หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย

บทที่ 2
การศึกษาด้านวัตถุดิบ, ผลผลิตและผลพลอยได้

การศึกษากระบวนการผลิตในทางอุตสาหกรรมนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงอย่างมากคือวัตถุดิบที่ใช้ และผลผลิตที่ได้เพื่อเป็นข้อมูลที่จะขยายไปสู่ระดับอุตสาหกรรมโดยจะแบ่งการศึกษาออกเป็น

2.1 วัตถุดิบ วัตถุดิบที่สำคัญอย่างมากในกระบวนการนี้คือโมนาไซท์

โดยธรรมชาติทั่ว ๆ ไปแล้ว โมนาไซท์มักจะเกิดปะปนกับแร่อื่น ๆ เช่น อิลมิไนท์, เซอร์คอน, รูไทล์, ดีบุก, วุลแฟรม, ซีโนไทม์ และอื่น ๆ โดยปกติโมนาไซท์ เป็นแร่ชนิดหนึ่งที่คงทนต่อการผุกร่อนและเป็นแร่หนัก เมื่อมีการผุพังของหินที่มีแร่โมนาไซท์ประกอบอยู่ด้วย โมนาไซท์จะหลุดจากหินเดิมเป็นอิสระออกมาและกระแสลมหรือกระแสน้ำจะช่วยพัดพาและแยกแร่ต่าง ๆ ออกเป็นพวก ๆ ตามขนาดและน้ำหนักของแร่จึงมักจะพบโมนาไซท์ตามหาดทรายโดยอยู่รวมกับแร่หนักอื่น ๆ ดังกล่าวมาแล้ว อีกแหล่งหนึ่งของโมนาไซท์คือชนิดที่เกิดมาจากหินแกรนิต ซึ่งจะพบในสายแร่ดีบุก สำหรับประเทศไทยจะพบมากในภาคใต้ฝั่งทะวันตก โดยเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองแร่ดีบุก

โมนาไซท์ทั่ว ๆ ไปจะอยู่ในรูปฟอสเฟตของแร่เอิร์ทและซอเรียมโดยเขียนเป็นสูตรทางเคมีได้เป็น $(Ce, La, Y, Th)\ PO_4^{2}$ มีซอเรียมปะปนอยู่ประมาณ 0-20 % แร่เอิร์ทประมาณ 50 % และยูเรเนียมอีกเล็กน้อย

คุณสมบัติทั่วไปของโมนาไซท์ อาจจำแนกเป็นข้อได้ดังนี้

ก. เป็นแร่ที่เปราะแตกง่าย มีรูปร่างไม่แน่นอน

ข. ให้กัมมันตภาพรังสี

ค. ถูกดูดได้ในสนามแม่เหล็กค่อนข้างแรง

ง. มีลักษณะเป็นแก้วแววาว มีสีน้ำตาล, น้ำตาลอมแดง, น้ำตาลอมเหลือง, เหลือง, สีน้ำผึ้งหรือเขียว แต่ส่วนใหญ่จะมีสีน้ำตาลอมเหลือง, เหลือง และสีน้ำผึ้ง

จ. มีความแข็ง 5 ถึง 8.5 ดัชนีหักเหของแสง 1.786 ถึง 1.837 และความถ่วงจำเพาะ 4.6 ถึง 5.3

ฉ. ไม่หลอมละลาย และไม่ละลายในกรดเกลือแต่จะยุ่ยถ้าใส่ลงในกรดกำมะถันที่เข้มข้นที่ถูกเผาให้ร้อน

สำหรับโมนาไซท์ในประเทศไทยประกอบด้วย [3] แรร์เอิร์ทฟอสเฟต โดยมีแรร์เอิร์ทประมาณ 50 % ธอเรียม 5-15 % ยูเรเนียมประมาณ 0.3 - 1 % ปริมาณที่สามารถจะผลิตได้ในประเทศไทยจะขึ้นอยู่กับความมากน้อยของปริมาณดีบุกที่ผลิตได้ ซึ่งปรากฏว่าผลผลิตโมนาไซท์ของไทยตั้งแต่ปี พ.ศ.2515-2517 มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี ดังแสดงในตาราง 2-1 สำหรับปี พ.ศ.2518 มีปริมาณการผลิตลดจากปี พ.ศ.2517 เล็กน้อย ทั้งนี้อาจเนื่องจากการห้ามส่งออกนอกประเทศของแร่โมนาไซท์ตามประกาศของกฎกระทรวงอุตสาหกรรมทำให้ปริมาณการผลิตโมนาไซท์ลดลง ถ้าหากว่ามีความต้องการของโมนาไซท์ คาดว่าผลผลิตโมนาไซท์จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะเพียงพอต่อการใช้เป็นวัตถุดิบในทางอุตสาหกรรม

โมนาไซท์ \ ปี พ.ศ.		2515	2516	2517	2518	2519
ปริมาณการผลิต	เมตริกตัน	171	318	441	367	ไม่มีการผลิต
	บาท	391,307	734,897	1,005,889	1,251,216	
ปริมาณการส่งออก	เมตริกตัน	100	457	302	94	ไม่มีการส่งออก
	บาท	228,300	1,043,787	946,275	493,075	

ตาราง 2-1 [4] แสดงปริมาณผลผลิตและการส่งออกของโมนาไซท์

2.2 ผลผลิตและผลพลอยได้

ผลผลิตที่ได้จากกระบวนการแปรสภาพแร่โมนาไซท์นั้นขึ้นอยู่กับกระบวนการผลิต ถ้าเป็นกระบวนย่อยแร่โดยใช้กรดจะได้ผลผลิต คือ ธอเรียม, ยูเรเนียม และแรร์เอิร์ท ส่วนการย่อยแร่ด้วยด่างนอกจากจะได้ธอเรียม, ยูเรเนียม และแรร์เอิร์ท แล้วยังได้ผลพลอยได้อีกคือไตรโซเดียมฟอสเฟต

2.2.1 ธอเรียม แร่ธอเรียมที่เกิดในธรรมชาติส่วนใหญ่มักจะเกิดรวมกับยูเรเนียมและแรร์เอิร์ท สำหรับแร่ธรรมชาติที่สำคัญของธอเรียม คือธอไรท์และธอเรียไนท์ โดยธอไรท์อยู่ในรูปของธอเรียมซิลิเกตมีธอเรียมประมาณ 62 % ส่วนธอเรียไนท์เป็นออกไซด์ของธอเรียมมีปริมาณธอเรียมถึง 90 % สำหรับแร่ที่มีธอเรียมประมาณ 5-15 % ที่มีในประเทศไทย คือ โมนาไซท์

คุณสมบัติทั่วไปของธอเรียม อาจจำแนกเป็นข้อได้ดังนี้

ก. เป็นโลหะอ่อนมีสีขาวเงิน และที่อุณหภูมิห้องจะถูกอากาศออกซิไดส์เป็นสีค่อนข้างดำ

ข. ความถ่วงจำเพาะประมาณ 11.5 - 11.65

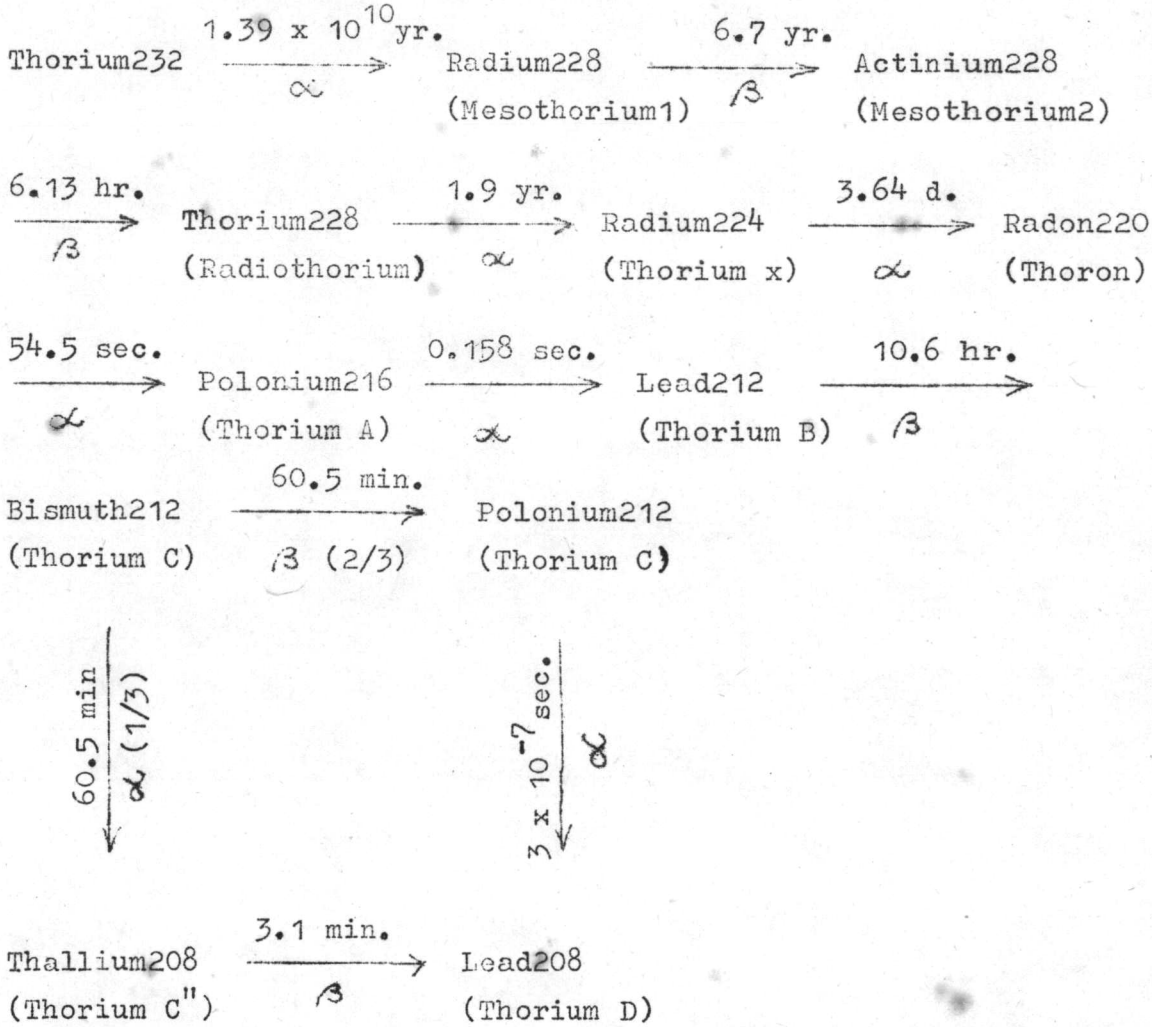
ค. จุดหลอมเหลว 1,750° ซ จุดเดือด 3,000° ซ

ง. ความร้อนจำเพาะ 0.028

จ. ในทางนิวเคลียร์ธอเรียมเมื่อถูกยิงด้วยนิวตรอนพลังงานต่ำแล้วทิ้งไว้ให้สลายตัวโดยคายอนุภาคเบต้าออกมา 2 ครั้งจะให้ยูเรเนียม-233 ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงปรมาณู ดังสมการต่อไปนี้

$$Th^{232} + {}_0n^1 \longrightarrow Th^{233} \xrightarrow[23\ min]{\beta^-} Pa^{233} \xrightarrow[27.4\ d]{\beta^-} U^{233}$$

ฉ. ธอเรียมมีมวลอะตอม 232 อะตอมมิคนัมเบอร์ 90 เป็นธาตุกัมมันตรังสีในธรรมชาติ สลายตัวได้ธาตุที่เสถียรคือตะกั่ว ดังสมการต่อไปนี้



2.2.2 ยูเรเนียม สำหรับยูเรเนียมที่ได้จากกระบวนการนี้เป็นยูเรเนียมธรรมชาติซึ่งประกอบไปด้วย ยูเรเนียม 235 และยูเรเนียม 238 โดยมีปริมาณและอายุครึ่งดังนี้

ยูเรเนียม-238	99.28 %	,	4.5	x	10^9 ปี
ยูเรเนียม-235	0.71 %	,	8	x	10^8 ปี
ยูเรเนียม-234	0.005 %	,	2	x	10^5 ปี

โลหะยูเรเนียมมีรูปแบบอยู่ 3 แบบ คือ [5]

1. แอลฟ่าเฟส จะคงตัวที่อุณหภูมิต่ำกว่า 668° ซ โดยมีโครงสร้างแบบออโธรอมบิค

2. เบต้าเฟส จะคงตัวที่อุณหภูมิระหว่าง 668° ซ - 774° ซ มีโครงสร้างแบบ เตตราโกนัล มีลักษณะเปราะ

3. แกมม่าเฟส คงตัวที่อุณหภูมิสูงกว่า2แบบที่กล่าวมาแล้วและเสถียรที่สุด ดังนั้นแบบนี้จึงมีลักษณะเป็นโลหะมากที่สุด

คุณสมบัติทั่วไปของโลหะยูเรเนียม อาจจำแนกเป็นข้อได้ดังนี้

ก. ความถ่วงจำเพาะประมาณ 18.85 - 19.05

ข. จุดหลอมเหลว 1132° ซ จุดเดือด 3818° ซ

ค. ความร้อนจำเพาะ (25° ซ) 6.65

ง. ถูกออกซิไดส์โดยอากาศให้ UO, UO_2, U_3O_8 และ UO_3

จ. ทำปฏิกริยากับน้ำให้ UO_2 และ UH_3

ฉ. เป็นธาตุกัมมันตรังสี

ช. ยูเรเนียม 233 และยูเรเนียม 235 ใช้เป็นเชื้อเพลิงปรมาณูได้

ประโยชน์ของธอเรียมและยูเรเนียม

ประโยชน์ที่สำคัญของธอเรียมและยูเรเนียมคือการใช้เป็นเชื้อเพลิง-ปรมาณูในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูส่วนใหญ่แม้ว่าจะใช้ยูเรเนียมเป็นเชื้อเพลิงก็ตาม แต่เทคโนโลยี่ในการใช้ธอเรียมเป็นเชื้อเพลิงได้ถูกค้นพบและมีการใช้บ้างแล้วในบางประเทศซึ่ง เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูนั้นนอกจากจะใช้ประโยชน์สำหรับการวิจัย, การผลิตกระแสไฟฟ้าแล้ว ยังสามารถจะใช้เป็นพลังงานความร้อนในโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น โรงงานกระดาษ, โรงงานน้ำตาล, โรงงานปุ๋ย และอื่น ๆ อีกมาก นอกจากนี้ธอเรียมยังใช้ผสมในโลหะผสมแมกนีเซียม, นิเกิล, สเตนเลส-สตีล และทังสะเตนเพื่อให้โลหะเหล่านั้นแข็งขึ้น

สำหรับประเทศไทย ธอเรียมและยูเรเนียมยังใช้ประโยชน์แต่เพียงเพื่อการวิจัยเท่านั้น ดังนั้นธอเรียมและยูเรเนียมที่ได้จากการแปรสภาพแร่โมนาไซท์จึงควรที่จะเก็บรวบรวมไว้เพื่อเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญมากในอนาคต

2.2.3 แรร์เอิร์ท [6] แรร์เอิร์ทเป็นกลุ่มของธาตุ 15 ธาตุ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน อยู่ในกลุ่มที่ 3 ของตารางของธาตุ ช่วงอะตอมมิคนัมเบอร์ของแรร์เอิร์ทอยู่ระหว่าง 57 ถึง 71 คือธาตุตั้งแต่แลนทานัมไปจนถึงลูทีเชียม ธาตุในแรร์เอิร์ทสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ 3 กลุ่ม คือ จากธาตุแลนทานัม ถึง ซัมมาเรียม เรียกซีเรียมเอิร์ท, จากยูโรเปียมถึงดีสโปรเซียมเรียก เทอร์เบียมเอิร์ท และจากธาตุฮอลเมียมถึงลูทีเชียม เรียก ดีทเตรียมเอิร์ท แร่ธรรมชาติของแรร์เอิร์ทคือแร่โมนาไซท์ และ บาสท์นาไซท์ โดยแร่โมนาไซท์ อยู่ในรูปแรร์เอิร์ทฟอสเฟต ส่วนบาสท์นาไซท์ อยู่ในรูปแรร์เอิร์ทฟลูโอคาร์บอเนต สำหรับแร่โมนาไซท์มักจะเป็นพวกซีเรียมเอิร์ท และมีปริมาณซีเรียมสูง

คุณสมบัติของแรร์เอิร์ท มีดังนี้

ก. ธาตุกลุ่มนี้ปกติมีวาเลนซี 3 สำหรับซีเรียม, ปลาสซีโอไดเมียม และเทอร์เบียมอาจถูกออกซิไดส์ให้มีวาเลนซี 4 ได้ ส่วน ซัมมาเรียม, ยูโรเปียม และอิทเทอร์เบียม อาจถูกรีดิวซ์ ให้มีวาเลนซี 2 ได้ ซึ่งคุณสมบัติข้อนี้ใช้เป็นวิธีแยกธาตุกลุ่มนี้ออกจากกันได้

ข. โลหะแรร์เอิร์ทมีสีเทาเงินและลักษณะแวววาว ถ้าอยู่ในสภาพบริสุทธิ์เมื่อทิ้งไว้ในอากาศจะไม่หมอง นอกจากยูโรเปียม และ อิทเทอร์เบียม ที่เกิดปฏิกริยาง่าย และสามารถใช้มีดตัดได้

ค. ความแข็งของโลหะกลุ่มนี้ จะเพิ่มขึ้นตามลำดับตามค่าของอะตอมมิคนัมเบอร์

ง. ความถ่วงจำเพาะจะแปรค่าจาก 6.2 ซึ่งเป็นของแลนทานัม ไปจนถึง 9.8 ของลูทีเชียม

จ. จุดหลอมเหลวแปรจาก 795° ซ ของซีเรียมไปจนถึง 1652° ซ ของลูทีเชียม และจุดเดือดแปรจาก 1427° ซ ไปจนถึง 3470° ซ

ฉ. เกลืออาซีเตท, คลอไรด์, ไนเตรต และซัลเฟต ของแรร์เอิร์ทละลายน้ำได้ดี ส่วน คาร์บอเนต, ออกซาเลท, ไฮดรอกไซด์, ออกไซด์, ฟอสเฟต และฟลูโอไรด์ ไม่ละลายน้ำ

ประโยชน์ของแร่เอิร์ท

แร่เอิร์ทเป็นธาตุที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง ตามสถิติแล้วในแต่ละปีทั่วโลกมีการใช้แร่เอิร์ทกว่า 25 ล้านปอนด์ ซึ่งประโยชน์ส่วนใหญ่ของแร่เอิร์ทมักจะใช้ในอุตสาหกรรม

ก. แร่เอิร์ท (ออกไซด์, คลอไรด์, ฟลูโอไรด์) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กหล่อเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมรถยนต์และชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล นอกจากนี้ยังใช้ใน Arc carbon electrodes และใช้เป็นตัวเร่งปฏิกริยาใน Gasoline cracking

ข. ซีเรียมออกไซด์ และแลนทานัมออกไซด์ใช้ในอุตสาหกรรมการขัดเลนซ์ และใช้ในการทำตัว Capacitor ซึ่งใช้ในทางอิเลกทรอนิคส์

ค. นีโอไดเมียมคาร์บอเนต ใช้เป็นสารผสมสีในอุตสาหกรรมแก้ว, ใช้เป็น Temperature compensater ใน Capacitor ซึ่งใช้ในวิทยุ, โทรทัศน์ และเรดาร์, ใช้ผสมใน Carbon arc, ผสมลงใน Stainless steel alloy ทำให้คุณสมบัติดีขึ้น นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมทอผ้า โดยเป็นตัวป้องกันการซึมน้ำในเนื้อผ้า

2.2.4 ไตรโซเดียมฟอสเฟต [7] เขียนสูตรทางเคมีเป็น $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ อาจเรียกได้เป็นโซเดียมฟอสเฟต, ไตรเบสิดเป็นสารประกอบพลอยได้จากการย่อยแร่โมนาไซท์ด้วยโซดาไฟ สำหรับวิธีสังเคราะห์อื่น ๆ ทำได้โดยเติม Soda ash ลงในกรดฟอสฟอริค จะเกิดไดโซเดียมฟอสเฟต จากนั้นเติมโซดาไฟจะได้ไตรโซเดียมฟอสเฟต

คุณสมบัติของไตรโซเดียมฟอสเฟต

ก. ไตรโซเดียมฟอสเฟตเป็นผลึก ไม่มีสี

ข. ละลายน้ำได้ดี

ค. ความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.618 - 1.645

ง. จุดหลอมเหลว 77° ซ สำหรับจุดเดือดมันจะสลัด 11 H_2O ที่ 100° ซ

จ. ทำให้บริสุทธิ์ได้ด้วยการตกผลึกใหม่

คุณประโยชน์ของไตรโซเดียมฟอสเฟต

ประโยชน์ที่สำคัญของไตรโซเดียมฟอสเฟต ส่วนใหญ่จะใช้เกี่ยวกับงานทางด้านอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมทอผ้า, ผลิตกระดาษ, กระบวนการทำน้ำตาลให้บริสุทธิ์, ผงซักฟอก และอุตสาหกรรมยา นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารประกอบในเครื่องผลิตไอน้ำ, เป็นตัวทำความสะอาดโลหะและเป็น Photographic developer.