประเทศไทย

เปอร์เซ็นต์

	สหรัฐอเมริกา	ประเทศไทย	
		จ.เพชรบุรี	จ.นครศรีธรรมราช
ซิลิกา (SiO ₂)	58.10	59.74	66.76
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	15.40	15.56	11.49
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	4.02	6.58	6.73
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	2.45	0.95	1.27
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	2.44	1.34	0.23
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	3.11	1.85	0.43
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	1.30	0.23	0.16
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	3.24	5.17	2.44
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (Ti O ₂)	0.65	0.61	0.76
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.17	0.23	0.26
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)		0.07	0.03
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	2.63		0.5
คาร์บอน (C : elemental)	0.80		1.55
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)		5.85	



สตรูเวอร์ไรต์ (Struverite)



แร่สตรูเวอร์ไรต์ หรือแร่โคลัมเบียม-แทนทาลัมเปอร์เซ็นต์ดำ คือแร่ที่มีส่วนประกอบหลักเป็นไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ซึ่งก็คือแร่รูไทล์ (Rutile) แต่มีธาตุโคลัมเบียม ธาตุแทนทาลัมและธาตุเหล็กเข้าไปแทนที่ธาตุไทเทเนียม

สูตรเคมี	$[\text{Ti}, (\text{Cb}, \text{Ta}), \text{Fe}]\text{O}_2$	
ส่วนประกอบทางเคมี	Ta_2O_5	10-36 เปอร์เซ็นต์
	Cb_2O_5	6-32 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6-6.5
	ความถ่วงจำเพาะ	4.2-5.6
	สี	ปกติมีสีดำ

หมายเหตุ แร่โคลัมเบียม-แทนทาลัมเปอร์เซ็นต์ดำนี้สามารถแบ่งออกตามปริมาณความแปรผันของธาตุโคลัมเบียมและธาตุแทนทาลัมได้ 2 ชนิด คือ

1. แทนทาลิเยนรูไทล์ หรือ สตรูเวอร์ไรต์ คือแร่ที่มีปริมาณธาตุแทนทาลัมมากกว่าธาตุโคลัมเบียม
2. โคลัมเบียนรูไทล์ หรือ อิลเมโนรูไทล์ (Ilmenorutile) คือ แร่ที่มีปริมาณธาตุโคลัมเบียมมากกว่าธาตุแทนทาลัม

1. คุณลักษณะของแร่สตรูเวไรต์ที่ผลิตได้ในประเทศไทย

แทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta_2O_5)	ต่ำสุด	8	เปอร์เซ็นต์
โคลัมเบียมเพนตอกไซด์ (Cb_2O_5)		10	เปอร์เซ็นต์
ดีบุกออกไซด์ (SnO_2)		6	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)		50	เปอร์เซ็นต์

2. คุณลักษณะของแร่โคลัมเบียม-แทนทาลัมเปอร์เซ็นต์ต่ำจากแหล่งต่างประเทศ

	แทนทา- เลียนรูไทล์ (สตรูเวไรต์) Madagasca	แทนทา- เลียนรูไทล์ (สตรูเวไรต์) Perak Malaysia	โคลัมเบียน รูไทล์ Craveggia Piedmont Italy	โคลัมเบียน รูไทล์ (อิลเมโน รูไทล์) Ilmen Mts. Russia	โคลัมเบียน รูไทล์ (อิลเมโน รูไทล์) Iveland South Norway
	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ไรต์ออกไซด์ (FeO)	15.84	8.27	11.27	10.56	12.29
ดีบุกออกไซด์ (SnO_2)	0.05	2.67	-	-	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	-	-	-	-	-
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	71.15	45.74	41.20	53.04	54.57
โคลัมเบียมเพนตอกไซด์ (Cb_2O_5)	-	6.90	23.48	21.73	32.15
แทนทาลัมเพนตอกไซด์ (Ta_2O_5)	10.14	35.96	23.48	14.70	-
ส่วนประกอบอื่นๆ ที่เหลือ (Remainder)	1.8	0.70	0.68	Trace	-
รวม	98.98	100.24	100.22	100.03	99.12
ความถ่วงจำเพาะ	4.91	5.3	5.54-5.59	5.14	4.64



ทัลก์ (Talc)



ทัลก์ คือ แร่แมกนีเซียมซิลิเกตที่มีน้ำ

สูตรเคมี $\text{Mg}_3[\text{Si}_3\text{O}_{10}](\text{OH})_2$

ส่วนประกอบทางเคมี	SiO_2	63.5	เปอร์เซ็นต์
	MgO	31.7	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	4.8	เปอร์เซ็นต์
อัตราส่วน $\text{MgO} : \text{SiO}_2$ ระหว่าง 1 : 1 ถึง 4 : 3			

คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	1 – 1.5
	ความถ่วงจำเพาะ	2.6 – 2.8
	ดัชนีหักเหของแสง	1.54 – 1.59

ลักษณะของทัลก์ตามปกติเป็นแผ่นบางซ้อนกันเป็นชั้นๆ โค้งงอไม่ได้ มีหลายสี เช่น สีขาว สีเทา แกมเขียว สีเขียวเข้ม มีผิวลื่นและเป็นมัน

ทัลก์ชนิดเนื้อแน่น (massive talc) เรียกว่า Soapstone และ Steatite ซึ่งทั้ง Soapstone และ Steatite มีความหมายเหมือนกัน แต่การใช้งานแตกต่างกัน ดังนี้

Steatite เหมาะสำหรับงานเซรามิกส์ที่ใช้กับไฟฟ้า (electroceramics) และ วัสดุทนไฟ (refractories)

Soapstone นำมาตัดเป็นแผ่นเพื่อใช้ทำแผ่นสวิตช์ (switchboard) อ่างล้างหน้าและเตาอบ (sinks and stoves) และ โต๊ะอาหาร (table tops)

1. คุณสมบัติของแร่ทัลก์ที่สำคัญทางการค้า (Chemical Composition of Commercial Talc)

เปอร์เซ็นต์

	France		USA	
	ทัลก์สีขาวชนิด ดีที่สุด (Best)	ทัลก์สีขาวชนิด ชั้นสอง (Second)	ทัลก์สีเทา (Grey talc)	Tremolitic Talc
ซิลิกา (SiO ₂)	61.0	57.0	42.73	57.4
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0.03	0.03	4.93	0.86
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.84	0.99		
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	2.36	6.38	1.17	1.29
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.56	0.56	0.1	13.55
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	33.75	32.7	33.16	23.91
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	-	-	-	0.44
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	-	-	-	
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	ไม่มี	ไม่มี	4.74	-
ความชื้นที่ 105° C (water above 105° C)	1.03	1.83	12.95	2.2

เปอร์เซ็นต์

	Norway	Austria	USSR	Italy
	ทัลก์สีขาว	ทัลก์สีขาว ชนิดดีที่สุด	ทัลก์สีเทา	ทำเครื่อง สำอาง
ซิลิกา (SiO ₂)	38.4	61.54	58.93	60.34
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	5.21	-	3.29	0.85
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.91	0.76	0.29	0.23
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	1.74	1.74	3.59	1.77
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	1.22	1.81	0.72	0.64
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	31.98	30.09	29.27	31.14
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	-	-	-	-
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	-	-	-	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	16.26	3.65	0.5	0.78
ความชื้นที่ 105° C (water above 105° C)	3.58		3.08	5.2



2. คุณสมบัติของแร่สตีไทต์ทางการค้า (Chemical Composition of Commercial Steatites)

เปอร์เซ็นต์

	China	Manchuria	India
ซิลิกา (SiO ₂)	62.35	61.43	61.24
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.05	0.45	0.02
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.17	0.56	1.42
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	ไม่มี	0.14	ไม่มี
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	32.1	32.5	32.42
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.77	ไม่มี	ไม่มี
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.19	ไม่มี	ไม่มี
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) เช่น น้ำ (H ₂ O)	4.37	4.98	4.9

3. คุณสมบัติตามมาตรฐานของทัลก์บดสำหรับอุตสาหกรรมทำสี

3.1 คุณสมบัติของแร่ทัลก์ตามมาตรฐานของอัฟริกาใต้

(South African Bureau of Standards Specification. S.A.B.S. 410-1952)

เปอร์เซ็นต์

ซิลิกา + แมกนีเซียมออกไซด์ (SiO ₂ +MgO) ต่ำสุด	75.0
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	2.0
ความชื้นและสารระเหยได้ที่ 105° C (Moisture and matter Volatile at 105° C) สูงสุด	1.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition at 900 – 1,000° C for 20 minutes) สูงสุด	7.0
สารผ่านตะแกรงขนาด 325 เมช ต่ำสุด	98.5
สารผ่านและแกรงขนาด 200 เมช	100.0



3.2 คุณลักษณะขงแร่ทล็กตามมาตรฐาน ASTM

(American Society of Testing Materials. ASTM D 605 (06.02)-91)

เปอร์เซ็นต์

แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	24-32
ซิลิกา (SiO ₂)	50-65
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	10.0
แมกนีเซียมออกไซด์+ซิลิกา+แคลเซียมออกไซด์ (MgO + SiO ₂ + CaO) ต่ำสุด	88.0
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂) สูงสุด	1.0
อะลูมินา + เหล็กออกไซด์ (R ₂ O ₃) สูงสุด	6.0
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition) สูงสุด	7.0
ความชื้นและสารระเหิดได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0
สารที่ละลายน้ำได้ (Water soluble matter) สูงสุด	1.0

4. คุณลักษณะของแร่ทล็กของสหรัฐอเมริกา

4.1 คุณลักษณะของแร่ทล็กสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

เปอร์เซ็นต์

	Specification	Pure talc
ซิลิกา (SiO ₂) ต่ำสุด	60.0	63.4
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ต่ำสุด	30.0	31.7
อะลูมินา (Al ₂ O ₃) สูงสุด	2.5	-
แคลเซียมออกไซด์ (CaO) สูงสุด	1.0	-
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	1.5	-
สารที่ละลายน้ำแล้วให้ความเป็นด่าง (Alkalis) สูงสุด	0.4	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	6.0	4.8
สารที่ละลายน้ำแล้วให้ความเป็นกรด (Acid-soluble lime) สูงสุด	1.0	-



4.2 คุณสมบัติของแร่ทัลก์ที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	1	2	3	4	5	6
ซิลิกา (SiO ₂)	35.98	59.15	47.92	62.65	59.80	54.92
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	32.95	31.34	26.00	30.23	27.45	27.20
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.65	3.36	6.82	1.51	0.05	0.46
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.02	-	0.15	-	-	-
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.43	0.26	7.35	0.31	0.57	-
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.00	0.15	4.14	trace	6.80	5.76
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.00	-	0.00	0.05	-	-
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.00	-	0.00	0.15	-	-
คาร์บอนไดออกไซด์ (CO ₂)	20.45	1.76	-	0.27	1.18	-
น้ำ (H ₂ O)	2.73	4.30	0.05	4.87	-	-
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.41	-	0.00	-	0.39	-
กำมะถัน (S)	0.06	-	0.09	-	(SO ₃)0.07	-
นิกเกิลออกไซด์ (NiO)	0.21	-	-	-	-	-
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.18	-	-	-	-	-
โคบอลต์ออกไซด์ (CoO)	0.01	-	-	-	-	-
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	5.96	-	-	-	0.15	-
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P ₂ O ₅)	0.01	-	0.00	-	-	-
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	-	-	7.51	-	4.75	10.76

1. Average Vermont carbonate ore
2. Flotation talc, Johnson Mine, Vermont
3. Roofing granules, Cohutta Talc Co., Georgia
4. Steatite, yellowstone mine, Montana
5. Average talc ore, Talcville, Gouverneur District, New York
6. Texas Talc



5. คุณสมบัติของแร่ทัลก์ตามมาตรฐาน Cosmetic, Toiletry & Perfume Association ของสหราชอาณาจักร (UK's CTPA talc standard) ผลิตโดย Westside Mines Pty Ltd ออสเตรเลีย ซึ่งเป็นทัลก์เกรดพิเศษ (Premium grade)

ส่วนประกอบทางเคมี	เปอร์เซ็นต์	
ซิลิกา (SiO ₂)	62.5	
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	31.2	
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.24	
เฟอร์รัสออกไซด์ (FeO)	0.51	
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.16	
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	2.25	
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.02	
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.4	
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.2	
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	0.005	
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	10	ส่วนในล้านส่วน
ทองแดง (Cu) สูงสุด	2	ส่วนในล้านส่วน
โคบอลต์ (Cobalt) สูงสุด	5	ส่วนในล้านส่วน
สารหนู (As) สูงสุด	1	ส่วนในล้านส่วน
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4.82	
สารที่ไม่ละลายในกรด (Acid insoluble)	98	
คุณสมบัติทางกายภาพ		
ความเป็นกรด-ด่าง (pH)	9.4	
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	2.79	
ความขาวสว่าง (Brightness : MGO Standard)	90 GE+	

6. คุณลักษณะของแร่ทัลก์ที่ผลิตได้ในอัฟริกาใต้ ผลิตโดย Chamotte Hokdings (Pty) Ltd. จากเหมือง Scotia talc mine ใน Barberton ทางตะวันออกของ Transvaal ซึ่งนำไปใช้อุตสาหกรรมสีภายในประเทศ

เปอร์เซ็นต์

	เกรด PA	เกรด PB
ซิลิกา (SiO ₂) ต่ำสุด	56.4	47.2
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.7	0.6
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	4.5	4.0
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.4	0.8
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) ต่ำสุด	30.5	32.3
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.1	0.1
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.05	0.1
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	7.3	14.8
ความขาว (Whiteness)	74	80-88

7. คุณลักษณะของแร่ทัลก์ที่ผลิตได้ในอินเดีย ผลิตโดย The Golcha Group of Industries

เปอร์เซ็นต์

	Besta	Finex	Supra	Zecco
ซิลิกา (SiO ₂)	60-62	61-63	61-62	61-62
เฟอร์ริกออกไซด์ (FeO)	0.5-0.8	0.3-0.5	0.3-0.5	0.5-0.7
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	2.0-2.5	0.3-0.5	0.3-0.5	0.5-0.7
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.5-1.0	0.2-0.4	0.5-0.7	0.5-0.7
แมกนีเซีย (MgO)	31-33	30-32	30-32	30-32
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	2-4	2-4	4-6	2-4
ความขาวเมื่อเปรียบเทียบกับแมกนีเซียมคาร์บอเนต (Whiteness as compared to MgCO ₃)	92-93	93-95	91-92	88-89
ความเป็นกรด-ด่าง (pH value)	7-8	7-8	7-8	8-8.5
แร่ค้างบนตะแกรงขนาด 200 เมช (Residue on 200 mesh)	-	-	-	1-2.5
แร่ค้างบนตะแกรงขนาด 300 เมช (Residue on 300 mesh)	1-2	1-2	1-2	-



8. คุณลักษณะของแร่ทล็กของประเทศไทยจากแหล่งแร่ทล็กทุกแหล่งในจังหวัดอุดรดิค

เปอร์เซ็นต์

แหล่ง ส่วนประกอบ	บ้านคลอง นาพง	บ้านคลอง นาพง	บ้านคลอง นาพง	บ้านปาก ห้วยคลอง	บ้านปาก ห้วยคลอง	บ้าน กะจัด
ซิลิกา (SiO ₂)	60.12	28.96	47.48	59.09	60.01	54.54
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.88	19.58	2.07	1.89	0.58	4.50
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	4.56	10.82	5.78	4.02	3.62	5.26
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.26	0.10	0.11	0.10	0.22	0.12
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.004	0.02	5.21	0.002	0.0004	0.0002
แมกนีเซียมออกไซด์ (MgO)	29.43	28.61	27.55	29.56	30.44	29.29
โซเดียมออกไซด์ (Na ₂ O)	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01
โพแทสเซียมออกไซด์ (K ₂ O)	0.05	0.03	0.02	0.007	0.004	0.007
แมงกานีสออกไซด์ (MnO)	0.01	0.17	0.04	0.02	0.004	0.04
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ (Loss on ignition)	4.49	11.40	11.47	5.07	4.85	5.65



ดีบุก (Tin)



แร่ดีบุกที่สำคัญคือ แคลสซิเทอไรต์ (Cassiterite)

สูตรเคมี	SnO ₂	
ส่วนประกอบทางเคมี	Sn	78.6 เปอร์เซ็นต์
	O	21.4 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6-7
	ความถ่วงจำเพาะ	6.8-7.1

1. คุณสมบัติของแร่ดีบุกในการซื้อขายที่โรงถลุงไทยชาร์โก

ดีบุก (Sn)	74.04	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As) สูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์

หมายเหตุ หากแร่มีสารหนูเกิน 1.0 เปอร์เซ็นต์ โรงถลุงไทยชาร์โกจำเป็นต้องปฏิเสธการรับซื้อแร่ล็อตดังกล่าว

2. คุณสมบัติของดีบุกถลุง (Pig Tin) เกรด A ตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials. ASTM B 339-90, 02.03, 02.04)

ดีบุก (Tin), ต่ำสุด	99.85	เปอร์เซ็นต์
พลวง (Antimony), สูงสุด	0.04	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (Arsenic), สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์
บิสมัท (Bismuth), สูงสุด	0.03	เปอร์เซ็นต์
แคดเมียม (Cadmium), สูงสุด	0.001	เปอร์เซ็นต์



ทองแดง (Copper), สูงสุด	0.04	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Iron), สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์
ตะกั่ว (Lead), สูงสุด	0.05	เปอร์เซ็นต์
นิกเกิล + โคบอลต์ (Nickel + cobalt), สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (Sulfur), สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์
สังกะสี (Zinc), สูงสุด	0.005	เปอร์เซ็นต์
เงิน (Silver), สูงสุด	0.01	เปอร์เซ็นต์

3. คุณลักษณะของโลหะดีบุกแท่งที่ซื้อขายในตลาดต่างๆ

3.1 ตลาดมาเลเซีย มีชื่อทางการค้า Straits tin ซึ่งเป็นโลหะดีบุกแท่ง Grade A

ดีบุก (Sn)	99.99	เปอร์เซ็นต์
------------	-------	-------------

3.2 ตลาดลอนดอน

Tin high grade; ดีบุก (Sn) ต่ำสุด	99.85	เปอร์เซ็นต์
-----------------------------------	-------	-------------

Tin standard grade; ดีบุก (Sn) ต่ำสุด	99.75	เปอร์เซ็นต์
---------------------------------------	-------	-------------

3.3 ตลาด New york

Tin Straits ดีบุก (Sn)	99.99	เปอร์เซ็นต์
------------------------	-------	-------------

3.4 ตลาดเยอรมันตะวันตก

ดีบุก (Sn)	99.9	เปอร์เซ็นต์
------------	------	-------------

3.5 ตลาดอิตาลี

ดีบุก (Sn)	99.90	เปอร์เซ็นต์
------------	-------	-------------

3.6 ตลาดไทย

ดีบุก (Sn)	99.94	เปอร์เซ็นต์
------------	-------	-------------

ไทเทเนียม (Titanium)



แร่ไทเทเนียมออกไซด์ที่สำคัญ มี 3 ชนิด คือ รูไทล์ อิลเมนไนต์ และลูโคซีน

1. แร่รูไทล์ (Rutile) รวมถึงอะนาทาส (Anatase) และแบรูกไคต์ (Brookite) แร่ทั้ง 3 ชนิดนี้มีสูตรทางเคมีเหมือนกันเพราะเป็นแร่รูปต่างๆ (Polymorphs) ของแร่ไทเทเนียมไดออกไซด์

สูตรเคมี	TiO_2		
ส่วนประกอบทางเคมี	Ti	60	เปอร์เซ็นต์
	O	40	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกายภาพ

	รูไทล์	อะนาทาส	บรูไคต์
ความแข็ง	6-6.5	5.5-6	5.5-6
ความถ่วงจำเพาะ	4.18-4.25	3.9	3.9-4.1
ดัชนีหักเหของแสง	2.903, 2.616	2.493, 2.554	2.583, 2.741, 2.586

2. แร่อิลเมนไนต์ (Ilmenite)

สูตรเคมี	FeTiO_3 หรือ $\text{FeO} \cdot \text{TiO}_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	Fe	36.8	เปอร์เซ็นต์
	Ti	31.6	เปอร์เซ็นต์
	O	31.6	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.5-6
	ความถ่วงจำเพาะ	4.7



แร่โอลิเมนไนด์บางครั้งมีแมกนีเซียม (Mg) และแมงกานีส (Mn) เข้าไปแทนที่เหล็ก (Fe) เช่น แร่ Geikielite (MgTiO_3) และแร่ Pyrophanite (MgTiO_3) แต่แร่ 2 ชนิดนี้เกิดขึ้นเป็นส่วนน้อย

3. แร่ลูโคซีน (Leucoxene) เป็นแร่ซึ่งแปรสภาพ (altered) มาจากแร่โอลิเมนไนด์ โดยเหล็กในแร่โอลิเมนไนด์จะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นเฟอร์ริกออกไซด์ และถูกกำจัดออกมาเป็นไลโมนไนด์ (Limonite) แร่โอลิเมนไนด์ที่แปรสภาพไปจนหมดจะกลายเป็นไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) ดังนั้นปริมาณของไทเทเนียมไดออกไซด์ในแร่ลูโคซีนจึงไม่แน่นอน โดยทั่วไปแร่ลูโคซีนคือแร่โอลิเมนไนด์ที่แปรสภาพไปมากแล้ว

ทังสเทน (Tungsten)



แร่ทังสเทน (หรือวุลแฟรม) มีหลายชนิดแต่ที่สำคัญมี 4 ชนิด ดังต่อไปนี้

	สูตรเคมี	ปริมาณ WO_3 (เปอร์เซ็นต์)	ความถ่วง จำเพาะ	ความแข็ง	สี
วุลแฟรมไมต์ (Wolframite)	$(Fe,Mn) WO_3$	76.4	7.0-7.5	5-5.5	ดำ น้ำตาล
เฟอร์เบอไรต์ (Ferberite)	$Fe WO_4$	76.2	7.5	5	ดำ
เฮิบนอไรต์ (Huebnerite)	$MnWO_4$	76.6	7.2-7.3	5	น้ำตาลแดง
ซีไลต์ (Scheelite)	$CaWO_4$	80.6	5.9-6.1	4.5-5	ขาว เหลือง เขียว น้ำตาล

1. คุณสมบัติของแร่ทังสเตนในทางการค้า (Trade specifications for tungsten concentrates)

เปอร์เซ็นต์

	Scheelite		Wolframite
	USA*	Canada**	USA
ทังสเตนออกไซด์ (WO_3) ต่ำสุด	60.0	70.0	65.0
ทองแดงออกไซด์ (CuO) สูงสุด	0.05	0.05	0.03
บิสมีทออกไซด์ (Bi_2O_3) สูงสุด	0.1	0.1	0.5
โมลิบดีนัมออกไซด์ (MoO_3) สูงสุด	0.4	0.1	0.4
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.1	0.1	1.5
พลวง (Sb) สูงสุด	0.1	0.1	0.5
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.1	0.1	0.1
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	0.1	1.0	-
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.5	0.5	0.5
สารหนู (As) สูงสุด	0.1	0.1	0.25
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.05	0.05	0.03

* ใช้ได้สำหรับใช้ทำ Ferro-tungsten และไม่ได้นำไปทำ Steel bath โดยตรง

** นำไปใช้ทำ Steel bath โดยตรง

2. คุณสมบัติของแร่ทังสเตนตามมาตรฐานของคลังสะสมแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (U.S. National Stockpile Specification, P-57-R 3 January 13, 1953) ซึ่งได้กำหนดการซื้อขายแร่ทังสเตนและหัวแร่ (Concentrate) โดยแบ่งแร่ออกเป็น 3 เกรดและชนิดแร่ 5 ชนิด

เกรด 1 แร่เกรดสูงหรือหัวแร่ใช้ในการทำโลหะทังสเตน ทังสเตนคาร์ไบด์และทางเคมี

เกรด 2 แร่เกรดสูงหรือหัวแร่เหมาะสำหรับใช้ในการทำเหล็กกล้าผลิตเครื่องมือ (tool-steels) หรือแม่พิมพ์สำหรับตอกทำโลหะเป็นรูป (die-steels) และโลหะผสมเหล็กอื่นๆ ซึ่งมีทังสเตนและ โมลิบดีนัม

เกรด 3 แร่เกรดกลางหรือหัวแร่ส่วนใหญ่ใช้ในการผลิต Ferro-tungsten ที่มีโมลิบดีนัม



2.1 เกรด 1 มีคุณลักษณะดังนี้

(U.S. National Stockpile Specification, P-57-R 3 Class I Tungsten ore)

เปอร์เซ็นต์

	ชนิด A,B,C เฟอร์เบอร์ไรต์ เฮปเนอไรต์หรือวุลแฟรมไมต์		ชนิด D แร่ ซีไลต์	ชนิด E แร่ ซีไลต์สังเคราะห์ (ซีไลต์ที่ตก ตะกอนทางเคมี)
	สำหรับผลิตผง ทังสเทนคาร์ไบด์	สำหรับผลิต โลหะบริสุทธิ์	ธรรมชาติและ หัวแร่ซีไลต์	
ทังสติกออกไซด์ (WO_3) ต่ำสุด*	65.0	65.0	65.0	65.0
ดีบุก (Sn) สูงสุด	1.5	1.5	0.1	0.05
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.5	0.5	0.1	0.05
สารหนู (As) สูงสุด	0.2**	0.2**	0.1	0.05
บิสมัท (Bi) สูงสุด	0.5	0.5	0.25	0.25
พลวง (Sb) สูงสุด	0.05	0.05	0.1	0.05
โมลิบดีนัม (Mo) สูงสุด	0.1	0.025	0.1	0.1
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.05	0.05	0.05	0.05
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.5	0.5	0.5	0.5
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	1.0	1.0	0.1	1.1
สังกะสี (Zn) สูงสุด	1.0	1.0	0.1	0.1
แคลเซียม (Ca) สูงสุด	0.2	0.2	-	-
แมงกานีส+เหล็ก (Mn+Fe) สูงสุด	-	-	2.0	0.5

* ถ้ามีโคลัมเบียมและแทนทาลัมให้หักออก

** สหรัฐอเมริกากำหนดสารหนู (As) สูงสุด 0.1 เปอร์เซ็นต์

ชนิดแร่ 5 ชนิด มีดังนี้

ชนิด A เฟอร์เบอร์ไรต์ ($FeWO_4$) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย $FeWO_4$ และมี $MnWO_4$ ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์

ชนิด B เฮปเนอไรต์ ($MnWO_4$) ส่วนใหญ่จะประกอบด้วย $MnWO_4$ และมี $FeWO_4$ ไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์

ชนิด C วุลแฟรมไมต์ ($Fe,Mn)WO_4$ ประกอบด้วยสัดส่วนของ $FeWO_4$ และ $MnWO_4$ ดังนี้

ถ้ามี $FeWO_4$ 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณ $MnWO_4$ 20 เปอร์เซ็นต์

ถ้ามี $FeWO_4$ 20 เปอร์เซ็นต์ จะมีปริมาณ $MnWO_4$ 80 เปอร์เซ็นต์

ชนิด D ซีไลต์ธรรมชาติประกอบด้วย Ca และ WO_3 โดยมีสูตรเป็น $CaWO_4$

ชนิด E ซีไลต์สังเคราะห์ (Synthetic Scheelite) คือ $CaWO_4$ ที่ได้จากการตกตะกอนทางเคมี



2.2 เกรด 2 แร่ซีไลต์ธรรมชาติและซีไลต์สังเคราะห์

(U.S. National Stockpile Specification, P-57-R 3 Class II)

เปอร์เซ็นต์

	ชนิด D แร่ซีไลต์ธรรมชาติ และหัวแร่ซีไลต์ (Natural scheelite ores and concentrates)	ชนิด E ซีไลต์สังเคราะห์ และซีไลต์ที่ตกตะกอน (Synthetic scheelite, precipitated)
ทังสติกออกไซด์ (WO ₃) ต่ำสุด*	65.0	65.0
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.1	0.05
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.05	0.05
สารหนู (As) สูงสุด	0.1	0.05
พลวง (Sb) สูงสุด	0.1	0.05
บิสมัท (Bi) สูงสุด	0.25	0.25
โมลิบดีนัม (Mo) สูงสุด	**	**
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.05	0.05
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.5	0.4
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	0.5	0.25
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.1	0.1
สังกะสี (Zn) สูงสุด	0.1	0.1
เหล็ก (Fe) สูงสุด	**	**

* ถ้ามีโคลัมเบียมและแทนทาลัมให้หักออก

** ไม่ได้กำหนดเปอร์เซ็นต์ แต่ต้องวิเคราะห์ในการซื้อขายแร่แต่ละรุ่น (lot)



2.3 เกรด 3 แร่ทังสเทน

(U.S. National Stockpile Specification, P-57-R 3 Class III Tungsten ores)

เปอร์เซ็นต์

เปอร์เซ็นต์

	แร่และหัวแร่ (Ores and concentrates)			D	E
	A	B	C	ซีไลต์	ซีไลต์
	เฟอร์เบอไรต์	เฮิบนอไรต์	วูลแฟรมไมต์	ธรรมชาติ	สังเคราะห์
ทังสติกออกไซด์ (WO ₃) ต่ำสุด*	50.0	60.0	60.0	60.0	65.0
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.25	0.25	0.25	0.1	0.1
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.1	0.1	0.1	0.05	0.05
สารหนู (As) สูงสุด	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1
พลวง (Sb) สูงสุด	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
บิสมัท (Bi) สูงสุด	1.0	1.0	1.0	0.25	0.25
โมลิบดีนัม (Mo) สูงสุด	**	**	**	**	**
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.07	0.05	0.05	0.05	0.05
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	2.5	-	-	3.0	0.25
ตะกั่ว (Pb) สูงสุด	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
สังกะสี (Zn) สูงสุด	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
เหล็ก (Fe) สูงสุด	-	3.0	-	-	-
แคลเซียม (Ca) สูงสุด	**	**	**	**	**

* ถ้ามีโคลัมเบียมและแทนทาลัมให้หักออก

** ไม่ได้กำหนดเปอร์เซ็นต์ แต่จะต้องวิเคราะห์ในการซื้อขายแร่แต่ละรุ่น (lot)

3. คุณสมบัติของแร่ทังสเทนตามมาตรฐาน ASTM

(American Society for Testing Materials) สำหรับใช้ทำ Ferro-tungsten (ASTM 144-50 และ P-57 R-R)

เปอร์เซ็นต์

ทังสเทน(W)	70-80
ซิลิกอน (Si) สูงสุด	1.0
คาร์บอน (C) สูงสุด	0.6
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.06
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.06
แมงกานีส (Mn) สูงสุด	0.75
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.1
สารหนู (As) สูงสุด	0.1
พลวง (Sb) สูงสุด	0.08
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.01
สารหนู+พลวง+ดีบุก (As+Sb+Sn) สูงสุด	0.2

4. คุณสมบัติของหัวแร่วุธแฟรมโดยทั่วไป

เปอร์เซ็นต์

ทังสติกออกไซด์ (WO_3) ต่ำสุด	65(± 5)
สารหนู (As) สูงสุด	0.2
ดีบุก (Sn) สูงสุด	0.5
แมงกานีสออกไซด์ (MnO) สูงสุด	15.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	5.0
ทองแดง (Cu) สูงสุด	0.2
กำมะถัน (S) สูงสุด	0.8
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.5

5. คุณลักษณะของแร่ wolframite-สไปไลต์ที่ซื้อขายในประเทศไทยในปัจจุบัน

แร่ wolframite

	เปอร์เซ็นต์
ทังสเตนไดออกไซด์ (WO ₃) ต่ำสุด	65.0
สารหนู (As) สูงสุด	0.2
ดีบุก (Sn) สูงสุด	1.0
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.05
โมลิบดีนัม (Mo) สูงสุด	0.03

แร่สไปไลต์

	เปอร์เซ็นต์
ทังสเตนไดออกไซด์ (WO ₃) ต่ำสุด	74.0
สารหนู (As) สูงสุด	0.2
ดีบุก (Sn) สูงสุด	1.0
ฟอสฟอรัส (P) สูงสุด	0.1
โมลิบดีนัมไตรออกไซด์ (MoO ₃) สูงสุด	0.02

6. คุณลักษณะของแร่ทังสเทนที่กำหนดซื้อ – ขายในตลาดยุโรป กำหนดใน Metal Bulletin

แร่ wolframite มาตรฐาน, ต่ำสุด 65 เปอร์เซ็นต์ (Wolframite std. min. 65%)

ส่วนประกอบทางเคมี

ทังสเตนไดออกไซด์ (WO ₃)	65	เปอร์เซ็นต์
ดีบุก (Sn)	0.2 – 1.0	เปอร์เซ็นต์
สารหนู (As)	nil – 0.2	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัส (P)	0.03-0.08	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	0.20-0.75	เปอร์เซ็นต์
ทองแดง (Cu)	0.08-0.04	เปอร์เซ็นต์
โมลิบดีนัม (Mo)	nil – 0.04	เปอร์เซ็นต์

อิตเทรียม (Yttrium)



อิตเทรียมเป็นธาตุที่มีเลขอะตอม 39 ซึ่งสมัยก่อนรวมอิตเทรียมอยู่ในกลุ่ม Rare earth metals ด้วย แต่ความจริงแล้วธาตุกลุ่ม Rare earth metals เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 – 71 โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 57 – 62 เรียกว่า cerium subgroup และกลุ่มที่มีเลขอะตอม ตั้งแต่ 63 – 71 เรียกว่า yttrium subgroup ซึ่งจะเห็นว่าเลขอะตอมของอิตเทรียมไม่ได้รวมอยู่ในกลุ่ม Rare earth metals แต่คุณสมบัติของอิตเทรียมคล้ายคลึงกับกลุ่ม Yttrium subgroup มากและแร่ที่ประกอบด้วย Rare earth metals และอิตเทรียมแยกออกจากกันได้ยาก ส่วนใหญ่จะเกิดร่วมกัน แร่ต่างๆ ที่ประกอบด้วย อิตเทรียมมีหลายชนิด เช่น Xenotime, Fergusonite, Gadolinite, Yttrifluorite และ Euxenite

ปริมาณแร่อิตเทรียมที่อยู่ในแร่ต่างๆ

Mineral	Formul	Y ₂ O ₃ Per cent
Monazite	(Ce, La, Y, Th) (PO ₄)	0.4-5.0
Xenotime	YPO ₄	54-64
Euxenite	(Y, Ca, Ce, U, Th) (Nb, Ca, Ti)	13-30
Gadolinite	2BeO, FeO, Y ₂ O ₃ , 2SiO ₂	32-46
Samarskite	Tantalate and niobate of iron, yttrium, calcium, cerium and uranium	5-21
Fergusonite	Tantalate and niobate of yttrium, cerium, and the lanthanons	22-40
Brannerite	(U, Ca, Fe, Y, Th) ₃ (Ti, Si) ₅ O ₁₆	3.9
Thorveitite	(ScY) ₂ Si ₂ O ₇	1-4
Fluocerite	Fluoride of cerium earths	1-4
Allanite	Silicates of cerium, iron and yttrium	0-4
Wiikite	A mixture of altered minerals containing niobium, tantalum, titanium, silicon and yttrium	7.6
Yttrofluorite	Fluorides of calcium and yttrium	15-18
Zircon	ZrO ₂ SiO ₂	0-4

หมายเหตุ ออกไซด์ของโลหะจำพวกหายาก (Rare earth oxorth oxide) มี 15 ชนิด คือ แลนทานา (La₂O₃) ซีเรีย (CeO₂) นีโอดิเมีย (Nd₂O₃), เพอร์ซีโอดิเมีย (Pr₂O₃), โปรมิเทีย (Pm₂O₃) ซาแมเรีย (Sm₂O₃), ยูโรเพีย (Eu₂O₃), แกโดลิเนีย (Gd₂O₃), เทอร์เบีย (Tb₂O₃), ดิสโพรเซีย (Dy₂O₃), โฮล์เมีย (Ho₂O₃), เออร์เบีย (Er₂O₃), ทูเลีย (Tm₂O₃), อิตเทอร์เบีย (Yb₂O₃) ลูทีเซีย (Lu₂O₃)

แร่ที่ประกอบด้วยอิตเทรียมเปอร์เซ็นต์สูง คือ Xenotime

แร่ซีโนไทม์ (Xenotime)

สูตรเคมี YPO₄

ส่วนประกอบทางเคมี โดยปกติมีพวกธาตุหายาก (Rare earth) รวมอยู่ด้วยแร่ซีโนไทม์ที่บริสุทธิ์ประกอบด้วย

อิตเทรียมออกไซด์หรืออิตเทรีย (Yttria; Y ₂ O ₃)	61.4	เปอร์เซ็นต์
ฟอสฟอรัสเพนตออกไซด์ (P ₂ O ₅)	38.6	เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4 – 5
	ความถ่วงจำเพาะ	4.45 – 4.56
	สี	น้ำตาล หรือเหลือง



1. มาตรฐานการซื้อขายของมาเลเซีย

อิตเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) 60 เปอร์เซนต์

2. คุณลักษณะของแร่ซีโนไทม์ที่ผลิตได้ในจีน

แลนทานา (La_2O_3) 1.20 เปอร์เซนต์

ซีเรียม (CeO_2) 8.00 เปอร์เซนต์

เพอร์ซีโอคิเมียมออกไซด์ (Pr_6O_{11}) 0.60 เปอร์เซนต์

นีโอคิเมเนีย (Nd_2O_3) 3.50 เปอร์เซนต์

ซาแมเรียม (Sm_2O_3) 2.15 เปอร์เซนต์

ยูโรเพียม (Eu_2O_3) สูงสุด 0.20 เปอร์เซนต์

แกโดลิเนียม (Gd_2O_3) 5.00 เปอร์เซนต์

เทอร์เบียมออกไซด์ (Tb_4O_7) 1.20 เปอร์เซนต์

ดิสโพรเซียม (Dy_2O_3) 9.10 เปอร์เซนต์

โฮลเมียม (Ho_2O_3) 2.60 เปอร์เซนต์

เออร์เบียม (Er_2O_3) 5.60 เปอร์เซนต์

ทูลเลียม (Tm_2O_3) 1.30 เปอร์เซนต์

อิตเทอร์เบียม (Yb_2O_3) 6.00 เปอร์เซนต์

ลูทีเชียม (Lu_2O_3) 1.80 เปอร์เซนต์

อิตเทรียมออกไซด์ (Y_2O_3) 59.30 เปอร์เซนต์

สังกะสี (Zinc)



แร่สังกะสีที่สำคัญมีดังนี้

1. แร่สังกะสีซัลไฟด์ หรือ แร่สฟาเลอไรต์ (Sphalerite) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ซิงค์เบลน (Zinc blende) หรือ เบลน (Blende) หรือ Black Jack

สูตรเคมี	ZnS		
ส่วนประกอบทางเคมี	Zn	67	เปอร์เซ็นต์
	S	33	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	3.5-4	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.9-4.1	

2. แร่สังกะสีคาร์บอเนตหรือแร่สมิทซอไนต์ (Smithsonite) หรือกระดูกแห้ง (dry-bone)

สูตรเคมี	ZnCO ₃		
ส่วนประกอบทางเคมี	ZnO	64.8	เปอร์เซ็นต์
	Zn	62.0	เปอร์เซ็นต์
	CO ₂	35.2	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4-4.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	4.3-4.45	

3. แร่เฮมิมอร์ไฟต์ (Hemimorphite) หรือ Calamine

สูตรเคมี	$\text{Zn}_4(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$		
ส่วนประกอบทางเคมี	ZnO	67.5	เปอร์เซ็นต์
	Zn	54.2	เปอร์เซ็นต์
	SiO_2	25.0	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	7.5	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4.5-5	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.4-3.5	

4. แร่ไฮโดรซิงค์ไคต์ (Hydrozincite)

สูตรเคมี	$2\text{ZnCO}_3 \cdot 3\text{Zn(OH)}_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	ZnO	74.12	เปอร์เซ็นต์
	Zn	56	เปอร์เซ็นต์
	CO_2	16.04	เปอร์เซ็นต์
	H_2O	9.85	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	2-2.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	3.6-3.8	

5. แร่ซิงค์ไคต์ (Zincite)

สูตรเคมี	ZnO		
ส่วนประกอบทางเคมี	Zn	80.3	เปอร์เซ็นต์
	O	19.7	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	4	
	ความถ่วงจำเพาะ	5.68	
	สี	ZnO บริสุทธิ์มีสีขาว	

6. แร่แฟรงคลินต์ (Franklinite)

สูตรเคมี	$(\text{Fe, Zn, Mn})(\text{Fe, Mn})_2\text{O}_4$	
	ที่สำคัญคือ ZnFe_2O_4	
ส่วนประกอบทางเคมี	Zn	15-20 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	6
	ความถ่วงจำเพาะ	5.15
	สี	iron-black

7. แร่วิลเลไมต์ (Willemite)

สูตรเคมี	Zn_2SiO_4	
ส่วนประกอบทางเคมี	ZnO	73 เปอร์เซ็นต์
	Zn	58.5 เปอร์เซ็นต์
	SiO_2	27.0 เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	5.50
	ความถ่วงจำเพาะ	3.9-4.2
	สี	ขาวเมื่อบริสุทธิ์

สังกะสีนำไปใช้ประโยชน์มากมายทั้งในรูปของโลหะสังกะสีและสารประกอบ สำหรับในรูปของโลหะสังกะสีนำไปใช้ในการเคลือบผิวโลหะ (Galvanizing) เป็นโลหะผสมจำพวกทองเหลือง (Brass) ในลักษณะของสารประกอบก็นำไปผสมทำสี (pigment) ต่างๆ เช่น ผสมทำสีลิโทพอน (Lithopone) ซิงค์ไวต์ (Zinc white) สีตะกั่วสังกะสีออกไซด์ (Leaded zinc oxide) ฯลฯ เป็นต้น

1. คุณลักษณะของแร่สังกะสีในการซื้อขายทั่วไปในตลาดยุโรป

แร่สังกะสีซัลไฟด์ (ZnS)

- 1.1 มีสังกะสี (Zn) 49/55 เปอร์เซ็นต์
- 1.2 มีสังกะสี (Zn) 56/61 เปอร์เซ็นต์

2. คุณสมบัติของโลหะสังกะสีเกรดต่างๆ ในทางการค้าตามมาตรฐาน ASTM (Compositions of the commercial grades of zinc metal established by ASTM : B6-70 approved 1973)

เปอร์เซ็นต์

	Analysis			
	Lead maximum	Iron maximum	Cadmium	Zinc Minimum (by difference)
Special High Grade ¹ (SHG)	0.003	0.003	0.003	99.990
High Grade (HG)	0.07	0.02	0.03	99.90
Intermediate	0.20	0.03	0.40	99.5
Brass Special ²	0.60	0.03	0.50	99.0
Prime Western (PW)	1.6	0.05	0.50	98.0

1 : Tin in Special High Grade shall not exceed 0.001%

2 : when specified for use in the manufacture of rolled zinc or brass, aluminum shall not exceed 0.0005%

3. คุณสมบัติของสังกะสีออกไซด์สำหรับใช้ทำสีตามมาตรฐาน ASTM (American Society for Testing Materials for zinc oxide pigments : ASTM D79 (06.02-92))

เปอร์เซ็นต์

	French Process	American Process
ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ต่ำสุด	99.0	98.5
กำมะถัน (Total sulfur) สูงสุด	0.1	0.2
ความชื้นและสารที่ระเหยได้ (Moisture and other volatile matter) สูงสุด	0.5	0.5
สิ่งเจือปนอื่นๆ รวมทั้งความชื้นและสารระเหยได้ (Total impurities, including moisture and other volatile matter) สูงสุด	1.0	1.5
แร่ค้างบนตะแกรงคัดขนาด 45 ไมครอน (No.325) (Total residue retained on a No. 325(45-μm) sieve) สูงสุด	0.1	0.25



4. คุณสมบัติของสังกะสีออกไซด์ตามมาตรฐานอังกฤษ

(British Standard for Zinc Oxide (ZnO) : BS 254 : 1952)

เปอร์เซ็นต์

	ชนิดที่ 1	ชนิดที่ 2
ซิงค์ออกไซด์ (ZnO) ต่ำสุด	99	95
ตะกั่วออกไซด์ (PbO) สูงสุด	0.3	3.0
สารที่ละลายได้ในน้ำ (Matter soluble in water) สูงสุด	0.5	1.0
สารที่ระเหยได้ที่ 98 °C – 102 °C (Volatile matter at 98 °C – 102 °C) สูงสุด	0.5	0.5

5. คุณสมบัติของโลหะสังกะสีที่มีการกำหนดราคาขายในตลาดโลก

5.1 London Metal Exchange (LME)

Zinc : Special High Grade (SHG)

สังกะสี (Zn) 99.990 เปอร์เซ็นต์

5.2 Australia-(Electrolytic Zinc Metals : EZ Metals)

Zinc : High Grade (HG)

สังกะสี (Zn) ต่ำสุด 99.95 เปอร์เซ็นต์

5.3 Canada

Zinc : High Grade (HG)

สังกะสี (Zn) 99.95 เปอร์เซ็นต์

5.4 France

Zinc : Virgin

สังกะสี (Zn) 97.75 เปอร์เซ็นต์

5.5 Germany

Zinc : Virgin

สังกะสี (Zn) 97.75 เปอร์เซ็นต์

5.6 Italy เสนอโลหะสังกะสี 3 เกรด คือ

5.6.1 สังกะสี (Zn) 99.995 เปอร์เซ็นต์

5.6.2 สังกะสี (Zn) 99.95 เปอร์เซ็นต์

5.6.3 สังกะสี (Zn) 98.50 เปอร์เซ็นต์



5.7 United Kingdom (UK)

5.7.1 Good ordinary brand producer price (GOB)

สังกะสี (Zn) ต่ำสุด	98.0	เปอร์เซ็นต์
---------------------	------	-------------

5.7.2 High Grade (HG)

สังกะสี (Zn) ต่ำสุด	99.95	เปอร์เซ็นต์
---------------------	-------	-------------

5.7.3 Special High Grade (SHG)

สังกะสี (Zn) ต่ำสุด	99.99	เปอร์เซ็นต์
---------------------	-------	-------------

5.8 United State of America (USA)

Zinc : Special High Grade (SHG)

สังกะสี (Zn) ต่ำสุด	99.990	เปอร์เซ็นต์
---------------------	--------	-------------

6. คุณสมบัติของสังกะสีที่ผลิตได้ในประเทศไทย

6.1 ตัวอย่างแร่สังกะสีจากแหล่ง เขาผาแดง อ.แม่สอด จ.ตาก

สังกะสี (Zn)	47.56	เปอร์เซ็นต์
ตะกั่ว (Pb)	0.12	เปอร์เซ็นต์
ทองแดง (Cu)	0.02	เปอร์เซ็นต์
พลวง (Sb)	0.11	เปอร์เซ็นต์
เหล็ก (Fe)	1.16	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO ₂)	1.17	เปอร์เซ็นต์
แคดเมียม (Cd)	0.05	เปอร์เซ็นต์
แมงกานีส (Mn)	0.57	เปอร์เซ็นต์
นิกเกิล (Ni)	0.02	เปอร์เซ็นต์
โคบอลต์ (Co)	0.05	เปอร์เซ็นต์
แมกนีเซียม (Mg)	0.05	เปอร์เซ็นต์

6.2 โลหะสังกะสีผลิตโดย บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด

Zinc : Special High Grade

สังกะสี (Zn)	99.99	เปอร์เซ็นต์
--------------	-------	-------------



**7. คุณลักษณะของซิงค์ออกไซด์สำหรับอุตสาหกรรมสี ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก. 221-2520)**

เปอร์เซ็นต์

คุณสมบัติ	ชั้นคุณภาพ				
	1	2	3	4	5
ซิงค์ออกไซด์	ต่ำสุด 99	มากกว่า 94.0 ถึง 99.0	มากกว่า 87.0 ถึง 94.0	มากกว่า 68.0 ถึง 87.0	มากกว่า 62.0 ถึง 68.0
ตะกั่ว(สารประกอบของตะกั่วคิดเป็น Pb)	สูงสุด 0.3	มากกว่า 0.3 ถึง 3.0	มากกว่า 3.0 ถึง 8.0	มากกว่า 8.0 ถึง 22.0	มากกว่า 22.0 ถึง 27.0
กากที่ล้างบนตะแกรงขนาด 63 ไมโครเมตร สูงสุด	0.1	0.1	0.3	0.3	0.3
สารที่ระเหย ณ อุณหภูมิ 150 °C สูงสุด	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
การสูญเสียน้ำหนักเนื่องจากเผาที่อุณหภูมิ 500 °C สูงสุด	0.5	1.0	1.0	1.0	1.0
สารละลายในน้ำ สูงสุด	0.5	1.0	1.5	1.5	1.5
ความเป็นกลางของส่วนที่สกัดด้วยน้ำ สี	เป็นกลางต่อเมทิลเรด เป็นสีเดียวกับสีตัวอย่างที่ได้ตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย				
พลังการออกสี (lightening-power)	เป็นไปตามข้อตกลงกันระหว่างผู้ซื้อและผู้ขาย				
การดูดน้ำมัน น้ำหนักต่อน้ำหนัก	12-20				

**8. คุณลักษณะของซิงค์ออกไซด์สำหรับอุตสาหกรรมยาง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
กระทรวงอุตสาหกรรม ประเทศไทย (มอก. 565-2521)**

เปอร์เซ็นต์

ซิงค์ออกไซด์ ต่ำสุด	98.5
ตะกั่ว สูงสุด	0.10
กากที่ล้างบนร่อนขนาด 45 ไมโครเมตร สูงสุด	0.2
สารที่ระเหย ณ อุณหภูมิ 105 °C สูงสุด	0.30
สารที่ละลายในน้ำ สูงสุด	0.60
ความหนาแน่นสัมพัทธ์ที่ 27/27 °C	5.50-5.65
แมงกานีส สูงสุด	0.005
ทองแดง สูงสุด	0.004
แคดเมียม สูงสุด	0.10
คลอรีน สูงสุด	0.10
กำมะถัน สูงสุด	0.15

หมายเหตุ : ซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ทำยางสีขาวหรือสีอ่อน ต้องมีปริมาณซิงค์ออกไซด์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 และปริมาณตะกั่วต้องไม่เกินร้อยละ 0.03



9. คุณลักษณะของสังกะสีแท่ง ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
ประเทศไทย (มอก. 957-2533)

เปอร์เซ็นต์

ส่วนประกอบทางเคมี	ชั้นคุณภาพ		
	SHG ¹	HG ²	PW ³
ตะกั่ว	สูงสุด 0.003	สูงสุด 0.03	0.5-1.4
เหล็ก	สูงสุด 0.003	0.02	0.05
แคดเมียม	สูงสุด 0.003	0.02	0.20
อะลูมิเนียม	สูงสุด 0.002	0.01	0.01
ทองแดง	สูงสุด 0.002	-	0.20
ดีบุก	สูงสุด 0.001	-	-
สังกะสี	ต่ำสุด 99.990	99.90	98.0

1 : Special High Grade

2 : High Grade

3 : Prime Western

เซอร์คอน (Zircon)



สูตรเคมี	ZrSiO_4 หรือ $\text{ZrO}_2, \text{SiO}_2$		
ส่วนประกอบทางเคมี	ZrO_2	67.2	เปอร์เซ็นต์
	SiO_2	32.8	เปอร์เซ็นต์
คุณสมบัติทางกายภาพ	ความแข็ง	7.5	
	ความถ่วงจำเพาะ	4.68	
	สี	ไม่มีสี น้ำตาล เทา แดง	

1. คุณสมบัติของแร่เซอร์คอนเกรดต่างๆ ที่กำหนดใช้โดยทั่วไป (Traditional zircon grades)

เปอร์เซ็นต์

	Premium	Intermediate	Standard
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ + แฮฟเนียมไดออกไซด์ ($\text{ZrO}_2 + \text{HfO}_2$)	66.0	65.5	65.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.1	0.03	0.25
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.05	0.10	0.12

2. เปรียบเทียบคุณลักษณะของแร่เซอร์คอนเกรด premium จากแหล่งต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	Tiwest	Cable	CRL	RZM	Du Pont
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2)	66.40	65.80	66.30	66.20	66.70
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.13	0.13	0.12	0.13	0.13
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.06	0.09	0.052	0.03	0.03
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.42	0.80	0.29	0.20	na.
ซิลิกา (SiO_2)	33.20	32.14	33.00	33.20	na.
ยูเรเนียม+ทอเรียม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	410	450	na.	na.	na.

Tiwest มีแหล่งอยู่ใน West Australia เป็นแหล่งที่เรียกว่า Munbinea Shoreline ทางเหนือของ Perth

Cable มีแหล่งอยู่ใน West Australia ที่ Waroona และ Bunbury-Busselton area

CRL มีแหล่งอยู่ใน East Australia ที่ North Stradbroke Island in Queensland

RZM มีแหล่งอยู่ใน East Australia ที่ Newcastle area และ Harrington in New South Wales

Du Pont มีแหล่งอยู่ใน Florida in USA

3. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนตามมาตรฐานของคลังสะสมแห่งชาติสหรัฐอเมริกา

(U.S.National Stockpile Specification : P-61 August 27th 1946)

เปอร์เซ็นต์

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ต่ำสุด	65.0
ซิลิกา (SiO_2) สูงสุด	34.0
ผงซิลิกา (Free Silica) สูงสุด	1.0
อะลูมินา (Al_2O_3) สูงสุด	0.25
ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5) สูงสุด	0.15
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	0.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.1
ส่วนประกอบอื่นๆ สูงสุด	0.5



4. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนที่ผลิตได้ในสหรัฐอเมริกา

เปอร์เซ็นต์

	RGC		Du Pont			
	Ceramic	Standard	Premium	Standard	T	Zircore
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	66.40	66.40	66.70	65.90	65.30	40.0
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.04	0.04	0.03	0.04	0.20	na.
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.13	0.12	0.13	0.25	1.2	na.
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.35	0.46	na.	na.	na.	23.0
ซิลิกา (SiO ₂)	32.60	32.40	na.	na.	na.	3.0
ยูเรเนียม+ทอเรียม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	350	350	350	350	na.	na.

RGC = RGC Mineral Sands (USA) Ltd จากแหล่ง Florida

Du Pont = E.I.Du Pont de Nemours Inc. จากแหล่งใน Florida

Standard grade และ Premium grade สำหรับใช้ในงานเซรามิกส์ วัสดุทนไฟและงานหล่อ

T grade นำไปใช้สำหรับการหล่อ และวัสดุทนไฟ

Zircore หมายถึง Zircon-aluminum silicate สำหรับใช้ใน non-ferrous foundry ซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณเซอร์คอนมากนัก

5. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนตามมาตรฐานออสเตรเลีย

5.1 แร่เซอร์คอนชนิดหยาบ (Zircon sand)

เปอร์เซ็นต์

	เกรดพรีเมียม .10 (Premium.10)	เกรดพรีเมียม .20 (Premium.20)	เกรดมาตรฐาน (Standard)
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂) ต่ำสุด*	66.0	66.0	65.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) สูงสุด	0.1	0.2	0.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.05	0.06	0.07

*รวมทั้งแฮฟเนียมไดออกไซด์ (HfO₂)



5.2 แร่เซอร์คอนชนิดละเอียด (Zircon flour)

เปอร์เซ็นต์

	เกรดพรีเมียม (Premium)	เกรดมาตรฐาน (Standard)
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂) ต่ำสุด*	66.0	65.0
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂) สูงสุด	0.1	0.3
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃) สูงสุด	0.05	0.1

*รวมทั้งแฮฟเนียมไดออกไซด์ (HfO₂)

ขนาด (Size)

1. อย่างต่ำ 95 เปอร์เซ็นต์ตลอดตะแกรง ขนาด 200 เมช (ตะแกรงระบบ BSS)
2. อย่างต่ำ 95 เปอร์เซ็นต์ตลอดตะแกรง ขนาด 300 เมช (ตะแกรงระบบ BSS)
3. อย่างต่ำ 95 เปอร์เซ็นต์ตลอดตะแกรง ขนาด 350 เมช (ตะแกรงระบบ BSS)

6. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย

6.1 ชายฝั่งทะเลตะวันออก (East coast)

เปอร์เซ็นต์

	CRL		RZM	MDL	Currumbin
	Premium	Standard	Premium	Ceramic	Standard
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	66.30	66.10	66.20	66.35	65.00
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.12	0.24	0.13	0.08	0.30
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.052	0.15	0.03	0.29	0.10
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.29	na	0.20	0.40	na
ซิลิกา (SiO ₂)	33.0	32.7	33.2	32.65	na
ยูเรเนียม+ทอริยม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	na	na	na	na	na

CRL = Consolidated Rutile Ltd. จากแหล่งที่ North Stradbroke Island ใน Queensland

RZM = RZM Pty.Ltd จากแหล่งที่ Tomago and Harrington, New South Wales

MDL = Mineral Deposits Ltd. จากแหล่ง Stockton, New South Wales

Currumbin = Currumbin Minerals Pty.Ltd. จากแหล่ง Kirra ใน Queensland และ Kingscliff ใน New South Wales



6.2 ชายฝั่งทะเลตะวันตก (West coast)

เปอร์เซ็นต์

	RGC		WSL ที่ Yoganup		Tiwest
	Eneabba	Capel	Standard A	Unleached	Premium
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2)	66.5	65.5	65.75	65.55	66.40
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.12	0.25	0.125	0.15	0.13
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.08	0.20	0.06	0.125	0.06
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.35	1.10	0.60	0.60	0.42
ซิลิกา (SiO_2)	32.50	32.90	32.35	32.35	33.20
ยูเรเนียม+ทอเรียม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	410	470	400	445	410

RGC = Renison Goldfields Consolidates Mineral Sands Ltd.

WSL = Westralian Sands Ltd.

ISK = Ishihara Sangyo Kaisha Minerals Pty Ltd.

Cable = Cable Sands (W.A.) Ltd.

Tiwest มีแหล่งอยู่ใน Munbinea Shoreline ทางเหนือของ Perth

เปอร์เซ็นต์

	ISK	Cable	
	Standard	Premium	Standard
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2)	66.0	65.80	65.50
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2)	0.145	0.13	0.20
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3)	0.115	0.09	0.20
อะลูมินา (Al_2O_3)	0.425	0.08	1.00
ซิลิกา (SiO_2)	32.40	32.14	32.80
ยูเรเนียม+ทอเรียม (U+Th), ส่วนในล้านส่วน	370	450	450



7. คุณสมบัติของแร่เซอร์คอนที่ผลิตได้ในออสเตรเลีย เป็นแร่เซอร์คอนที่มีคุณภาพเป็นรัตนชาติ
สำหรับใช้เป็นเครื่องประดับ ผลิตได้จาก Harts Range, Northern Territory, Australia

เปอร์เซ็นต์

	สีม่วงอ่อน (Light purple)	สีเหลือง (Yellow)	เกือบไม่มีสี (Near colorless)	สีม่วงอ่อน (Light purple)
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	66.70	66.27	66.58	66.58
ซิลิกา (SiO ₂)	33.03	33.04	32.44	32.41
แฮฟเนียมไดออกไซด์ (HfO ₂)	1.31	1.41	1.48	1.48
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.01	0.01	0.02	0.01
เออร์เบียมออกไซด์ (Er ₂ O ₃)	0.10	0.03	0.03	ND
ทูลีียมออกไซด์ (Tm ₂ O ₃)	0.10	0.08	0.03	BDL
ลูทีเนียมออกไซด์ (Lu ₂ O ₃)	ND	0.10	ND	0.06

เปอร์เซ็นต์

	สีม่วงอ่อน (Light purple)	น้ำตาลส้ม (Orangy brown)	สีม่วงอ่อน (Light purple)	สีม่วงอ่อน (Light purple)
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	66.29	66.45	66.58	66.14
ซิลิกา (SiO ₂)	32.45	32.57	32.56	32.36
แฮฟเนียมไดออกไซด์ (HfO ₂)	1.50	1.44	1.37	1.49
แคลเซียมออกไซด์ (CaO)	0.01	0.01	0.01	0.02
เออร์เบียมออกไซด์ (Er ₂ O ₃)	0.01	0.03	0.05	0.03
ทูลีียมออกไซด์ (Tm ₂ O ₃)	ND	ND	0.04	BDL
ลูทีเนียมออกไซด์ (Lu ₂ O ₃)	ND	0.02	0.03	BDL

ND = Not detected

BDL = Below the reliable detection limits (approximately 10 ppm)



8. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนที่ผลิตได้ในประเทศต่างๆ

เปอร์เซ็นต์

	Thailand	India			South Africa		
	Sakorn Minerals	IRE			RBM		
		OR	MK	Q	Prime	Standard	Refractory
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	66.25	65.00	65.30	65.10	65.00	65.00	65.00
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.15	0.30	0.30	0.30	1.15	0.30	0.50
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.075	0.40	0.09	0.10	0.10	0.25	0.15
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	na.	na.	1.20	1.40	na.	na.	na.
ซิลิกา (SiO ₂)	31.23	31.50	32.50	na.	32.40	na.	na.

	Sri Lanka	
	CMSC	
	Crude	Standard
เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	26.60	65.00
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	11.25	0.50
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	1.28	0.20
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	na.	na.
ซิลิกา (SiO ₂)	38.01	na.

India ผลิตแร่เซอร์คอนโดย India Rare Earths Ltd. (IRE) ซึ่งเกรด OR เป็นแร่จากแหล่ง Chatrapur เกรด MK เป็นแร่จากแหล่ง Manavalakurichi และเกรด Q เป็นแร่จากแหล่ง Chavara
 RBM = Richards Bay Minerals
 Thailand ใช้แร่เซอร์คอนเพื่ออุตสาหกรรมเซรามิกภายในประเทศ
 CMSC = Ceylon Mineral Sands Corp.

9. คุณลักษณะของแร่เซอร์คอนตามมาตรฐานมาเลเซีย

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO ₂)	65.60	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO ₂)	0.32	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe ₂ O ₃)	0.09	เปอร์เซ็นต์
โครมิกออกไซด์ (Cr ₂ O ₃)	0.01	เปอร์เซ็นต์
วานาเดียมเพนตอกไซด์ (V ₂ O ₅)	0.01	เปอร์เซ็นต์
อะลูมินา (Al ₂ O ₃)	0.52	เปอร์เซ็นต์
กำมะถัน (S)	0.009	เปอร์เซ็นต์



ฟอสฟอรัสเพนตอกไซด์ (P_2O_5)	0.035	เปอร์เซ็นต์
โซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	0.01	เปอร์เซ็นต์
ควอตซ์ (Free Quartz)	0.51	เปอร์เซ็นต์
น้ำ (H_2O)	0.10	เปอร์เซ็นต์
การสูญเสียน้ำหนักในการเผาไหม้ที่ 1,000 °C (Calcination loss at 1,000 °C)	0.26	เปอร์เซ็นต์
ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)	4.58	

10. คุณสมบัติของแร่เซอร์คอนที่ซื้อขายในประเทศไทย

10.1 เกรดสูง

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ต่ำสุด	65	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์

10.2 เกรดต่ำ

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ต่ำสุด	60	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	1.0	เปอร์เซ็นต์

10.3 แร่เซอร์คอนซึ่งบริษัทปูนซีเมนต์ไทยรับซื้อ เป็นแร่ชนิด Refractory grade

เซอร์โคเนียมไดออกไซด์ (ZrO_2) ต่ำสุด	65	เปอร์เซ็นต์
เฟอร์ริกออกไซด์ (Fe_2O_3) สูงสุด	0.1	เปอร์เซ็นต์
ไทเทเนียมไดออกไซด์ (TiO_2) สูงสุด	0.3	เปอร์เซ็นต์
ซิลิกา (SiO_2) ประมาณ	31.5	เปอร์เซ็นต์

ขนาดที่รับซื้อ ราคาที่รับซื้อ จะแตกต่างกันตามขนาดของแร่

1. ขนาดที่ลอดตะแกรง 120 เมช ได้ทั้งหมด
2. ขนาดที่ค้างบนตะแกรง 120 เมช ได้ทั้งหมด