

แร่ิลเมไนต์ของประเทศไทย

อาจารย์ ดร.ภิญโญ มีชำนะ
ภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่และธรณีวิทยาเหมืองแร่
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แหล่งแร่ดีบุกส่วนใหญ่ของประเทศไทยเป็นแบบลานแร่ (alluvial) ซึ่งแร่ดีบุกแคสซิเทอไรต์ cassiterite, สูตรเคมี (SnO₂) เป็นแร่ประกอบโลหะดีบุกที่สำคัญและมักเกิดร่วมกับแร่อื่น ๆ ซึ่งมักพบเป็นเม็ดแร่อิสระออกจากแร่อื่น ๆ อันเนื่องมาจากการผุสลายของแหล่งปฐมภูมิ (primary deposit) เดิม การทำเหมืองดีบุกนั้นนิยมใช้วิธีเหมืองสูบหรือเหมืองฉีด และวิธีเหมืองเรือ ขุดทำการขุดสินแร่ทั้งนอกชายฝั่งทะเลและบนบก

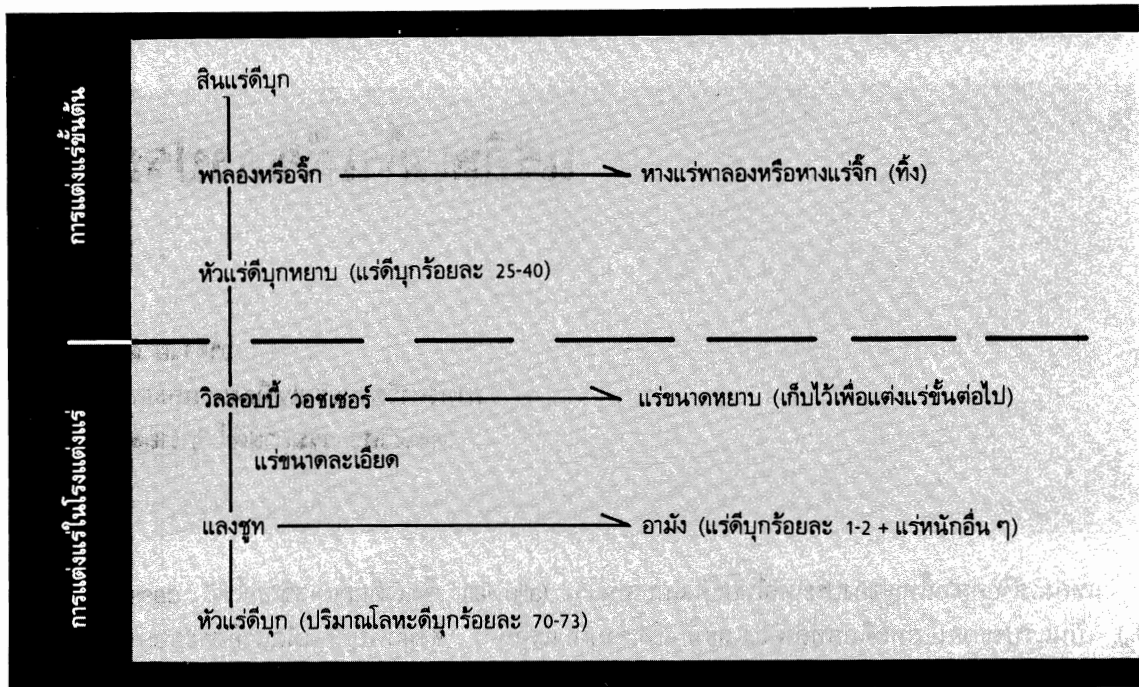
หลังจากที่ได้ทำการคัดขนาดเอาหินก้อนโตซึ่งไม่ค่อยมีแร่ออกไป โดยใช้ตะแกรง แล้วจะมีการใช้พาลอง (palong) ซึ่งเป็นรางกู่แร่ หรือในบางครั้งใช้จิก (jig) ทำการแต่งแร่ขั้นต้น หัวแร่ดีบุกหายที่ได้จากการแต่งแร่ขั้นต้นจากพาลองหรือจิกก็ตาม จะถูกส่งไปยังโรงแต่งแร่เพื่อทำการล้างหัวแร่ดีบุกหายดังกล่าว ขบวนการล้างแร่ดีบุกในโรงแต่งแร่เพื่อแต่งแร่ขั้นที่สองนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนการคัดขนาดแร่ซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยใช้หน้าด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า วิลลอบบี้ วอชเชอร์ (Willoughby Washer) และ การล้างแร่ในรางล้างแร่ขนาดเล็กที่เรียกว่า แลงชุต (Lanchute) โดยใช้แรงงานของคนงาน ขั้นตอนการแต่งแร่ได้แสดงให้เห็นดังรูปที่ 1 แร่ดีบุกส่วนใหญ่จะเก็บได้โดยแลงชุต เนื่องจากมีน้ำหนักมากกว่าแร่อื่น ๆ ที่ปนมาและเมื่อทำการล้างซ้ำแล้วซ้ำอีกก็จะทำให้มันมีคุณภาพสูงพอที่จะขายได้ นั่นคือปริมาณโลหะดีบุกในหัวแร่ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 72 ส่วนหางแร่จากแลงชุตซึ่งมักเรียกว่า อามัง (Amang) ประกอบด้วยแร่ต่าง ๆ ซึ่งไม่สามารถเก็บได้ด้วยแลงชุต และพบว่าแร่ดีบุกยังคงเหลืออยู่ในหางแร่ดังกล่าวประมาณร้อยละ 1 ถึง 2 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความชำนาญของคนงานล้างแร่ และขนาดของเม็ดแร่ซึ่งอยู่ในหางแร่นั้น

นอกจากอามังจะประกอบไปด้วยดีบุกที่ไม่สามารถเก็บได้ด้วยแลงชุตแล้ว มันยังประกอบไปด้วยแร่หนักชนิดอื่น ๆ ที่มีความถ่วงจำเพาะต่ำกว่าแร่ดีบุก ซึ่งได้แก่แร่ิลเมไนต์ (Ilmenite) เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังประกอบด้วยแร่มีค่าชนิดอื่น เช่น โคลัมไบต์-แทนทาลิต, สตรูวอไรต์, วุลแฟรมไมต์, เซอร์คอน, โมนาไซต์, ซีโนไทม์, การ์เน็ต ฯลฯ เหมืองดีบุกหลายแห่งในประเทศไทยได้ทำการติดตั้งเครื่องแยกแม่เหล็กและเครื่องแยกแร่ไฟฟ้าแรงสูง เพื่อทำการแยกแร่พลอยได้เหล่านี้ ดังนั้นแร่ิลเมไนต์ ก็สามารถแยกออกมาได้ด้วยเครื่องมือดัง

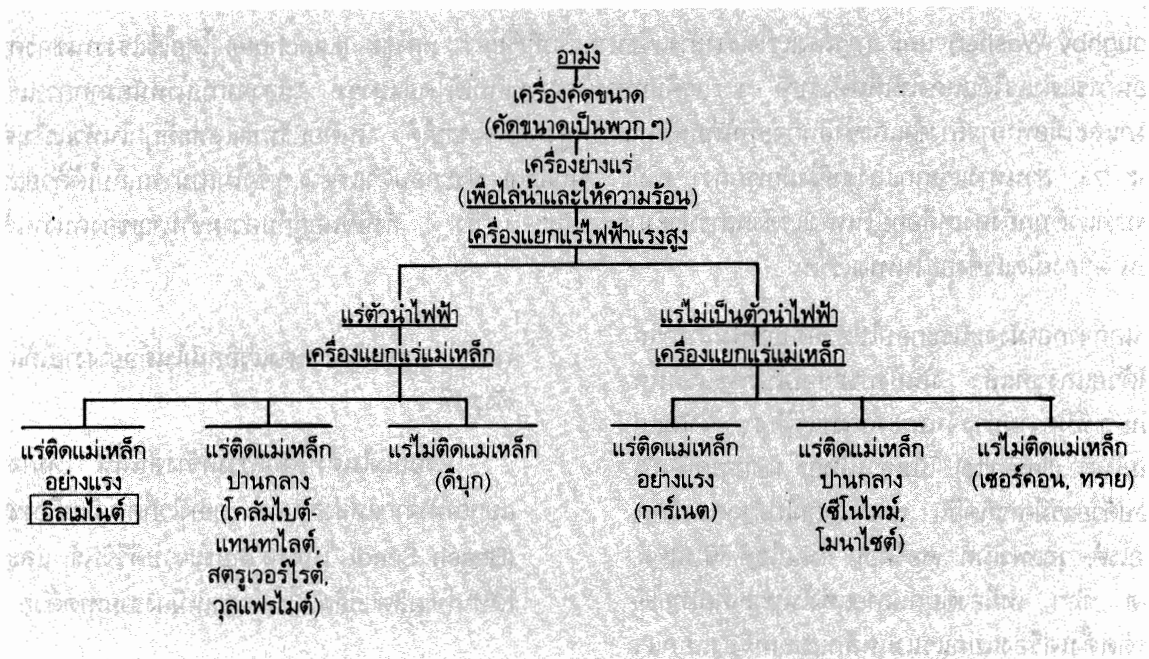
กล่าว แผนผังการแต่งแร่ิลเมไนต์อย่างง่ายได้แสดงไว้ดังรูปที่ 2

แร่ิลเมไนต์ที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้น ได้มาจากการแยกอามังจากแหล่งลานแร่ อย่างไรก็ตามมีเหมืองชายหาด (Beach Sand) ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ และชุมพร ได้ทำการผลิตแร่ิลเมไนต์จากเหมืองชายหาดด้วย

คุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ของแร่ิลเมไนต์
ในการซื้อขายแร่ิลเมไนต์อาจแบ่งคุณลักษณะ



รูปที่ 1 แผนผังการแต่งแร่ตีบุกแบบทั่วไปที่ใช้ในโรงงานแต่งแร่ตีบุกของประเทศไทย



รูปที่ 2 แผนผังการแต่งแร่แบบทั่วไปที่ใช้ในการแต่งแร่อิลเมไนต์ออกจากอามัง

เฉพาะหรือเกรดของแร่ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ เกรด FeO และเกรด TiO₂ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการนำไปใช้งาน โดยส่วนประกอบหลักของแร่อิลเมไนต์คือ TiO₂, FeO และ Fe₂O₃ โดยทั่วไปแร่อิลเมไนต์ที่มีการซื้อขายจะต้องมี TiO₂ ตั้งแต่ร้อยละ 52 ขึ้นไป ส่วน FeO อยู่ระหว่างร้อยละ 20-28 อย่างไรก็ตาม ถ้าแร่อิลเมไนต์มีคุณลักษณะเฉพาะแตกต่างไปจากที่ระบุไว้เล็กน้อย ก็อาจมีซื้อขายได้เพราะสามารถนำไปผสมกับแร่ที่มีเกรดสูงโดยราคาซื้อขายอาจลดลงไปบ้าง

มลทินหลักที่เจือปนอยู่ส่วนใหญ่ได้แก่ MnO, P₂O₅, Nb₂O₅, As₂O₃ และมีมลทินปฏิกิริยาบางชนิดซึ่งแล้วแต่จะกำหนดจากผู้ซื้อ ตารางที่ 1 และ 2 แสดงคุณลักษณะเฉพาะของแร่อิลเมไนต์จากผู้ซื้อเฉพาะราย ส่วนตารางที่ 3 เป็นคุณลักษณะเฉพาะของแร่อิลเมไนต์ซึ่งได้ทำการซื้อขายไปแล้วในประเทศไทย (คัดมาจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 1)

ผลผลิตและความคาดหวังที่จะผลิตแร่อิลเมไนต์ในประเทศไทย

ตารางที่ 4 แสดงถึงปริมาณแร่อิลเมไนต์ซึ่งจะสามารถผลิตได้ถ้าต้องการ จากอามังในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์, ระนอง, พังงาและภูเก็ต ในปี พ.ศ. 2526 ซึ่งเป็นการประมาณขั้นต่ำ ส่วนตารางที่ 5 แสดงถึงการประมาณแร่อิลเมไนต์ในลักษณะเดียวกันเมื่อปลายปี พ.ศ. 2530

การผลิตแร่อิลเมไนต์จากสถิติตั้งแต่ปี พ.ศ. 2525 ถึง 2530 ได้แสดงไว้ในตารางที่ 6 พร้อมกับมูลค่าของแร่ดังกล่าว ผลผลิตที่ได้เกือบทั้งหมดส่งจำหน่ายต่างประเทศ ซึ่งจากตารางจะสังเกตว่าปี พ.ศ. 2529 และ 2530 ประเทศไทยได้ผลิตแร่อิลเมไนต์ส่งออกขายต่างประเทศมากกว่า 1 หมื่นตันต่อปี โดยเฉพาะในปี 2530 ส่งออกกว่า 2 หมื่นตัน ซึ่งก่อนหน้านี้มีการผลิตเพื่อส่งออกน้อยมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากมีความต้องการแร่อิลเมไนต์ในตลาดโลกเพิ่มขึ้น ประกอบกับแหล่งแร่อิลเมไนต์ที่สำคัญของโลกเริ่มลดน้อยลงตามลำดับ

ตารางที่ 1 คุณลักษณะเฉพาะ (Specifications) ของแร่อิลเมไนต์จากผู้ซื้อเฉพาะราย (Ref : Happy World Inc.)

No.	Item	Standard	Remark
1	TiO ₂ (all)	over 53.5%	
2	TiO ₂ (be affective)	over 51.0%	
3	FeO	20-23.0%	from Australia
		25.0-28.0%	from Malaysia
4	Fe ₂ O ₃	19.0-21.0%	from Australia
		12.0-15.0%	from Malaysia
5	Cr ₂ O ₃	under 0.04%	
6	P ₂ O ₅	under 0.2%	
7	MnO	under 3.0%	
8	V ₂ O ₅	under 0.15%	
Not to contain the ingredient like Ni which colour Titanium Dioxide.			

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1

ตารางที่ 2 ตัวอย่างคุณลักษณะ (Specifications) ของแร่อิลเมไนต์ที่ซื้อขาย (Ref : THL, Mining SDN BHD.)

Composition	Typical (%)	Range Acceptable (%)
TiO ₂	54.0	52.0-62.0
FeO	29.0	11.0-32.0
Fe ₂ O ₃	10.50	10.0-20.0 Max
MnO	3.40	5.5 Max for Thai
Nb ₂ O ₅	0.25	Lower better
P ₂ O ₅	0.18	- " -
SiO ₂	1.50	- " -
Mud	1380 ppm.	- " -
As	30 ppm.	- " -
Cr ₂ O ₃	0.02	- " -
Pb	250 ppm.	- " -
Total Fe	29.5	- " -
Al ₂ O ₃	0.80	- " -
V ₂ O ₅	0.06	- " -
MgO	0.20	- " -
SnO ₂	0.03	- " -
Moisture	3.00	- " -

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1

แร่วิทยา (Mineralogy) ของแร่อิลเมไนต์ในประเทศไทย

แร่อิลเมไนต์ที่มีสูตรเคมีคือ $FeTiO_3$ ซึ่งในบางครั้งจะมี Mg และ/หรือ Mn เข้าไปแทนที่ Fe ในปริมาณจำกัด (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 2)

แร่อิลเมไนต์ จัดอยู่ใน Haematite group ซึ่งแบ่งย่อยเป็น Ilmenite Series อันประกอบด้วย

Ilmenite – $FeTiO_3$

Geikielite – $MgTiO_3$

Pyrophanite – $MnTiO_3$

เนื่องจาก Mg และ Mn สามารถแทนที่ Fe ได้ในลักษณะ Solid Solution จึงอาจเขียนสูตรทั่วไปของแร่

Ilmenite Series เป็น $(Fe, Mg, Mn)_2Ti_2O_6$ สำหรับแร่อิลเมไนต์เฉพาะตัวมีสูตร $FeTiO_3$ ประกอบด้วย Fe 36.8% Ti 31.6% และ O 31.6% อัตราส่วนระหว่าง Fe และ Ti อาจแปรเปลี่ยนได้มาก ธาตุ Mg และ Mn พบได้บ่อยแต่เป็นปริมาณเพียงเล็กน้อย ส่วน Fe_2O_3 มีปริมาณต่ำ นอกจากนี้ธาตุ Ta และ Nb อาจเกิดแทรกอยู่ในแร่อิลเมไนต์ ผลวิเคราะห์เคมีอาจพบธาตุอื่นๆ อีก เช่น Bi, As, P แต่เป็นปริมาณน้อยมาก สำหรับสารประกอบ ThO_2 และ V_3O_8 มักไม่ค่อยพบในแร่ (คัดมาจากเอกสารอ้างอิงหมายเลข 1)

ตารางที่ 3 ตัวอย่างคุณลักษณะ (Specifications) ของแร่อิลเมไนต์ที่มีการส่งออกของประเทศไทย

ผู้ขาย	ผู้ซื้อ	ปริมาณ (เมตริกตัน)	Specifications (%)						ราคา (U.S.\$/tonne)
			TiO ₂	FeO	Fe ₂ O ₃	MnO	SiO ₂	Nb ₂ O ₅	
บริษัท S.A. Minerals	บริษัท M.M.C. Marketing จำกัด	1,000	51.0	26.0	10.5	5.7	1.7	-	25 F.O.B. ภูเก็ต
บริษัท S.A. Minerals	บริษัท M.M.C. Marketing จำกัด	5,800	51.0	26.0	10.5	5.7	1.7	-	25 F.O.B. ภูเก็ต
บริษัท ภูเก็ตสหสินแร่ไทย	บริษัท ฮาร์เปอร์ กิลฟิลสัน (1980) จำกัด	1,650	52.0	27.0	-	4.6	-	0.5	28 F.O.B. ภูเก็ต
บริษัท ภูเก็ตสหสินแร่ไทย	บริษัท ฮาร์เปอร์ กิลฟิลสัน (1980) จำกัด	1,550	52.0	27.0	-	4.6	-	0.5	41 F.O.B. ปีนัง 34 F.O.B. ภูเก็ต

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1

ตารางที่ 4 ปริมาณแร่อิลเมไนต์ที่ประมาณว่ามีอยู่ในกองอามังตามเหมืองต่างๆ ใน 4 จังหวัดภาคใต้ เมื่อปี พ.ศ. 2526

จังหวัด	ปริมาณอามัง (ตัน)	ส่วนประกอบของแร่* อิลเมไนต์ในอามัง (ร้อยละ)	ปริมาณแร่อิลเมไนต์ (ตัน)
ประจวบคีรีขันธ์	3,227.80	10.31	332.71
ระนอง	22,547.90	40.70	9,176.73
ภูเก็ต	90,589.32	47.57	43,097.78
พังงา	111,110.94	46.93	52,144.57
รวม	227,475.96	46.05	104,751.79

* ประมาณโดยวิธีนับเม็ดแร่ (grain counting) ในตัวอย่างที่ซักมาจากอามัง

ที่มา : กองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 5 ปริมาณแร่ทิตเนียมที่ ประมาณว่าจะสามารถผลิต ได้ต่อปีจากกองอามังตามเหมืองต่าง ๆ ทั่วประเทศ (เมื่อปลายปี พ.ศ. 2530)

พื้นที่	ปริมาณแร่ทิตเนียมที่คาดว่าจะสามารถผลิตได้* (ตัน/ปี)
อุทัยธานี	14.77
ราชบุรี	60.24
กาญจนบุรี	160.78
สุพรรณบุรี	0.75
ประจวบคีรีขันธ์	62.97
ระนอง	250.43
ชุมพร	7.64
ตรัง	5.61
สุราษฎร์ธานี	16.82
นครศรีธรรมราช	535.64
สงขลา	33.60
ภูเก็ต	2,316.01
พังงา	542.33
ตะกั่วป่า	70,441.36
ยะลา	141.60
รวม	74,591.17

* ปริมาณโดยวิธีนับเม็ดแร่ (grain-counting) ในตัวอย่างที่ ชักมาจากอามัง

ที่มา : ข้อมูลจากกองเศรษฐธรณีวิทยา กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

ตารางที่ 6 ผลผลิตแร่ทิตเนียมของประเทศไทยและมูลค่าระหว่าง ปี พ.ศ. 2525-2530

พ.ศ.	ผลผลิต (ตัน)	มูลค่า (ล้านบาท)
2525	18	0.04
2526	205	0.50
2527	148	0.36
2528	1,078	2.66
2529	13,489	15.20
2530	26,278	27.20

ที่มา : ข้อมูลจากกองเศรษฐกิจและเผยแพร่ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

อิลเมไนต์จัดเป็นแร่เหล็กไทเทเนียมออกไซด์ (Titaniferous oxide) สำคัญชนิดหนึ่งที่เป็นต้นกำเนิด ไทเทเนียมนอกเหนือจากแร่รูไทล์ (Rutile) ซึ่งมีสูตรเคมี TiO_2 และแร่วิวคอกซีน (Leucosene) ซึ่งพบในประเทศไทยเช่นกัน โดยเกิดปนอยู่กับแร่ดีบุกในแหล่ง ลานแร่ทั้งบนบกและในทะเล (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1) มีผลึกขนาดเล็กรูปหกเหลี่ยมแบนเล็กน้อย หรือมีลักษณะ เป็นมวลเมล็ดไม่แสดงรูปผลึกเลย สีดำแบบเหล็ก โดยมีสีผงละเอียดดำหรือเทาดำ มีความถ่วงจำเพาะ 4.6-4.7 และความแข็ง 5.5-6.0 แร่ไฮโดรอิลเมไนต์ (Hydroilmenite) ซึ่งเป็นแร่ทิตเนียมที่ผ่านกระบวนการเปลี่ยนแปลง (alteration) ก็จัดอยู่ในพวกเดียวกัน

ตารางที่ 7 ได้แสดงผลวิเคราะห์ทางเคมี (bulk chemical analysis) ของตัวอย่างแร่ทิตเนียมในประเทศไทย ส่วนตารางที่ 8 เป็นผลวิเคราะห์แร่ทิตเนียมที่ เคยส่งออกจำหน่ายนอกราชอาณาจักร ซึ่งจะเห็นว่าในแร่ อิลเมไนต์จะมี Nb_2O_5 และ Ta_2O_5 ปนอยู่บ้างเล็กน้อย ในตัวอย่างแร่ดังกล่าว

ได้มีผู้ศึกษาทางแร่วิทยาของแร่ทิตเนียม จากแหล่ง ต่าง ๆ ในเมืองไทยโดยวิธีวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี ของเม็ดแร่ทิตเนียมที่ขนาดเล็กเป็นจุดเล็ก (ขนาด 1 ไมครอน) โดยวิธี Electron-probe microanalysis (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 3 และ 4) โดยตารางที่ 9 แสดง ให้เห็นผลวิเคราะห์เคมีของจุดแร่ทิตเนียมจากเหมือง เจ้าฟ้าจังหวัดภูเก็ต ตารางที่ 10 จากแหล่งแร่ชายหาด จังหวัดระยอง ตารางที่ 11 จากเหมืองในจังหวัดราชบุรี และตารางที่ 12 จากเหมืองในจังหวัดพังงา

จากตารางที่ทั้ง 4 ซึ่งเป็น point analysis ของแร่ อิลเมไนต์จากแต่ละแหล่ง ๆ ละ 5 จุด (จากแร่ทิตเนียม 5 อนุภาค) จะสังเกตได้ว่าแร่ทิตเนียมมีส่วนประกอบ ทางเคมีที่สำคัญคือ FeO , MnO และ TiO_2 โดยตัวอย่าง จากจังหวัดภูเก็ต, ราชบุรี และ พังงา มีปริมาณ TiO_2 ใกล้เคียงกับปริมาณ TiO_2 ในแร่ทิตเนียมในทางทฤษฎี ซึ่งเท่ากับ 52.65% TiO_2 (คำนวณจากสูตรเคมีของแร่ อิลเมไนต์) แต่ในตัวอย่างแร่ทิตเนียมจากจังหวัดระยอง พบว่าผลวิเคราะห์เคมี 5 จุด จาก 5 อนุภาคมีปริมาณ TiO_2 มากกว่า 52.65% (ผลวิเคราะห์อนุภาคที่ 1 ถึง 4

ยกเว้นอนุภาคที่ 5 ในตารางที่ 10) และผลรวมของออกไซด์ทั้งหมดมีค่าต่ำกว่า 100% มาก ทั้งนี้อาจอธิบายได้ว่าตัวอย่างแร่อีลเมไนต์จากจังหวัดระยองซึ่งเป็นแร่จากแหล่งชายหาดส่วนใหญ่ได้ผ่านขบวนการเปลี่ยนแปลง (alteration) ซึ่งอาจจะกลายเป็นแร่ไฮโดรอีลเมไนต์ (Hydroilmenite) ไปแล้วก็ได้

จากตัวอย่างทั้ง 4 จะสังเกตได้ว่า Nb₂O₅ และ Ta₂O₅ ละลายเข้าไปอยู่ในเนื้อของแร่อีลเมไนต์ได้เล็กน้อยในสภาพของ solid solution โดยที่ MnO มีปริมาณมากพอควรในแร่อีลเมไนต์จากทั้ง 4 แหล่ง

ตารางที่ 7 ผลวิเคราะห์เคมี (Bulk, Chemical Analysis) ของตัวอย่างแร่อีลเมไนต์ในประเทศไทย (จากตะกั่วป่า, พังงา และภูเก็ต)

ตัวอย่างที่	ผลวิเคราะห์ทางเคมี (%)						
	TiO ₂	Nb ₂ O ₅	FeO	MnO	P ₂ O ₅	As	Ta ₂ O ₅
1.	54.56	1.06	26.55	3.31	0.02	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
2.	53.79	0.99	26.50	4.04	0.11	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
3.	52.18	1.22	26.58	3.01	0.02	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
4.	52.30	0.63	32.23	5.45	0.04	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
5.	51.38	0.98	27.55	4.18	0.10	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
6.	53.96	0.84	26.39	2.22	0.07	ไม่มี	ไม่ได้วิเคราะห์
7.	52.26	0.93	24.61	4.30	-	0.02	ไม่ได้วิเคราะห์
8.	52.51	0.96	32.70	4.95	0.17	0.01	ไม่ได้วิเคราะห์
9.	55.00	0.46	27.11	4.43	0.06	0.02	ไม่ได้วิเคราะห์
10.	54.72	0.58	29.28	3.61	0.06	0.02	ไม่ได้วิเคราะห์
11.	57.43	0.76	16.83	3.09	ไม่ได้วิเคราะห์	ไม่ได้วิเคราะห์	0.40
12.	55.98	0.88	21.22	4.00	"	"	0.50

หมายเหตุ : ตัวอย่างแร่ผ่านการแต่งในห้องปฏิบัติการด้วยเครื่อง Frantz Isodynamic Magnetic Separator ที่ 0.7 แอมแปร์
ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1

ตารางที่ 8 ผลวิเคราะห์เคมีของแร่อีลเมไนต์ในประเทศไทยที่เคยส่งออกจำหน่ายนอกราชอาณาจักร (ปี พ.ศ. 2530)

ส่วนประกอบ (%)	ตัวอย่างที่			
	1	2	3	4
Sn	0.16	0.12	0.10	0.19
WO ₃	nil	nil	nil	nil
B ₂ O ₅	0.99	0.37	0.44	0.92
Ta ₂ O ₅	0.46	nil	nil	0.34
TiO ₂	56.91	53.91	53.81	52.06
ThO ₂	nil	nil	nil	0.03
U ₃ O ₈	nil	nil	0.01	nil

หมายเหตุ : ชนิดของธาตุหรือสารประกอบสำคัญ ซึ่งจะต้องวิเคราะห์ กำหนดโดยระเบียบของกรมทรัพยากรธรณี
ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 1

ตารางที่ 9 ผลวิเคราะห์เคมีของเม็ดแร่อิลเมไนต์ที่ขนาดเล็กเป็นจุด (1 ไมครอน) ของตัวอย่างเหมืองเจ้าฟ้า จ.ภูเก็ต โดยวิธี Electron-probe microanalysis

Analysis No.	1	2	3	4	5
TiO ₂	52.55	51.88	52.20	55.00	52.68
MnO	4.16	6.49	5.65	6.11	8.16
FeO	42.47	40.73	41.44	38.06	38.14
Nb ₂ O ₅	0.14	0.24	0.26	0.24	0.20
SnO ₂	0.00	0.09	0.35	0.00	0.00
Ta ₂ O ₅	0.68	0.48	0.13	0.42	0.51
Total	100.00	99.91	100.03	99.83	99.69

ตารางที่ 10 ผลวิเคราะห์เคมีของเม็ดแร่อิลเมไนต์ที่ขนาดเล็กเป็นจุด (1 ไมครอน) ของตัวอย่างเหมืองชายหาด จ.ระยอง โดยวิธี Electron-probe microanalysis

Analysis No.	1	2	3	4	5
TiO ₂	60.62	58.77	58.42	58.56	52.71
MnO	2.80	3.27	2.84	3.69	4.64
FeO	31.27	29.72	33.03	31.23	42.77
Nb ₂ O ₅	0.00	0.10	0.10	0.46	0.11
SnO ₂	0.00	0.00	0.00	0.14	0.26
Ta ₂ O ₅	0.31	0.09	0.32	0.30	0.24
Total	95.00	91.95	94.71	94.38	100.73

Note : The lower total oxides indicates that ilmenite has probably been altered.

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 3

ตารางที่ 11 ผลวิเคราะห์เคมีของเม็ดแร่อิลเมไนต์ที่ขนาดเล็กเป็นจุด (1 ไมครอน) ของตัวอย่างจาก จ.ราชบุรี โดยวิธี Electron-probe microanalysis

Analysis No.	1	2	3	4	5
TiO ₂	52.29	52.36	53.77	51.86	50.73
MnO	10.09	3.52	4.53	4.46	6.65
FeO	37.34	43.52	41.15	42.55	40.86
Nb ₂ O ₅	0.57	0.45	0.23	0.31	0.82
SnO ₂	0.00	0.00	0.08	0.00	0.00
Ta ₂ O ₅	0.02	0.17	0.33	0.47	0.36
Total	100.31	100.02	100.09	99.65	99.42

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 3

ตารางที่ 12 ผลวิเคราะห์เคมีของเม็ดแร่อิเลเมนต์ที่ขนาดเล็กเป็นจุด (1 ไมครอน) ของตัวอย่างจาก จ.พังงา โดยวิธี Electron-probe micro-analysis

Analysis No.	1	2	3	4	5
TiO ₂	52.32	51.37	52.74	52.20	51.66
MnO	3.18	4.34	4.00	6.82	6.08
FeO	43.56	43.15	41.27	39.75	41.50
Nb ₂ O ₅	0.30	0.81	0.50	0.18	0.64
SnO ₂	0.10	0.21	0.00	0.11	0.08
Ta ₂ O ₅	0.32	0.18	0.44	0.31	0.28
Total	99.78	100.06	98.95	99.37	100.24

ที่มา : เอกสารอ้างอิงหมายเลข 3

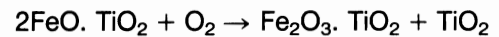
แนวทางการพัฒนาแร่อิเลเมนต์ของประเทศไทย

จากตารางที่ 6 จะเห็นว่าในระยะ 2-3 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยได้ส่งแร่อิเลเมนต์ส่งออกจำหน่ายนอกราชอาณาจักรเป็นจำนวนมาก โดยมีราคาประมาณตันละ 500-1,000 บาท โดยประมาณ แร่อิเลเมนต์สามารถเป็นวัตถุดิบในการผลิตแร่รูไทล์สังเคราะห์ (Synthetic Rutile) ซึ่งสามารถใช้เป็น (flux) ในการผลิตลวดเชื่อมได้ หรือสามารถนำไปเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมทำสารประกอบ TiO₂ เพื่อทำแม่สี (Paint Pigment) ได้ ซึ่งในแต่ละปีประเทศไทยมีความต้องการแร่รูไทล์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมลวดเชื่อมปริมาณมีใช้น้อย ราคาของแร่รูไทล์หรือแร่รูไทล์สังเคราะห์เองในขณะนี้มีราคาไม่ต่ำกว่าตันละ 10,000 บาท ดังนั้นหากได้มีการพัฒนากระบวนการผลิตแร่รูไทล์สังเคราะห์ในประเทศไทยแล้ว จะสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่แร่อิเลเมนต์ได้ เพื่อป้องกันกับตลาดอุตสาหกรรมลวดเชื่อม นอกเหนือจากการผลิตเพื่อส่งออกจำหน่ายต่างประเทศ

ในขณะนี้ สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กำลังดำเนินการวิจัย "การผลิตแร่รูไทล์สังเคราะห์จากแร่อิเลเมนต์" โดยได้รับเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจาก The Hitachi Scholarship Foundation แห่งประเทศญี่ปุ่นในวงเงิน 800,000 บาท ระยะเวลาวิจัย 2 ปี (เริ่มดำเนินการวิจัยตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2531) ซึ่งผู้ดำเนินการวิจัยเป็นคณาจารย์จากภาควิชาวิศวกรรมเหมืองแร่ และภาควิชาวิศวกรรมโลหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

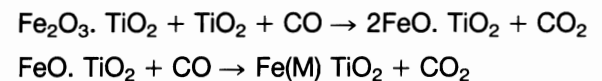
ขบวนการผลิตแร่รูไทล์สังเคราะห์จากแร่อิเลเมนต์มีหลายขบวนการแต่ที่น่าสนใจและสถาบันฯ ได้ดำเนินการวิจัยอยู่ในขณะนี้คือ Western Titanium Process (เอกสารอ้างอิงหมายเลข 5) ซึ่งขบวนการดังกล่าวมีขั้นตอนที่สำคัญอยู่ 4 ขั้นตอนคือ oxidation, reduction, aeration และ leaching ในขั้นตอน oxidation แร่อิเลเมนต์ถูกนำไปเผา (roast) ในสภาวะ oxidising ใน rotary kiln ซึ่งจะเปลี่ยนโครงสร้างจากอิเลเมนต์เป็นซูโดบรูคไคต์ (pseudobrookite)

OXIDATION

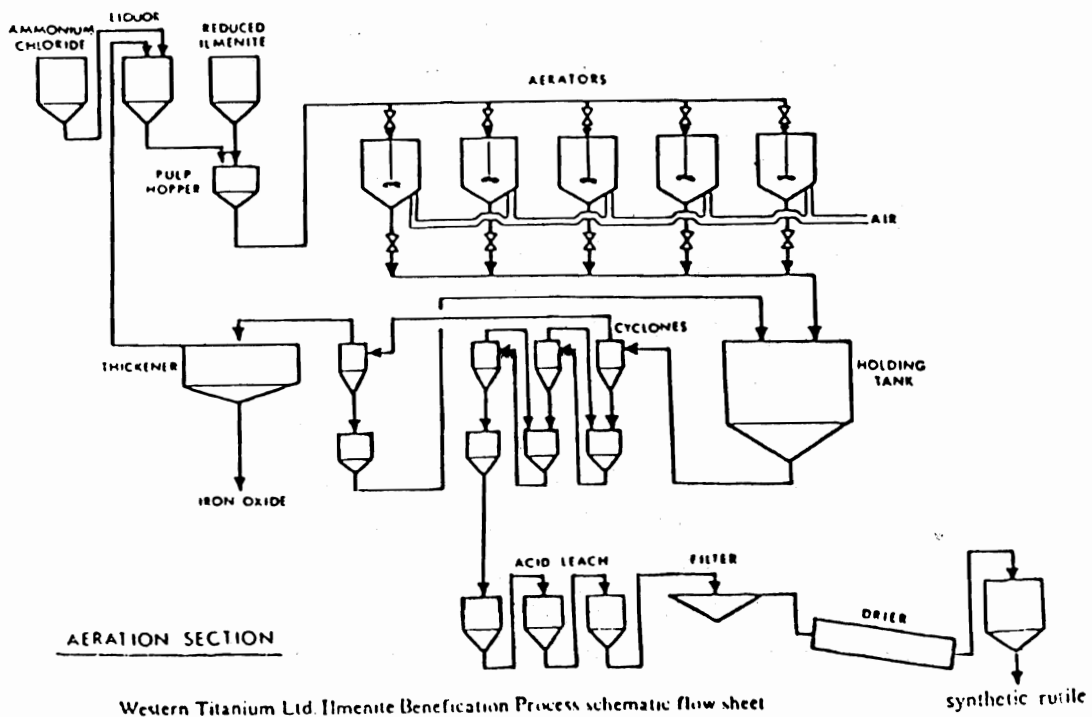
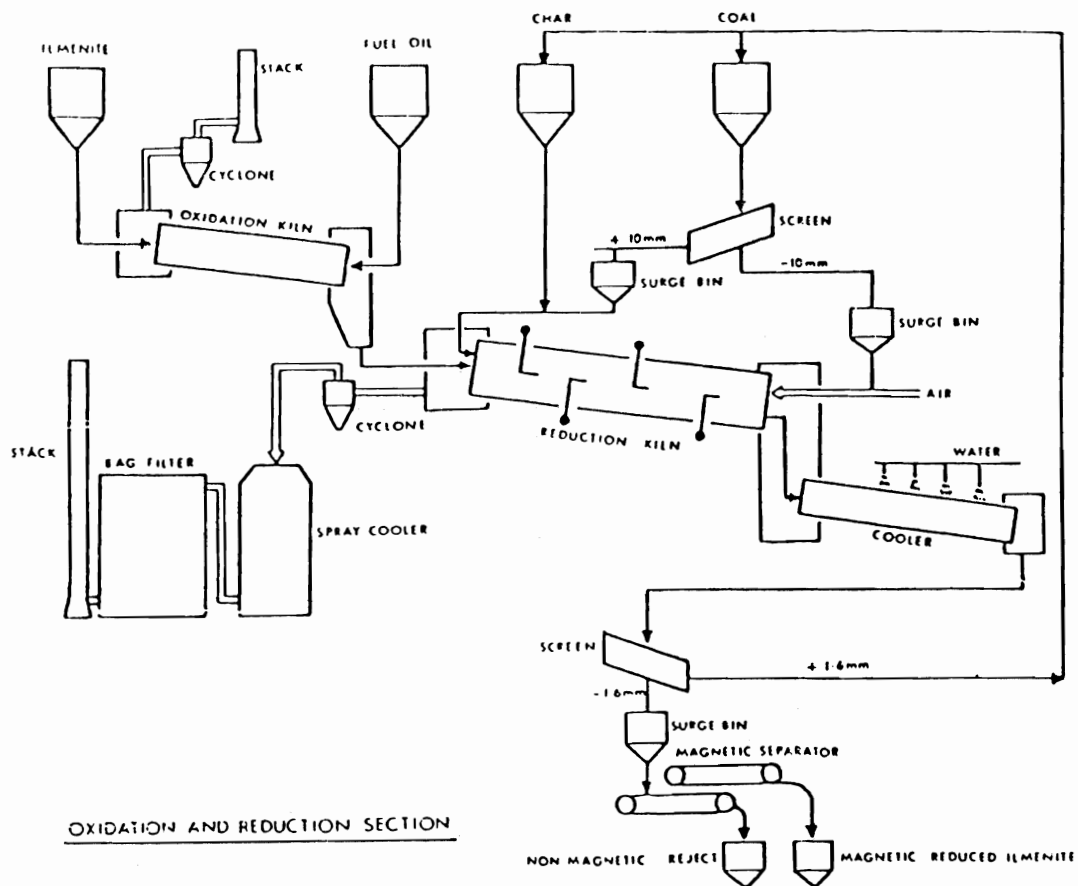


ในขั้นตอน reduction แร่อิเลเมนต์ที่ถูก oxidised จะถูกเผาอีกครั้งหนึ่งในสภาวะ reducing ที่อุณหภูมิประมาณ 1,200°C ใน rotary kiln ที่มีถ่านหินเป็นเชื้อเพลิง (coal-fired kiln) ในขั้นตอนที่เหล็กออกไซด์จะถูกเปลี่ยนให้เป็นโลหะเหล็ก (metallic iron) โดย reducing gas CO

REDUCTION

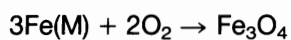


หลังจากนั้นแล้ว แร่อิเลเมนต์ที่ถูกทำให้เป็นโลหะเหล็ก (reduced ilmenite) จะถูกทำให้เย็นและแยกออกจากถ่าน (char) ที่ป้อนเข้ามาใน kiln โดยใช้ตะแกรงและเครื่องแยกแร่แม่เหล็ก เมื่อแยกออกแล้ว มันจะถูกส่ง



ไปยังถึงกวนผสมกับน้ำและสารละลาย ammonium chloride และพ่นอากาศปริมาณมากๆ เข้าไป ออกซิเจนจากอากาศจะทำให้โลหะเหล็กเปลี่ยนเป็นสนิมเหล็ก (Fe_3O_4) ซึ่งมีขนาดละเอียดมาก (slime) และสามารถแยกออกจากส่วนที่เป็น TiO_2 ได้โดยทางฟิลิกส์

AERATION



วิธีการทางฟิลิกส์ที่แยกเอาสนิมเหล็กออกจาก TiO_2 ทำได้โดยใช้ Wet Cyclone โดยส่วนที่หยาบกว่า (Under-flow) จะถูกละลายด้วยกรด (acid leaching)

LEACHING

กรดจะทำการละลายเหล็กและแมงกานีส ซึ่งอาจจะหลงเหลืออยู่ออกไป ซึ่งจะทำให้แร่รูไทล์สังเคราะห์ซึ่งไม่ละลายด้วยกรดเหลืออยู่ หลังจากนั้นจึงกรองเอาสารละลายออกและทำให้แห้ง ผลิตภัณฑ์ที่ได้คือ รูไทล์สังเคราะห์ซึ่งสามารถขายได้

แผนผัง Western Titanium Process ได้แสดงดังรูปที่ 3

เอกสารอ้างอิง

- (1) วีระพงศ์ เอียงพานทอง และวิชาญ อมาตริยกุล "การแต่งแร่อิลเมไนต์ (Ilmenite) ในเชิงอุตสาหกรรม". เอกสารการประชุมวิชาการ กรมทรัพยากรธรณี ครั้งที่ 4, 13-14 สิงหาคม 2530 จัดทำโดยสำนักงานเลขานุการกรม กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม หน้า 458-485
- (2) Palache, C., Berman, H. and Fröndel, C., "Dana's System of Mineralogy - Vol.1 : Elements, Sulfides, Sulfosalts, Oxides". 7th Edition, John Wiley and Sons Inc.
- (3) ภิญโญ มีชานะ, "การศึกษาแร่วิทยาของแร่ดีบุกและแร่พลอยด์โดยวิธี Electron - probe microanalysis", เอกสารประชุมวิชาการเหมืองแร่ครั้งที่ 2, หาดใหญ่ สงขลา 20-22 ตุลาคม 2529 หน้า 349-364
- (4) Meechumna, P., "Recovery of Rarer Minerals from Thai Cassiterite Concentrates", Ph.D. Thesis, Department of Mining and Mineral Engineering, University of Leeds, June, 1985.
- (5) First Progressive Report "Production of Synthetic Rutile from Ilmenite" to the Hitachi Scholarship Foundation, Metallurgy and Materials Science Research Institute, Chulalongkorn University, October 1988.