การแยกสกัด และการทำโลหะเงินและทอง จาก SCRAP ให้บริสุทธิ์





เอกสารขณะการประกวด
ผลงานทางวิชาการดีเด่นประจำปี พ.ศ. 2538
ประเภท บทความ
รางวัลที่ 3

C.2
ป 452 ก
2537

ปราโมทย์ ภูพานทอง

กองโลหกรรม กรมทรัพยากรธรณี

2537

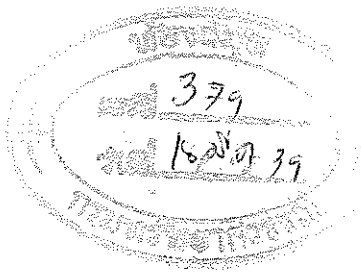
สารบัญ

	หน้า
รายการรูปประกอบ.....	I
คำนำ.....	1
RECOVERING AND REFINING VALUES	
FROM SECONDARY SOURCES.....	3
RECOVERING SILVER	
ขั้นตอนการแยกเงินจาก Scrap.....	5
Refining silver.....	9
GOLD AND COPPER ALLOY	
Refining gold-copper alloys.....	10
Precipitation gold with copperas.....	14
GOLD SCRAP:SPECIAL CASES	
Green gold Scrap.....	19
Low grade scrap.....	19
Gold scrap containing lead solder.....	20
White gold.....	21
Precious metals combined with emery or carborundum...	22
Green gold and platinum combinations.....	22
Various basic and acidic solutions.....	23
สรุป.....	26
เอกสารประกอบเรื่อง.....	27

C.2
ป 452 ก

920

ห้องสมุดกรมทรัพยากรธรณี
DMR Library
0920 0000002849



รายการรูปประกอบ

หน้า

รูปที่ 1 ขั้นตอนการแยกเงินจาก Sterling silver scrap..... 28
รูปที่ 2 การหลอม Scrap และเทให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ..... 28
รูปที่ 3 การรีด Scrap ให้เป็นแผ่นบาง ๆ..... 29
รูปที่ 4 การแยกสกัด Sterling silver scrap..... 29
รูปที่ 5 การกรองสารละลายหลังจากการกัดด้วยกรด HNO_3..... 30
รูปที่ 6 การกรองตะกอน AgCl ด้วย Buchner funnel..... 30
รูปที่ 7 Crucible furnace สำหรับหลอม AgCl เพื่อเปลี่ยนเป็นโลหะเงิน 31
รูปที่ 8 การเตรียม AgCl เพื่อเปลี่ยนให้เป็น Ag..... 31
รูปที่ 9 การเปลี่ยน AgCl ใหเป็น Ag โดยวิธี Reduction with Zn.... 32
รูปที่ 10 การหลอมผงเงินที่ได้จากขั้นตอน Reduction with Zn..... 32
รูปที่ 11 ขั้นตอนการแยกสกัดทองจาก Gold-Copper alloys..... 33
รูปที่ 12 การตรวจสอบค่า kt หรือเปอร์เซ็นต์ทอง..... 33
รูปที่ 13 การต้มไล่กรด HNO_3 ที่เหลือในสารละลายที่แยกสกัดทองจาก Scrap 34
รูปที่ 14 การเจือจางสารละลายทองด้วยน้ำร้อน..... 34
รูปที่ 15 การตกตะกอนทองจากสารละลายทองโดยใช้ Copperas..... 35
รูปที่ 16 การล้างตะกอนทองขั้นตอนสุดท้ายและทำให้แห้ง..... 35
รูปที่ 17 การหลอมผงทองและเทลงแบบ..... 36
รูปที่ 18 การตกตะกอนทองโดยวิธีใช้ก๊าซ SO_2..... 36
รูปที่ 19 การลอกทองโดยวิธีไฟฟ้า..... 37
รูปที่ 20 การแยกสกัดทองจากเศษผสมทองและแพลตินัมโดยวิธีไฟฟ้า.....
ทองจะแยกออกมาเกาะที่ขั้วลบ..... 37
รูปที่ 21 การแยกสกัดทองจากเศษผสมทองและแพลตินัมโดยวิธีไฟฟ้า.....
ทองจะละลายออกมาในสารละลาย..... 38
รูปที่ 22 การแยกสกัดทองออกจากสารละลายโดยวิธีไฟฟ้า..... 38

หน้า

รูปที่ 23 การทดสอบสารละลายว่าเป็นแอมโมเนียหรือไซยาไนด์..... 39

รูปที่ 24 การถ่ายตะกอนที่มีประมาณน้อย ๆ ใส่ภาชนะอื่นเพื่อนำไปทำ 39
ขั้นตอนต่อ ๆ ไป.....

คำนำ

เอกสารนี้เป็นผลงานที่รวบรวมจากประสบการณ์ของผู้เขียนหลาย ๆ ท่านในการแยกสกัดโลหะมีค่าและทำให้บริสุทธิ์ โดยเฉพาะจาก Secondary sources เช่น เศษเครื่องประดับ เศษอิเลคโทรนิค ฟิล์มเก่า น้ำยาชุบที่หมดสภาพ เป็นต้น

ข้อมูลทั้งหมดในเอกสารนี้ประกอบด้วยวิธีการใช้งานที่ง่ายต่อการเข้าใจ และสามารถทำได้ด้วยตัวเอง ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลทั่วไป หรือแม้แต่นักเคมีเองที่สนใจในงานด้านนี้ ส่วนสูตรทางเคมี หรือปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นจะไม่อธิบายในรายละเอียด เนื่องจากในส่วนนี้ถ้าผู้อ่านสนใจก็สามารถหาอ่านได้ตามตำราเคมีทั่ว ๆ ไปได้ วัตถุประสงค์หลักของเอกสารนี้เพื่อสอนให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงวิธีการต่าง ๆ ในการแยกสกัด การทำให้บริสุทธิ์และการทดสอบโลหะมีค่าในรูปแบบตามแต่ละชนิดของโลหะมีค่านั้น ๆ โดยมีผลออกมาเป็นโลหะมีค่าเหล่านั้นจริง ๆ ผู้อ่านจะได้ทราบถึงทั้งการวิเคราะห์คุณภาพและปริมาณ ตลอดจนการทดสอบและแยกชนิดทั้งทางกลและทางเคมี

ในด้านการวิเคราะห์คุณภาพ (Qualitative analysis) จะประกอบด้วยการทดสอบให้ได้ว่าตัวอย่างที่ไม่ทราบนั้นคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง ในทางปฏิบัติต้องมีการวางขั้นตอนในการทดสอบก่อน ยกตัวอย่างเช่น เมื่อมีสารละลายที่ไม่ทราบว่าเป็นกรดหรือด่างจะต้องทดสอบด้วยกระดาษ litmus ก่อน หรือในกรณีที่มีโลหะสีเทาค่อนข้างหนัก เมื่อต้องการทดสอบว่าเป็นอะไร จะเริ่มต้นโดยการต้มในน้ำถ้าไม่มีอะไรเกิดขึ้น ก็เปลี่ยนไปต้มในกรด HNO_3 ถ้ายังไม่มีปฏิกิริยาอะไรเกิดขึ้นก็เปลี่ยนไปต้มในกรดกัดทอง ถ้ามีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นแสดงว่าโลหะนั้นอยู่ในกลุ่มของแพลตินัม และสามารถนำสารละลายที่ได้ไปทดสอบด้วยสารเคมีต่าง ๆเพื่อบ่งชี้ถึงชนิดของโลหะได้

ในด้านการวิเคราะห์ปริมาณ (Quantitative analysis) เราทราบ

แล้วว่าสิ่งที่สงสัยนั้นคืออะไร แต่ไม่ทราบว่ามีปริมาณเท่าไร วิธีการนี้จะง่ายและใช้เวลาน้อยกว่า ดังตัวอย่างของโลหะผสมระหว่างทองและเงิน เงินจะละลายในกรด HNO_3 เมื่อเงินละลายหมด ล้างตะกอนที่เหลือ อบให้แห้งและชั่งน้ำหนัก เทียบกับน้ำหนักเริ่มต้น ก็จะทราบเปอร์เซ็นต์ของทองและเงินในโลหะผสมนั้น

Physical chemistry ก็จัดเป็นส่วนหนึ่งของงาน เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์ ซึ่งเกี่ยวเนื่องกับปฏิกิริยาเคมี และขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ ในส่วนประกอบทางเคมี มีปฏิกิริยาเคมี-ฟิสิกส์ และฟิสิกส์-เคมี จำนวนมากที่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้โดยง่าย มีเพียงส่วนน้อยที่อาจจะเข้าใจยาก อย่างไรก็ตามแม้ว่ารายละเอียดในด้านปฏิกิริยาเคมีหรือฟิสิกส์จะไม่ได้อยู่ในขอบข่ายของเอกสารฉบับนี้ แต่ผู้เขียนก็พยายามอธิบายให้ผู้อ่านได้เข้าใจถึงปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

เอกสารชนะการประกวด
ผลงานทางวิชาการดีเด่นประจำปี พ.ศ. 2538
ประเภท บุคคลทั่วไป
รางวัลที่ 3

RECOVERING AND REFINING VALUES FROM SECONDARY SOURCES

Secondary sources ประกอบด้วยเศษเครื่องประดับ ชิ้นส่วนอิเลคโทรนิค เหรียญเก่า และน้ำยาชุบที่หมดสภาพแล้ว

สิ่งแรกที่ควรรู้คือความหมายของคำต่าง ๆ เหล่านี้ ได้แก่ Electrowinning Extraction Parting และ Refining

Electrowinning ปกติจะใช้คู่กับ Parting และ Extraction ประกอบด้วยการผลักดันโลหะที่ใช้เป็นขั้วบวกซึ่งเป็นโลหะไม่บริสุทธิ์หรือโลหะผสมให้กลายเป็นไอออนของโลหะละลายในสารละลายที่มีสภาพเป็นกรดหรือด่าง และบังคับให้ไอออนของโลหะที่ต้องการกลายเป็นโลหะเกาะที่ขั้วลบ ซึ่งขั้วลบอาจจะเป็นชนิดเดียวกับโลหะที่ต้องการหรืออาจจะเป็นโลหะที่ไม่มีปฏิกิริยากับสารเคมีใดๆเลย เรียกว่า Inert ซึ่งขบวนการนี้ก็ยังไม่นับว่าเป็น Electrowinning ที่แท้จริง แต่เป็น Purifying process หรือขบวนการที่ทำให้บริสุทธิ์

ส่วน Extraction และ Parting จะใช้ดังต่อไปนี้คือ สมมุติว่ามี Yellow gold ซึ่งเป็นโลหะผสมของทองและทองแดง เมื่อทำการแยกโลหะทั้งสองชนิดออกจากกันจะเรียกว่าเป็นการ Extract ทองจากทองแดง หรือ Extract ทองแดงออกจากทองก็ได้ และเมื่อโลหะทั้งสองถูกแยกออกจากกันแล้วจะเรียกว่า Part เมื่อต้องการให้แต่ละ Part บริสุทธิ์ จะต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ขึ้นหรือ Refining

ถ้ามีโลหะทอง เงิน ปนอยู่กับปรอท เมื่อต้องการแยกโลหะมีค่าออกจากปรอทจะใส่โลหะใน Retort เพิ่มความร้อนจนถึงจุดที่ปรอทจะกลายเป็นไอระเหยออกไปจากโลหะผสม ผ่านเข้าเครื่องควบแน่นเปลี่ยนเป็นโลหะปรอทเหมือนเดิม ในขณะที่โลหะทองและเงินยังอยู่ในสภาพของแข็งอยู่ใน Retort หรือถ้าต้องการให้ปรอทจับโลหะทองที่เป็นผงละเอียด เช่น จากการร่อนแร่ ก็สามารถทำได้

โดยการผ่านปรอทไปบนตัวอย่างเพียงครั้งเดียว ปรอทจะดูดผงทองทั้งหมดได้โดยง่าย และในการกลั่นแยกปรอทจากทอง เมื่อทำการกลั่นหลาย ๆ ครั้งจะทำให้ปรอทบริสุทธิ์มากขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นสารเคมี Ar.grade ได้

ตัวอย่าง Scrap ที่ใช้ทั้งหมด ซึ่งจะกล่าวต่อไป จะไม่มีความยุ่งยากในการแยกสกัดโลหะออกจากกัน หรือตกตะกอนแยกตัวใดตัวหนึ่งออกจากกัน และในการทำแต่ละครั้งจะไม่ใช้ Scrap คราวละมาก ๆ แต่จะแบ่งเป็นส่วน ๆ แยกทำทีละชุดซึ่งจะสะดวกและปลอดภัยกว่า เมื่อผู้อ่านทำจนมีความชำนาญแล้วจะเพิ่มปริมาณให้มากตามต้องการได้

RECOVERING SILVER

การแยกเงินจากเศษโลหะเงิน ซึ่งมีความบริสุทธิ์ 20% เศษโลหะเงินที่ใช้นี้เป็น Clean sterling silver scrap คือมีส่วนผสมระหว่างเงินและทองแดงเท่านั้นไม่มีสารอินทรีย์ หรือโลหะอื่นเจือปน

ขั้นตอนการแยกเงินจาก Scrap (รูปที่ 1)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียม Silver scrap สำหรับการกัดด้วยกรด HNO_3 จะต้องให้ Scrap มีพื้นที่ผิวสัมผัสกับกรดมากที่สุด จึงควรทำเป็นเม็ดเล็ก ๆ หรือรีดให้เป็นแผ่นบาง ๆ

การทำให้เป็นเม็ด (รูปที่ 2) เริ่มจากหลอม Scrap ในเบ้าโดยใช้ไฟเป่า แล้วเทน้ำโลหะลงในน้ำเย็น โดยจับเบ้าให้สูงเหนือถังน้ำเย็น 3-4 ฟุต เคลื่อนเบ้าเป็นวงกลมขณะเท ในถังน้ำเย็นจะใส่ทรายสะอาดไว้ข้างล่างเพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดเงินเกาะติดกัน

การรีดเป็นแผ่นบาง ๆ (รูปที่ 3) โดยการอบหรือเผา Scrap ให้ร้อนแดงแล้วนำไปผ่านเครื่องรีดให้บางและหมุนเป็นเกลียว เรียกว่า Cornet

ขั้นตอนที่ 2 การสกัด Silver scrap

1) ใส่เม็ดเงินหรือเงินที่รีดบางแล้วในขวดแก้วรูปชมพู่

2) ใช้สารละลายกรด HNO_3 เจือจางด้วยน้ำกลั่น อัตราส่วน 1 ต่อ 1 เติมให้ท่วม Scrap

3) ตั้งขวดแก้วรูปชมพู่บนเครื่องกวนสารละลายระบบแม่เหล็กให้ร้อนในตัว เริ่มให้ความร้อนและกวนสารละลายด้วยความเร็วต่ำ ๆ จะเกิดปฏิกิริยาระหว่าง HNO_3 และ Cu ให้ควันสีน้ำตาลแดงของก๊าซ NO_2 ซึ่งเป็นอันตรายจึงควรทำในตู้ดูดควันพิษ(รูปที่ 4) เมื่อปฏิกิริยาเกิดสมบูรณ์แล้ว สารละลายจะเปลี่ยนเป็นสี

เขียวอมน้ำเงิน ซึ่งเป็นสีของทองแดง ตรวจสอบดูว่าโลหะละลายหมดหรือไม่ ถ้ายังมีเศษโลหะอยู่ให้เทสารละลายออก และเติมสารละลายกรด HNO_3 และน้ำกลั่นอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ลงในเศษโลหะที่เหลือจนกระทั่งละลายหมด เติมน้ำกลั่นในสารละลายแล้วรวมเข้ากับสารละลายครั้งแรก กรอง ถ้ามีตะกอนให้อบแห้ง

เพื่อป้องกันมิให้สิ้นเปลืองกรด ควรจะเริ่มจากการเติมทีละน้อย จนกระทั่งเกิดปฏิกิริยา หรืออาจจะทดสอบโดยการเติม Silver scrap ลงเล็กน้อย เพื่อดูว่ายังมีกรดเหลืออีกหรือไม่ ถ้าไม่มีการละลายก็แสดงว่ากรดถูกใช้หมดแล้ว กรองเอา Scrap ออกไปใช้ครั้งต่อไป (รูปที่ 5) ได้สารละลายสีเขียวอมน้ำเงินที่ประกอบด้วยไอออนบวก หรือ Cation และสีของสารละลายคือสีของ Cu^{+2} ส่น Ag^+ จะไม่มีสี

ขั้นตอนที่ 3 การตกตะกอน Ag^+ ในรูปของ AgCl

โดยการเจือจางสารละลายสีเขียวอมน้ำเงิน ด้วยน้ำประปา 3 เท่าโดยปริมาตร เติม NaCl หรือ HCl แล้ว Ag^+ ในสารละลายจะเริ่มแยกออกมาเป็นตะกอนสีขาว ปล่อยให้ตกตะกอนเป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้วรินน้ำใสไปทดสอบโดยการเติม HCl 2-3 หยด ถ้าไม่มีตะกอนขาวอีกแล้ว แสดงว่า Ag^+ ในสารละลายตกตะกอนออกมาหมดแล้วทิ้งค้างคืนให้ตะกอนนอนก้น ถ้าการทดสอบพบว่ามีตะกอนขุ่นให้เติม NaCl หรือ HCl เพิ่ม และทดสอบซ้ำจนแน่ใจว่า Ag^+ ตกตะกอนหมดแล้วทิ้งค้างคืนให้ตะกอนนอนก้น

ในขั้นตอนที่ 3 นี้การเจือจางสารละลายจะใช้น้ำประปา แต่ในขั้นตอนที่ 2 การสกัด Silver Scrap ต้องใช้น้ำกลั่น ใช้น้ำประปาไม่ได้ เนื่องจากในน้ำประปามีคลอรีน อาจจะทำให้เกิดการตกตะกอนของ AgCl เกาะที่ผิวของ Scrap และ AgCl นี้ไม่ละลายในกรด HNO_3 เมื่อมาเกาะที่ผิวของ Scrap จะทำให้ปฏิกิริยาไม่ดำเนินต่อไป เหตุผลอีกประการที่เลือกใช้น้ำประปาในขั้นตอนที่ 3 คือ คลอรีนเป็นสารที่ทำให้เกิดการตกตะกอนของ Ag^+ ฉะนั้นยิ่งปริมาณคลอรีนในน้ำมีมาก ก็

ยิ่งเป็นผลดีต่อการตกตะกอนเป็น AgCl

ขั้นตอนที่ 4 การแยก AgCl จากสารละลายที่มี Cu^{+}

การแยกตะกอน AgCl ทำได้โดยการรินน้ำใสทิ้ง หรือใช้วิธีกาลักน้ำ ให้น้ำออกมากที่สุด จากนั้นใช้น้ำสะอาดล้างตะกอน ควรล้างด้วยน้ำร้อน เพื่อกำจัด $PbCl_2$ กรองด้วย Buchner furnel (รูปที่ 6)

ขั้นตอนที่ 5 การเปลี่ยน AgCl เป็น Ag

การเปลี่ยน AgCl เป็น Ag ทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่แพร่หลายได้แก่ Direct reduction Reduction with Zinc และ Reduction with Iron

1. Direct reduction

อบตะกอน AgCl ให้แห้ง ผสม Reduction flux ปริมาตรเท่า ๆ กัน ได้แก่ Borax Lead free glass และ Soda ash นำส่วนผสมทั้งหมดใส่เบ้าแกรไฟต์โดยระวังอย่าให้มีปริมาณมากกว่าครึ่งเบ้า หลอมใน Crucible furnace (รูปที่ 7) โดยให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ส่วนผสมในเบ้าจะเดือดเกิดฟอง และอาจจะล้นเบ้าได้ ต้องคอยระวังและลดความร้อนลง เมื่อส่วนผสมในเบ้ายุบตัวลง แล้วให้เติมส่วนผสมเพิ่มอีกและเพิ่มความร้อนจนเดือด แล้วลดความร้อนลงเมื่อส่วนผสมจะล้นออกนอกเบ้า ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนมีส่วนผสมเป็น 3 ใน 4 ของเบ้า หยุดเติมส่วนผสม ให้เดือดและไม่มีฟองอีกแล้ว เทน้ำโลหะลงในแบบ รอให้แบบเย็นจึงเคาะออกจากแบบและใช้ฆ้อนเคาะเอาส่วนของ Slag ออก Slag ต้องมีลักษณะคล้ายแก้วสีน้ำตาลหรือสีออกเขียว ถ้า Slag เป็นสีเทาและเป็นจุดขาว ๆ แสดงว่า Reduction ยังไม่สมบูรณ์ สีขาวนั้นคือ AgCl สีเทาคือ flux ที่ยังไม่เกิดปฏิกิริยากับโลหะ ถ้าน่าส่วนนี้ไปบดและผสมกับ Flux บดละเอียดผสมน้ำปั้นเป็นก้อน ให้ความร้อนโดย Reducing flame จะได้โลหะเงินแยกออกมาเป็นเม็ดเล็ก ความบริสุทธิ์ของโลหะเงินที่ได้จากวิธี

Direct reduction นี้ไม่ค่อยแน่นอนนัก

2. Reduction with Zinc

วิธีนี้เป็นวิธีที่ค่อนข้างแพร่หลายเนื่องจากมีการสูญเสียโลหะเงินน้อยมาก ใส่ตะกอน AgCl ในถ้วยระเหยหรือถาดโดยเกลี่ยให้ตะกอนแผ่ออกให้ความหนาประมาณ 3/8 นิ้ว แล้วนำไปวางบนเตาย่างให้ความร้อน (รูปที่ 8) เติมสารละลาย H_2SO_4 เจือจางด้วยน้ำประปา 15-20 ส่วน คนให้ทั่วและปิดผิวหน้าของตะกอน AgCl เติม Zn ซึ่งจะเริ่มละลายในสารละลายกรด H_2SO_4 เกิดเป็นก๊าซ H_2 ในขณะที่ Zn ละลาย AgCl ที่สัมผัสกับ Zn จะถูกเปลี่ยนเป็น Ag ควรกวนตลอดเวลาเพื่อให้ทุกอนุภาคของ AgCl ได้สัมผัสกับ Zn ที่กำลังละลาย (รูปที่ 9) การทดลองพบว่า การแยกตะกอน AgCl หนัก 1 lb จะใช้ Zn 1/4-1/2 lb และ กรด H_2SO_4 เข้มข้น 1/2 lb เมื่อปฏิกิริยาเริ่มเกิดแล้วไม่จำเป็นต้องให้ความร้อน AgCl จะเปลี่ยนจากสีขาวเป็นเม็ดสีเทาคล้าย ๆ กับซีเมนต์เรียกว่า Cement silver ถ้านำเม็ดสีเทานี้ไปขัดถูจะเห็นชัดว่าเป็นโลหะเงินที่สุกใส ทดสอบจนแน่ใจว่าในสารละลายไม่มีตะกอนสีขาวเหลืออยู่แล้ว เทน้ำใสทิ้ง และเลือกเก็บ Zn ที่เหลืออยู่ออก เตรียมสารละลายกรด HCl หรือ H_2SO_4 1 ส่วน ผสมกับน้ำประปา 12 ส่วน เติมสารละลายกรดนี้ลงบน Cement silver กวนให้ทั่วปล่อยให้ตกตะกอนจนกระทั่งไม่มีฟองเกิดขึ้นแล้ว Zn ทั้งหมดละลายอยู่ในสารละลาย รินส่วนที่ใสทิ้งกรองตะกอนส่วนที่เหลือด้วย Buchner funnel และล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง อบให้แห้ง แล้วนำไปหลอมโดยผสมกับ Flux ได้แก่ Soda ash Borax และ Lead-free glass แล้วเทลงแบบ (รูปที่ 10)

3. Reduction with Iron

ถ้ามีตะกอน AgCl ในแต่ละครั้งไม่มากนัก เช่นประมาณ 3-4 oz. วิธีที่แนะนำคือ นำตะกอน AgCl ใส่ถาดเหล็ก เกลี่ยให้แผ่ทั่วถาด แล้ว

เติมสารละลายของกรด H_2SO_4 เจือจางด้วยน้ำ 15 เท่า ให้ท่วมตะกอน ขบวนการที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับการใช้ Zn แต่เกิดช้ากว่า และถาดเหล็กเมื่อใช้ไปหลาย ๆ ครั้ง จะเกิดการสึกและบางลงเรื่อย ๆ ในสารละลายสุดท้ายจะมี $FeSO_4$ ถ้าต้มให้ระเหย จะได้ผลึก Ferrous sulphate ($FeSO_4 . 7H_2O$) นำไปใช้ในการตกตะกอนทองจากสารละลาย Gold chloride ได้

Refining silver

ในการนำโลหะเงินให้บริสุทธิ์ สิ่งแรกที่ต้องทราบคือ ชนิดและความบริสุทธิ์ของเงิน วิธีที่จะทำให้บริสุทธิ์ที่นิยมกันมี 2 วิธีคือ การทำให้บริสุทธิ์โดยวิธีไฟฟ้า หรือ Moebius cell และการทำให้บริสุทธิ์ด้วยสารละลายเคมีหรือ Wet chemistry

ในการทำให้บริสุทธิ์ด้วยวิธีสารละลายเคมี อาจจะนำโลหะเงินที่ผ่านการแยกด้วยกรด HNO_3 จนกระทั่งได้เป็น Cement silver มาหลอมเป็นเม็ดและเริ่มละลายด้วยกรด HNO_3 ใหม่ จนกระทั่งได้เป็น AgCl เป็นครั้งที่ 2 จากนั้นนำตะกอน AgCl ละลายใน NH_4OH จนหมด กรองสารละลายด้วยกระดาษกรองละเอียดแยกสิ่งสกปรกออกแล้วตกตะกอน AgCl โดยการปรับสภาพให้เป็นกรดด้วยกรด HNO_3 เปลี่ยน AgCl ให้เป็น Cement silver เมื่อแห้งจะประกอบด้วย Ag 75% และ Cl 25%

อีกวิธีหนึ่งคือ นำ Cement silver จากขั้นตอนแรกมาละลายด้วยกรด HNO_3 แล้วตกตะกอนเป็น AgCl ซ้ำก่อนทำเป็น Cement silver ขบวนการละลายซ้ำไม่ว่าจะเป็นขั้นตอนใดก็ตามจะมีผลทำให้ความบริสุทธิ์สูงขึ้น

GOLD and COPPER ALLOY

การแยกสกัดทองจาก Yellow gold scrap หรือเศษทองคำเหลือง ซึ่งมีส่วนผสมคือ ทอง ทองแดง และเงิน โดยมีน้ำหนักและสีขึ้นอยู่กับปริมาณของทองแดงและเงิน การแยกสกัดทองจากโลหะอื่นจะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของทอง ถ้าทองมีความบริสุทธิ์สูงจะแยกสกัดยากขึ้น

ขั้นตอนการแยกสกัดทอง ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นการแยกสกัดทองจากโลหะทองแดงและเงิน

Refining gold-copper alloys (รูปที่ 11)

ขั้นตอนที่ 1 ต้องทราบก่อนว่า Scrap นั้นส่วนใหญ่เป็นทองเปอร์เซ็นต์เท่าไร โดยมีการกำหนดเป็นตัวเลขของ Kt หรือเค(กะรัต) เช่น 10kt 14kt เป็นต้น และมีส่วนผสมของโลหะชนิดใดบ้าง

ถ้าคูณค่าของ kt ด้วยตัวเลขแฟคเตอร์ 4.16 จะได้ปริมาณของทองเป็นเปอร์เซ็นต์ เช่น ทอง 14kt เมื่อคูณด้วย 4.16 จะได้ผลลัพท์ 58.24 นั่นคือในส่วนผสมมีทอง 58.24% และเป็นโลหะอื่น 41.76% ทอง 24kt คือทองบริสุทธิ์ 100% ถ้าคูณด้วย 4.16 ผลลัพท์คือ 99.84% ซึ่งถือเป็นทองบริสุทธิ์

ถ้า Scrap ไม่ได้บ่งไว้ว่าเป็นทองชนิดกี่ kt จะตรวจสอบได้โดยใช้ Scrap นั้น ขีดทำเครื่องหมายบนแผ่นพอร์ชเลน (Unglazed porcelain) หรือ White Arkansas whetstone ตั้งข้อสมมุติว่าเป็นทอง 14kt แล้วใช้ 12kt-needle และ 16kt-needle ขีดทำเครื่องหมายขนาบข้างเครื่องหมายของ Scrap แล้วหยดสารละลายกรดกัดทอง (Agua regia) ลงบนรอยทั้งสาม (รูปที่ 12) สังเกตการละลายหายไปของรอยเครื่องหมายทั้งสาม ถ้าเครื่องหมายของ 12kt ละลายก่อน และตามด้วยเครื่องหมายของ Scrap และ 16kt ซึ่งก็น่าจะเป็น 14kt ถ้าเครื่องหมายของ Scrap ละลายก่อนเป็นอันดับแรก แสดงว่ามี

เปอร์เซ็นต์ต่ำกว่า 12kt หรือถ้าละลายที่หลังสุดก็แสดงว่ามีเปอร์เซ็นต์สูงกว่า 16kt ถ้าต้องการทราบเปอร์เซ็นต์ที่ค่อนข้างแน่นอน และใกล้เคียงก็ทำได้โดยการเปลี่ยน Needle

Scrap ที่เป็นส่วนผสมของทองปริมาณเล็กน้อย และเป็นทองแดงปริมาณสูงมาก ๆ จะแยกสกัดทองด้วยสารละลายกรดง่ายกว่า Scrap ที่มีทองปริมาณสูงมาก ๆ และมีทองแดงปริมาณเพียงเล็กน้อย ถ้าใน Scrap มีทองปริมาณสูงมากจะใช้วิธีหลอมเติมทองแดงเข้าไปเพื่อให้เป็น Scrap ทอง 6kt หรือต่ำกว่า วิธีนี้เรียกว่า Inquartation

ขั้นตอนที่ 2 Inquartation เป็นวิธีการลดเปอร์เซ็นต์ของทองใน Scrap โดยหลอมให้มีส่วนผสมของทองแดง 3 ส่วนและทอง 1 ส่วน เพื่อให้ง่ายแก่การแยกสกัดทองและการทำให้บริสุทธิ์

ตัวอย่างการทำ Inquartation

ถ้ามี Scrap ซึ่งทดสอบแล้วว่าเป็น 12kt โดยเฉลี่ยปริมาณทองแดงที่จะต้องเติมเพื่อให้ Scrap เปลี่ยนเป็น 6kt หรือต่ำกว่า คำนวณจาก

$$A = \frac{G\,(K - 6)}{6}$$

A คือ ปริมาณทองแดงที่ต้องการเติม

G คือ นน. ของ Scrap

K คือ ค่าเฉลี่ยของ Karat ของ Scrap

ถ้า Scrap มีน้ำหนัก 1 oz. (=20 penny)

$$A = \frac{20\,(12-6)}{6}$$

ดังนั้นจึงต้องเติมทองแดงใน Scrap เป็นปริมาณ 20 penny หรือมากกว่าทองแดงที่เติมอาจเป็นลวดทองแดงหรือทองแดงเป็นแผ่น ๆ ก็ได้

ขั้นตอนที่ 3

นำทองแดงที่จะเติมและ Scrap ใส่ในเบ้า หลอมจนละลาย แล้วเทลงในถังน้ำเย็น (ทำเช่นเดียวกับการหลอม Silver scrap) แล้วนำมาแยกสกัดด้วยสารละลายกรด HNO_3 ในบีคเกอร์ (ทำเช่นเดียวกับการแยกสกัดเงิน) ให้ความร้อนเพื่อเริ่มปฏิกิริยา และกวนตลอดเวลา จะเกิดควันสีน้ำตาลของก๊าซ NO_2 สังเกตว่าถ้าไม่มีปฏิกิริยาเกิดแล้วให้รินสารละลายกรดออก และเติมกรดใหม่ลงใน Scrap ที่เหลือ จนกระทั่งไม่เกิดควันสีน้ำตาลอีกแล้วถึงแม้จะเติมกรดใหม่ลงไปก็ตาม แสดงว่าปฏิกิริยาสิ้นสุด ปล่อยให้เย็นลง แล้วเติมน้ำกลั่นเป็น 3 เท่าโดยปริมาตร โลหะอื่น ๆ ทั้งหมดจะละลายอยู่ในสารละลาย ส่วนที่ไม่ละลายในกรดHNO_3 คือทองและแพลตินัม ถ้าใน Scrap มีเงินปนอยู่ด้วยเช่น Yellow gold scrap เงินจะละลายปนมากับทองแดงในสารละลาย ทดสอบโดยการแบ่งสารละลายใส่หลอดทดลอง ให้ความร้อนอย่างช้า ๆ แล้วหยดกรด HCl 2-3 หยด หรือเติมเกลือเล็กน้อย จะเกิดตะกอนขาวของ AgCl สารละลายทั้งหมดต้องนำมาแยกเงินตามวิธีที่กล่าวมาแล้ว แต่ถ้าทดสอบแล้วไม่มีเงินก็เทสารละลายทิ้งได้

ขั้นตอนที่ 4 ส่วนที่ไม่ละลายในกรดซึ่งมีสีน้ำตาลเกือบดำนี้คือ ทองที่เกือบจะบริสุทธิ์ หรืออาจจะมีโลหะกลุ่มแพลตินัมปนอยู่เล็กน้อย กรอง ด้วยกระดาษกรองและล้างตะกอนโดยใช้สารละลายกรด HNO_3 1 ส่วน ผสมน้ำ 10 ส่วน ล้างตะกอนให้ทั่วและล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง นำตะกอนไปทำให้แห้งโดยวางกระดาษกรองใต้หลอดไฟ และระวังอย่าให้กระดาษกรองไหม้

ขั้นตอนที่ 5 การละลายตะกอนทองที่ได้ด้วยกรดกัดทอง ทำได้ 2 วิธีคือ เติมกรดกัดทองในตะกอนแล้วต้มให้เดือดเพื่อให้ตะกอนละลาย อีกวิธีเป็นวิธีที่เร็วกว่าและใช้กรดน้อยกว่า โดยการเตรียมกรดกัดทอง ใส่ในขวดแก้วรูปชมพู่ตั้งบนเครื่องกวนสารละลายระบบแม่เหล็กให้ความร้อนในตัว ให้ความร้อนแต่อย่าให้เดือด กวน

สารละลายตลอดเวลา เติมตะกอนทองที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 ปริมาณเล็กน้อยลงไปตะกอนทองจะละลายหายไปทันที ใส่ตะกอนทองที่เหลือทั้งหมดในกรดกัดทอง ตะกอนทองจะละลายไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มีการละลายหมดแล้ว รวมสารละลายทั้งหมดเข้าด้วยกัน และใส่ในภาชนะสำหรับระเหย

การละลายทองด้วยกรดกัดทองนี้ อาจจะไม่เกิดประสิทธิภาพถึง100 % ดังนั้นจึงค่อนข้างยากที่จะกำหนดปริมาณกรดที่จะใช้ แต่ตามประสบการณ์ และที่ได้มีการทดลองมาแล้วพบว่า ตะกอนทอง 1 oz.จะใช้กรดกัดทองประมาณ 5-8 oz.

ขั้นตอนที่ 6 ถ้ายังคงมีบางส่วนที่ไม่ละลายในกรดกัดทอง แยกออกและล้างด้วยน้ำเติมน้ำในสารละลายทั้งหมดที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ถ้าสารละลายมีตะกอนสีขาวหรือเทาอาจจะเป็น AgCl หรือ $PbCl_2$ ที่ตกตะกอนเนื่องจากกรด HCl เติมกรด H_2SO_4 1 oz.ต่อสารละลาย 1 qt.กวนสารละลายและต้มให้เดือดอย่างช้า ๆ อย่าให้กระเด็น ถ้ามี $PbCl_2$ จะละลายในกรด H_2SO_4 และตกตะกอนในสารละลายขั้นสุดท้าย ต้มให้เดือดและงวดลงเรื่อย ๆ เติมกรด HCl เล็กน้อย จะสังเกตเห็นมีควันสีน้ำตาลคล้ายก๊าซ NO_2 เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากมีกรด HNO_3 เหลืออยู่ในสารละลาย ต้มต่อไปและเติมกรด HCl เล็กน้อย ทำซ้ำเช่นนี้ 2-3 ครั้ง (รูปที่ 13) เพื่อให้แน่ใจว่าได้กำจัดกรด HNO_3 จนหมดแล้ว เพราะถ้ามีกรด HNO_3 ในสารละลายก็เท่ากับว่ายังมีกรดกัดทองอยู่ซึ่งจะจับ Au^+ ในสารละลายและมีการละลายทองที่จะตกตะกอนออกมาในขั้นตอนต่อไป

ขั้นตอนที่ 7 เมื่อแน่ใจว่าได้กำจัดกรด HNO_3 ส่วนเกินออกหมดแล้ว ต้มให้เดือดและงวดลงจนสารละลายมีลักษณะคล้ายน้ำเชื่อม นำออกมาตั้งข้างนอกปล่อยให้เย็น เทสารละลายทั้งหมดใส่ในบีคเกอร์ขนาดใหญ่ (รูปที่ 14) เติมน้ำร้อนปริมาณ 3-4 เท่า ถ้าเป็นไปได้ควรจะทิ้งไว้หลายวัน เพื่อให้ AgCl PbCl หรือตะกอนต่าง ๆ ตกตะกอนนอนก้น กรองเอาสารละลายใสใส่ในบีคเกอร์ที่สะอาดสังเกต

สีของสารละลาย ถ้ามีโลหะอื่นละลายปนกับทอง เช่น ทองแดง หรือ นิกเกิลสารละลายจะมีสีน้ำตาลออกเขียว แต่ถ้าสารละลายมีทองที่มีความบริสุทธิ์สูง สารละลายจะมีสีเหลืองสดใสเช่นเดียวกับสีของโลหะทองบริสุทธิ์

Precipitating gold with Copperas

วิธีที่จะแยกหรือตกตะกอนทองจากสารละลายทองที่ได้ มีหลายวิธี ได้แก่ การใช้ Copperas การใช้ก๊าซ SO_2 การใช้ $NaNO_2$ และการใช้กรด Oxalic

1. การใช้ Copperas หรือ Iron sulphate

สารละลายที่มีทอง 2 1/2 oz. จะต้องใช้ Copperas ปริมาณ 15 oz. ละลายในน้ำร้อนหรือน้ำอุ่น เติมกรด HCl เข้มข้นทีละน้อยจนสารละลายของ Copperas ใสและมีสีออกเขียว จากนั้นค่อย ๆ เติมสารละลาย Copperas ลงในสารละลายทอง กวนสารละลายด้วยแท่งแก้ว เมื่อเติม Copperas จะเกิดการรวมตัวของทองเป็นกลุ่มสีน้ำตาลเข้ม ทิ้งไว้ค้างคืนให้นอนก้น แล้วแบ่งสารละลายส่วนที่ใสใส่ในหลอดทดลอง เติมผลึก Copperas ถ้ามีตะกอนสีน้ำตาลเข้มเกิดขึ้นรอบ ๆ ผลึกแสดงว่าในสารละลายยังคงมีทองละลายอยู่ ต้องเติมสารละลาย Copperas เพิ่มและทดสอบจนแน่ใจว่าไม่มีตะกอนสีน้ำตาลเกิดอีกแล้ว สารละลายที่แบ่งมาทำการทดสอบให้เทกลับคืนทุกครั้ง (รูปที่ 15)

ถ้าในระหว่างการเติมสารละลาย Copperas ลงในสารละลายทองแล้วเกิดฟองอากาศ และก๊าซสีน้ำตาล แสดงว่า Copperas ทำปฏิกิริยากับกรด HNO_3 นั่นหมายความว่าในขั้นตอนที่ 6 นั้นยังกำจัด HNO_3 ส่วนที่เกินออกไม่หมด ในกรณีนี้มีวิธีแก้ไข 2 วิธีคือ วิธีที่ 1 ต้องต้มสารละลายทองทั้งหมดให้เดือดและงวดลงจนมีลักษณะข้นคล้ายน้ำเชื่อมและเติมกรด HCl ให้เกิดก๊าซ NO_2 แต่เนื่องจากได้เติมน้ำไป 3-4 เท่า ในขั้นตอนที่ 7 จึงต้องใช้เวลานานกว่าจะให้สารละลายข้นเป็นน้ำเชื่อม วิธีแก้ไขอีกวิธีคือ เติมสารละลาย Copperas ลงไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งไม่มี

ก๊าซสีน้ำตาลเกิดขึ้นแล้วจากนั้นจึงเติมสารละลาย Copperas เพื่อตกตะกอนทอง วิธีนี้จึงต้องใช้ Copperas มากกว่าปกติ การที่จะเลือกใช้วิธีไหนก็แล้วแต่เห็นสมควร

เมื่อตกตะกอนทองจากสารละลายได้หมดแล้ว ปล่อยให้ตะกอนนอนก้นแล้วดูดน้ำใสทิ้ง โดยวิธีกาลักน้ำ ต้องระวังอย่าให้ตะกอนผงสีน้ำตาลออกไปด้วย ตะกอนที่เหลือกรองด้วยกระดาษกรอง และล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำตะกอนใส่ถ้วยระเหยที่ล้างให้สะอาด ห้ามใช้มือจับบริเวณด้านในถ้วย เพราะจะทำให้มีคราบไขมันที่ถ้วย ทำให้เกิดปัญหาในขั้นตอนต่อไป คือทองจะลอยอยู่ในคราบไขมันนั้น

เมื่อใส่ตะกอนสีน้ำตาลในถ้วยระเหยแล้วเติมน้ำร้อน คนให้ทั่ว ปล่อยให้นอนก้น รินน้ำใสทิ้ง ทำซ้ำเช่นนี้ 2 ครั้ง แล้วเติมกรด HCl เข้มข้น ตั้งถ้วยบน Hot plateให้ความร้อนจนกรดเดือด กรดจะละลายโคลนสีเหลืองที่มาจาก Copperas รินกรดทิ้ง ล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน เติมกรด HCl เพิ่ม ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง จะได้ตะกอนสีน้ำตาลซึ่งเป็นทองที่สะอาดและบริสุทธิ์ถึง 99% กรองตะกอนด้วยกรวยแก้ว ฉีดน้ำให้ตะกอนรวมกัน ปล่อยให้แห้งในกรวย แล้วนำกระดาษกรองคลี่ออกให้ตะกอนแห้งสนิท (รูปที่ 16)

หลอมตะกอนสีน้ำตาลใน Fused silica crucible โดยใช้ Borax คลุมผิวหน้าไว้ หลอมในเตาหรือใช้หัวเป่าก็ได้ ทองจะเริ่มหลอมเป็นน้ำโลหะ เติม KNO_3 ทีละน้อย เพื่อไล่สิ่งเจือปน แล้วเทน้ำโลหะลงในแบบหรือจะทิ้งให้เย็นในเบ้าแล้วทุบทิ้งทีหลังก็ได้ โลหะทองที่ได้จะมีความบริสุทธิ์สูงมาก แต่ถ้าหากมีการผิดพลาดบางขั้นตอน โลหะทองที่ได้ไม่บริสุทธิ์ดังความคาดหมาย ให้นำโลหะทองไปรีดให้บางแล้วหลอมใหม่อีกครั้งด้วย Borax และ KNO_3 หรืออาจจะใช้ NH_4Cl หรือ $HgCl_2$ แทน KNO_3 ควันที่ออกมาจะเป็นอันตราย จึงควรทำในตู้ดูดควัน (รูปที่ 17)

โลหะทองในขั้นตอนสุดท้ายถ้ายังไม่บริสุทธิ์พอ ก็สามารถทำให้บริสุทธิ์ขึ้นโดยการเริ่มตามขบวนการตั้งแต่ขั้นตอนแรก คือ การกัดด้วยกรดกัดทอง

2. <u>การตกตะกอนทองด้วยก๊าซ Sulphur dioxide</u>

SO_2 เป็นก๊าซไม่มีสี กลิ่นฉุนแสบจมูก และระคายเคืองตา ได้มีการ

ทดลองพบว่า การใช้ SO_2 ตกตะกอนทองจะได้โลหะทองที่มีความบริสุทธิ์สูงกว่าการใช้ Copperas และ SO_2 มีราคาถูก ใช้ง่าย ขั้นตอนก็ค่อนข้างง่าย เริ่มต้นจากการต้มสารละลายทองให้เดือดจนงวดเป็นน้ำเชื่อม เติมกรด HCl เพื่อกำจัดกรด HNO_3 ส่วนเกินในสารละลาย ทำซ้ำ 2-3 ครั้ง จากนั้นเติมน้ำ 3-4 เท่าโดยปริมาตร ต่อสายยางเข้าที่ถังก๊าซ SO_2 อีกปลายหนึ่งต่อเข้าแท่งแก้วกลวงใส่ในสารละลายทอง (รูปที่ 18)

สารละลายต้องกำจัด กรด HNO_3 ส่วนเกินให้หมด ต้องใสและไม่มีตะกอน ควรใส่ในภาชนะทรงสูง เพื่อให้ก๊าซสัมผัสกับสารละลายทั้งหมดโดยง่าย ก๊าซ SO_2 ในถังนั้นความจริงอยู่ในสภาพก๊าซเหลว ฉะนั้นจึงต้องตั้งถังก๊าซให้ดี ค่อย ๆ ปล่อยก๊าซ SO_2 ให้มีอัตรา 1 ฟองก๊าซต่อวินาที สังเกตสารละลายเริ่มกลายเป็นสีดำเข้มของตะกอนทอง กวนสารละลายเพื่อให้ได้สัมผัสฟองก๊าซ ถ้าในสารละลายมีทอง 5 oz./gal จะใช้เวลา 25 นาที เพื่อให้ทองตกตะกอนออกมาทั้งหมด การตกตะกอนทองด้วยก๊าซ SO_2 นี้ก็เช่นเดียวกับการตกตะกอนด้วย Copperas คือถ้าในสารละลายมีกรด HNO_3 เหลืออยู่จะไม่สามารถตกตะกอนทองจากสารละลายได้หมด และมีควันสีน้ำตาลเกิดขึ้น วิธีแก้ไขก็เช่นเดียวกัน คือ นำสารละลายกลับไปต้ม และเติม HCl ไล่จนหมด หรือใช้วิธีเติมก๊าซ SO_2 ไปเรื่อยๆ จนกว่าควันสีน้ำตาลหมดไป และทองเริ่มตกตะกอนออกมา ต้องทดสอบว่าทองตกตะกอนออกมาหมดหรือยัง โดยการแบ่งสารละลายใสใส่หลอดทดลอง เติม $SnCl_2$ ถ้าทองตกตะกอนออกมาหมดแล้ว ปล่อยให้นอนก้น รินสารละลายใสทิ้งแยกตะกอนใส่ถ้วยระเหยเติมกรด HCl ต้มให้เดือดเพื่อกำจัดทองแดงหรือโลหะอื่นที่อาจเจือปนมา ล้างกรดออก กรองตะกอน อบแห้ง และหลอมเป็นโลหะ

ปัญหาที่อาจเกิดเมื่อใช้ก๊าซ SO_2 เนื่องจากเป็นก๊าซแช่แข็ง มีความเย็นมาก ถ้าปล่อยก๊าซในถังเร็วเกินไป วาล์วของถังจะแข็งและเปิดไม่ได้ ต้องใช้ผ้าชุบน้ำร้อนหุ้มรอบวาล์ว

3. การตกตะกอนทองด้วย Sodium nitrite

$NaNO_2$ มีราคาถูก ใช้ง่าย และไม่ทำให้โลหะทองที่หลอมได้สกปรก ถึงแม้จะล้างตะกอนไม่สะอาด

เตรียมสารละลายทองเช่นเดียวกับการตกตะกอนโดยวิธีอื่น ๆ คือต้องกำจัด กรด HNO_3 ให้หมด หรือเหลือได้ไม่เกิน 5% ถ้าทองไม่ตกตะกอนออกมาให้เจือจางสารละลายโดยการเติม $NaHCO_3$ เพื่อให้สารละลายเป็นกลาง

การเติม $NaNO_2$ อาจจะเติมในรูปของของแข็งหรืออาจจะละลายในน้ำอุ่นก่อนแล้วเติมในรูปสารละลาย ค่อย ๆ เติมลงในสารละลายทองที่กวนตลอดเวลา ทองจะตกตะกอนออกมาเป็นผงสีเหลืองหรือน้ำตาล เมื่อเริ่มมีตะกอนทองแล้วให้เพิ่ม $NaNO_2$ ให้เกินพอ ทิ้งให้ตะกอนนอนก้น การเติมน้ำร้อนจะช่วยให้ตะกอนนอนก้นเร็วขึ้น แบ่งสารละลายส่วนที่ใสใส่หลอดทดลอง ทดสอบว่ามีทองเหลือในสารละลายหรือไม่ ถ้าไม่มีทองแล้วก็รินน้ำใสทิ้ง กรองตะกอนในกระดาษกรอง ล้างตะกอน และหลอมเป็นโลหะ

4. การตกตะกอนทองด้วย Oxalic acid

กรด ($CO(OH)_2.2H_2O$) มีลักษณะเป็นผลึกสีขาว มีพิษ และราคาแพงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สารเคมีอื่น ๆ ที่กล่าวมาแล้ว จึงนิยมใช้ในกรณีที่มีสารละลายทองความละไม่มากนัก และสารละลายนั้นมีทองค่อนข้างบริสุทธิ์ เช่น การทำทองให้บริสุทธิ์ขึ้นอีกครั้งหลังจากการตกตะกอนด้วยก๊าซ SO_2 นำตะกอนทองนั้นละลายในกรดกัดทอง ต้มให้เดือด เคี่ยวจนงวดคล้ายน้ำเชื่อม เติมกรด HCl เพื่อกำจัดกรด HNO_3 ส่วนเกินให้หมด แล้วนำมาตกตะกอนด้วยกรด Oxalic จะได้ทองที่บริสุทธิ์สูงขึ้น

การทำทองให้บริสุทธิ์ขึ้น ทำได้ง่าย ๆ โดยการผ่านการตกตะกอนซ้ำด้วยสารตัวอื่น ๆ หรือวิธีอื่น ๆ ที่แตกต่างจากการตกตะกอนครั้งแรก

การใช้กรด Oxalic จะไม่มีไอออนอื่น ๆ ตกตะกอนเจือปนมาเหมือนกับการใช้ Copperas ในการทำทองให้บริสุทธิ์จะใช้กรด Oxalic 1 oz. ต่อทอง 1 oz. ในสารละลาย ข้อควรระวังคือการใช้กรด Oxalic จะต้องต้มให้เดือดจึงต้องเลือกใช้

ภาชนะแก้วทนความร้อน ถ้าใช้กรด Oxalic เย็นจะต้องใช้เวลาเป็นวันกว่าจะเริ่มมีการตกตะกอน

ละลายผลึกกรด Oxalic ในน้ำร้อน และเติม NH_4OH 1 ช้อนชา กวนสารละลายจนกระทั่งไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย ถ้ามีกลิ่นฉุนของแอมโมเนียแสดงว่าเติม NH_4OH มากเกินไป ต้องเพิ่มกรด Oxalic จนกระทั่งไม่มีกลิ่นแอมโมเนีย

ต้มสารละลายทองให้เดือด แล้วค่อย ๆ เทลงในสารละลายกรด Oxalic ที่กำลังร้อนเดือดเช่นกัน จะมีทองตกตะกอนออกมาทันที และทำขั้นตอนต่อไปเช่นเดียวกับการตกตะกอนด้วยสารอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว

5. <u>การตกตะกอนทองด้วยโลหะ</u>

การตกตะกอนโลหะมีค่าโดยใช้โลหะ เรียกว่า Cementation โดยปกติถ้าต้องการแยกโลหะมีค่าจากสารละลายโดยไม่ค่านึงถึงความบริสุทธิ์จะใช้วิธีนี้ หลักการของ Cementation คือ เติมโลหะที่มีค่า Electronegativity ต่ำกว่าโลหะที่ละลายอยู่ในสารละลาย แล้วจะเกิดแลกเปลี่ยนกัน โลหะที่ละลายในสารละลายจะตกออกมาในรูปของโลหะ

GOLD SCRAP : SPECIAL CASES.

การแยกทองและทำให้บริสุทธิ์ ขั้นตอนต่าง ๆ ที่กล่าวมาโดยละเอียดแล้วนั้น จะใช้ได้กับ Scrap ของทองที่มีทองแดงปนอยู่โดยทั่วไป แต่มี Scrap ทองบางประเภทที่ต้องใช้วิธีเฉพาะดังจะกล่าวต่อไป

1. Green gold scrap เป็น Scrap ที่มีส่วนผสมระหว่างทองและเงิน โดยมีเงินเป็นปริมาณสูงถึง 25% กรดกัดทองไม่สามารถละลายเงินได้แต่จะทำให้เกิดเป็น AgCl เกาะที่ผิวของ Scrap ทำให้กรดไม่สามารถทำปฏิกิริยาต่อไปได้ ดังนั้น Scrap ประเภทนี้ต้องใช้วิธี Inquartation โดยการเติมโลหะอื่น เช่น ทองแดง หรือสังกะสี แล้วหลอมเพื่อให้ส่วนของ Scrap มีปริมาณทองลดลงเป็น 6kt หรือต่ำกว่า จากนั้นนำส่วนผสมไปแยกเงินออกโดยใช้กรด HNO_3 และแยกทองโดยใช้กรดกัดทอง

อีกวิธีหนึ่ง อาจจะเติมทองใน Scrap เพื่อให้ส่วนผสมมีเงินต่ำกว่า 10%

2. Low grade scrap

เศษทองเปอร์เซ็นต์ต่ำมากซึ่งอาจจะเป็นชิ้น เป็นแผ่น หรือเศษทองที่มีโลหะบัดกรี (ตะกั่ว-ดีบุก) ปนอยู่ หรือทองที่ลอกจากแผ่นชุบ ตลอดจนเศษจากอิเลคโทรนิค เศษเหล่านี้กล่าวได้ว่าเป็นขยะหรือ Low-grad scrap เป็นการยากมากที่จะเลือกหรือแยกเศษทองออกจากเศษอื่น ๆ โดยปกติ Scrap ประเภทนี้จะถูกรวมเข้ากับการแยกทองแดงและทำทองแดงให้บริสุทธิ์ จะได้ทองและเงินเป็นผลพลอยได้

อีกวิธีหนึ่งอาจจะใช้การลอกโดยวิธีไฟฟ้า (Electrostripping) ใช้แผ่นตะกั่วเป็นขั้วลบ เศษทองเป็นขั้วบวก (รูปที่ 19) สารละลาย Electrolyte คือกรด H_2SO_4 1 gal ผสมน้ำกลั่น 6 oz. และ Glycerine 1/2 oz. ใช้ไฟฟ้า 6 volt ทองที่ถูกลอกออกมาจะตกลงที่ด้านล่างของถัง โดยทองจะถูกลอกออกมา

เรื่อย ๆ เป็นเวลาเร็วมาก อาจจะใช้เวลาเพียง 2-3 วินาทีต่อชิ้น เมื่อลอกออกหมด ก็เปลี่ยนชิ้นใหม่ไปเรื่อย ๆ

สำหรับการลอกเงินโดยวิธีไฟฟ้า จะใช้เวลานานกว่า สารละลาย Electrolyte ที่ใช้คือกรด H_2SO_4 90% ผสมกรด HNO_3 10% โดยปริมาตรใช้แผ่นตะกั่วหรือเหล็กเป็นขั้วลบ เศษที่จะลอกเงินเป็นขั้วบวก ใช้อุณหภูมิ 160°F เงินที่ถูกลอกออกมาจะละลายในสารละลาย แล้วนำมาตกตะกอนเป็น AgCl โดยใช้ NaCl หรือ HCl

สิ่งสำคัญคือ Scrap ประเภทนี้มีทองหรือเงินเป็นปริมาณน้อยมาก การเลือกใช้วิธีไหนต้องคำนึงว่าสามารถทำครั้งละมาก ๆ โดยเสียค่าใช้จ่ายน้อย แต่มีข้อแนะนำคือ ถ้า Scrap มีส่วนผสมเป็นทองแดงส่วนใหญ่และมีโลหะมีค่าปนเล็กน้อย ก็ควรใช้วิธีแยกทองแดงและทำทองแดงให้บริสุทธิ์โดยจะได้ทองหรือเงินเป็นผลพลอยได้ แต่ถ้า Scrap มีส่วนผสมเป็นโลหะมีค่าส่วนใหญ่และมีทองแดงปนอยู่เล็กน้อย ก็ใช้วิธีแยกทองและเงินและทำให้บริสุทธิ์

3. Gold scrap containing lead solder

ถ้าใน Scrap มีเศษโลหะบัดกรีตะกั่ว-ดีบุกปนจะเป็นปัญหาค่อนข้างใหญ่ ก่อนที่จะใช้วิธีหลอมหรือวิธี Inquartation ต้องตรวจสอบ Scrap อย่างระมัดระวัง เลือกเศษที่มองเห็นชัดว่ามีโลหะบัดกรีปนไปต้มในกรด HCl เข้มข้น ต้มให้เดือดจนโลหะบัดกรีหลุดออกและแยกทิ้ง เทกรดทิ้ง ล้างเศษที่เหลือให้สะอาด ถ้าเศษดังกล่าวเป็นทองปริมาณสูงต้องเติมทองแดงและหลอมให้เป็นทองเปอร์เซ็นต์ต่ำ (6kt หรือต่ำกว่า) เทในน้ำเย็น ให้อยู่ในสภาพเป็นเม็ด นำไปสกัดด้วยสารละลายกรด HNO_3 1 ส่วนผสมน้ำกลั่น 1 ส่วน ดีบุกที่มาจากโลหะบัดกรีที่ยังปนกับ Scrap อยู่จะถูกเปลี่ยนเป็นกรด Metastatic สีขาวลักษณะคล้ายแป้งเปียกไม่ละลายในกรด ส่วนตะกั่วจะถูกเปลี่ยนเป็นเกลือ $Pb(NO_3)_2$ สีขาวละลายได้ดีในน้ำ จึงง่ายต่อการแยกโดยเติมน้ำลงไปมาก ๆ จะละลายรวมไปกับโลหะอื่น ๆ เทสารละลายทิ้ง เติม

กรดHNO_3 ใหม่จนกระทั่ง Scrap ถูกสกัดหมดแล้ว ตะกอนที่เหลือในสารละลายประกอบด้วยทองและดีบุกและโลหะอื่นที่ไม่ละลายในกรด HNO_3 นำตะกอนทั้งหมดใส่ถ้วยระเหยเติมกรด H_2SO_4 ที่ผสมน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ต้ม ดีบุกจะละลายในกรดจนหมดแล้วเทกรดทิ้ง ตะกอนที่เหลือเติมน้ำล้างหลาย ๆ ครั้ง กรองด้วยกระดาษกรองล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้ง จากนั้นนำไปกัดด้วยกรดกัดทองตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้ว

4. White gold

Scrap ชนิดนี้มี 2 ประเภทคือ ประเภทราคาแพงจะเป็นส่วนผสมของทองและพัลลาเดียม ประเภทราคาถูกเป็นส่วนผสมของทองและนิกเกิล โดยทั่วไปแล้วจะพบประเภทราคาถูกมากกว่า การทดสอบว่าเป็นประเภทไหน ทำได้โดยใช้ Scrap ขีดทำเครื่องหมายบนแผ่นหินทดสอบ ให้มีเศษของ Scrap หลุดออกมาด้วย หยดกรด HNO_3 หรือกรดกัดทอง 2-3 หยด เมื่อเครื่องหมายเริ่มละลายเติมแอมโมเนียทีละหยดเพื่อให้เป็นกลาง จากนั้นหยด DMG (Dimethylglyoxime) ถ้าเป็นนิกเกิลจะเกิดตะกอนสีแดง

เครื่องประดับบางชนิดหรือฟันทองจะเป็นทองที่มีส่วนผสมของนิกเกิลและพัลลาเดียม จะต้องทดสอบทั้งนิกเกิลและพัลลาเดียม โดยใช้เศษเล็กน้อยละลายในกรดกัดทอง 2-3 หยด เติม DMG 1 หยด ถ้ามีพัลลาเดียมจะได้ตะกอนสีเหลือง เติมแอมโมเนียทีละหยดจนได้กลิ่นแอมโมเนีย ถ้ามีนิกเกิลผสมอยู่ตะกอนสีเหลืองจะเปลี่ยนเป็นสีแดง

แพลตินัมหรือทองคำขาว ทดสอบได้โดยใส่ในสารละลาย $SnCl_2$ จะให้สีเหลืองจนถึงน้ำตาล ถ้าเราสามารถตรวจสอบได้แล้วว่า Scrap เป็นประเภทไหน การที่จะแยกสกัดต่อไปก็ง่ายขึ้น ถ้า Scrap เป็นทองและนิกเกิลวิธีแยกสกัดจะใช้วิธีเดียวกัน Scrap ที่เป็นทองและทองแดง ถ้า Scrap เป็นทองและพัลลาเดียมหรือทองและแพลตินัมจะใช้วิธีการแยกสกัดแพลตินัม

5. Precious metals combined with emery or carborundum

ใน Scrap ที่มีผงขัด เช่น ถ่าน ทราย ปนมาก็ค่อนข้างจะเป็นปัญหา เนื่องจากผงขัดเหล่านี้จะไม่ละลายในกรด บางชนิดอาจจะละลายใน NaOH การแยกผงขัดออกอาจจะใช้วิธีร่อนในกระทะก้นแบน หรือภาชนะร่อนแร่ หรืออาจจะใช้วิธีหลอมให้ผงขัดเหล่านี้รวมตัวอยู่ก้นเบ้า เทน้ำโลหะลงในน้ำเย็นให้โลหะเป็นเม็ดเล็ก ๆ แล้วนำไปสกัดด้วยกรดกัดทอง

6. Green gold and platinum combinations

เครื่องประดับบางชนิดจะเป็นส่วนผสมของทองและเงินแล้วชุบเคลือบด้วยแพลตินัม การแยกสกัดทำได้ 2 วิธี คือ วิธีหนึ่งใช้วิธี Inquartation เติมทองแดงให้ Scrap มีเปอร์เซ็นต์ต่ำ หลอมเป็นเม็ดแล้วนำไปแยกสกัดด้วยกรด NHO_3 อีกวิธีหนึ่งจะใช้วิธีแยกด้วยไฟฟ้า โดยใช้แผ่นทองแดงเป็นขั้วลบ จุ่มในสารละลายไซยาไนด์ความเข้มข้นของ NaCN หรือ KCN 4-8 oz. ต่อน้ำ 1 gal และมีถาดแพลตินัมเป็นขั้วบวก ใส่ Scrap ในถาดวางอยู่ในสารละลาย (รูปที่ 20) ใช้กระแสไฟฟ้า 8-10 volts อุณหภูมิ 150°F เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าแล้วทองจะไปเกาะที่แผ่นขั้วลบ เศษที่เหลือจะเป็นแพลตินัม เพื่อป้องกันไม่ให้ทองที่ร่วงหลุดจากแผ่นขั้วลบ ตกลงมาปนกับแพลตินัมหรือ Scrap ให้ใช้ผ้าเย็บคล้ายสดึงวางไว้เหนือถาดแพลตินัม

วิธีแยกด้วยไฟฟ้าอีกวิธีหนึ่งคือ ใช้ภาชนะเหล็กกล้า ใส่สารละลายไซยาไนด์ความเข้มข้น 4-8 oz. ต่อน้ำ 1 gal แขวนแท่งถ่านในเบ้าเนื้อพรุนเป็นขั้วลบ จุ่มในสารละลายในภาชนะเหล็ก (รูปที่ 21) เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าแล้ว ทอง ทองแดง และโลหะอื่นใน Scrap จะแยกออกมาในสารละลายโดยไม่สามารถไปเกาะที่ขั้วลบได้ เนื่องจากไอออนมีขนาดใหญ่เกินกว่าจะผ่านสิ่งกีดขวางคือเบ้าได้ จึงยังคงละลายในสารละลาย ส่วนเศษที่เหลืออยู่ที่ก้นภาชนะจะเป็นแพลตินัมและพัลลาเดียม แยกสารละลายออกแล้วเติมสังกะสีเพื่อให้แทนที่ทองในสารละลาย

สารละลายไซยาไนด์ที่มีทอง ทองแดง และโลหะอื่นละลายอยู่ นำไปแยก

ทองโดยวิธีไฟฟ้า (รูปที่ 22) โดยใช้เศษเหล็กฝอยเป็นขั้วลบ เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้าโลหะต่าง ๆ จะมาเกาะที่เศษเหล็กฝอย จากนั้นนำเศษเหล็กไปล้างให้สะอาดแล้วนำไปแช่ในสารละลายกรด H_2SO_4 ผสมน้ำเป็นอัตราส่วน 1 ต่อ 15 ต้องล้างเศษเหล็กให้สะอาด ไม่เช่นนั้นแล้วเมื่อจุ่มลงในกรดจะเกิดก๊าซไซยาไนด์ซึ่งเป็นอันตรายถึงตายได้ เมื่อแช่ในกรด H_2SO_4 แล้ว โลหะต่าง ๆ ที่เกาะที่เศษเหล็กจะหลุดออกลักษณะคล้ายดินโคลน กรองด้วยกระดาษกรอง แล้วล้างด้วยน้ำร้อนหลาย ๆ ครั้งอบแห้ง แล้วนำไปแยกทองโดยวิธีต่าง ๆ ที่กล่าวมาแล้ว

ส่วนโลหะแพลตินัม และพัลลาเดียมที่แยกได้ นำไปล้างด้วยสารละลายกรด NNO_3 ผสมน้ำอัตราส่วน 1 ต่อ 1 ตามด้วยน้ำร้อน แล้วกรองและอบแห้ง

ข้อควรระวังในการใช้สารละลายไซยาไนด์คือ ไซยาไนด์จะสลายตัวง่ายมากที่อุณหภูมิสูงกว่า 150° F ถ้าสารละลายเดือดจะสลายอย่างรวดเร็ว จึงควรทำในตู้ดูดควันและหลีกเลี่ยงการสูดหายใจเข้าไป สารละลายไซยาไนด์ที่ใช้แล้วต้องทำลายก่อนที่จะทิ้งไป โดยการเติมน้ำเย็นปริมาณมาก ๆ แล้วเติม Sodiumhypochlorite ($NaOCl.5H_2O$) ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจึงเททิ้งได้ อย่าเติมน้ำร้อนเพราะจะทำให้ Sodium hypochlorite สลายตัว ข้อควรระวังอีกประการคือ หลีกเลี่ยงการสัมผัสไซยาไนด์ไม่ว่าทางตรงหรือทางอ้อม

7. Various basic and acidic solutions

สารละลายต่าง ๆ ที่อาจจะมีโลหะมีค่า ละลายอยู่ เช่น น้ำยาลอกน้ำยาล้าง น้ำยาล้างรูป น้ำยาชุบ เป็นต้น ก่อนที่จะมาแยกโลหะมีค่า ต้องมีการตรวจสอบตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) สารละลายมีสภาพเป็นกรดหรือด่าง โดยใช้กระดาษ litmus จุ่มในสารละลาย ถ้าเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินแสดงว่าสารละลายเป็นด่าง ถ้าสารละลายเปลี่ยนเป็นสีแดงแสดงว่าสารละลายเป็นกรด

2) สารละลายเป็นแอมโมเนียหรือไซยาไนด์ โดยการแบ่งสารละลายใส่

ในหลอดทดลอง ใช้มือสาหลอดทดลองไว้อีนเข้าไปในตู้ดูดควัน (รูปที่ 23) ต้องระวังอย่างให้หน้าเข้าใกล้หลอดทดลอง เติมกรด HCl 4-5 หยด ถ้าสารละลายเป็นไซยาไนด์จะเกิดฟองอากาศและมีก๊าซไฮโดรไซยาไนด์ ซึ่งอันตรายมาก ปฏิกิริยาเดมีจะมีการคลายความร้อนเพียงเล็กน้อย แต่ถ้าสารละลายเป็นแอมโมเนียจะเกิดควันขาวหรือควันคล้ายควันบุหรี่ และปฏิกิริยาเดมีจะคลายความร้อนมากและรวดเร็ว

ในกรณีที่สารละลายเป็นไซยาไนด์ ก่อนที่จะนำมาทดสอบโลหะมีค่าต้องปรับให้มีสภาพเป็นกรด แล้วตรวจสอบว่าสารละลายประกอบด้วยโลหะมีค่าอะไรบ้าง โดยการหยดสารละลายในจานแก้ว 2 หยด เติมผลึก Copperas ลงในหยดแรกถ้าเกิดเป็นสีน้ำตาลแสดงว่าสารละลายมีทอง สารละลายอีกหยดหนึ่งเติม $SnCl_2$ ถ้าเปลี่ยนเป็นสีม่วงเข้มเกือบดำแสดงว่าสารละลายมีทอง ก่อนที่จะใช้ $SnCl_2$ ต้องตรวจสอบกับทองมาตรฐานด้วยเพื่อให้แน่ใจว่า $SnCl_2$ นั้นยังมีคุณภาพใช้งานได้ ถ้าการทดสอบไม่ให้ผลดังที่กล่าวคือไม่ใช่ทอง ก็ทดสอบใหม่โดยแบ่งสารละลายใส่ถ้วยระเหย 10-20 หยด ทำการทดลองในตู้ดูดควันเติมกรด HNO_3 ทีละหยด จนกระทั่งไซยาไนด์กลายเป็นก๊าซหมด เติมน้ำกลั่น 3-4 เท่าโดยปริมาตร ต้มให้เดือด แล้วปรับด้วยกรด HNO_3 ให้มีสภาพเป็นกรด จากนั้นเติมกรด HCl 2-3 หยด ถ้าในสารละลายมีเงิน ตะกั่ว หรือปรอท จะเกิดตะกอนขาว กรองและล้างตะกอนด้วยน้ำร้อน นำตะกอนใส่ถ้วย เติม NH_4OH ถ้าเป็นเงินจะละลายในสารละลาย และเมื่อปรับสภาพให้สารละลายเป็นกรดก็จะปรากฏตะกอนขาวกับมาอีกครั้ง

การถ่ายตะกอนที่มีปริมาณเล็กน้อยใส่ภาชนะอื่น วิธีง่าย ๆ คือ กรองใส่กรวยแก้ว ล้างจนสะอาด แล้วใช้แท่งแก้วเจาะกันกระดาษกรองให้ทะลุ ฉีดน้ำไล่ตะกอนลงในภาชนะที่จะนำไปใช้ต่อไป (รูปที่ 24)

ในกรณีที่สารละลายมีสภาพเป็นกรด การทดสอบโลหะต่าง ๆ ทำได้ดังนี้

1) เติมเกลือหรือกรด HCl ถ้ามีเงินจะได้ตะกอนขาว

2) เติม $SnCl_2$ ถ้ามีทองจะเกิดสีม่วงเข้มเกือบดำ หรือถ้ามีแพลตินัมจะให้สีเหลืองหรือน้ำตาลโดยไม่เปลี่ยนแปลง หรือถ้ามีพัลลาเดียมจะให้สีเหลืองแต่เมื่อกวน

สารละลายเป็นเวลา 2-3 นาที จะเปลี่ยนเป็นสีเขียวอมน้ำเงิน ทดสอบเพิ่มความแน่ใจว่าเป็นพัลลาเดียม โดยหยดสารละลายบนจานแก้วแล้วเติม DMG จะเกิดตะกอนขาวของพัลลาเดียม

ในสารละลายที่เป็นกรดมักจะมีโลหะละลายอยู่หลายชนิด คงต้องใช้วิธีเลือกตกตะกอนของแต่ละไอออนเพื่อที่จะแยกออกจากสารละลาย

สรุป

ในการแยกสกัดโลหะมีค่าจาก Secondary sources นั้น สิ่งแรกที่ต้องคำนึงถึงคือ การจัดประเภทของกลุ่มโลหะมีค่าก่อนที่จะดำเนินขั้นตอนในการแยกสกัดต่อไป

การแยกสกัดโลหะเงิน มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. การสกัดด้วยสารละลายกรด HNO_3
2. การตกตะกอน AgCl จากสารละลาย
3. การเปลี่ยนตะกอน AgCl ให้เป็นโลหะเงิน
4. การทำโลหะเงินที่ได้ให้บริสุทธิ์

การแยกสกัดโลหะทองจาก Scrap ชนิดต่าง ๆ มีขั้นตอนดังนี้คือ

1. ละลาย Scrap ด้วยกรด HNO_3 ทองแดงจะละลายหมดเหลือแต่ตะกอนทอง ขั้นตอนนี้จะทำได้ต่อเมื่อ Scrap มีส่วนผสมของทองน้อยกว่า 25% หรือทองต่ำกว่า 6kt ถ้าทองเปอร์เซ็นต์สูงกว่านี้ ต้องหลอมผสมทองแดงให้เปอร์เซ็นต์ทองลดต่ำลงเป็นทอง 6kt หรือต่ำกว่า
2. นำส่วนตะกอนทองไปละลายด้วยกรดกัดทอง
3. ตกตะกอนทองจากสารละลายกรดกัดทอง
4. หลอมตะกอนทองให้เป็นโลหะทอง

ส่วนการแยกสกัดโลหะทองจาก Scrap ที่ไม่ใช่ส่วนผสมของทอง ทองแดง และเงิน จะใช้ขั้นตอนแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของ Scrap แต่ขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ขึ้นจะใช้กรรมวิธีเดียวกันทั้งหมด

เอกสารประกอบเรื่อง

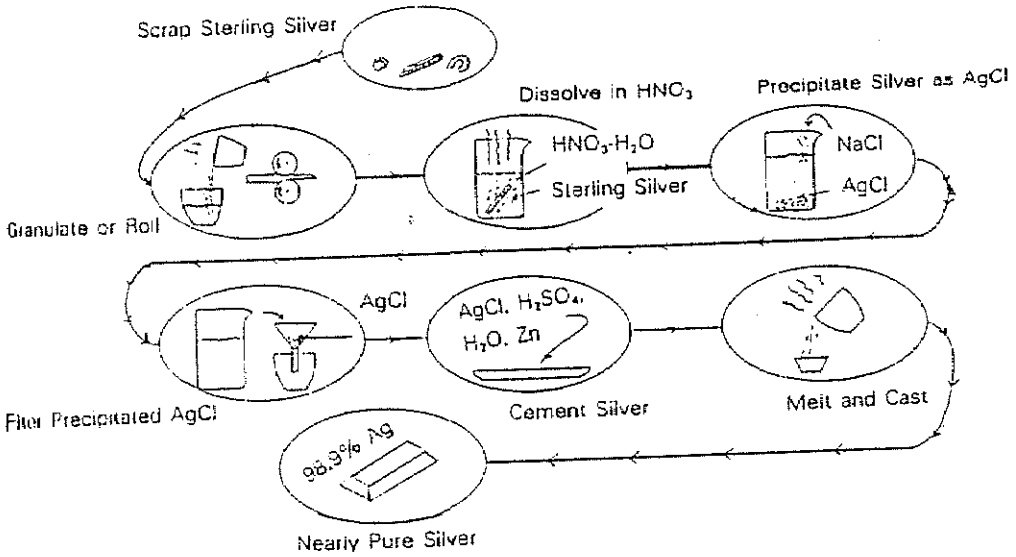
1. Ammen, C.W.,Recovery and refining of precious metals, Library of Congress Cataloging in Publication Data, Van Nostrand Reinhold, 1984.

2. Metal Finishing, 59th Guide book-Directory, vol 89, No. 1A, 1991

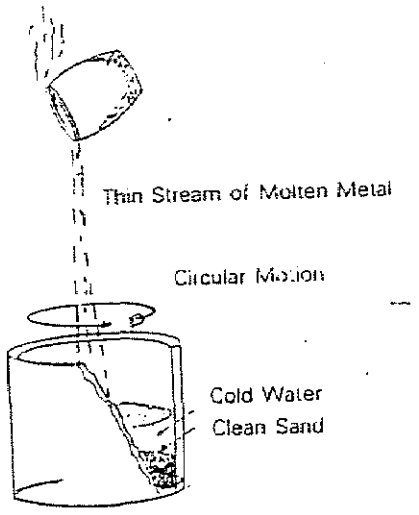
3. Roland Loewen, Small Scale Gold Refining, The Worshipful Company of Goldsmiths, Project Report No.44/1.

4. Roland Loeven, Small Scale Silver Refining, The Worshipful Company of Goldsmiths Design and Technology Comittee, Report No.53

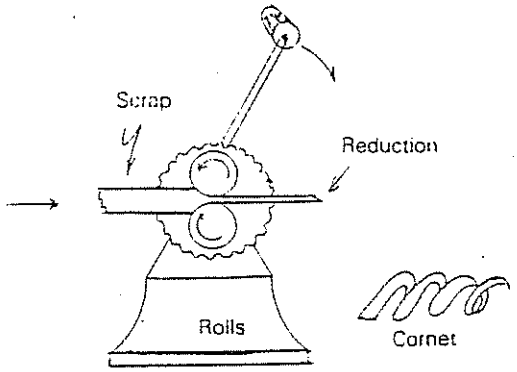
5. Roland Loewen, The Recovery of Gold from Jewellry sweeps, The Worshipful Company of Goldsmiths, Project Report No. 44/2.



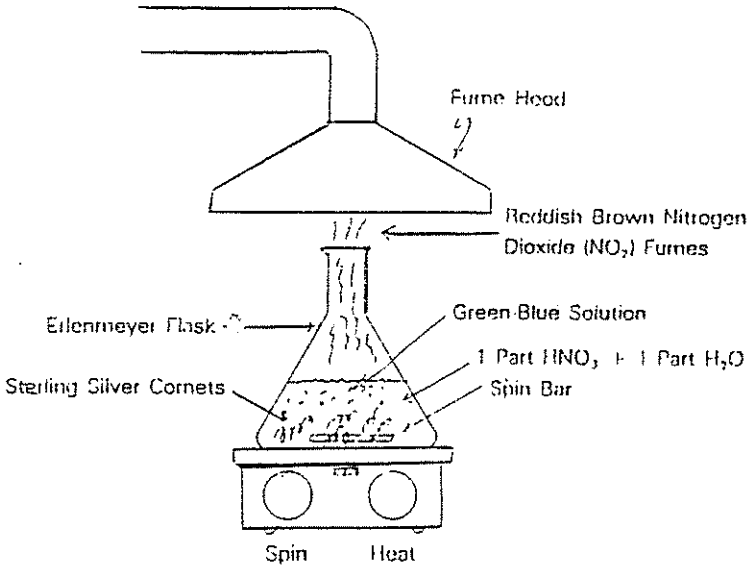
รูปที่ 1 ขั้นตอนการแยกเงินจาก Sterling silver scrap



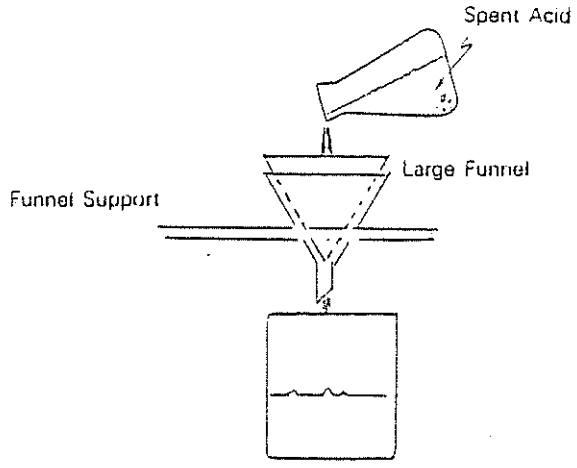
รูปที่ 2 การหลอม Scrap และเทให้เป็นเม็ดเล็ก ๆ



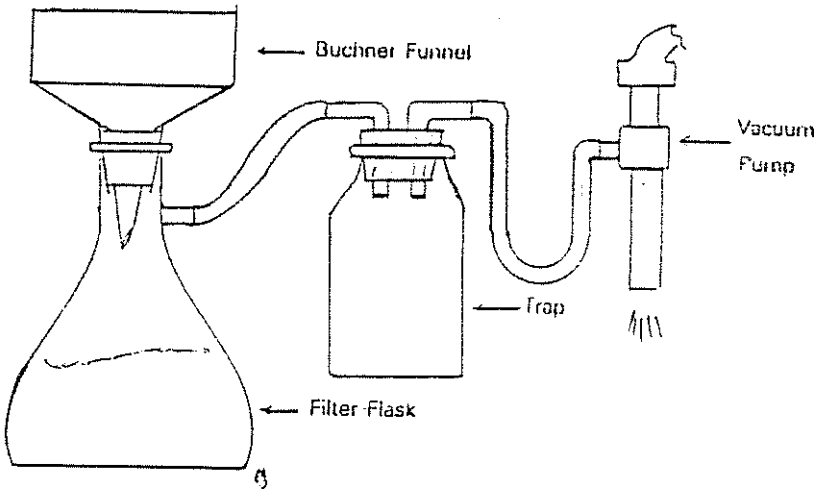
รูปที่ 3 การรีด Scrap ให้เป็นแผ่นบาง ๆ



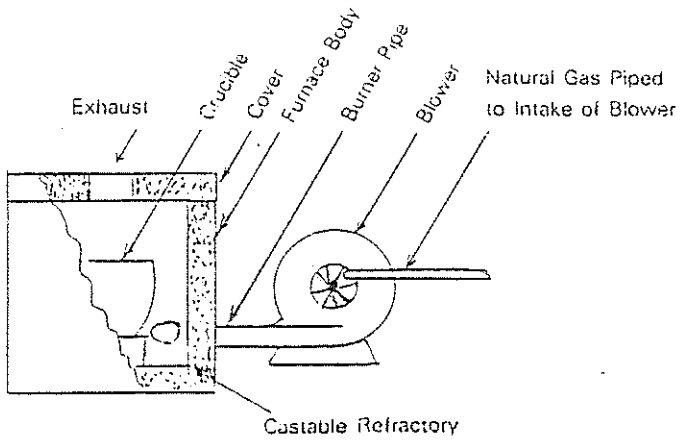
รูปที่ 4 การแยกสกัด Sterling silver scrap



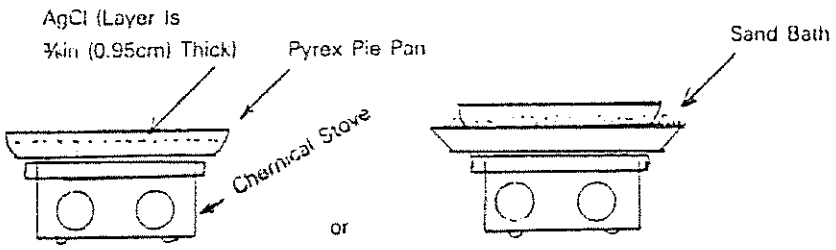
รูปที่ 5 การกรองสารละลายหลังจากการกัดด้วยกรด HNO_3



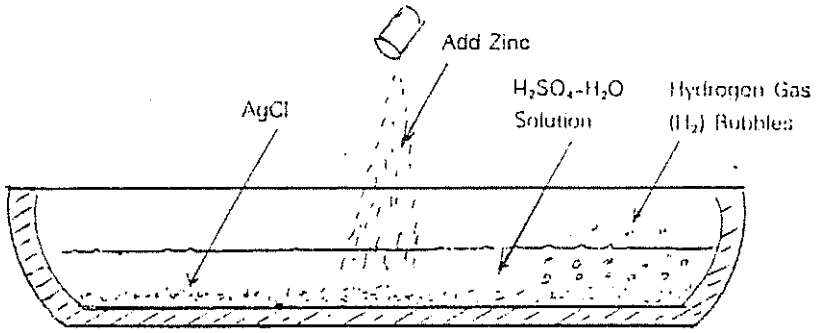
รูปที่ 6 การกรองตะกอน AgCl ด้วย Buchner funnel



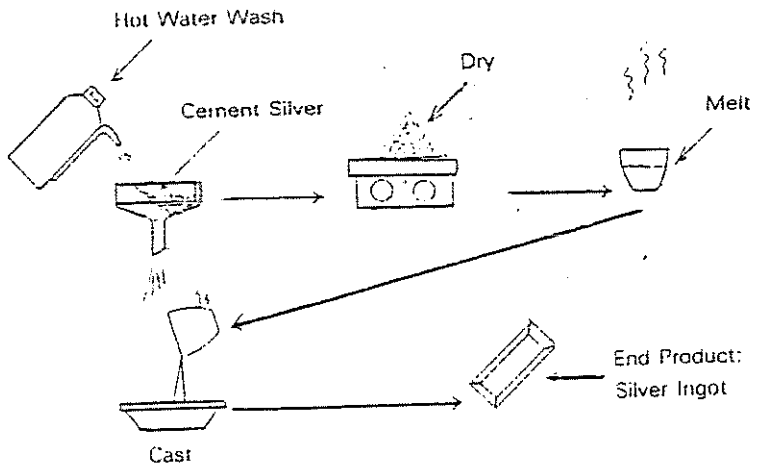
รูปที่ 7 Crucible furnace สำหรับหลอม AgCl เพื่อเปลี่ยนเป็นโลหะเงิน



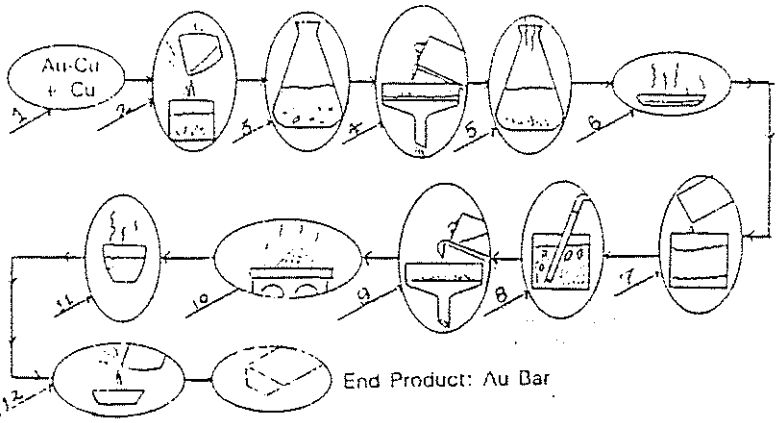
รูปที่ 8 การเตรียม AgCl เพื่อเปลี่ยนให้เป็น Ag



รูปที่ 9 การเปลี่ยน AgCl ให้เป็น Ag โดยวิธี Reduction with Zn

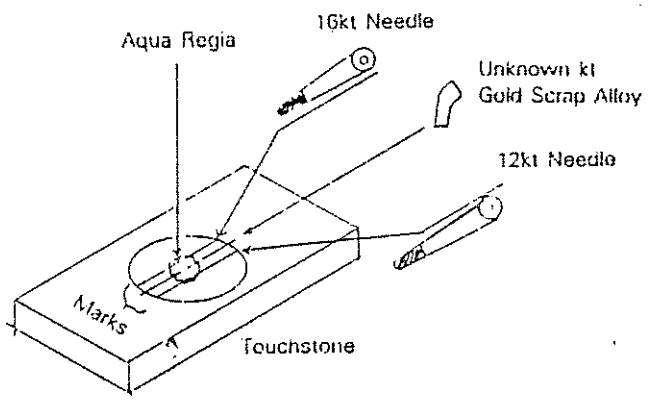


รูปที่ 10 การหลอมผงเงินที่ได้จากขั้นตอน Reduction with Zn

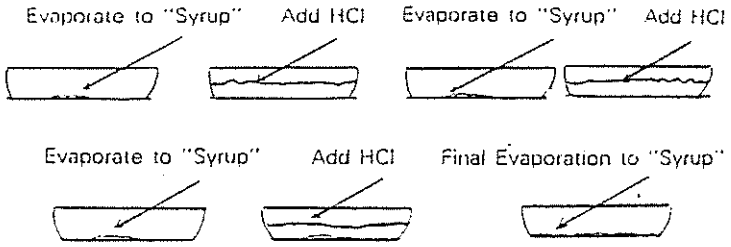


① Add Cu to Lower kt of Alloy
② Granulate
③ Dissolve in HNO_3 H_2O Solution
④ Wash Au Residue
⑤ Dissolve Au Residue in Aqua Regia
⑥ Evaporate Nitric Acid
⑦ Dilute AuCl "Syrup"
⑧ Precipitate Au with Sulphur Dioxide (SO_2) Ga
⑨ Wash Au Powder
⑩ Dry Au Powder
⑪ Melt Au
⑫ Cast

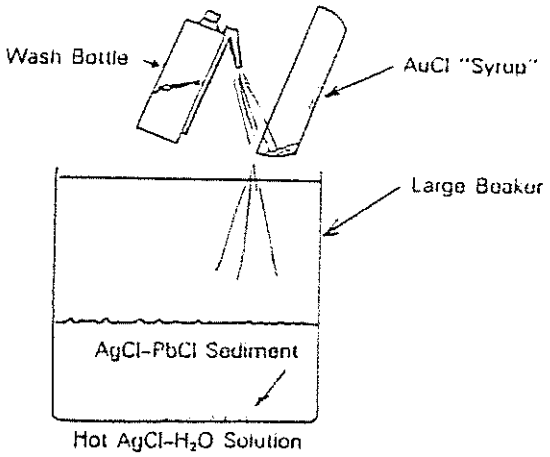
รูปที่ 11 ขั้นตอนการแยกสกัดทองจาก Gold-Copper alloys



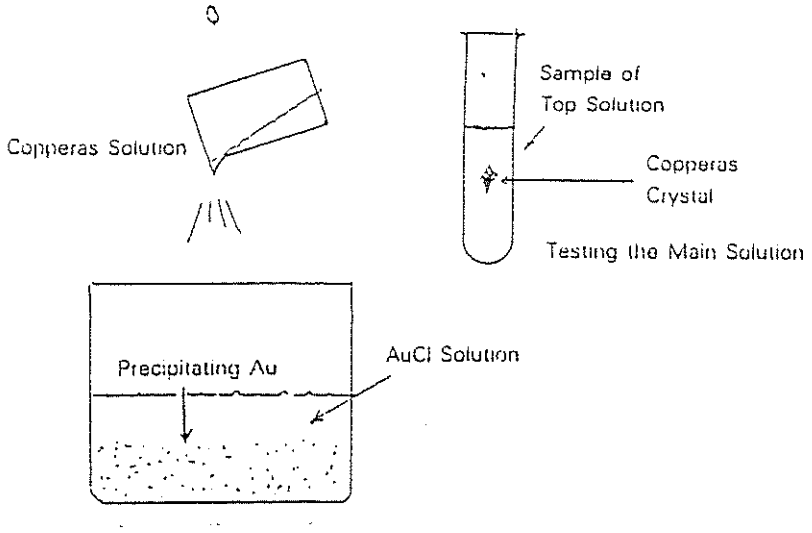
รูปที่ 12 การตรวจสอบค่า kt หรือเปอร์เซ็นต์ทอง



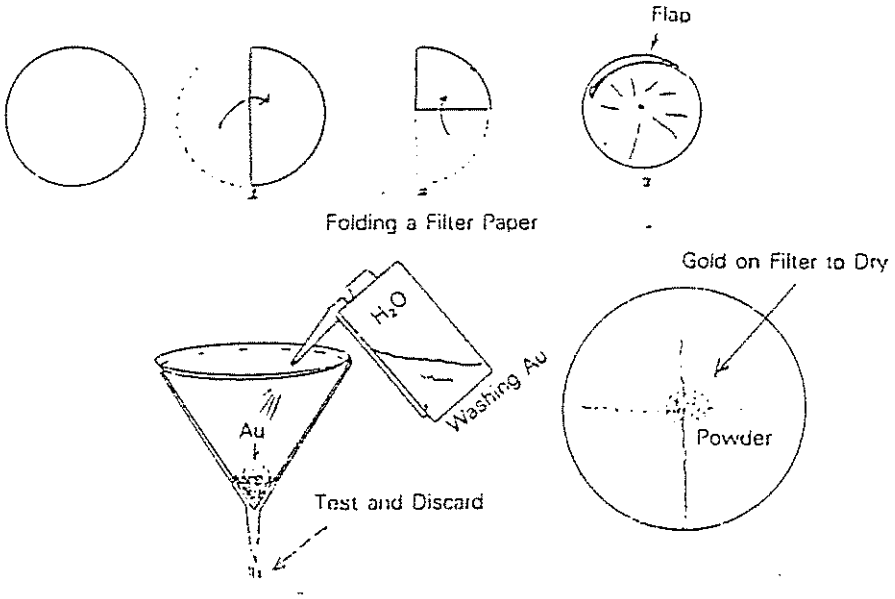
รูปที่ 13 การต้มไล่กรด HNO_3 ที่เหลือในสารละลายที่แยกสกัดทองจาก Scrap



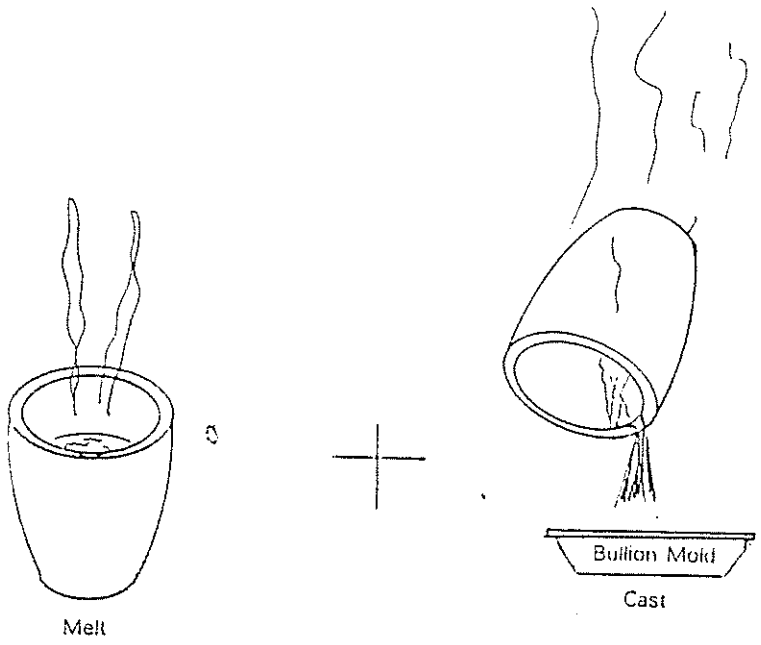
รูปที่ 14 การเจือจางสารละลายทองด้วยน้ำร้อน



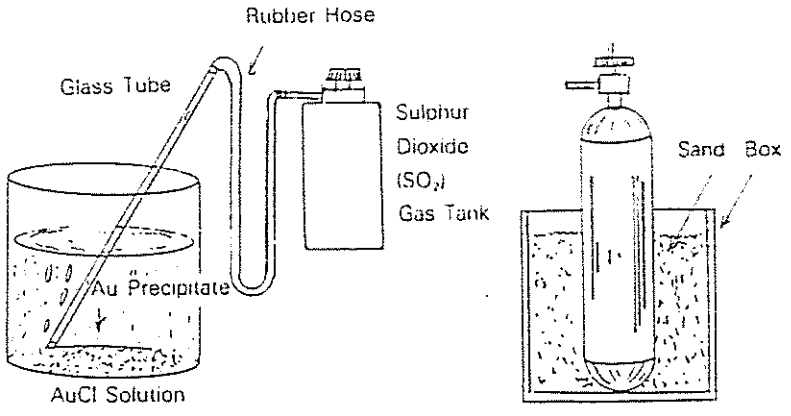
รูปที่ 15 การตกตะกอนทองจากสารละลายทองโดยใช้ Copperas



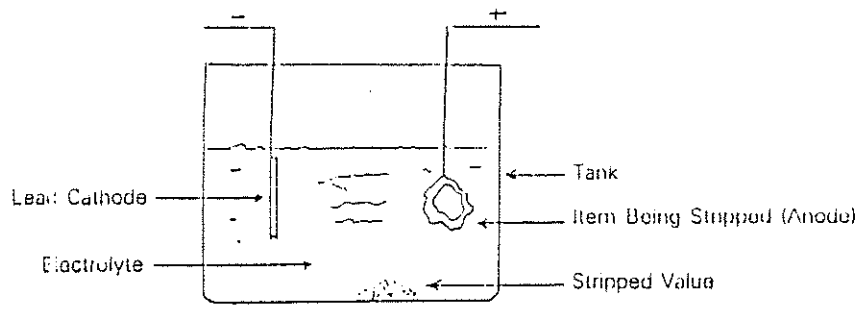
รูปที่ 16 การล้างตะกอนทองขั้นตอนสุดท้ายและทำให้แห้ง



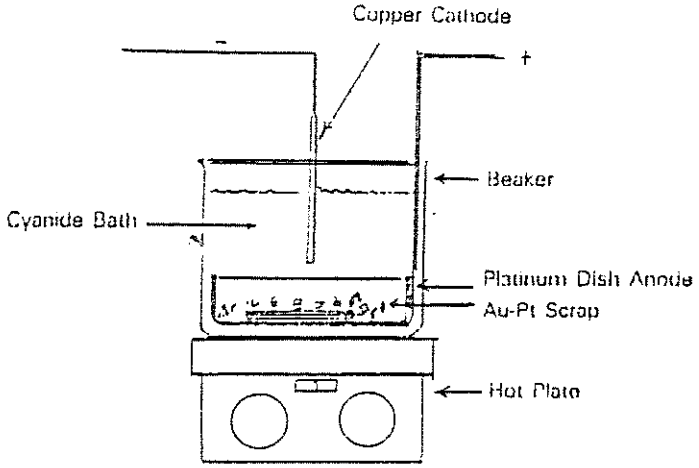
รูปที่ 17 การหลอมผงทองและเทลงแบบ



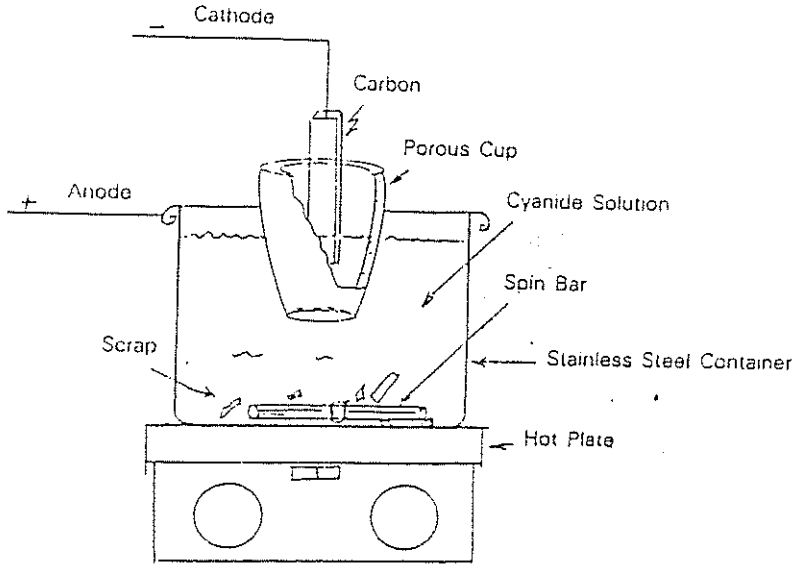
รูปที่ 18 การตกตะกอนทองโดยวิธีใช้ก๊าซ SO_2



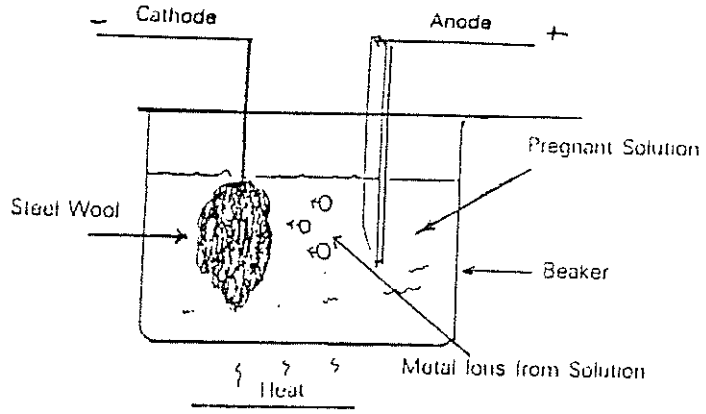
รูปที่ 19 การลอกทองโดยวิธีไฟฟ้า



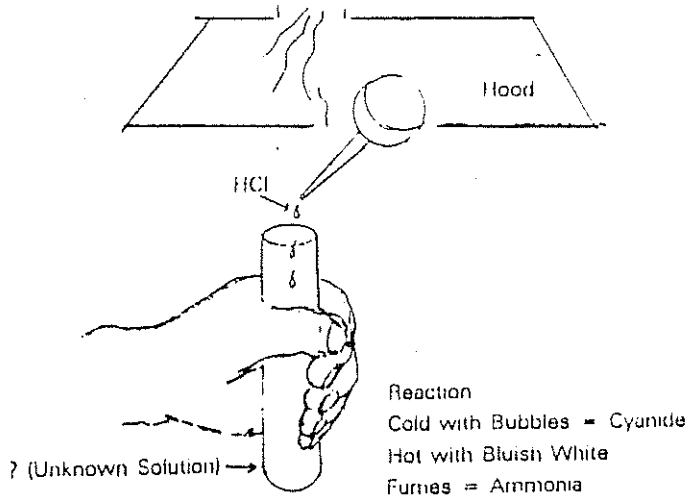
รูปที่ 20 การแยกสกัดทองจากเศษผสมทองและแพลตินัมโดยวิธีไฟฟ้า ทองจะแยกออกมาเกาะที่ขั้วลบ



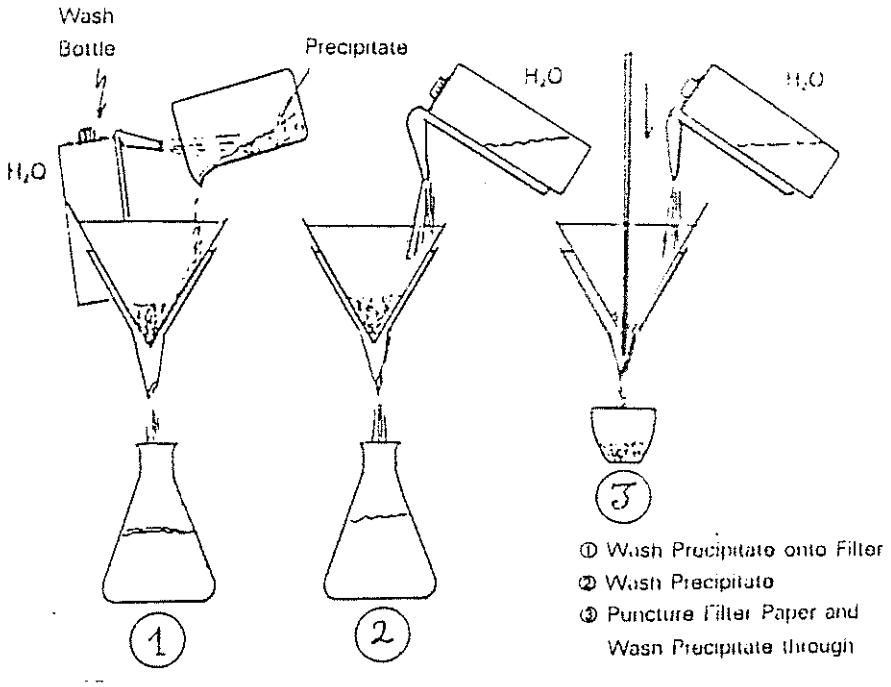
รูปที่ 21 การแยกสกัดทองจากแร่ผสมทองและแพลตินัมโดยวิธีไฟฟ้า ทองจะละลายออกมาในสารละลาย



รูปที่ 22 การแยกสกัดทองออกจากสารละลายโดยวิธีไฟฟ้า



รูปที่ 23 การทดสอบสารละลายว่าเป็นแอมโมเนียหรือไซยาไนด์



รูปที่ 24 การถ่ายตะกอนที่มีประมาณน้อย ๆ ใส่ภาชนะอื่นเพื่อนำไปทำขั้นตอนต่อ ๆ ไป