

บทที่ 2 หลักการพื้นฐาน



2.1 ธาตุหายาก (Rare earths)

ธาตุหายาก หรือ แรเอิร์ท (Rare Earths) โดยทั่วไป หมายถึงธาตุในอนุกรมแลนทานาไนด์ (Lanthanids) ชื่อของอนุกรมธาตุนี้มาจากชื่อของธาตุแรกๆ ของอนุกรม [1,2] คือ ธาตุแลนทานัม ชื่ออนุกรมธาตุนี้ประกอบด้วยธาตุ 15 ธาตุ เรียงลำดับ ตามเลขอะตอมตั้งแต่ 57 ถึง 71 โดยทั่วไปมักแบ่งธาตุหายากออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ได้แก่ ธาตุหายากกลุ่มเบา (Light Rare Earths) หรือ กลุ่มซีเรียม หมายถึง ธาตุหายากที่มีเลขอะตอม 57 ถึง 63 (รวมทอเรียมที่มีเลขอะตอม 90) และ ธาตุหายากกลุ่มหนัก (Heavy Rare Earths) หรือ กลุ่มอิตเทรียม หมายถึง ธาตุหายากที่มีเลขอะตอม 64 ถึง 71 รวมทั้งอิตเทรียมที่มีเลขอะตอม 39 ซึ่งมีสมบัติคล้ายคลึงกับธาตุหายาก จึงถูกนับรวมไว้ในกลุ่มธาตุหายาก ด้วย ดังตารางที่ 2.1

กลุ่มธาตุหายาก มีสมบัติทางเคมีคล้ายคลึงกันมากเนื่องจากการจัดเรียงของอิเล็กตรอนในอะตอม (Electronic Structure) คล้ายคลึงกัน คือ อิเล็กตรอนวงนอกสุดของอะตอม มีการจัดรูปแบบ $5d^1 6s^2$ (ยกเว้น อิตเทรียม เป็น $4d^1 5s^2$) จึงเรียกธาตุในกลุ่มนี้อีกชื่อหนึ่งได้ว่า ธาตุทรานซิชันชั้นใน (Inner transition) ธาตุหายากปกติมีเลขออกซิเดชัน หรือ เวเลนซ์ เท่ากับ สาม (Ln^{3+}) แต่มีบางธาตุได้แก่ ซีเรียมสามารถเปลี่ยนเป็น เลขออกซิเดชันจาก Ce^{3+} เป็น Ce^{4+} ที่เสถียรได้ และ บางธาตุสามารถมีเวเลนซ์เท่ากับสองได้ ได้แก่ ยูโรเพียม (Eu^{2+}) ,อิตเทอร์เบียม (Yb^{2+}) และ ซาแมเรียม (Sm^{2+})

ตารางที่ 2.1 แสดงธาตุหายากและสมบัติทางกายภาพ

ธาตุ	สัญลักษณ์	Atomic number	Atomic mass
แลนทานัม	La	57	138.9
ซีเรียม	Ce	58	140.1
พรซีโอดีเมียม	Pr	59	140.9
นีโอดีเมียม	Nd	60	144.2
โพรมิเทียม	Pm	61	147.0
ซาแมเรียม	Sm	62	150.4
ยูโรเพียม	Eu	63	152.0
แกโดลิเนียม	Gd	64	157.3
เทอร์เบียม	Tb	65	158.9
ดิสโพรเซียม	Dy	66	162.5
โฮลเมียม	Ho	67	164.9
เออร์เบียม	Er	68	167.3
ทูลเลียม	Tm	69	168.9
อิตเทอร์เบียม	Yb	70	173.0
ลูทีเซียม	Lu	71	175.0
อิตเทรียม	Y	39	88.9

Light Rare Earths

Heavy Rare Earths

จากลักษณะทางเคมีและกายภาพที่ใกล้เคียงกันของแรเอิร์ท การแยกแรเอิร์ทแต่ละตัว ด้วยวิธีการตกตะกอนที่ pH ต่างๆนั้นพบว่าแรเอิร์ทจะตกตะกอนลงมาด้วยกันเป็นกลุ่มแยกได้ 2 กลุ่มคือ แรเอิร์ทกลุ่มเบาและแรเอิร์ทกลุ่มหนัก จึงได้นำเทคนิคการสกัดของเหลวด้วยของเหลวมาประยุกต์ใช้ในการสกัดแยกแรเอิร์ทเฉพาะตัว ซึ่งแรเอิร์ทแต่ละตัวสามารถถูกออกซิไดซ์ให้มีประจุ ต่างๆกัน การสกัดของเหลวด้วยของเหลวด้วยปฏิกิริยาเคมีแลกเปลี่ยนประจุระหว่างตัวสกัดที่ ละลายอยู่ในตัวทำละลาย และแรเอิร์ทในสารละลายทำให้แยกแรเอิร์ทเฉพาะตัวได้ โดยการเลือก ชนิดของตัวสกัดที่เหมาะสม

2.2 การสกัดของเหลวด้วยของเหลว

การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (Liquid – Liquid Extraction) มีวิธีการสกัดแยกสาร 2 วิธีคือ [1,3,4,5,6,]

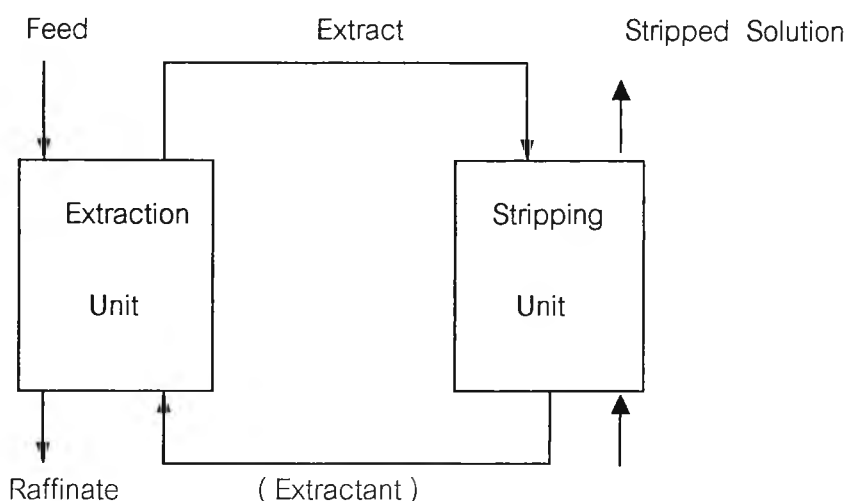
2.2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย (Solvent Extraction) เป็นการแยกสารโดยอาศัย ความสามารถในการละลายที่ไม่เท่ากันของสารที่ต้องการแยกกับสารตัวอื่นๆที่อยู่ในสารละลาย โดยสารที่ต้องการสกัดแยกมักละลายในตัวทำละลายได้ดีกว่าสารตัวอื่นๆ

2.2.2 การสกัดด้วยตัวสกัดที่ละลายอยู่ในตัวทำละลาย โดยตัวสกัดจะทำปฏิกิริยาเคมีกับ สารที่ต้องการสกัดเป็นสารประกอบใหม่ที่ละลายได้ในตัวทำละลายเดียวกับตัวสกัด โดยตัวสกัดมัก เลือกทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัดได้ดีกว่าสารอื่นๆ

วิธีการสกัดทั้ง 2 วิธีนี้มีกระบวนการสกัดคือ สารที่ต้องการแยกของเหลวผสม เรียกว่า สาย ป้อน (Feed) ส่วนสารที่จะนำมาใช้แยกสารที่ต้องการ เรียกว่า ตัวสกัด (Extractant) ซึ่งละลายใน สารละลายแต่ไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยในการสกัดนั้นจะถือว่าของเหลวผสม หรือ สายป้อน (Feed) และตัวทำละลาย หรือ ตัวสกัด (Extractant) จะไม่ละลายเข้าด้วยกัน หรือจะละลายเข้า ด้วยกันบางส่วนเท่านั้น ทำให้ภายหลังการสกัดจะเกิดของเหลวสองเฟสแยกชั้นกัน และ ตัวถูก ละลายส่วนใหญ่จะเกิดการถ่ายเทมวลข้ามเฟสไปยัง ตัวสกัด เรียกเฟสนี้ว่า เอกซ์แทรกท์ (Extract) ส่วนสารตั้งต้นที่เหลือจากการสกัด เรียกว่า ราฟฟิเนต (Raffinate)

สำหรับกระบวนการสกัดมีขั้นตอนดังนี้

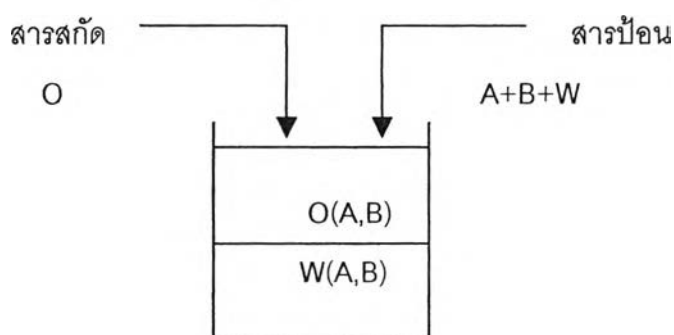
1. นำของเหลวผสมที่เป็นสารป้อนและตัวทำละลายมาสัมผัสกันเพื่อให้เกิดการถ่ายเทมวลสารที่ต้องการสกัดจากเฟสของสารป้อนมายังเฟสของตัวสกัด
2. ภายหลังจากสัมผัสกันเป็นเวลานานพอสมควร ทั้งให้เฟสทั้งสองแยกจากกัน
3. แยกตัวสกัดที่มีอยู่ในแต่ละเฟส เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่



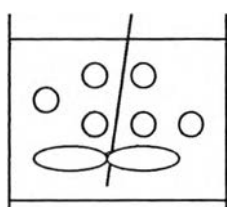
รูปที่ 2.1 การสกัดของเหลวด้วยของเหลว (Liquid-Liquid Extraction)

จากรูปที่ 2.1 แสดงแผนภาพการสกัดของเหลวด้วยของเหลว ถ้าเรากำหนดให้เฟสแรกคือ น้ำ (W) ที่มีตัวถูกละลาย A และ B ต้องการสกัดแยก A ออกจาก B เฟสแรกเรียกว่าสายป้อน (Feed) และเฟสที่ 2 คือน้ำมัน (O) ที่มีตัวสกัดละลายอยู่ เรียกว่าสารสกัด (extractant) เมื่อป้อนเข้าเครื่องมือการสกัด (สมมุติว่า สายป้อน มีความหนาแน่นมากกว่าตัวสกัด) ของเหลวจะเกิดการแยกเป็น 2 เฟส ดังรูปที่ 2.2 จะมีการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นที่บริเวณผิวที่เป็นรอยต่อระหว่างชั้น คือ โมเลกุลของ A และ B จะค่อยๆ ละลายเข้าไปอยู่ในน้ำมัน แต่ปริมาณต่างกัน การถ่ายเทมวลจะเป็นไปอย่างช้าๆ เพราะการถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นที่บริเวณผิวรอบต่อระหว่างภูมิภาคเท่านั้น ถ้าต้องการให้มีการถ่ายเทมวลสารได้ดีและเร็วขึ้น ทำได้โดยการกวนผสมให้ทั้งสองเฟสเกิดการกระจายตัวผสมกันได้เป็นสัดส่วนสม่ำเสมอ เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการสัมผัสและเพิ่มอัตราการถ่ายเทมวลสารของของเหลว รูปที่ 2.3 ปริมาณของสาร A และ B จาก สายป้อน W ที่ละลายเข้าไปอยู่ใน น้ำมัน จะขึ้นกับเวลาและลักษณะการทำให้เกิดการเคลื่อนที่ ของของเหลวในระบบ แต่เมื่อถึงเวลาหนึ่งปริมาณของ A และ B ที่มีอยู่ใน น้ำมัน และที่เหลืออยู่ใน สายป้อน จะคงที่ไม่

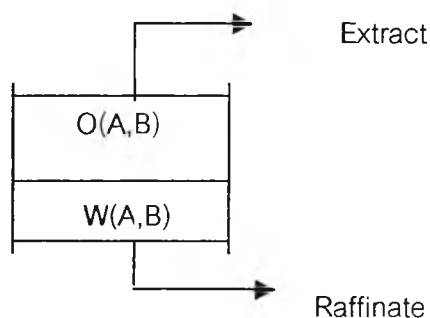
เปลี่ยนแปลงไปกับเวลาคือระบบอยู่ในภาวะคงที่ (Steady State) ซึ่งจะเป็นปริมาณสูงสุดของสารที่สกัดแยกได้ในระบบนั้นเมื่อระบบเข้าสู่ภาวะคงที่ แต่ปริมาณของ A และ B ที่ถูกเลือกสกัดเข้าไปในชั้นน้ำมันต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของตัวสกัดในการเลือกสกัด และหยุดการกวนผสมของเหลวที่กระจายตัวผสมกันอยู่จะแยกชั้นกัน ดังรูปที่ 2.4 จะมีน้ำมัน อยู่รวมกับสารที่สกัดได้ คือ A, B ของเหลวส่วนนี้คือ เอกซ์แทรกท์ (extract) ส่วนของเหลวชั้นน้ำมี A อยู่รวมกับ B ส่วนที่แยกออกไปไม่หมด ส่วนนี้เรียกว่า ราฟฟิเนท (Raffinate)



รูปที่ 2.2 การถ่ายเทมวลสารเกิดที่บริเวณรอยต่อระหว่างเฟส



รูปที่ 2.3 การถ่ายเทมวลสารเกิดขึ้นได้เร็วและดีขึ้นเมื่อมีการกวนผสม

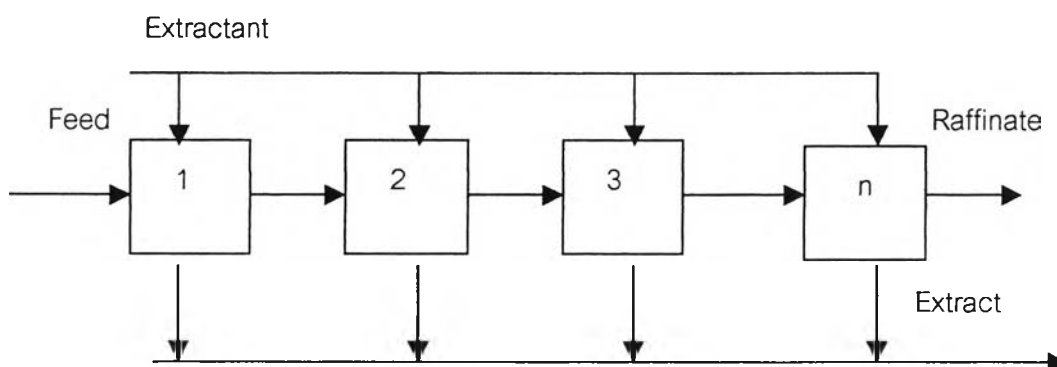


รูปที่ 2.4 เมื่อหยุดการกวนเฟสทั้งสองจะแยกออกจากกัน

โดยปกติการสกัดด้วยของเหลวจะเป็นการสกัดแบบหลายขั้นตอน (multi-stage) แบ่งการทำงานตามลักษณะของการไหลได้อีกหลายแบบคือ

1.การทำงานตามขั้นตอนแบบไหลทางเดียวกัน (Cocurrent) นั้นของเหลวที่ถูกนำมาสกัด และของเหลวที่ใช้เป็นตัวสกัดจะไหลไปในทางเดียวกันเป็นการเพิ่มเวลาในการสกัด (residence time) แต่ไม่ได้เพิ่มปริมาณการแยกสกัดเกินไปกว่าการแยกสกัดเพียงขั้นตอนเดียว (single stage)

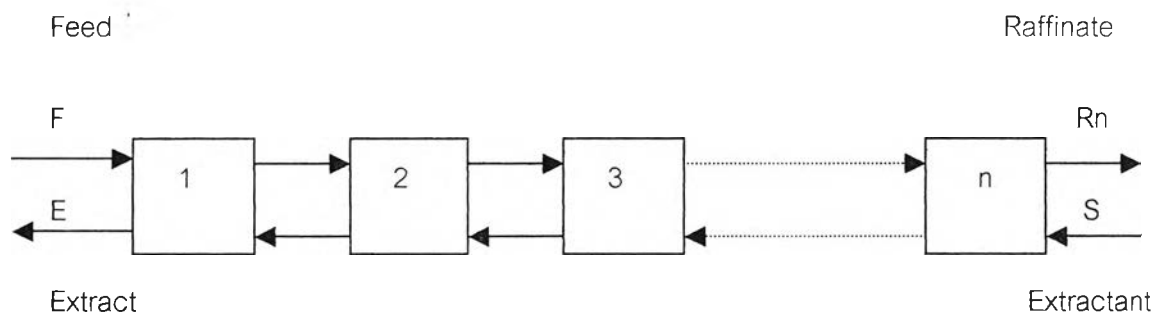
2.การทำงานตามขั้นตอนแบบไหลตั้งฉากกัน (Cross current) นั้น ตัวสกัดใหม่จะถูกเติมเข้าไปเพื่อสกัดในแต่ละขั้นตอนแล้วไหลแยกออกไป ทำให้สามารถสกัดแยกสารออกได้ปริมาณมากกว่าการสกัดแบบขั้นตอนเดียว



รูปที่ 2.5 การสกัดของเหลวด้วยของเหลวแบบไหลตั้งฉากกัน (Cross current)

3. การทำงานตามขั้นตอนแบบไหลสวนทางกัน (Counter current) ตัวสกัดจะไหลสวนทางกับของเหลวที่ถูกนำมาสกัดทำให้สามารถสกัดแยกสารออกมาได้ปริมาณมาก

เนื่องจากสารละลายและตัวทำละลายหรือตัวสกัดในตัวทำละลาย จะอยู่ในสมดุลคงที่ค่าหนึ่งหลังจากที่มาสัมผัสกันในช่วงเวลาหนึ่งแล้ว ตัวทำละลายเอ็กซ์แทรกท์ก็ยังไม่สามารถละลายตัวถูกละลายออกจากสารละลายกราฟไฟเฟนิตได้หมดในขั้นตอนเดียว นอกจากนี้สารละลายเอ็กซ์แทรกท์ที่ได้ยังคงมีความสามารถในการละลายตัวถูกละลายในสารละลายกราฟไฟเฟนิต ที่เข้มข้นกว่าเดิมอีกด้วย จึงใช้วิธีป้อนตัวทำละลายเอ็กซ์แทรกท์สวนทางกับสารละลายกราฟไฟเฟนิต ในระบบการสกัดที่มีขั้นตอนสกัดมากกว่าหนึ่งขั้นตอนขึ้นไป (multi – stage counter current extraction) โดยวิธีนี้ ตัวทำละลายเอ็กซ์แทรกท์บริสุทธิ์จะสัมผัสกับสารละลายกราฟไฟเฟนิตที่มีความเข้มข้นของตัวถูกละลายเจือจางมากที่สุดก่อนแล้วสารละลายเอ็กซ์แทรกท์ที่ได้จะไปสัมผัสกับ สารละลายกราฟไฟเฟนิตที่มีความเข้มข้นมากขึ้นตามลำดับทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการสกัด ดังรูปที่ 2.5 การสกัดของเหลวด้วยของเหลวแบบไหลสวนทางกัน (Counter current)



รูปที่ 2.6 การสกัดของเหลวด้วยของเหลวแบบไหลสวนทาง (Counter current)

2.3 ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Distribution Coefficient or Partition Coefficient , D) และ ค่า Separation Factor

2.3.1 ค่าการกระจายตัวของสาร A ในตัวทำละลายสองชนิดที่ไม่ละลายซึ่งกันและกัน[1] เรียกค่านี้ว่า ค่าสัมประสิทธิ์การกระจายตัว (Distribution coefficient หรือ Partition coefficient , D) ซึ่งจะมีค่าคงที่เท่ากับ

$$D = \frac{C_i^E}{C_i^R}$$

ค่า D นี้จะแสดงถึงความสามารถในการสกัดสาร ของ ตัวสกัด (Extractant) จากเฟสหนึ่ง ไปยังอีกเฟสหนึ่ง ซึ่งค่า D ที่สูง แสดงถึงความสามารถในการสกัดสารของตัวสกัดได้ดี

2.3.2 กรณีที่ต้องการสกัดแยกสาร 2 ชนิดออกจากกัน กรณีที่ต้องการแยก สาร A ออกจากสาร B ค่าที่แสดงถึงความสามารถในการสกัดแยกสารทั้ง 2 ออกจากกัน [1] คือ ค่า Separation Factor

$$\text{Separation Factor} = \frac{D_A}{D_B}$$

สำหรับการสกัดแยกสารทั้งสองออกจากกันนั้น ค่า Separation Factor จะต้อง มีค่ามากกว่า 1 ขึ้นไป จึงสามารถทำการสกัดแยกสารนั้นได้ หรือ เป็นค่าที่แสดงถึงความยาก หรือ ง่ายในการสกัดแยกสารออกจากกัน

2.4 ตัวสกัด(Extractants)

การเลือกตัวสกัดที่เหมาะสมที่สุด [7] เป็นปัญหายุ่งยากอย่างหนึ่งของการสกัด และจะมีอิทธิพลทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการมาเกี่ยวข้องด้วย

2.4.2 ตัวสกัดที่นิยมใช้ในการสกัดธาตุแร่ออร์ทิค

ในการสกัดแยกธาตุแร่ออร์ทิคด้วยวิธี Liquid – liquid extraction นั้นตัวที่ทำหน้าที่เป็นตัวสกัดที่นิยมใช้กันมี 4 ชนิด [4] คือ

1. ไตรบิวทิลฟอสเฟต (Tributyl phosphate ,TBP)
2. quaternary ammonium compound
3. Versatic acid (VA) หรือ tertiary carboxylic acid
4. Di – 2 – ethylhexyl phosphoric acid (D₂EHPA)

Helgarsky และ Levequez [2] ได้แบ่งชนิดของ ตัวสกัดที่ใช้สำหรับการสกัดแยก แร่เอิร์ท ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ตัวสกัดที่เป็นกรด (acid extractant) เช่น tertiary carboxylic acid หรือ versatic acid (VA) และ di – 2 – ethylhexyl phosphoric acid (D₂EHPA)

ตัวสกัด นี้สามารถแยกแร่เอิร์ท โดยการสกัดจากชั้นสารละลายไปยังชั้นสารอินทรีย์ และ ทำให้สารละลายมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเช่น

- 1.1 versatic acid สามารถแตกตัวให้ H⁻ ในสารละลายและทำปฏิกิริยาจับกับธาตุหายากที่มีประจุบวกเกิดสารประกอบที่เป็นกลาง



- 1.2 D₂EHPA เป็นตัวสกัดที่ทำให้สารละลายมีความเป็นกรดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน ต่างกันที่ D₂EHPA จะรวมกันเป็น dimer ก่อน ด้วยพันธะไฮโดรเจนคือ (D₂EHPA)₂ ซึ่ง dimer (D₂EHPA)₂ แทนด้วย HPA และ จะเกิดปฏิกิริยากับธาตุหายากในสารละลาย



2. ตัวสกัดที่เป็นด่าง (basic extractant) เช่น tertiary amines เมื่ออยู่ในสารละลายจะให้ เบสอ่อนในสารละลาย คือ R₃NH⁺ นี้จะสกัดธาตุหายากในชั้นสารละลาย โดยแลกเปลี่ยนประจุกับ Ln (NO₃)₃ ในสารละลายแร่เอิร์ทในเตรท



3. ตัวสกัดที่เป็นกลาง (neutral extractant) เช่น tributyl phosphate (TBP) เป็นตัวสกัดแยกธาตุหายากที่นิยมใช้ตัวหนึ่ง โดยจะสกัดแยกเฉพาะธาตุหายากที่อยู่ในรูปสารละลายในเตรท สมการอย่างง่าย คือ



สำหรับขั้นตอนการสกัดแยกธาตุหายากของ TBP ในสารละลายแควีร์ทในเตรทประกอบด้วยขั้นตอนย่อย 3 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอน 1 TBP มีสูตรทางเคมี คือ $(\text{C}_4\text{H}_9\text{O})_3\text{PO}$ ซึ่งมี ออกซิเจน อะตอมที่จะเกิดพันธะไฮโดรเจนได้กับไฮโดรเจนอะตอมของน้ำ



ขั้นตอน 2 $(\text{TBP}\cdot\text{H})(\text{H}_2\text{O}\cdot\text{H})_2\text{O}^-$ ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกับ HNO_3 ในสารละลายเกิดเป็นสารประกอบ



ขั้นตอน 3 สารประกอบที่เกิดขึ้นนี้จะทำหน้าที่จับกับธาตุหายากในสารละลาย



2.5 ประโยชน์ของกระบวนการสกัด

กระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลวถูกนำไปใช้ในกรณีที่มีการแยกสารโดยตรง เช่น ในกรณีที่การกลั่นและการตกผลึกไม่สามารถนำมาใช้ได้ หรือ มีราคาสูง การประยุกต์ใช้กระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลว ในอุตสาหกรรมต่างๆ ได้แก่[4]

1. การแยกของระบบที่มีจุดเดือดใกล้เคียงกัน เช่น การแยกอะโรมาติกจากสารละลายไฮโดรคาร์บอน
2. การแยกสารที่มีจุดเดือดสูงออกจากสารละลาย เช่น ฟีนอล
3. การแยกสารประกอบที่ไวต่ออุณหภูมิ เช่น อะครีเลต

4. การแยกของสารผสม Azeotropic เช่น การสกัดกรดอะซีติก หรือ ฟอรั่มิก ออกจากตัวกลางที่เป็นของเหลว

5. กระบวนการสกัดสารประกอบอินทรีย์จากสารละลาย

6. การสกัดเกลือออกจากสารละลายโพลิเมอร์ เช่น คีโตน (Ketone) , เรซิน (Resin)

2.6 การสกัดแยกธาตุหายากในอุตสาหกรรมด้วยการสกัดด้วยปฏิกิริยาเคมี

อุตสาหกรรมการแยกธาตุแร่อิทธิด้วยกระบวนการสกัดด้วยของเหลว โดยได้มีการศึกษา ในการเลือกชนิดของตัวสกัดทั่วไปจะมีตัวสกัดหลัก 3 ชนิด คือ

1. ไตรบิวทิลฟอสเฟต (Tributyl phosphate , TBP)
2. เวอร์ซาทริก แอซิก (Versatic acid ,VA)
3. ไดเอทิลเฮกซิลฟอสเฟอริก แอซิก (Di-2- ethylhexyl phosphoric acid , D₂EHPA)

กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลายเป็นกระบวนการต่อเนื่อง ซึ่งมีทฤษฎีพื้นฐานรองรับมาเป็นเวลานานแล้ว การแลกเปลี่ยนไอออนของธาตุหายากในกระบวนการ ขึ้นกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องและผันกลับได้ ดังนั้นจึงสามารถนำตัวทำละลายกลับมาใช้ใหม่ได้ โดยการเปลี่ยนเงื่อนไขทางเคมี ตัวอย่างการแยกธาตุหายากด้วยกระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลว ได้แก่

1.การสกัดแยกธาตุหายากของ Rhone-Poulenc [15]

บริษัท Rhone-Poulen ทำการสกัดแยกธาตุหายากผสม จากการย่อยแร่โมนาไซต์ และใช้กระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลว เพื่อแยกธาตุหายาก รวมทั้งการผลิตทอเรียมที่มีความบริสุทธิ์สูง การย่อยแร่โมนาไซต์จะได้ ทอเรียมและธาตุหายาก ในรูปไฮดรอกไซด์เปลี่ยนกลับให้อยู่ในรูปสารละลายในเตรทโดยใช้กรดไนตริก กระบวนการสกัดเป็นแบบต่อเนื่องครบวงจร

อุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดคือเครื่องสกัดมิกเซอร์ เซ็ตเลอร์ (mixer – settler) ตัวสกัดที่ใช้คือ TBP ผลิตรัศมีที่ได้ เป็นทอเรียมความบริสุทธิ์สูง แลนทาแลม (La) , ซีเรียม (Ce) , เพรซีโอดีเมียม (Pr) นีโอดีเมียม (Nd) , ซาเมเรียม (Sm) และอิตเทียม (Y) เป็นภาคที่เหลือจากการสกัดซึ่งจะนำไปแยกด้วยวิธีการอื่นต่อไป

2. การสกัดแลนทาแลมด้วย TBP [15]

การสกัดธาตุหายากกลุ่มเบา คือ ตั้งแต่แลนทานัม ถึง ซาเมเรียม โดยทั่วไปจะใช้ตัวสกัด TBP จะสกัดแลนทานัมออกจากชั้นสารละลายในรูปสารประกอบคือ $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{TBP}$ สกัดได้สูงสุด 100 กรัม/ลิตร ที่สภาวะสมดุล เมื่อใช้สารละลายแลนทานัมในเตรท 200 กรัม/ลิตร ค่าการสกัดจะมีค่าสูงขึ้นเมื่อ ความเข้มข้นของธาตุหายากในสารละลายมีค่าเพิ่มขึ้น

3. การสกัดแลนทานัมด้วย Versatic acid [15]

ตัวสกัด (versatic acid) สามารถสกัดแยก แลนทานัมออกจากสารละลายธาตุหายากผสมที่สกัดได้จะอยู่ในรูปสารละลายในเตรทหรือคลอไรด์ สารละลายที่สกัดมี pH ช่วง 3.5 – 6 การสกัดแลนทานัมให้มีความบริสุทธิ์สูงจะต้องมี ซีเรียมติดอยู่น้อยกว่า 1% เนื่องจากกระบวนการนี้ต้องมีการควบคุม pH ฉะนั้นสารละลายที่จะสกัดต้องมีการเติม แอมโมเนีย (NH_3) ด้วย

4. กระบวนการที่ใช้ตัวสกัด D_2 EHPA [15]

ตัวสกัดนี้จะให้ค่าการสกัดที่สูงในช่วงธาตุหายากกลุ่มหนัก (Sm ถึง Lu) เช่น บริษัท Molybdenum Corporation ใช้ตัวสกัด 10% D_2 EHPA /kerosene กลไกของการสกัดจะคล้ายกับเวอร์ซาทริก (Versatic acid) และไดเอทิลฟอสเฟอริก แอซิก (D_2 EHPA) เป็นตัวสกัดที่แตกตัวให้อิออนที่มีความเป็นกรดสูงและสกัดแรเอิร์ทกลุ่มหนักได้ดี โดยเฉพาะ Sm และ Gd

5. การสกัด ซีเรียม(Ce) จากสารละลายแบริทซ์ฟิลเฟส [16]

การแยกซีเรียม (Ce) ด้วยกระบวนการสกัดของเหลวด้วยของเหลว เป็นกระบวนการสกัดแบบใหม่ที่จะสกัดแยกซีเรียม (Ce) ความบริสุทธิ์สูง โดยสกัดแยกซีเรียมจากสารละลายแบริทซ์ฟิลเฟส จากแร่โมนาไซต์ ซึ่งกระบวนการนี้พัฒนาเพื่อที่จะ แยกซีเรียม ออกจากส่วนที่เหลือในกระบวนการผลิต (residue produced) ของบริษัท Mt. Weld Deposit. ประเทศออสเตรเลีย สารป้อนมี ซีเรียม(Ce)เหลือเป็นสัดส่วนกับแบริทซ์ผสมได้ 74% มีสิ่งเจือปนเช่นเหล็ก(Fe)และทอเรียม (Th) รวมกันทั้งหมดประมาณ 2,000 ppm. ใช้ตัวสกัดเป็น D₂EHPA (Di - 2 - ethylhexyl phosphoric) ตัวเจือจาง (diluent) เป็นพวก low aromatic diluent (Shellsol D70) โดยใช้อุปกรณ์ mixer - settler ทำด้วย PVC สามารถสกัดแยกซีเรียมได้อัตราส่วนซีเรียมต่อแบริทซ์มากกว่า 95%