

# บทที่ 1

## บทนำ



โลหะสังกะสีเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติสูง ทั้งทางด้านเศรษฐกิจและทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งโลหะสังกะสีเป็นโลหะที่มีความไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมักพบโลหะสังกะสีอยู่ในรูปของสารประกอบที่มีเสถียรภาพสูง โดยไม่เคยมีใครเคยพบโลหะสังกะสีเป็นอนุภาคโลหะอิสระในธรรมชาติ แต่มักพบอยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์, ออกไซด์ และ คลอไรด์เป็นต้น การประยุกต์ใช้ประโยชน์โลหะสังกะสีส่วนมากแล้วจะเป็นการใช้ประโยชน์ทางด้านการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะอื่นๆ และอนุภาคของซิงค์ออกไซด์ยังมีประโยชน์อย่างมากในอุตสาหกรรมสี นอกจากนี้โลหะสังกะสียังมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมโลหะสัมฤทธิ์อีกด้วย

ปัจจุบันความต้องการโลหะสังกะสีในด้านต่างๆ มีปริมาณสูงมากขึ้นทุกขณะส่งผลให้ปริมาณสังกะสีในธรรมชาติมีปริมาณลดต่ำลงอย่างรวดเร็ว โดยที่ปริมาณสังกะสีที่เหลือจากการใช้งานในภาคอุตสาหกรรมจะถูกปล่อยทิ้งออกมาในรูปของสารปนเปื้อนในน้ำเสียซึ่งมีปริมาณสูงมากขึ้นเรื่อยๆ ส่งผลกระทบโดยตรงต่อสภาวะแวดล้อม ดังนั้นกระบวนการสกัดแยกไอออนสังกะสีเพื่อนำโลหะสังกะสีกลับมาใช้ใหม่จึงได้รับความสนใจและพัฒนาเทคนิคการสกัดแยกด้วยวิธีต่างๆ กันอย่างต่อเนื่อง โดยเทคนิคการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลวก็เป็นเทคนิคการสกัดแยกเทคนิคหนึ่งที่ได้รับ ความสนใจศึกษา เนื่องจากเป็นเทคนิคการสกัดที่มีศักยภาพในการพัฒนากระบวนการไปสู่ภาคอุตสาหกรรม อีกทั้งยังมีข้อได้เปรียบเทคนิคการสกัดอื่นๆ หลายประการอาทิเช่น ใช้สารเคมีในปริมาณต่ำ, มีคุณสมบัติในการเลือกสกัดสูง, เกิดการสกัดอย่างต่อเนื่อง, ประหยัดพลังงาน และกระบวนการก็ยังมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงอีกด้วย

โดยในงานวิจัยนี้จะศึกษาการสกัดแยกไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยถลุง โดยมี D2EHPA (Di-2-Ethylhexyl Phosphoric Acid) เป็นสารสกัดในตัวทำละลาย Kerosene Jet A-1

ซึ่งจะพิจารณาศึกษาถึงอิทธิพลของความเข้มข้นของสารละลายผสมกรดอะซิติกกับโซเดียมอะซิเตตต่อกระบวนการสกัดแยกไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยถลุง และปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อกระบวนการสกัด อาทิเช่น ปริมาณความเข้มข้นของสารสกัด D2EHPA ที่ใช้ในกระบวนการ และอัตราการไหลที่มีผลต่อกระบวนการเป็นต้น โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการสกัดแยกด้วยเยื่อแผ่นเหลว ในการประยุกต์ใช้ในกระบวนการสกัดแยกไอออนโลหะหายาก (Rare Earth) ต่อไป

## 1.1 งานวิจัยที่ผ่านมา

Balles et al. (1976) ศึกษาการสกัดแยกไอออนโลหะด้วยเทคนิคการสกัดด้วยตัวทำละลาย โดยศึกษาโครงสร้างของสารสกัดที่ใช้แต่ละชนิดและกล่าวถึงความเหมาะสมของสารสกัดกับไอออนโลหะแต่ละชนิด ทำการศึกษาเมื่อใช้สารสกัด D2EHPA สกัดไอออนโลหะแต่ละชนิด โดยควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่าง ในการเลือกสกัด ซึ่งพบว่าเมื่อใช้สารสกัด D2EHPA ใน Kerosene ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ 25% สามารถสกัดไอออนสังกะสีความเข้มข้น 5000 ppm ได้สูงถึง 78%, ทองแดงความเข้มข้น 3000 ppm สามารถสกัดได้ 70%, โคบอลต์และนิกเกิลสามารถสกัดได้ 67% และสามารถสกัดปรอทได้ด้วยกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 2 นอร์มัล และทำการศึกษากการสกัดแยกไอออนเหล็ก Fe(III), Mn(II), Mg และ Ca ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่างๆ ด้วยสารสกัด LIX64N, Naphthenic acid, V911, MIBK, TBP และ Testiery amines ซึ่งพบว่า Lix64N เป็นสารสกัดที่เหมาะสมกับการสกัดแยกทองแดง, Naphthenic acid และ V911 เป็นสารสกัดที่เหมาะสมกับการสกัดแยกนิกเกิล, MIBK เป็นสารสกัดที่เหมาะสมกับการสกัดแยกนีโอเบียม, TBP เป็นสารสกัดที่เหมาะสมกับการสกัดแยกสารกำมันตรังสี และ Testiery amines เป็นสารสกัดที่เหมาะสมสำหรับการสกัดแยกยูเรเนียม และทำการศึกษเปรียบเทียบคุณสมบัติของตัวทำละลายชนิดต่างๆ ด้วยการเปรียบเทียบความถ่วงจำเพาะ, จุดเดือด และจุดควบไฟ ของตัวทำละลายแต่ละชนิด และกล่าวถึงการศึกษาในขั้นต่อไป ซึ่งจะศึกษาคุณสมบัติของสารลดแรงดึงผิวที่เหมาะสมที่เลือกใช้

Huang and Juang (1986) ศึกษาสมดุลการสกัดตั้งกะติจากตัวกลางซัลเฟตด้วย สารสกัด Bis(2-Ethylhexyl) Phosphoric Acid ใน Kerosene โดยปริมาณของทั้งวัฏภาคของสารอินทรีย์และวัฏภาคของสารละลายมีปริมาตรเท่า ๆ กันเท่ากับ 25 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของสารสกัด D2EHPA เท่ากับ  $10^{-3}$  ถึง  $10^{-1}$  โมล ตัวกลางซัลเฟตความเข้มข้น 0.5 โมลเปรียบเทียบกับผลของการใช้ตัวกลางอื่น ๆ ที่ผู้อื่นได้ทำไว้พบว่าตัวกลางซัลเฟตจะให้ค่าคงที่ของการสกัดสูงสุด โดยที่สภาวะสมดุลมีค่าคงที่ของการเป็นไดเมอร์ (Dimerization) ของ D2EHPA ในตัวทำละลายอินทรีย์ ( $K_d$ ) =  $2.63 \times 10^4$  โมล<sup>-1</sup>, ค่าคงที่ของการกระจายตัวของ โมโนเมอร์ (Monomeric) ของ D2EHPA ระหว่างวัฏภาคสารอินทรีย์และวัฏภาคสารละลาย ( $K_d$ ) =  $3.47 \times 10^{-3}$  และค่าคงที่ของความเป็นกรดในวัฏภาคสารอินทรีย์ ( $K_a$ ) =  $5.37 \times 10^{-2}$  โมล<sup>-1</sup> โดยมีสมการการสกัดดังนี้



จากการทดลองพบว่าสารสกัด Bis(2-Ethylhexyl) Phosphoric Acid ใน Kerosene มีโครงสร้างในการสกัดเป็นโมโนเมอร์และไดเมอร์ โดยโมโนเมอร์จะคงอยู่น้อยกว่า 26 % ของสารสกัดที่ถูกแปรเปลี่ยนไปซึ่งเมื่อพิจารณาสมการการสกัด ที่สภาวะสมดุลจะมีค่าคงที่ของการสกัด ( $K_d$ ) =  $(0.945 \pm 0.082) \times 10^{-2}$  โมล<sup>1/2</sup> ซึ่งค่าคงที่นี้เป็นค่าจากระบบที่ใช้ น้ำมันก๊าดเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งจะมีค่าสูงกว่าระบบที่ใช้ นอมีลโดเดเคน (n-Dodecane)

Huang and Juang (1986) ศึกษาจลศาสตร์และกลไกของการสกัดตั้งกะติจากตัวกลางซัลเฟตด้วยสารสกัด D2EHPA ใน Kerosene ความเข้มข้นของตั้งกะติในสารป้อนอยู่ในช่วง  $9 \times 10^{-4}$  ถึง  $1.15 \times 10^{-2}$  โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตรในตัวกลางโซเดียมซัลเฟตหรือกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 โมล สารอินทรีย์ใช้สารสกัด D2EHPA ความเข้มข้น  $2.5 \times 10^{-3}$  ถึง  $1.0 \times 10^{-2}$  โมล สารละลายสตรีปเป็นสารละลายโซเดียมซัลเฟตหรือกรดซัลฟิวริกมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 0.78 ถึง 1.6 โดยปริมาณของวัฏภาคต่าง ๆ เท่ากับ 60 ลูกบาศก์เซนติเมตร ทำการทดลองในชุดทดลองที่ทำจากแก้วทรงกระบอก มีใบกวนลักษณะเหมือนกัน 2 ใบห่างกัน โดยมีวงแหวนของแผ่นเทฟลอนกันแบ่ง

วัตถุภาคทั้งสองซึ่งมีพื้นที่ผิวสัมผัส 21.5 ตารางเซนติเมตร โดยพฤติกรรมทางจลศาสตร์ของการสกัด ตั้งกะติด้วยสารสกัด D2EHPA ได้รับการศึกษาและจากการทดลองพบว่าอัตราการสกัดแสดงได้ดัง สมการ

$$R = k[Zn^{2+}] [(RH)_2]^{1.5} [H^+]^2 (1 + 9.94[SO_4^{2-}]^2)^{-1}$$

$$k = (6.03 \pm 0.45) \times 10^{-8} (\text{mol} / \text{dm}^3)^{1/2} / \text{s}$$

เมื่อ

$$[SO_4^{2-}] = 0.5 (\text{mol} / \text{dm}^3)$$

และสมการอัตราการสกัดรูปดังสมการ

$$R' = k' [Zn^{2+}]$$

$$k' = (2.66 \pm 0.16) \times 10^{-5} (\text{dm} / \text{s})$$

โดยเฉลี่ยแล้ว

$$R' = 7.0 \times 10^{-6} [\text{mol} / \text{m}^2]$$

จากผลการทดลองอัตราการสกัดในช่วงแรกจะไม่ได้รับผลจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณซัลเฟต อัตราการสกัดจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของปริมาณซัลเฟตเพิ่มขึ้น ซึ่งการเพิ่มขึ้นของปริมาณซัลเฟตจะ ไม่มีผลต่ออัตราการสกัด

Huang and Juang (1987) ศึกษาการนำพาสังกะติผ่านเยื่อแผ่นเหลวที่ได้รับการพองบน ตัวรองรับชนิดแผ่นบางโดยใช้สารสกัด Di-2-Ethylhexyl Phosphoric Acid (D2EHPA) เป็นสารพาหะ นำพาในตัวทำละลาย Kerosene ตัวรองรับเป็นโพลิเมอร์ที่มาจาก โพลีไวนิลลิคิน ไคฟลูออไรด์ (PVDF)

ชนิดแผ่นบางมีความหนา 125  $\mu\text{m}$  ความพรุน 70 % มีขนาดรูพรุนจุภาคเฉลี่ย 0.45  $\mu\text{m}$  เยื่อแผ่นเหลวประกอบด้วยสารสกัด D2EHPA ความเข้มข้นอยู่ในช่วง  $2.66 \times 10^{-3}$  ถึง  $4.24 \times 10^{-2}$  โมล ใน Kerosene สารป้อนเป็นสารละลายซิงค์ซัลเฟตความเข้มข้นในช่วง  $5.4 \times 10^{-4}$  ถึง  $1.35 \times 10^{-2}$  โมลในสารละลายโซเดียมซัลเฟตหรือกรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 0.5 โมล ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 1.98 ถึง 3.19 สารละลายสคริปเป็นสารละลายกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นคงที่ในช่วง 0.976 ถึง 0.988 โมล โดยสารละลายทั้งหมดถูกทำให้ร้อนด้วยน้ำมันก๊าด ตรวจเช็คความเข้มข้นของสังกะสีจากการทดลองด้วยเครื่อง I-L 551 Atomic Absorption Spectrophotometer โดยกลไกการสกัดผ่านเยื่อแผ่นเหลวเป็นไปดังสมการ

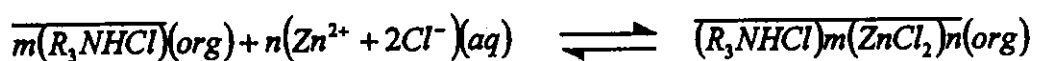


จากการทดลองพบว่าอัตราการสกัดถูกควบคุมด้วยการแพร่ผ่านเยื่อแผ่นเหลว แต่บางกรณี นั่นคือ  $([\text{Zn}^{2+}]_f \leq 1.74 \times 10^{-3} \text{ M}, [\text{H}^+]_f \leq 1.6 \times 10^{-3} \text{ M. and } [(\text{RH})_2]_f \geq 2.66 \times 10^{-2} \text{ M})$  ที่พบว่าถูกควบคุมด้วยการแพร่ผ่านชั้นฟิล์มของสารละลายและแพร่ผ่านเยื่อแผ่นเหลว โดยจากผลการทดลองพบว่าสอดคล้องกันเป็นอย่างดีกับกลไกการสกัดที่ศึกษา

Teramoto et al. (1987) ศึกษาการพัฒนาการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยตัวรองรับชนิดเกลียววน สำหรับสกัดแยกและทำให้เข้มข้นขึ้นของไอออนโลหะ โดยไอออนโลหะที่ทำการศึกษารวมไปด้วย โคบอลต์, นิกเกิลและสังกะสีโดยที่กระบวนการที่เป็นองค์ประกอบผสมของโคบอลต์กับนิกเกิล สารสกัดที่ใช้จะเป็น EHPNA (2-Ethylhexylphosphonic Acid Mono-2-Ethylhexyl Ester) และสำหรับกระบวนการสกัดสังกะสี สารสกัดที่ใช้เป็นจะเป็น D2EHPA (Di-2-Ethylhexyl Phosphoric Acid) ตัวรองรับชนิดเกลียววนทำจากฟิล์มโพลีโพรไพลีน ความหนา 25  $\mu\text{m}$  ความพรุน 47% ขนาดรูพรุน  $0.04 \times 0.4 \mu\text{m}$  จุดตัวรองรับชนิดเกลียววนกว้าง 30.5 cm แผ่นรองกันหนา 1.1 mm โดยชุดทดลองแบบ A มีความยาวของแผ่นฟิล์มตัวรองรับเท่ากับ 1.6 m ความยาวของแผ่นฟิล์มตัวรองรับของชั้นสารป้อนและชั้นสารละลายสคริปเท่ากับ 0.8 m เส้นผ่านศูนย์กลางของชุดทดลองตัวรองรับเท่ากับ 6.5 cm และชุดทดลองแบบ B มีความยาวของแผ่นฟิล์มตัวรองรับเท่ากับ 4 m ชั้นสารละลาย

ต่างๆ ยาวรวม 2 m และเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 10 cm สารสกัดมีตัวทำละลายเป็น ในนอมัลโตเดเคน (n-Dodecane) โดยมี สารละลายสตริปเป็นกรดซัลฟิวริกมีความเข้มข้นเท่ากับ  $0.2 \text{ kmol/m}^3$  จากผลการศึกษาพบว่า สามารถสกัดแยกโคบอลต์ออกมาจากนิกเกิลได้สูงถึง 99.97% และสามารถสกัดแยกไอออนสังกะสีได้สูงถึง 70% และสามารถทำให้โคบอลต์เข้มข้นขึ้นได้สูงถึง 7000 ppm เมื่อสารป้อนใช้สารละลายบัฟเฟอร์เข้าร่วมในการควบคุมค่าความเป็นกรด-ด่างของกระบวนการ

Tanigaki et al. (1988) ศึกษาการถ่ายโอนซิงค์คลอไรด์ผ่านเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยถลุง โดยสารสกัดที่ใช้คือไตร-นอมัล-ออกทิลลามีน (Tri-n-Octylamine, TOA) ในนอมัลโตเดเคน (n-Dodecane) ที่ประกอบด้วย 2-Ethylhexyl Alcohol, EHA ซึ่งเป็นตัวประสาน (Modifier) เส้นใยถลุงทำจากโพลีเอทิลีนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง  $270 \mu\text{m}$  ผนังหนา  $55 \mu\text{m}$  ยาว 21 เซนติเมตร รูพรุนจุลภาคมีขนาดเฉลี่ย  $0.3 \mu\text{m}$  โดยเส้นใยถลุงมีความพรุน 70 % ชุดทดลองจะใช้เส้นใยถลุงเพื่อศึกษาเพียงเส้นเดียวให้สารป้อนไหลเข้าสู่ภายในเส้นใยถลุง และสารละลายสตริปไหลภายนอกเส้นใยถลุง ซึ่งสารป้อนเป็นสารละลายซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้นเท่ากับ  $2.5 \times 10^{-3}$  กิโลโมลต่อลูกบาศก์เมตร สารละลายสตริปเป็นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้นเท่ากับ 0.4 กิโลโมลต่อลูกบาศก์เมตร โดยทั้งสารป้อนและสารละลายสตริปถูกทำให้อิ่มตัวก่อนด้วยนอมัลโตเดเคนที่ประกอบด้วย EHA 6% โดยปริมาตร เยื่อแผ่นเหลวเป็นสารอินทรีย์ที่มีสารสกัดไตร-นอมัล-ออกทิลลามีน ความเข้มข้น 0.025 ถึง 0.1 กิโลโมลต่อลูกบาศก์เมตรซึ่งประกอบด้วย EHA 6% โดยปริมาตร ในสารละลายสตริปจะเติมลิเทียมคลอไรด์ความเข้มข้น  $1.0 \times 10^{-3}$  กิโลโมลต่อลูกบาศก์เมตรเพื่อตรวจการแตกออกของเยื่อแผ่นเหลว โดยสามารถเขียนเป็นสมการการสกัดในวัฏภาคเยื่อแผ่นเหลวได้ดังนี้



โดยสมมูลการสกัดเป็นดังสมการ

$$K_{z,m,n} = \frac{[(R_3NHCl)_m (ZnCl_2)_n]}{[R_3NHCl]^m [Zn^{2+} [Cl^-]^2]}$$

โดยจากการทดลองสามารถคำนวณหาค่า Tortuosity factor ของเส้นใยถลุงทำจาก โพลีเอททิลีนที่ใช้มีค่าเท่ากับ 1.4 โดยความต้านทานรวมในการทดลองของการถ่ายโอนมวลซึ่งค ักลอไรด์ สามารถอธิบายได้อย่างดีโดยสมมูลการกระจายของสองฝั่งผิวสัมผัสในตัวรองรับ และระบบ ของอัตราการไหล ในงานวิจัยต่อมาได้ศึกษาเสถียรภาพของเยื่อแผ่นเหลวของระบบที่ถูกทำให้ อิ่มตัวก่อนด้วยสารอินทรีย์ที่ใช้ เปรียบเทียบกับระบบที่ไม่ถูกทำให้อิ่มตัวก่อนจากการทดลองพบว่า ในระบบที่ถูกทำให้อิ่มตัวด้วยสารอินทรีย์ก่อนมีผลทำให้เยื่อแผ่นเหลวมีเสถียรภาพมากกว่าระบบที่ไม่ ถูกทำให้อิ่มตัวด้วยสารอินทรีย์นั้น

ต่อมาได้ศึกษาถึงชุดอุปกรณ์เส้นใยถลุงแบบต่างๆ โดยชุดทดลองแบบ A ประกอบด้วย เส้นใยถลุงจำนวน 300 เส้น มีการไหลสวนทางกัน โดยมีพื้นที่ผิวที่มีประสิทธิภาพ ประมาณ 20% ชุดทดลองแบบ B จะมีลักษณะการไหลเป็นแบบตัดผ่านเส้นใยถลุงซึ่งจะเพิ่มพื้นที่ผิวที่มีประสิทธิภาพ และชุดทดลองแบบ C จะเป็นชุดทดลองที่สามารถเติมวัตถุภาคเยื่อแผ่นเหลวได้ขณะปฏิบัติการ เพื่อเพิ่ม เสถียรภาพของเยื่อแผ่นเหลวให้ยาวนานมากขึ้นนั่นเอง

Plucinski and Nitsch (1988) ศึกษาการคำนวณอัตราการซึมผ่านของไอออนสังกะสีผ่าน เยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยตัวรองรับชนิดแผ่นบาง โดยเยื่อแผ่นเหลวเป็น Bis (2-Ethylhexyl) Sulfosuccinate Sodium Salt ใน Carbon Tetrachloride ความเข้มข้นของสารสกัดเท่ากับ  $1.25 \times 10^{-3}$  kmol/m<sup>3</sup> สารป้อนเป็นซิงค์คลอไรด์ความเข้มข้นเท่ากับ  $1.5 \times 10^{-3}$  kmol/m<sup>3</sup> สารละลายสตรีปเป็น กรดเกลือ (HCl) ความเข้มข้นเท่ากับ 0.098 kmol/m<sup>3</sup> ตัวรองรับทำจาก Polyvinylidene Fluoride ความหนา 125  $\mu$ m ขนาดรูพรุนเท่ากับ 0.22  $\mu$ m ความพรุน 75% เปรียบเทียบกับตัวรองรับที่ทำจาก โพลีเตตระฟลูออโรเอททิลีน (PTFE) ความหนา 60, 25 และ 13  $\mu$ m ตามลำดับ ขนาดรูพรุน 0.2  $\mu$ m

ความพรุน 78% ความเร็วในการปั่นกววนต่างๆ และใช้สารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งเตรียมจากกรดอะซิติกกับ โซเดียมอะซิเตดในสัดส่วนที่ให้ค่า pH เท่ากับ 5.01 ซึ่งพบว่าเมื่อความเร็วรอบในการกววนสูงขึ้น การสกัดจะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และความหนาของตัวรองรับมีผลต่อการสกัด โดยพบว่าเมื่อ ความหนาของตัวรองรับลดลงจะมีประสิทธิภาพในการสกัดสูงขึ้น และเมื่อใช้สารละลายบัฟเฟอร์เข้า ร่วมในการสกัดพบว่าการสกัดมีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยมีประสิทธิภาพสูงถึง 85% ที่ความเร็วรอบใน การกววนเท่ากับ 600 รอบต่อนาที

Zuyuan (1997) ศึกษาการสกัดแยกไอออนสังกะสีจากสารละลายซิงค์คลอไรด์โดยใช้หลัก เทคนิคของ Electrodialysis ร่วมกับการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยตัวรองรับชนิดแผ่นบางซึ่ง ทำจากโพลีเมททิลเมทาไครเลต (Polymethyl Methacrylate) ความหนา 2 มิลลิเมตรพื้นที่ผิว 20 ตาราง เซนติเมตร เยื่อแผ่นเหลวที่ใช้มี 4 ชนิด คือ n-Butyl Alcohol, Iso-Pentyl Alcohol, TBP และ P-204 โดยเซลล์สกัดประกอบด้วยแท่งขั้วไฟฟ้าทำจากไททานเนียม (Titanium) มีพื้นที่เท่ากับ 16 ตาราง เซนติเมตร จุ่มแช่ในสารป้อนซึ่งเป็นสารละลายซิงค์คลอไรด์ ( $ZnCl_2$ ) ความเข้มข้น 52 กรัมต่อลิตร ใน กรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 4 กรัมต่อลิตร ส่วนในเซลล์สตริป ประกอบด้วยแท่งขั้วไฟฟ้าที่ ทำจากแกรไฟต์ (Graphite) มีพื้นที่เท่ากับ 13 ตารางเซนติเมตร จุ่มแช่ในน้ำกลั่น โดยในกระบวนการใช้ ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าในช่วง 2-6 mA/cm<sup>2</sup> ที่ช่วงความต่างศักย์ 10-30 Volt

Jianhan and Cangmin (1988) ศึกษาการสกัดแยกไอออนสังกะสีโดยอาศัยกลไกการสกัดแยก ด้วยตัวทำละลายโดยใช้ชุดทดลองเส้นใยกลวง Celgard-10 จากบริษัท Celonese เส้นใยกลวงทำจาก โพลีพรไพลีน ความพรุน 20% โดยรูพรุนมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.03-0.05  $\mu m$  ชุดเส้นใยกลวง ประกอบด้วยเส้นใยกลวงจำนวน 240 เส้น พื้นที่ผิวที่มีประสิทธิภาพ (Effective Area) เท่ากับ 102.5 ตารางเซนติเมตร โดยสารอินทรีย์ที่ใช้เป็นตัวทำละลายคือ HDEHP ความเข้มข้น 10% ใน Kerosene สารป้อนเป็นสารละลายที่มีไอออนสังกะสีความเข้มข้น 0.140 กรัมต่อลิตร มีความเป็นกรดค่ามากกว่า สารละลายสตริปเป็นกรดซัลฟิวริกความเข้มข้นเท่ากับ 1 โมลโดยศึกษาอัตราการไหลในช่วง 1.77-50 cm<sup>3</sup>/min จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพในการสกัดจะลดต่ำลงเมื่ออัตราการไหลสูงขึ้น และ



ผลของความต้านทานการถ่ายโอนมวลผ่านชั้นเงื่อนไขต่างๆ ระหว่างวัฏภาค สามารถละลายได้ สำหรับการสกัดแต่สำหรับการนำกลับในการทดลองต้องคำนึงถึงความต้านทานจากการแพร่ผ่าน เยื่อแผ่นเหลว

Draxler, Furst and Marr (1988) ศึกษาการสกัดแยกไอออนโลหะผสมด้วยเยื่อแผ่นเหลว ชนิดอิมัลชัน เพื่อประยุกต์ใช้ในการสกัดแยกไอออนโลหะในน้ำเสีย โดยสารสกัดในเยื่อแผ่นเหลว สำหรับไอออนโลหะต่างๆ ตามคุณสมบัติการเลือกสกัดด้วย D2EHPA, DTPA, PC-88A และ Cyanex 272 ใน Shellsol ศึกษาการใช้ตัวประสาน (Surfactants) ชนิดต่างๆ โดยการทดลองทำการศึกษาในระดับโรงงานนำร่อง (Pilot Plant) ซึ่งอ้างอิงจากผลการทดลองในหลายงานวิจัย ในกรณีการนำกลับ ไอออนสังกะสีในอุตสาหกรรมที่มีความหนืด สารป้อนจะประกอบด้วยไอออนสังกะสีความเข้มข้น 500 mg/l โดยเยื่อแผ่นเหลวประกอบด้วยสารสกัด D2EHPA ใน Shellsol ซึ่งสารสกัด D2EHPA เหมาะสมในการสกัดแยกไอออนสังกะสี แต่ยังสามารถใช้สารสกัด Cyanex272 และ PC-88A สามารถใช้ในการสกัดแยกได้ซึ่งมีความสามารถในการเลือกสกัดแต่มีประสิทธิภาพในการสกัดอยู่ในช่วง pH น้อยๆ แต่เมื่อใช้เพียง DTPA พบว่าสามารถแก้ปัญหาได้เป็นที่น่าพอใจ ในกรณีของการจำลองระบบที่มีองค์ประกอบของสังกะสี, แคลเซียม และตะกั่ว สารป้อนประกอบด้วยไอออนสังกะสี 6000 ppm, แคลเซียม 14 ppm และตะกั่ว 4 ppm โดยเยื่อแผ่นเหลวใช้ DTPA 5% ใน Shellsol 93% และตัวประสาน Px100 2% สารละลายสคริปใช้กรดซัลฟิวริกความเข้มข้น 250 g/l จากผลการทดลองพบว่า สามารถลดไอออนโลหะจากน้ำเสีย โดยที่ไอออนสังกะสีคงเหลือ 1.5 mg/l แคลเซียม 0.01 mg/l และตะกั่ว คงเหลือ 0.01 mg/l โดยพบว่าหากสารละลายสคริปมีความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก 1000 g/l จะสามารถสคริปไอออนโลหะออกจากสารอินทรีย์ได้หมด จากผลการทดลองเมื่อใช้สารสกัด DTPA สามารถเรียงความสามารถในการสกัด ไอออนได้คือ  $Ag > Pb \cong Cd > Fe(II) > Zn \approx Ni \gg Ca$

Lolacono, Drioli and Mollnari (1986) ศึกษาการสกัดแยกและทำให้เข้มข้นขึ้นของไอออนโลหะด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่ได้รับการพอง โดยชุดอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วนด้วยเยื่อแผ่นเหลวชนิดแผ่นบาง 2 แผ่น โดยเยื่อแผ่นเหลวในตัวรองรับแผ่นแรกเป็นเยื่อแผ่นเหลวที่ประกอบด้วย สารสกัด

Lix 64 N ใน Kerosene เพื่อใช้เลือกสกัดไอออนทองแดงและเยื่อแผ่นเหลวในตัวรองรับแผ่นที่สอง เป็นเยื่อแผ่นเหลวที่ประกอบด้วยสารสกัด D2EHPA ใน Kerosene เพื่อใช้เลือกสกัดไอออนสังกะสีซึ่ง ทั้งสองเซลล์มีใบพัดกวนที่ความเร็ว 100 rpm ส่วนสารสกัด Aliquat 336 ใช้เลือกสกัด Cr(VI) สารสกัด Dininylnaphthalene sulfonic acid (DNNSA) ใช้เลือกสกัด Cr(III) โดยในสารป้อนจะมีองค์ประกอบของไอออนสังกะสีจาก  $ZnSO_4$  ในช่วง  $10^{-2}$  โมล ถึง 0.2 โมล, ไอออนทองแดงจาก  $CuSO_4$  ความเข้มข้นอยู่ในช่วง  $10^{-2}$  โมล ถึง 0.5 โมล และความเข้มข้นของโครเมียมทั้ง Cr(III) และ Cr(VI) เท่ากับ 0.1 g/l สารละลายสตริปเป็นสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (HCl) ความเข้มข้น 1 โมลสำหรับการสกัดไอออนสังกะสีกับทองแดง แต่สำหรับสารละลายสตริปสำหรับไอออน Cr(III) และ Cr(VI) เป็นโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นในช่วง 0 - 7 โมล จากผลการทดลองสกัดแยกไอออนผสมระหว่างไอออนสังกะสีกับทองแดงพบว่าเมื่อค่าความเป็นกรดต่าง (pH) สูงขึ้น ประสิทธิภาพในการสกัดจะสูงขึ้นด้วย ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าควรเลือกสภาวะการสกัดที่ pH ต่ำกว่า 3 และในการสกัดแยกไอออน Cr(III) และ Cr(VI) พบว่าในการสกัดแยกไอออน Cr(III) ควรเลือกสารสกัดที่ค่า pH เท่ากับ 4.5 และในการสกัด Cr(VI) พบว่าประสิทธิภาพในการสกัดจะลดต่ำลงเมื่อปริมาณความเข้มข้นของไฮดรอกไซด์ไอออนสูงขึ้น

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการใช้สารละลายผสมกรดอะซิติกกับโซเดียมอะซิเตดต่อการสกัดแยกไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยถลุง
2. เพื่อศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัดแยกไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยถลุง อาทิเช่น
  - 2.1 ความเข้มข้นของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้เป็นเยื่อแผ่นเหลว
  - 2.2 อัตราการไหลของสารละลายป้อนเข้าและสารละลายสตริปเป็นต้น
3. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พุงด้วยเส้นใยถลุง
4. เปรียบเทียบผลการศึกษาที่ได้กับผลการศึกษาที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้

### 1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1.ศึกษาสัดส่วนโดยปริมาตรที่ 1:50, 1:25 และ 1:16.67 ของสารละลายผสมกรดอะซิติกกับโซเดียมอะซิเตดความเข้มข้น 0.2 โมลต่อลิตร อัตราส่วน 1:2.39 โดยปริมาตร กับสารป้องกันการกัดแยกไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง

2.ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดแยก ไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวงอันได้แก่

- |  |     |
|--|-----|
| 2.1 ความเข้มข้นของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์ในช่วงไม่เกิน   | 10% |
| โดยปริมาตร ที่ใช้เป็นเยื่อแผ่นเหลว   |     |
| 2.2 อัตราการไหล (Flow Rate) ที่เท่ากันของสารละลายป้อนเข้าและสารละลายสกัดใน ช่วงไม่เกิน 1 ลิตรต่อนาที |     |

### 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบข้อมูลการสกัด ไอออนโลหะด้วยเทคนิคต่างๆ
2. ทราบถึงวิธีการสกัดไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง
3. ทราบถึงผลของการใช้สารละลายบัฟเฟอร์ต่อการสกัด ไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง
4. สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัด ไอออนสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง
5. สามารถนำเทคนิคการสกัดนี้ไปประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมได้
6. สามารถนำเทคนิคการสกัดนี้ไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการศึกษาการสกัดแยกแร่หายาก (Rare Earth Metals) ต่อไป