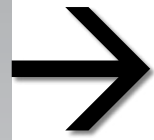
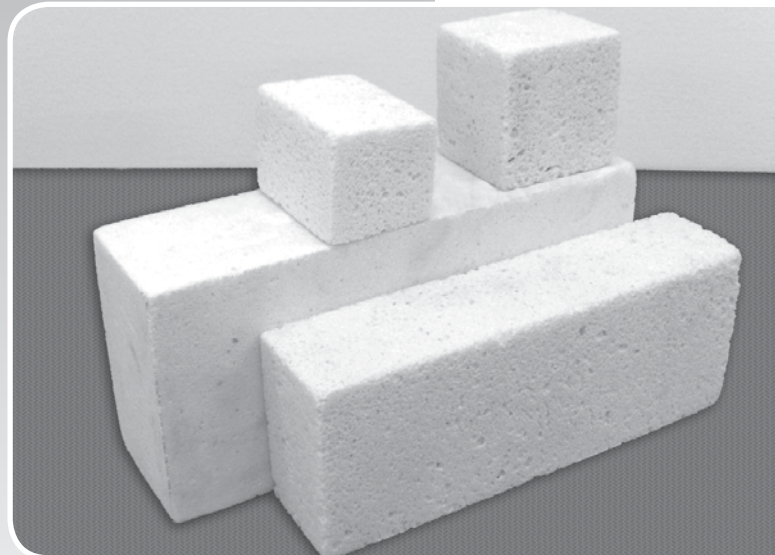


การสกัดแยกเงินจากของทิ้ง ในห้องปฏิบัติการ



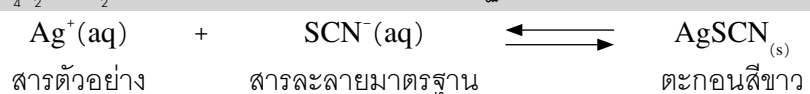
วีระ สอนโรตง

เงินเป็นธาตุในกลุ่มโลหะหนัก เป็นโลหะที่มีผิวเป็นมันวาว มีความหนาแน่น 10.5 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร และจุดหลอมเหลว 960 องศาเซลเซียส โลหะเงินไม่ทำปฏิกิริยากับอาหารและกรดอินทรีย์ ด้วยเหตุนี้เงินจึงนำไปใช้ทำเครื่องประดับ งานชุบเงิน เครื่องใช้ในครัวเรือนต่างๆ เงินตรา และใช้ผสมกับโลหะอื่นๆ ทำเหรียญต่างๆ เป็นต้น นอกจากนี้เงินมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีที่สุด จึงมีการนำเงินไปใช้เป็นตัวคอนแทคท์ในอุตสาหกรรมไฟฟ้า หลอดในกลักฟิวส์และหน้าสัมผัสในงานไฟฟ้า รวมไปถึงเครื่องวัดด้วยแสงที่ต้องการความเที่ยงตรงของสเกล เช่น กล้องโทรทรรศน์ กล้องทีโอโดไลต์ (สำหรับวัดมุมและระดับในงานก่อสร้าง) เป็นต้น

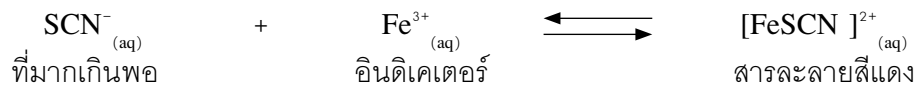


เนื่องจากกลุ่มงานทดสอบโลหะและธาตุปริมาณน้อย โครงการเคมี มีหน้าที่ในการทดสอบโลหะ โลหะผสม

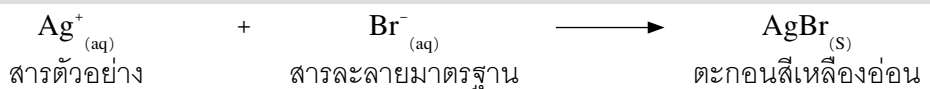
และธาตุปริมาณน้อยในตัวอย่างประเภทต่างๆ เช่น ทองคำ เงิน ทองแดง อะลูมิเนียม เหล็ก สังกะสี ฯลฯ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะเงิน ที่ถูกค้าส่งมาให้ทดสอบอย่างสม่ำเสมอได้แก่ เครื่องประดับ เครื่องราชอิสริยาภรณ์ วิธีทดสอบปริมาณเงินของห้องปฏิบัติการ ในอดีตจะใช้วิธีการวิเคราะห์โดยวิธีของโวลฮาร์ด (Volhard's Method) ซึ่งเป็นการไทเทรตแบบตกตะกอนโดยใช้สารละลายมาตรฐานไทโอไซยาเนตไอออน (SCN^-) เป็นตัวไทเทรนต์เพื่อหาปริมาณของซิลเวอร์ไอออนในสารละลาย โดยมีสารละลายแอมโมเนียมไธโอไซยาเนต ($\text{FeNH}_4(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) เป็นอินดิเคเตอร์ สมการของปฏิกิริยาสามารถแสดงได้ดังนี้



หลังจากที่ไทโอไซยาเนต (SCN^-) ทำปฏิกิริยาอย่างสมบูรณ์กับ Ag^+ ไทโอไซยาเนตไอออน (SCN^-) ที่มากเกินไปเพียงเล็กน้อย จะทำปฏิกิริยากับ Fe^{3+} ให้สารละลายสีแดงซึ่งแสดงถึงจุดยุติ (end point) ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้



เนื่องจากในสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง Fe^{3+} จะตกตะกอนเป็นไฮดรอกไซด์ได้ ดังนั้นสารละลายที่นำมาไทเทรตจะต้องมีฤทธิ์เป็นกรด วิธีนี้มีข้อเสียที่การมองจุดยุติอาจมีความคลาดเคลื่อนได้เพราะใช้สายตามนุษย์ ปัจจุบันห้องปฏิบัติการได้นำเทคโนโลยีและเครื่องมือเข้ามาแทนที่การวิเคราะห์แบบเดิม โดยใช้เครื่องวิเคราะห์หาปริมาณเงินแบบอัตโนมัติ กล่าวคือเป็นการไทเทรตโดยการวัดความต่างศักย์ที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเมื่อใช้สารละลายโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) เป็นไทเทรนต์ทำปฏิกิริยากับซิลเวอร์ไอออนในสารละลายตัวอย่าง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นดังนี้



เนื่องจากจุดยุติของปฏิกิริยาหาได้จากการวัดค่าศักย์ไฟฟ้า เครื่องจะทำการพลอต (plot) ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ได้กับปริมาณของสารละลายโพแทสเซียมโบรไมด์ (KBr) ที่ใช้ จุดที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าศักย์ไฟฟ้าอย่างฉับพลันจะเป็นจุดสมมูล ซึ่งวิธีนี้ให้ผลถูกต้องแม่นยำกว่าการใช้อินดิเคเตอร์และมองจุดยุติด้วยตาเปล่า

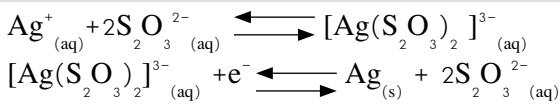


เมื่อการวิเคราะห์จากทั้งสองวิธีที่กล่าวมาข้างต้นสิ้นสุดลงจะได้สารละลายและตะกอนของซิลเวอร์ไทโอไซยาเนต (AgSCN) หรือซิลเวอร์โบรไมด์ (AgBr) เป็นผลิตภัณฑ์ โดยที่ห้องปฏิบัติการจะเก็บสารละลายและตะกอนไว้เพื่อรอการกำจัดต่อไป จากการศึกษาเอกสารทางวิชาการพบว่าสามารถนำของเสียเหล่านี้ไปผ่านกระบวนการเพื่อแยกโลหะเงินให้บริสุทธิ์และสามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ เพื่อช่วยลดปัญหาทางสิ่งแวดล้อม ลดต้นทุนในการกำจัดของเสีย ตลอดจนได้องค์ความรู้ในการแยกโลหะเงินซึ่งสามารถนำไปถ่ายทอดให้ผู้ประกอบการต่อไปได้

จากกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบของห้องปฏิบัติการ ตะกอนเงินที่ได้ยังมีวัตถุอื่น ๆ เจือปนอยู่ด้วย ดังนั้นการแยกโลหะเงินออกมา จึงจำเป็นต้องหาวิธีแยกธาตุที่เจือปนกับโลหะเงินเหล่านั้นออกเสียก่อน วิธีการแยกเงินออกมาจากตะกอนทำได้โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าและการหลอมโดยตรง วิธีทำให้ตะกอนซิลเวอร์โบรไมด์เปลี่ยนเป็นโลหะเงินบริสุทธิ์โดยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้าทำได้ ซึ่งน้ำหนักตะกอนของซิลเวอร์โบรไมด์ (AgBr) 7.2 กรัม แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (NH_4OH) 62 กรัม และโซเดียมไทโอซัลเฟต ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) 86.8 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นปริมาตรเป็น 1 ลิตร ต่อแผ่นสแตนเลสกับขั้วลบ และต่อแท่งคาร์บอนกับขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแบบกระแสตรงแล้วนำแผ่นสแตนเลสและแท่งคาร์บอนจุ่มลงไปนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่เตรียมไว้ ปรับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงให้เป็น 0.017 โวลต์ ในระหว่างนี้ควรที่จะกวบนสารละลายไปด้วย อย่างไรก็ตาม

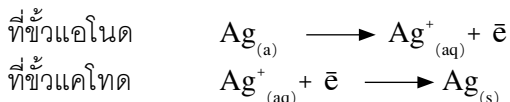
ถ้าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงเกินไป จะทำให้เกิดปฏิกิริยาที่จะเปลี่ยนไอออนของเงินและไทโธซัลเฟตในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ให้กลายเป็นซิลเวอร์ซัลไฟด์ (Ag₂S) ขึ้นแทนที่โลหะเงิน ดังนั้นควรลดค่าความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าลงเมื่อทำการแยกไปได้ระยะหนึ่ง สิ่งที่เกิดขึ้นเห็นได้เมื่อความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าสูงเกินไปคือเริ่มมีตะกอนสีดำมาเกาะที่แผ่นขั้วแคโทดแทนที่จะเป็นสีขาวนวล

ระบบที่เกิดขึ้นแสดงสมการเคมีได้ดังนี้



จากวิธีที่กล่าวมาข้างต้นพบว่าประสิทธิภาพในการแยกตะกอนของซิลเวอร์โบรไมด์ไม่ได้ 100% ตลอดจนใช้เวลานานและสิ้นเปลืองทั้งสารเคมีและค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงมากเมื่อเปรียบเทียบกับปริมาณเงินที่แยกออกมาได้

วิธีการแยกเงินโดยการหลอมโดยตรงทำได้โดย นำตะกอนของซิลเวอร์โบรไมด์ (AgBr) ที่แห้งใส่ในภาหหลอม จากนั้นเติมโซเดียมคาร์บอเนต (Na₂CO₃) ลงไปผสมด้วยในปริมาณเท่ากับน้ำหนักตะกอนที่แห้ง เพื่อช่วยให้เงินที่หลอมแยกออกมาจากสารมลทินได้ง่าย และช่วยให้การจับตัวเป็นก้อนของเงินดีขึ้น คุณภูมิที่ใช้หลอมต้องสูงกว่า 1,200 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อให้โลหะเงินเหล่านั้นแยกตัวออกมาจากสารมลทินรวมตัวกันเป็นโลหะเงิน ในขณะที่โลหะนั้นอยู่ในกระบวนการการหลอมละลาย เราสามารถกำจัดสารมลทินที่เป็นสารผสมระหว่างออกไซด์หรือซัลไฟด์ของโลหะต่างๆ โดยการทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ด้วยการพ่นออกซิเจนเข้าไปในเตาหลอมเพื่อไล่สารมลทินดังกล่าว โลหะเงินที่ได้จากกระบวนการหลอมยังมีความบริสุทธิ์ไม่มากนักถ้าต้องการทำเงินให้บริสุทธิ์มากขึ้นต้องนำเงินนี้ไปทำกระบวนการอิเล็กโทรไลซิสอีกครั้งโดยให้แท่งเงินนี้เป็นขั้วแอโนด (Anode) หรือขั้วบวกและใช้แผ่นสแตนเลส 316 (ทนการกัดกร่อน) หรือใช้แท่งคาร์บอนเป็นขั้วแคโทด (Cathode) จุ่มอยู่ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ การเปลี่ยนแปลงจะเกิดขึ้นเมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าแบบกระแสตรงที่มีศักย์ไฟฟ้าที่เหมาะสมลงไป ในสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นที่ขั้วแอโนด (Anode) และแคโทด (Cathode) เกิดปฏิกิริยาดังนี้



ซึ่งในขณะที่เกิดปฏิกิริยาเหล่านี้ในสารละลายจะสามารถสังเกตเห็นการสะสมของโลหะเงินที่ขั้วแคโทด จากนั้นนำโลหะเงินที่เกาะอยู่ที่ขั้วแคโทดไปหลอมรวมให้เป็นเนื้อเดียวกันต่อไป

เมื่อเราทำการแยกเงินด้วยหลักการทางเคมีไฟฟ้า ความเข้มข้นของซิลเวอร์ไอออนในสารละลายอิเล็กโทรไลต์จะลดน้อยลงก็จะไม่สามารถแยกเงินออกมาได้อีก ควรนำเอาสารละลายอิเล็กโทรไลต์นี้ไปทำรีเวอร์สออสโมซิส วิธีรีเวอร์สออสโมซิสนี้จะใช้เยื่อซีมผ่านเป็นการแยก ซึ่งเยื่อนี้มักจะทำมาจากเซลลูโลสอะซิเตต (cellulose acetate) เนื่องจากรูพรุนบนเยื่อซีมผ่านนี้มีขนาดเล็กมาก ดังนั้นโมเลกุลที่มีขนาดใหญ่จะถูกแยกออกได้ ซึ่งลักษณะการแยกแบบนี้คล้ายกับการแยกโดยใช้ตะแกรงร่อน (sieve) ซึ่งเยื่อนี้สามารถแยกพวกเกลือและสารอินทรีย์ออกได้ 100% สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ได้จะมีความเข้มข้นเพิ่มขึ้นพอที่จะสามารถแยกเงินออกได้อีกโดยการทำอิเล็กโทรไลซิสอีกครั้ง

การนำตะกอนของซิลเวอร์โบรไมด์ที่ได้จากกระบวนการวิเคราะห์ทดสอบของห้องปฏิบัติการมาทำให้เป็นโลหะเงินด้วยวิธีการหลอมที่อุณหภูมิสูง และทำให้โลหะเงินมีความบริสุทธิ์มากขึ้นด้วยเทคนิคทางเคมีไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

Jeffery, G.H., et al. **Vogel's textbook of quantitative chemical analysis**. 5th ed. New York : Longman Scientific & Technical, 1989. p 353-354.

ชวลิต เชียงกุล. **โลหะวิทยา**. กรุงเทพฯ : สยามคสมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2542, หน้า 137.

ศุภชัย ใช้เทียมวงศ์. **เคมีวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548, หน้า 311-313.

_____. **ปฏิบัติการเคมีปริมาณวิเคราะห์**. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543, หน้า 99-101.

อนันต์ ทองมอญ. **ชุบโลหะด้วยไฟฟ้า**. กรุงเทพฯ : สำนักงานอุตสาหกรรม, 2547, หน้า 12-13.