

รายงานวิชาการ

ฉบับที่ กล 4/2545

อุปกรณ์ต้นแบบการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์ม
สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง

ปราโมทย์ ภูพานทอง

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
กระทรวงอุตสาหกรรม

อธิบดีกรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
นายสมเกียรติ ภูงษ์ชัยฤทธิ์

ผู้อำนวยการสำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
นายชาติ หงส์เทียมจันทร์

จัดพิมพ์โดย

กลุ่มเทคโนโลยีอุตสาหกรรมพื้นฐาน
สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน
กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่
ถนนพระราม 6 เขตราชเทวี
กรุงเทพฯ 10400
โทรศัพท์ 0 2202 3616
โทรสาร 0 2202 3616

พิมพ์ครั้งที่ 1

ธันวาคม 2544

พิมพ์ครั้งที่ 2

กุมภาพันธ์ 2553

ข้อมูลการลงรายการบรรณานุกรม

ปราโมทย์ ภูพานทอง

อุปกรณ์ต้นแบบการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง /
โดย ปราโมทย์ ภูพานทอง. - กรุงเทพฯ: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐาน
และการเหมืองแร่, 2553.

47 หน้า : ภาพประกอบ: ตาราง; 30 ซม

รายงานวิชาการ ฉบับที่ กล 4/2545

ISBN 974-7734-13-3

อุปกรณ์ต้นแบบการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์ม สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดกลาง

โดย ปราโมทย์ ภูพานทอง

บทคัดย่อ

การศึกษาค้นคว้าของตัวแปร ต่ออุปกรณ์ต้นแบบการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์ม ทั้ง 2 วิธี คือ วิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็กและวิธีไฟฟ้า ที่สร้างขึ้นมาจากการประยุกต์วัสดุอุปกรณ์ที่สามารถหาได้ง่าย จากร้านวัสดุก่อสร้างทั่วไปและร้านค้าของเก่า โดยปรับเปลี่ยนค่าตัวแปรต่างๆคือ การใช้กรดอะซิติก อัตราการไหลของน้ำยาล้างฟิล์มผ่านฝอยเหล็ก สำหรับการแยกเงินด้วยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็กและการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ ความหนาแน่นกระแสไฟฟ้า การกวนน้ำยาภายในเซลล์ สำหรับการแยกเงินด้วยวิธีไฟฟ้า เพื่อหาสภาวะเหมาะสมของตัวแปรดังกล่าว ที่ส่งผลให้อุปกรณ์ต้นแบบทั้ง 2 วิธี มีประสิทธิภาพการแยกเงินสูงสุด

จากการทดลองแยกเงิน ด้วยอุปกรณ์ต้นแบบที่สร้างขึ้นทั้ง 2 วิธี ด้วยน้ำยาล้างฟิล์ม ทั้งชนิดขาว-ดำและสี ในปริมาณมากกว่า 5000 ลิตร ที่แสดงประสิทธิภาพ การแยกเงินที่คงที่ตลอดเวลา คือสามารถแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มได้มากถึงร้อยละ 98-99 ความบริสุทธิ์ของโลหะเงินที่ได้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานการใช้งานทั่วไป คือประมาณร้อยละ 99 เป็นสิ่งยืนยันความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ดังกล่าวได้เป็นอย่างดี

ค่าอุปกรณ์รวมค่าติดตั้งของการแยกเงินด้วยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก ประมาณ 900 บาท สามารถแยกเงินได้สูงสุดครั้งละ 4 กิโลกรัม คิดเป็นค่าใช้จ่ายในระบบประมาณ 22 บาท ต่อการแยกเงิน 1 กิโลกรัม ส่วนค่าอุปกรณ์รวมการติดตั้งของวิธีไฟฟ้า ขนาดบรรจุครั้งละ 100 ลิตร คิดเป็นเงินประมาณ 10,000 - 30,000 บาท ขึ้นกับสภาพความเก่า - ใหม่ ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ คิดเป็นค่าใช้จ่ายในระบบประมาณ 15 บาทต่อการแยกเงิน 1 กิโลกรัม และสามารถแยกเงินได้ไม่จำกัดปริมาณ

สารบัญ

บทคัดย่อ	VII
คำขอบคุณ	VIII
บทนำ	1
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
1.การตกตะกอนเงินด้วยสารเคมี	3
2.การแยกเงินโดยวิธีแทนที่ด้วยโลหะ	4
3.การแยกเงินโดยวิธีไฟฟ้า	5
4.เปรียบเทียบกระบวนการแยกเงินทั้ง3วิธี	7
4.1การแยกเงินโดยตกตะกอน	7
4.2การแยกเงินโดยวิธีแทนที่ด้วยโลหะ	8
4.3การแยกเงินโดยวิธีไฟฟ้า	8
5.ประสิทธิภาพการแยกเงิน	9
วิธีการดำเนินการวิจัย	10
1.วัตถุประสงค์	10
2.อุปกรณ์แยกเงินโดยวิธีแทนที่ด้วยโลหะ	10
2.1สารเคมี	10
2.2การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	10
3.อุปกรณ์แยกเงินโดยวิธีไฟฟ้า	11
3.1สารเคมี	11
3.2การติดตั้งอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	11
การทดลอง	13
1.การทดลองแยกเงินโดยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	13
1.1 ผลของกรดอะเซติก	13
1.2 ผลของการกวนน้ำยาล้างฟิล์ม	13
1.3 การทดสอบประสิทธิภาพฝอยเหล็ก	13
1.4 การทดลองหาความสัมพันธ์อัตราการใช้ของน้ำยาล้างฟิล์ม ต่อปริมาณการใช้ฝอยเหล็ก	14
1.5 การหลอมเงินที่ได้จากการแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	14
2. การทดลองแยกเงินโดยวิธีไฟฟ้า	18
2.1 ผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์	18
2.2 ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่อการแยกเงินด้วยไฟฟ้า	18

2.3 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์ไฟฟ้าขนาด 100 ลิตร ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มขาว-ดำ	19
2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์ไฟฟ้าขนาด 100 ลิตร ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสี	19
2.5 การหลอมเงินที่ได้จากวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า	19
3. เปรียบเทียบการแยกเงินด้วยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็กและวิธีไฟฟ้า	21
ผลการทดลองและวิจารณ์	22
1. ผลการทดลองแยกเงินโดยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	22
1.1 ผลของกรดอะเซติก	22
1.2 ผลของการกวนน้ำยาล้างฟิล์ม	22
1.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพฝอยเหล็ก	23
1.4 ผลการทดลองหาความสัมพันธ์อัตราการใช้ของน้ำยาล้างฟิล์ม ต่อปริมาณการใช้ฝอยเหล็ก	24
1.5 ผลการหลอมเงินที่ได้จากการแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	25
2. ผลการทดลองแยกเงินโดยวิธีไฟฟ้า	26
2.1 ผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์	26
2.2 ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่อการแยกเงินด้วยไฟฟ้า	27
2.3 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์ไฟฟ้าขนาด 100 ลิตร ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มขาว-ดำ	27
2.4 การทดสอบประสิทธิภาพเซลล์ไฟฟ้าขนาด 100 ลิตร ด้วยน้ำยาล้างฟิล์มสี	29
2.5 ผลการหลอมเงินที่ได้จากวิธีการแยกด้วยไฟฟ้า	29
3. ผลการเปรียบเทียบการแยกเงินด้วยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็กและวิธีไฟฟ้า	30
สรุป	32
เอกสารอ้างอิง	33
ภาคผนวก เอกสารกำกับการใช้และข้อควรระวังของน้ำยาล้างฟิล์มขาว-ดำและฟิล์มสี	35

สารบัญรูป

1. อุปกรณ์แยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มโดยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	11
2. การติดตั้งเซลล์ไฟฟ้าสำหรับแยกเงิน	12
3. แผนภูมิการหลอมเงินจากการแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	15
4. เงินที่ได้จากการแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	16
5. การละลายฝอยเหล็กส่วนเกินด้วยกรดกำมะถัน	17
6. ผงเงินหลังจากแยกฝอยเหล็กด้วยกรดกำมะถันและอบแห้ง	17

7. ผงเงินที่ลอกจากข้าวลอบ	20
8. เม็ดโลหะเงินจากการเทน้ำโลหะเงินลงบนน้ำ	20

สารบัญตาราง

1. ผลของกรดอะเซติกต่อการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มโดยวิธีแทนที่ด้วยฝอยเหล็ก	22
2. ผลของการกวนน้ำยาล้างฟิล์ม	23
3. ผลการเปลี่ยนแปลงปริมาณเงินในน้ำยาล้างฟิล์มหลังผ่านฝอยเหล็กในท่อพีวีซี	24
4. ความสัมพันธ์อัตราการไหลน้ำยาล้างฟิล์มต่อปริมาณการใช้ฝอยเหล็ก	25
5. ผลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อการแยกเงินด้วยไฟฟ้า	26
6. ผลของความหนาแน่นกระแสไฟฟ้าต่อการแยกเงินด้วยวิธีไฟฟ้า	27
7. ผลการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มชนิด ขาว-ดำ ด้วยเซลล์ไฟฟ้า ขนาดความจุ 100 ลิตร	28
8. ผลการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มสี ด้วยเซลล์ไฟฟ้าขนาดความจุ 100 ลิตร	29
9. แสดงผลการเปรียบเทียบการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มโดยวิธี แทนที่ด้วยฝอยเหล็กและวิธีไฟฟ้า	31

บทนำ

การแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์ม มีวัตถุประสงค์หลัก 2 ประการ คือ เพื่ออนุรักษ์แหล่งวัตถุโบราณทางธรรมชาติที่นับวันจะลดน้อยลง จากการสำรวจพบว่าโลหะเงินมากกว่า 2 ใน 3 มาจากเหมืองแร่ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการทำเหมืองทองแดง สังกะสี และตะกั่ว ดังนั้นปริมาณการผลิตเงินจึงขึ้นอยู่กับความต้องการโลหะพื้นฐานกล่าวมาแล้ว ถ้าช่วงใดโลหะเหล่านี้ล้นตลาด จะมีผลต่อการผลิตเงินที่ลดลงด้วย แหล่งเงินที่สำคัญสามารถทดแทนการผลิตเงินที่ลดต่ำลงได้ คือของทิ้งจากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องเนื่องกับเงินโดยเฉพาะอุตสาหกรรมการถ่ายภาพ ประมาณ 1/4 หรือ 1/3 ของเงินที่ผลิตได้ทั้งหมดจะใช้ในอุตสาหกรรมด้านนี้ ดังนั้นการแยกสกัดเงินกลับมาใช้ใหม่จึงสามารถช่วยรักษาแหล่งวัตถุโบราณชาติได้อย่างมาก และยังเป็นการเพิ่มรายได้จากของทิ้งของอุตสาหกรรมเหล่านี้ด้วย เหตุผลอีกประการหนึ่งคือเป็นการรักษาสິงแวดล้อม เนื่องจากเงินเมื่ออยู่ในรูปสารละลายถูกจัดเป็นโลหะหนักที่ก่อให้เกิดมลภาวะในน้ำ จำเป็นต้องกำจัดออกให้หมดหรือให้ความเข้มข้นของเงินในสารละลายลดต่ำจนได้ตามเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้ง ดังกล่าวในรายงานของเปี่ยมศักดิ์ เมนะเศวต (2539, หน้า 274-275) ดังนั้นการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่จึงเป็นประโยชน์ต่อปัจจัยโดยรวม

ในอุตสาหกรรมถ่ายภาพ จะมีสิ่งเหลือทิ้งที่สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการแยกสกัดเงินกลับมาใช้ใหม่ได้ ประกอบด้วย 1. น้ำยาล้างฟิล์มและอัดรูป 2. แผ่นฟิล์มและกระดาษอัดรูป เมื่อนำฟิล์มขาวดำหรือเอ็กซ์เรย์ผ่านกระบวนการล้างฟิล์ม ประมาณร้อยละ 60-80 ของเงินที่อยู่บนเจลาตินเคลือบบนแผ่นฟิล์มจะละลายออกมา ส่วนที่เหลือจะติดบนแผ่นฟิล์ม ปริมาณเงินทั้ง 2 ส่วนจะไม่คงที่ แปรตามชนิดการใช้งาน การรับแสงมากน้อยต่างกัน ชนิดของวัตถุที่ใช้ทำฟิล์ม แต่ถ้าเป็นฟิล์มสีเงินจะละลายหมดในน้ำยาล้างฟิล์ม ในกระบวนการล้างฟิล์ม ฟิล์มที่ใช้งานแล้วจะถูกแช่ในน้ำยาล้างฟิล์มซึ่งก็คือ น้ำยาสร้างภาพ (fixing solution) น้ำยานี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนเงินฮาไลด์ส่วนที่ไม่ถูกเปลี่ยนเป็นภาพให้ละลายออกมา ส่วนที่เป็นภาพจะคงติดอยู่ในชั้นเจลาติน น้ำยาล้างฟิล์มขาวดำจะประกอบด้วยแอมโมเนียมไทโอซัลเฟต หรือโซเดียมไทโอซัลเฟต สารเคมีทั้ง 2 ชนิดจะให้ผลการล้างฟิล์มใกล้เคียงกัน จะต่างกันตรงที่แอมโมเนียมไทโอซัลเฟตจะอยู่ในรูปสารละลาย เมื่อใช้งานแล้วปริมาณเงินที่เพิ่มขึ้นในน้ำยาจะไม่มีผลต่ออายุการใช้งาน ดังนั้นการดึงเงินออกจากน้ำยาจึงไม่สามารถเพิ่มอายุการใช้งานได้นอกจากน้ำยาหมดสภาพการใช้งานเอง สังเกตได้จากระยะเวลาในการล้างฟิล์มจะนานกว่าปรกติ และพบว่าปริมาณเงินที่เพิ่มขึ้นจนถึง 10 กรัมต่อลิตร ยังคงไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้งาน ส่วนโซเดียมไทโอซัลเฟตจะอยู่ในรูปผงเคมี ต้องละลายน้ำก่อนใช้ และจะไวต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณเงินในน้ำยาที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการแยกเงินจากน้ำยาจะมีผลต่ออายุการใช้งานที่เพิ่มขึ้นได้ แต่ถ้าน้ำยาหมดอายุการใช้งานแล้ว แม้จะดึงเงินออกจนหมดก็ไม่สามารถใช้น้ำยานั้นได้อีก เนื่องจากสารเคมีบางตัวเกิดการสลายตัว หรือเจือจางต่ำกว่ามาตรฐาน

ในขั้นตอนการอัดภาพจากฟิล์มขาวดำ แผ่นฟิล์มที่ล้างแล้วจะผ่านน้ำยาฟอก (bleach) น้ำยานี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนส่วนของภาพที่ติดบนฟิล์ม ซึ่งเป็นเงินให้เป็นสารประกอบเงินฮาไลด์ ดังนั้นจะมีส่วนของเงินละลายออกมาในน้ำยาฟอก แต่ปริมาณเงินในน้ำยาฟอกจะน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำยา

ล้างฟิล์มเพราะต้องเปลี่ยนบ่อยครั้ง เพื่อควบคุมสภาวะการใช้งานให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่เช่นนั้นจะเกิดผลึกเกลือของน้ำยาฟอกเอง แต่ถ้าเป็นฟิล์มสีจะไม่มีส่วนของเงินละลายออกมา เนื่องจากเงินจะละลายออกมาตั้งแต่ผ่านน้ำยาล้างฟิล์มชนิดที่เป็นน้ำยาล้างอย่างเดียว หรือน้ำยาล้าง-ฟอก (bleach-fix solution) ในการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์มไม่มีกฎเกณฑ์ตายตัวในการกำหนดว่าควรจะทำเมื่อใด แต่การตัดสินใจต้องประกอบด้วยความคุ้มค่าในการลงทุนเชิงพาณิชย์ และปัญหาสิ่งแวดล้อมซึ่งจะมีตัวแปรอื่นๆ อีกเช่น ราคาของโลหะเงินในตลาดขณะนั้น ศักยภาพของวัตถุดิบว่ามีเงินมากน้อยเพียงใด เมื่อประเมินค่าใช้จ่ายของกระบวนการแยกเงินที่เลือกไว้ และการควบคุมผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้แล้วว่าคุ้มกับการลงทุนจึงลงมือทำได้ เมื่อพิจารณาจากอุตสาหกรรมถ่ายภาพ และการใช้ฟิล์มในประเทศ พบว่าตามสถานพยาบาลทั้งภาครัฐและเอกชน มีการใช้ฟิล์มเอ็กซเรย์สูงมาก ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อการใช้ยาล้างฟิล์มที่เพิ่มมากขึ้นด้วย หรือการล้างฟิล์มตามร้านถ่ายรูปที่นำเอาเครื่องล้างและอัดรูปอัตโนมัติมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ก็นับเป็นแหล่งวัตถุดิบที่สำคัญในการทำธุรกิจแยกเงินเพื่อนำมาใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องเงินต่อไป

กองโลหกรรมได้ทำการศึกษาข้อมูลความเป็นไปได้ของกรรมวิธีการแยกเงินจากน้ำยาล้างฟิล์ม และทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการและขยายสู่ขั้นโรงทดลอง (pilot plant) พร้อมทั้งสร้างอุปกรณ์ต้นแบบจากการประยุกต์วัสดุที่สามารถหาได้ตามร้านค้าวัสดุก่อสร้างทั่วไป เพื่อทดสอบประสิทธิภาพอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น และศึกษาความเป็นไปได้ของกระบวนการแยกเงินในเชิงพาณิชย์ ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้จะเลือกวิธีการแยกเงินด้วยไฟฟ้า และการแทนที่ด้วยโลหะ โดยจะเปรียบเทียบประสิทธิภาพ และต้นทุนของกระบวนการแยกเงินทั้ง 2 วิธี เพื่อให้ผู้สนใจจะประกอบธุรกิจด้านนี้ใช้เป็นแนวทางตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมตามสภาวะเศรษฐกิจปัจจุบัน