บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ความเจริญของมนุษย์มีความเกี่ยวพันกับการใช้ทรัพยากรธรรมชาติมาโดยตลอด ตั้งแต่สมัยมนุษย์ยุคหินจนถึงปัจจุบันที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีอย่างมากมาย ด้วยเหตุนี้เองทำให้ทรัพยากรธรรมชาติไม่ว่าจะเป็นน้ำมัน แร่โลหะและอโลหะมีปริมาณลดน้อยลงทุกที โดยผู้เชี่ยวชาญของกระทรวงธรณีวิทยาของสหรัฐอเมริกา (U.S.G.S.) คาดคะเนว่าน้ำมันดิบจะหมดไปจากโลกภายในไม่ถึงร้อยปีข้างหน้านี้ โดยคำนวณอัตราการบริโภคเมื่อปี ค.ศ. 1965 และอนาคตทรัพยากรแร่อีกหลายชนิด [สุจิตร พิตรากูล, 2530] ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ทรัพยากรแร่ที่คาดว่าจะเหลือในสหรัฐ เมื่อเทียบกับความต้องการใช้ในสหรัฐ (คำนวณในปี ค.ศ. 1965)

ทรัพยากรที่สามารถใช้ได้อีกเพียง 10 ปี	ใช้ได้ในระหว่าง 10-60 ปี	ใช้ได้กว่า 60 ปี	
Asbestos	Copper	Aluminum	Phosphate
Chromium	Gold	Barite	Sulphur
Fluorine	Lead	Clays	Thorium
Mercury	Manganese	Gypsum	Titanium
	Nikel	Iron	Uranium
	Sand&gravel	Mica	Vanadium
	Silver	Molybdenum	Zinc
	Tungsten		

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ปัญหาสิ่งแวดล้อมยังเป็นปัญหาสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผลกระทบไปทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งแร่โลหะซึ่งจัดเป็นทรัพยากรธรรมชาติอย่างหนึ่งที่มนุษย์นำมาใช้อย่างต่อเนื่อง และนับวันจะมีอิทธิพลต่อชีวิตประจำวันมากขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ต้องมีการพัฒนาและปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีในการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น อาทิเช่น การลดปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำทิ้ง ซึ่งเน้นการลดของเสียที่แหล่งกำเนิด การดัดแปลงผลิตภัณฑ์ หรือการนำกลับมาใช้ใหม่ โดยตรงกับแนวทางของเทคโนโลยีสะอาด (Clean Technology) [พิสมัย เจนวนิชปัญจกุลม, 2543]

ในบรรดาโลหะที่เราใช้ไม่นับหมู่โลหะที่อยู่ในอุตสาหกรรมเหล็กกล้า (nonferrous metals) ทองแดง ตะกั่ว และสังกะสีจัดเป็นโลหะพื้นฐานที่จัดว่ามีความสำคัญที่สุดมานานนับร้อยๆ ปี จนเรียกว่า กลุ่มโลหะพื้นฐาน (Base metals) ซึ่งนำมาใช้ประโยชน์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ทุกวันนี้ [สุจิตร พิตรากูล, 2530] นอกจากนี้โลหะโครเมียมก็นับว่ามีความสำคัญเช่นกัน เนื่องจากความเป็นพิษในตัวของมันเอง ดังนั้นในที่นี้จึงของกล่าวถึงโลหะที่สำคัญ 3 ชนิดนี้คือ ทองแดง โครเมียม และสังกะสี โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทองแดง

ทองแดงเป็นธาตุตัวแรกในหมู่ 1B ของตารางธาตุ และถูกจัดเป็นโลหะมีตระกูล (Noble metal) เช่นเดียวกับทองและเงิน ทองแดงจัดเป็นโลหะที่ค่อนข้างเหนียวและสามารถทำให้เป็นเส้นได้ ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติที่จะใช้เป็นตัวนำไฟฟ้า ทั้งยังมีจุดหลอมเหลวสูงถึง 1083 องศาเซลเซียส [Sarkar, 1994] ในสภาวะออกไซด์ทองแดงมักจะเกิดเป็นเกลือที่ละลายน้ำได้ (Water-soluble salts) มากกว่าโลหะอื่นๆ ในหมู่เดียวกัน นอกจากนี้ทองแดงยังสามารถเกิดเป็นสารประกอบอื่นๆ ได้มากมาย ทองแดงที่กระจายอยู่ในธรรมชาติจะอยู่ในรูปของซัลไฟด์ (Sulfides) อาร์ซิเนต (Arsinates) คลอไรด์ (Chlorides) และคาร์บอเนต (Carbonates) ความเข้มข้นของทองแดงในเปลือกโลกแถบภาคพื้นยุโรปมีค่าประมาณ 50 ppm และมีแนวโน้มจะมีค่าสูงที่สุดในแร่เฟอโรแมกนีเซียม (Ferromagnesium minerals)

ทองแดงมีการนำไปใช้งานในหลายๆ ด้าน เช่น เครื่องใช้สอยในครัวเรือน (ตัวนำไฟฟ้าและสุขาภิบาล)สารละลายทองแดงยังมีการนำไปใช้ในกระบวนการของอุตสาหกรรมหลากหลาย เช่น การชุบด้วยไฟฟ้า การพิมพ์ การผลิตวงจรไฟฟ้า การผลิตสิ่งทอ และตัวเร่งปฏิกิริยาในหลายๆ กระบวนการทางเคมี และบางครั้งยังมีการใช้คอปเปอร์ซัลเฟตในการเกษตร นอกจากนี้ยังเป็นอัลลอยด์ได้เมื่อผสมกับสังกะสีได้เป็นทองเหลือง ผสมกับดีบุกได้เป็นทองสัมฤทธิ์ และผสมกับนิกเกิลได้เป็นคอปโปรนิกเกิล (Coppronickel) ซึ่งนิยมนำไปผลิตเหรียญกษาปณ์

โครเมียม

โครเมียมถูกค้นพบในปี ค.ศ. 1797 โดยนักเคมีชาวฝรั่งเศสชื่อ Louis Nicolas Vauquelin [Herold et al., 1994] โครเมียมมาจากภาษากรีกที่ว่า โครมา (Chroma) ซึ่งแปลว่าสี เนื่องจากองค์ประกอบของธาตุต่างๆ กับโครเมียมมีหลายสี เช่นสีแดงทับทิมหรือสีเขียวมรกต โครเมียมมีน้ำ

หนักอะตอม 51.996 เลขอะตอม 24 ค่าวาเลนซ์อยู่ในช่วง –2 ถึง+6 ที่พบในเปลือกโลกมีค่าอยู่ในช่วง 100-300 ส่วนในล้านส่วน โครเมียมมีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในการผสมกับเหล็กกล้าเป็นโลหะผสมเหล็ก (Ferroalloy) เป็นส่วนสำคัญในเหล็กกล้าที่ไม่เป็นสนิม (Stainless steel) ผสมกับนิกเกิลเป็นนิโครม (Nichrome) ซึ่งใช้เป็นตัวต้านทานในอุปกรณ์เครื่องทำความร้อนไฟฟ้า ผลิตอุปกรณ์ต่างๆ ในรถยนต์ ประโยชน์ที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ใช้โครไมต์ในการทำอิฐทนไฟ ซึ่งใช้ในเตาถลุง นอกจากนี้ยังใช้ในการทำสีต่างๆ เช่น สีเขียว เหลือง ส้ม และแดง [งามพิศ แย้มนิยม, 2525] และเนื่องจากโครเมียมมีความทนทานต่อการกัดกร่อนจึงนิยมใช้ในการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าด้วย

โครเมียมเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่เป็นที่น่าสนใจในการกำจัดเนื่องจากความเป็นพิษของตัวมันเอง ที่เป็นที่นิยมและใช้มากในอุตสาหกรรมจะอยู่ในรูปโครเมียม (VI) เนื่องจากเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็งและทำลายเนื้อเยื่อเมื่อเกิดการสะสมในร่างกายโดยเฉพาะในส่วนของผิวหนังและไต [ไพศาล อภิณหพัฒน์, 2541] ดังนั้นจึงมีความสำคัญต่อการควบคุมให้มีปริมาณที่เหมาะสมในสิ่งแวดล้อม

สังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีสีขาวอมน้ำเงิน มีแสงเป็นประกาย ลักษณะผลึกเป็นรูปหกเหลี่ยมและในบางครั้งอาจเป็นสี่เหลี่ยม มีน้ำหนักอะตอม 65.38 จุดหลอมเหลว 419.5 องศาเซลเซียส จุดเดือด 908 องศาเซลเซียส และความหนาแน่นที่ 25 องศาเซลเซียสมีค่า 7.14 สังกะสีกระจายทั่วไปในธรรมชาติ โดยพบมากมายในเปลือกโลกถึง 0.02 เปอร์เซ็นต์ [Thunus and Lejeune, 1994] สังกะสีเป็นโลหะที่มีความว่องไวต่อปฏิกิริยา ดังนั้นจึงมักพบอยู่ในรูปสารประกอบที่มีเสถียรภาพสูง โดยไม่มีใครพบสังกะสีเป็นอนุมูลโลหะอิสระในธรรมชาติ แต่มักพบอยู่ในรูปของสารประกอบซัลไฟด์ ออกไซด์ และคลอไรด์ เป็นต้น

สำหรับสังกะสีและสารประกอบของสังกะสีนั้นมีการนำไปใช้ในการผลิตอัลลอยด์ (ทองเหลืองและทองสัมฤทธิ์) เคลือบป้องกันการกัดกร่อนของเหล็กกล้าและผลิตภัณฑ์ของเหล็ก (เช่น ท่อ ชิ้นส่วนรถยนต์ และอุปกรณ์ภายในบ้าน) ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่งเซลล์แบตเตอรี ในอุตสาหกรรมยางและสิ่งทอ ในอุตสาหกรรมของสี (เช่น สีขาว) ในอุตสาหกรรมแก้วและเซรามิค ในการผลิตยาฆ่าแมลง และใช้เป็นสารเคมีต่างๆ (เช่น รีดิวซ์ซิงเอเจนท์ การสกัดทองด้วยกระบวนการไซยาไนด์ และการทำไขมันให้บริสุทธิ์เพื่อผลิตสบู่ เป็นต้น)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าโลหะเหล่านี้มีการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างมากมาย และมักจะปนเปื้อนออกมาจากน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรม ดังนั้นจะต้องมีการตรวจสอบสภาพของน้ำที่จะปล่อยสู่สิ่งแวดล้อมให้อยู่ในมาตรฐานที่จะไม่ก่อให้เกิดมลพิษหรือปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม โดยการเปลี่ยนรูปให้เป็นโลหะซึ่งมีความเป็นพิษน้อยและกำจัดให้มีปริมาณที่ต่ำก่อนปล่อยออกจากระบบบำบัดสู่สิ่งแวดล้อม แต่ยังไม่สามารถนำโลหะที่บำบัดแล้วมาใช้ให้เป็นประโยชน์ในกระบวนการอุตสาหกรรมได้อีก ในกระบวนการชุบผิวโลหะของอุตสาหกรรมที่มีการชุบด้วยโลหะหลายชนิด อาทิเช่น โครเมียม ทองแดงและสังกะสี ในแต่ละกระบวนการผลิตมักต่อท่อน้ำเสียออกมารวมกัน แล้วนำเข้าสู่ระบบบำบัดทำให้เกิดโลหะหลายชนิดมาผสมรวมกันอยู่ เนื่องจากการแยกระบบบำบัดของแต่ละกระบวนการนั้นใช้ต้นทุนสูง จึงยังไม่เป็นที่นิยมและถึงแม้ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมที่ทำการชุบเคลือบด้วยโลหะชนิดเดียว แต่ในสารละลายที่ใช้ในการชุบก็ยังคงมีโลหะอื่นผสมอยู่เพราะฉะนั้นการนำกลับของไอออนโลหะมักจะเป็นแบบหลายองค์ประกอบ นอกจากอุตสาหกรรมชุบผิวโลหะแล้วยังมีอุตสาหกรรมประเภทอื่นอีกที่มีโลหะผสมอยู่ในกระบวนการผลิต อาทิเช่น อุตสาหกรรมผลิตทองเหลืองที่มีองค์ประกอบของทองแดงและสังกะสี อุตสาหกรรมผลิตรงควัตถุสังกะสีเหลือง (Zinc yellow) ที่ประกอบด้วยสังกะสีและโครเมียม ดังนั้นจุดประสงค์ในงานวิจัยนี้จึงเป็นการสกัดและนำกลับโลหะโครเมียม ทองแดง และสังกะสีด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง

เทคนิคเยื่อแผ่นเหลวเป็นวิธีการสกัดและนำกลับโลหะวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากรวมขั้นตอนการสกัดและการนำกลับไว้ในขั้นตอนเดียวกัน ทั้งยังมีข้อได้เปรียบเทคนิคการสกัดอื่นๆ เช่น ใช้สารเคมีทั้งในส่วนสารสกัดและตัวทำละลายในปริมาณต่ำ มีค่าการคัดเลือกผ่านสูง ประหยัดพลังงาน และกระบวนการมีประสิทธิภาพสูงในการสกัด [วีรวัฒน์ ปัตทวีคงคา, 2541] โดยในวิทยานิพนธ์นี้เป็นการศึกษาการสกัดและการนำกลับไอออนโลหะโครเมียม ทองแดง และสังกะสี ด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง ใช้สารสกัด 2 ชนิดคือ LIX 84-I ในการสกัดทองแดง และอะลิควอตในการสกัดโครเมียม ตัวทำละลายที่ใช้คือเคโรซีน ซึ่งจะศึกษาถึงอิทธิพลของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัดและนำกลับโครเมียม และทองแดง อาทิเช่น ค่าความเป็นกรด-ด่างของสารละลายป้อน ความเข้มข้นของสารละลายสตริป ความเข้มข้นของสารสกัด และจำนวนรอบในการผ่านโมดูลเส้นใยกลวง เป็นต้น โดยผลที่ได้จากการศึกษาจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษาและพัฒนาเทคนิคการสกัดแยกด้วยเยื่อแผ่นเหลวแบบต่อเนื่อง เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1.2 งานวิจัยที่ผ่านมา

งานวิจัยที่เกี่ยวกับการสกัดโครเมียม

Salazar et al. (1992) ได้ศึกษาสมดุลและจลนพลศาสตร์ของกระบวนการสกัดโครเมียม (VI) ด้วยตัวทำละลาย โดยมีองค์ประกอบของสารละลายอินทรีย์เป็นสารสกัดเมทิลไตรออกทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (อะลิควอต 336) ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตรและโดเดคคานอล 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งมีเคโรซีนเป็นตัวทำละลาย มีการประเมินถึงพารามิเตอร์ที่สำคัญของสมดุลและพฤติกรรมของจลนพลศาสตร์นี้ มีการสร้างแบบจำลองอิทธิพลของความเข้มข้นของโครเมียม (VI) ที่มีต่อสัมประสิทธิ์การกระจาย ซึ่งสามารถใช้ประเมินสภาวะสมดุล และกำหนดค่าของสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลในเฟสสารละลายอินทรีย์ในแง่การใช้ทฤษฎีแผ่นฟิล์ม หรือพารามิเตอร์ในการแพร่ผ่านในแง่ของการใช้ทฤษฎีการแพร่ผ่านในแนวรัศมี ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายจลนพลศาสตร์การถ่ายโอนมวลของกระบวนการ

Ortiz et al. (1996) ได้ศึกษาถึงความสามารถในการเลือกผ่าน และจลนพลศาสตร์ของโครเมต (Cr(VI)) ในน้ำเสียจากอุตสาหกรรม และการเพิ่มความเข้มข้นเพื่อนำกลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการการชุบด้วยไฟฟ้า (Electroplating Process) ในกระบวนการสกัดและนำกลับใช้ระบบการสกัดแบบของเหลว-ของเหลวในอุปกรณ์เส้นใยกลวง 2 ชุด โดยชุดแรกเป็นกระบวนการสกัด ส่วนอีกชุดเป็นกระบวนการสตริป ใช้เมทิลไตรออกทิลแอมโมเนียมคลอไรด์ หรืออะลิควอต 336 ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และไอโซโดเดคคานอล (Isododecanol) 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำหน้าที่เป็นตัวประสานเพื่อป้องกันการเกิดเจลละลายในเฟสสารละลายอินทรีย์หรือเคโรซีน ผลการทดลองพบว่า ในสารละลายสามารถเพิ่มความเข้มข้นของโครเมตได้ถึง 14 กรัมต่อลิตร ทางด้านการวิเคราะห์ทางจลนศาสตร์พบว่า สัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวม (Overall Mass-transfer Coefficient) ในอุปกรณ์การสตริปมีค่าต่ำกว่าสัมประสิทธิ์การถ่ายโอนมวลรวมในอุปกรณ์การสกัด นั่นหมายถึงว่าอัตราการสตริปต่ำกว่าเมื่อเทียบกับอัตราของกระบวนการการสกัด และพบว่าในกระบวนการการสกัดพารามิเตอร์ในการถ่ายโอนมวลทางด้านจลนพลศาสตร์จะขึ้นอยู่กับสภาวะการทดลอง

ไพศาล อภิณหพัฒน์ (2541) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการสกัดและนำกลับโครเมียม (VI) ในรูปของโครเมตจากสารละลาย โดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง ใช้เมทธิลไตรออกธิลแอมโมเนียมคลอไรด์ (Methyltrioctylammonium chloride, Aliquat) เป็นสารสกัดละลายในเคโร

ซีน และมีโดเดคคานอลเป็นตัวประสานร่วมอยู่ด้วย โดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1.0 โมลต่อลิตรเป็นสารละลายสตริปในกระบวนการนำกลับ จากการทดลองพบว่า ปฏิกิริยาการสกัดเกิดขึ้นได้รวดเร็วกว่าการนำกลับ การสกัดและการนำกลับเพิ่มขึ้นเมื่อความเป็นกรด-ด่างในสารละลายป้อนต่ำลง หรืออัตราการไหลของสารละลายลดต่ำลง เมื่อทำการทดลองแบบกะโดยใช้โดเดคคานอลร่วมด้วยพบว่าโดเดคคานอลทำให้การสกัดและนำกลับโครเมตดีขึ้นมาก โดยการใช้ความเข้มข้นไม่เกิน 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร นอกจากนี้ลักษณะการไหลทั้งแบบไหลในทิศทางเดียวกันและไหลสวนทางกันไม่ส่งผลต่อการสกัดและนำกลับ การถ่ายโอนของโครเมตทั้งในส่วนของกระบวนการสกัดและนำกลับลดลงอย่างมากเมื่อความเข้มข้นของโครเมตในสารละลายป้อนมีค่าต่ำกว่า 60 ส่วนในล้านส่วน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดทองแดง

Haan et al. (1989) ศึกษาการสกัดไอออนทองแดงออกจากสารละลายน้ำทิ้งโดยใช้ระบบเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงที่ประกอบด้วยโมดูลของเส้นใยกลวง 2 โมดูลสำหรับขั้นตอนการสกัดและสตริป ตามลำดับ การดำเนินการจะทำในลักษณะที่ให้วัฏภาคสารละลายป้อนและสารละลายสตริปไหลผ่านโมดูลของเส้นใยกลวงในฝั่งท่อ ส่วนวัฏภาคเยื่อแผ่นเหลวไหลผ่านโมดูลของเส้นใยกลวงในฝั่งเปลือก โดยให้วัฏภาคเยื่อแผ่นเหลวไหลเวียน เนื่องจากเส้นใยกลวงที่ใช้เป็นพอลิเมอร์ชนิดไม่ชอบน้ำ ดังนั้นขณะดำเนินการจึงต้องควบคุมความดันของสารละลายป้อนและสารละลายสตริปซึ่งเป็นสารละลายของน้ำให้สูงกว่าความดันของวัฏภาคเยื่อแผ่นเหลวเพื่อที่จะกักเก็บเยื่อแผ่นเหลวไว้ในรูพรุนของเส้นใยกลวง ในงานวิจัยนี้ได้เสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการสกัดไอออนทองแดงด้วยสารสกัด LIX 84 มีการวัดผลกระทบของความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนและความเข้มข้นของไอออนทองแดงที่มีต่อค่าฟลักซ์ของไอออนทองแดงผ่านเยื่อแผ่นเหลว นอกจากนี้ยังพบอีกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในขั้นตอนสตริปเกิดในอัตราที่ช้ากว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปฏิกิริยาในขั้นตอนสกัด

Valenzuela et al. (1999) ทำการศึกษาโดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงในการนำกลับและทำให้ทองแดงเข้มข้นขึ้นจากน้ำที่ได้จากเหมืองแร่ในประเทศชิลี ซึ่งมีทองแดงในปริมาณน้อยโดยใช้ LIX-860 ในตัวทำละลาย Kermac 500-T และใช้กรดซัลฟูริกเป็นสารละลายสตริป แทนการใช้กระบวนการสกัดด้วยตัวทำละลาย จากการศึกษาพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดในตัวทำละลายอินทรีย์จะทำให้ความเข้มข้นของทองแดงในสายราฟฟิเนตลดลง และส่งผลให้ความเข้มข้นของทองแดงในสารละลายสตริปมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งปริมาณความเข้มข้นของสาร

ละลายสตริปจะมีผลต่อการสกัดทองแดงเช่นกัน นอกจากนี้พบว่าอัตราการนำกลับทองแดงเมื่อใช้กระบวนการเยื่อแผ่นเหลวที่ได้รับการพยุงจะมีค่าการเลือกสกัด (selectivity) และฟลักซ์สูงในสายเพอมิเอท และไม่มีการตรวจพบไอออนโลหะอื่นๆ เจือปนในสายเพอมิเอทอีกด้วย

อิศรา เกษมเศรษฐ (2541) ศึกษาการสกัดไอออนทองแดงจากสารละลายที่เจือจางมากด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัด เช่น ความเข้มข้นของสารสกัด ชนิดของสารสกัดคือ D2EHPA LIX84-I และ LIX 860-I ความเข้มข้นในสารละลายป้อน และความเป็นกรด-ด่างในสารละลายป้อน เป็นต้น ซึ่งใช้สารละลายอินทรีย์คือ เคโรซีน สารละลายสตริปคือ สารละลายกรดซัลฟูริกความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลิตร จากการทดลองพบว่า เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดความสามารถในการถ่ายเทไอออนทองแดงจะเพิ่มสูงขึ้น โดยที่สารสกัดกลุ่ม LIX สามารถถ่ายเทไอออนทองแดงได้ดีกว่าสารสกัด D2EHPA และเมื่อควบคุมความเป็นกรด-ด่างในสารละลายป้อนด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ให้มีค่าเท่ากับ 5 ความสามารถในการถ่ายเทไอออนทองแดงผ่านเยื่อแผ่นเหลวจะเพิ่มขึ้น นอกจากนี้การใช้สารละลายสตริปปริมาณน้อยโดยให้ไหลวนสามารถทำให้สารละลายสตริปมีความเข้มข้นของไอออนทองแดงสูง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสกัดสารละลายผสมของโลหะ

Liacono et al. (1986) ศึกษาการสกัดไอออนทองแดงออกจากสารละลายผสมของไอออนทองแดงและสังกะสีด้วยเทคนิคเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยตัวรองรับที่มีรูปแบบแตกต่างกัน (แผ่นแบนและทรงกระบอกหรือเส้นใยกลวง) สารละลายป้อนที่ใช้คือสารละลาย คอปเปอร์ซัลเฟต (Copper Sulphate) และซิงค์ซัลเฟต (Zinc Sulphate) เยื่อแผ่นเหลวที่ใช้ประกอบด้วยสารสกัด LIX 64N ละลายในตัวทำละลายเคโรซีน ส่วนสารละลายสตริปเป็นสารละลายกรดไฮโดรคลอริก นอกจากนั้นได้มีการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการถ่ายเทแบบเลือกผ่านเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงเพื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลอง จากการทดลองพบว่าผลการทดลองที่ได้กับผลจากการคำนวณด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกรณีเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงมีความสอดคล้องกันมาก และยังสรุปได้ว่าการสกัดด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยตัวรองรับแสดงถึงความสำเร็จในการนำกลับโลหะมาใช้ใหม่ แม้กระทั่งเมื่อสารละลายป้อนมีความเข้มข้นสูง

Campderros et al. (1998) ศึกษาการถ่ายเทและการแยกของไอออนโลหะทองแดง(II) โคบอลต์(II) นิกเกิล(II) และสังกะสี(II) ผ่านเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง ซึ่งบรรจุด้วยสาร

สกัด LIX 864 ละลายในตัวทำละลายเคโรซีน ศึกษาผลของอัตราการไหลของสารละลายป้อน ความเข้มข้นของสารสกัดในเยื่อแผ่นเหลว และความเป็นกรดในสารละลายป้อนที่มีต่อค่าฟลักซ์และการเลือกผ่านของไอออนทองแดง จากการศึกษาพบว่า สามารถนำกลับไอออนทองแดงได้มากที่สุดเมื่อใช้สารสกัด LIX 864 ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และเมื่อสารละลายป้อนมีความเป็นกรด-ด่างเป็น 2 จะมีค่าการเลือกผ่านไอออนทองแดงเหนือกว่าโลหะอื่นๆ ซึ่งเมื่อลดค่าความเป็นกรด-ด่างจะทำให้ค่าการเลือกผ่านไอออนทองแดงลดลง แต่เมื่อเพิ่มความเป็นกรด-ด่างทำโคบอลต์ นิกเกิล และสังกะสีสกัดได้มากขึ้น โดยช่วงความเป็นกรด-ด่างที่ให้ค่าการสกัดสูงสุดสำหรับโคบอลต์คือ 3.5-6 สำหรับนิกเกิลคือ 5-6 และสำหรับสังกะสีคือมีความเป็นกรด-ด่างมากกว่า 4.5 แต่ก็เป็นที่น่าสังเกตุว่าเมื่อความเป็นกรด-ด่างสูงขึ้น ไอออนโลหะจะเกิดการตกตะกอนและขวางกั้นการสกัดได้ ความสามารถในการสกัดสามารถเรียงลำดับได้ดังนี้คือ ทองแดง>โคบอลต์>นิกเกิล>สังกะสี

Lee et al. (1999) ได้ทำการศึกษาการสกัดไอออนสังกะสี (Zn^{2+}) และทองแดง (Cu^{2+}) จากสารละลายผสมของซัลเฟตโดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง สารสกัดที่ใช้มี 2 ชนิด คือ 2-เอทธิลเฮกซิลฟอสฟอนิกแอซิค โมโน-2-เอทธิลเฮกซิลอีเทอร์ (2-ethylhexyl phosphonic acid mono-2-ethylhexyl ether,HEH(EHP)) ซึ่งมีชื่อทางการค้าว่า PC88A ในการสกัดสังกะสี ส่วนสารสกัดอีกชนิดคือ LIX 84 ใช้สำหรับสกัดทองแดง ตัวทำละลายอินทรีย์ที่ใช้คือ เคโรซีน และใช้กรดซัลฟูริกความเข้มข้น 3 N เป็นสารละลายสตริป จากการทดลองพบว่า เมื่อสกัดไอออนสังกะสีและทองแดงพร้อมกัน โดยใช้ความเข้มข้นของไฮโดรเจนสายป้อน 10 mol/m^3 ความเข้มข้นของ PC88A เป็น 10 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก และความเข้มข้นของ LIX 84 เป็น 50 เปอร์เซนต์โดยน้ำหนัก พบว่าอัตราการสกัดของไอออนสังกะสีและทองแดงจะเหมือนกับการแยกสกัดกัน แต่ค่าการเลือกสกัดของไอออนสังกะสีในสารสกัด PC88A จะลดลงมาก เนื่องจากสารสกัดจะถูกปนเปื้อนด้วยสารสกัดอีกชนิดในการหมุนเวียนสายป้อน

Yang et al. (2001) การศึกษานี้เป็นการกำจัดและนำกลับโลหะทองแดง โครเมียม และสังกะสีจากน้ำชะจากอุตสาหกรรมชุบโลหะ โดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงเปรียบเทียบกับการตกตะกอน โดยใช้สารสกัด LIX 984N ในการสกัดทองแดง สารสกัดไตรนอร์มัลออกทิลลาไมน์ (Tri-n-octylamine, TNOA) ในการสกัดโครเมียม และสารสกัดได-2-เอทธิลเฮกซิลฟอสฟอริกแอซิค (Di(2-ethylhexyl)phosphoric acid, D2EHPA) ในการสกัดสังกะสี สารสกัดละลายในตัวทำละลายอินทรีย์คือเคโรซีน พบว่าเยื่อแผ่นเหลวที่ได้รับการพยุงมีประโยชน์กว่าการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตกตะกอนด้วยสารเคมี ทั้งช่วยในการแยก นำกลับโลหะ และทำให้บริสุทธิ์ แต่ก็มีปัญหาในเรื่องอายุการใช้งานของเยื่อแผ่นซึ่งต้องมีการศึกษาต่อไป

Sarangi and Das (2003) ศึกษาการแยกทองแดงและสังกะสีจากสารละลายซัลเฟต ซึ่งประกอบด้วยสังกะสีและทองแดงความเข้มข้น 7.64 และ 7.86 mol/m^3 โดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่ได้รับการพยุงแบบเพลทและเฟรม สารสกัดที่ใช้คือ di-2-ethyl hexyl phosphoric acid (TOPS-99) ศึกษาผลของอัตราการไหล ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายป้อน ความเข้มข้นของสารสกัดในวัฏภาคเยื่อแผ่นเหลว และความเป็นกรดของสารละลายสตริป พบว่าอัตราการไหล 100 มิลลิลิตรต่อนาที (ความเร็ว 85.7 เมตรต่อชั่วโมง) เหมาะสมในการต้านทานชั้นฟิล์มระหว่างวัฏภาคได้ โดยสังกะสีสามารถสกัดได้ในช่วงความเป็นกรด-ด่าง 1.5-5.0 และจะให้ค่าการสกัดสูงสุดที่ความเป็นกรด-ด่าง 3.5 ขณะที่ทองแดงเริ่มสกัดได้เมื่อความเป็นกรด-ด่างเป็น 3.0 และให้ค่าการสกัดสูงสุดที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.1 จากการทดลองที่ความเป็นกรด-ด่าง 2.5 จะให้สัมประสิทธิ์การแยก (Separation factor) ระหว่างไอออนสังกะสีกับทองแดงสูงสุด โดยความเข้มข้นของสารสกัด TOPS-99 ในสารละลายเยื่อแผ่นเหลวมีค่า 100 mol/m^3 และความเข้มข้นของสารละลายสตริปมีค่า 900 mol/m^3 เป็นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดและนำกลับ

1.3 วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสกัดและนำกลับโลหะแบบคัดเลือกของโลหะทองแดงและโครเมียมจากสารละลายโลหะผสม โดยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวงที่มีสารสกัดละลายในตัวทำละลายเคโรซีน ซึ่งใช้สารสกัด LIX 84-I ในการสกัดทองแดง และสารสกัดอะลิควอตใช้ในการสกัดโครเมียม
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสกัดและนำกลับสารละลายโลหะผสม เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้เยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง ได้แก่
   - 2.1 ค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลายป้อน
   - 2.2 ความเข้มข้นของสารสกัด LIX 84-I ในตัวทำละลายเคโรซีน ซึ่งใช้ในการสกัดทองแดงในโมดูลเส้นใยกลวงคอลัมน์ที่หนึ่ง
   - 2.3 ความเข้มข้นของสารสกัดอะลิควอตในตัวทำละลายเคโรซีน ซึ่งใช้ในการสกัดโครเมียมในโมดูลเส้นใยกลวงคอลัมน์ที่สอง
   - 2.4 ความเข้มข้นของสารละลายกรดซัลฟูริก ซึ่งใช้ในการนำกลับทองแดงในโมดูลเส้นใยกลวงคอลัมน์ที่หนึ่ง

2.5 ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งใช้ในการนำกลับโครเมียมในโมดูลเส้นใยกลวงคอลัมน์ที่สอง

2.6 จำนวนรอบในการผ่านโมดูลเส้นใยกลวง

3. เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนากระบวนการสกัดและนำกลับโลหะให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นไป

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1. ศึกษาการสกัดและนำกลับโลหะทองแดงและโครเมียมจากสารละลายโลหะผสมด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง โดยใช้สารสกัดละลายในตัวทำละลายเคโรซีนเคลือบฝังภายในรูพรุนจุลภาคของเยื่อแผ่น ซึ่งสารสกัด LIX 84-I ใช้ในการสกัดโลหะทองแดง และสารสกัดอะลิควอตใช้ในการสกัดโลหะโครเมียม การปฏิบัติการเป็นแบบไหลสวนทางกัน
2. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อการสกัดและนำกลับสารละลายโลหะผสมด้วยเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง

   2.1 ผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในสารละลายป้อนในช่วง 1.5-4

   2.2 ผลของความเข้มข้นของสารสกัด LIX 84-I ในช่วง 1-4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

   2.3 ผลของความเข้มข้นของสารสกัดอะลิควอตในช่วง 1-5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

   2.4 ผลของความเข้มข้นของสารละลายสตริปกรดซัลฟูริกในช่วง 0.1-2 โมลต่อลิตร

   2.5 ผลของความเข้มข้นของสารละลายสตริปโซเดียมไฮดรอกไซด์ในช่วง 0.1-2 โมลต่อลิตร

   2.6 ผลของจำนวนรอบในการผ่านโมดูลเส้นใยกลวง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงวิธีการและกลไกการสกัดโลหะจากสารละลายโลหะผสม โดยใช้เทคนิคเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง
2. ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการสกัดและนำกลับโลหะจากสารละลายโลหะผสมโดยใช้เทคนิคเยื่อแผ่นเหลวที่พยุงด้วยเส้นใยกลวง เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับงานวิจัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. สามารถนำข้อมูลและผลการวิจัยที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม เพื่อนำกลับโลหะมาใช้ใหม่หรือบำบัดน้ำทิ้งก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งตรงตามแนวทางของเทคโนโลยีสะอาด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย