



การแยกโลหะอัลลอยในกากของเสีย จากกระบวนการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก ด้วยความร้อน

Study of Metal Alloy Segregation from Waste
of Plastic Lens Curve Grinding Process,
using Thermal Method

วิไลพร บุญบา วท.ม. (การจัดการสิ่งแวดล้อมอุตสาหกรรม)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรสวัสดิ์ ศรีสวัสดิ์ Ph.D. (Environmental Health Sciences)
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการแยกโลหะอัลลอยในกากของเสียแบบเปียกจากกระบวนการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกโดยกระบวนการให้ความร้อนเพื่อการนำกลับมาใช้ใหม่

การศึกษาทำการทดลองโดยนำตัวอย่างกากของเสียแบบเปียกจากกระบวนการเจียรเลนส์ปริมาณ 10 กิโลกรัม มาต้มโดยควบคุมการต้มที่ช่วงอุณหภูมิ 60-75 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการต้ม 5-15 นาที จากนั้นทิ้งให้น้ำเสียที่มีโลหะอัลลอยละลายอยู่เย็นตัวลง แล้วจึงทำการแยกกากเจียรเลนส์พลาสติกที่ลอยอยู่ด้านบนออก และกรองโลหะอัลลอยที่ตกตะกอนที่ก้นภาชนะออกเพื่อนำไปซึ่งหาน้ำหนักของโลหะอัลลอยที่แยกออกมาได้ แล้ววิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย

ผลการศึกษาพบว่า การต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และเวลาในการต้ม 15 นาที มีปริมาณโลหะอัลลอย

ที่แยกออกได้มากที่สุดโดยเฉลี่ย 37.525 กรัมต่อกากของเสีย 10 กิโลกรัม สภาวะที่เหมาะสมในการแยกโลหะอัลลอยในกากของเสียจากกระบวนการเจียรเลนส์คือ การต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียสและระยะเวลาในการต้ม 5 นาที มีปริมาณโลหะอัลลอยที่แยกออกได้เฉลี่ย 33.833 กรัมต่อกากของเสีย 10 กิโลกรัม

ผลการศึกษาแสดงให้เห็นแนวทางในการนำโลหะอัลลอยจากกระบวนการเจียรเลนส์กลับมาใช้ซ้ำเพื่อแยกโลหะอัลลอยออกจากกากของเสียได้ และสามารถลดการเบิกใช้โลหะอัลลอยใหม่ได้ประมาณเดือนละ 39.6 กิโลกรัม

คำสำคัญ : การแยกโลหะอัลลอย/กากของเสียพลาสติก/การเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก/กระบวนการให้ความร้อน

Abstract

This study was carried out to find out the proper conditions of segregating metal alloy from plastic lens curve grinding waste for reuse, by using thermal method.

The study design enabled to segregate metal alloy from 10 kilograms of plastic lens curve grinding waste by varying temperature of boiling, 60-75 °C and time of boiling, 5-15 minutes. After cooling down to room temperature, metal alloy can be segregated from plastic waste. The segregated metal alloy was weighed and calculated for average.

Result of the experiment shows difference yield of metal alloy weight from boiling by different boiling temperature and time. At 75 °C, 15 minutes, average high yield was 37.53 grams per 10 kilograms of plastic waste. The proper condition of segregation metal alloy from plastic lens curve grinding waste were selected from boiling at 75 °C, 5 minutes with average of segregated metal alloy was 33.83 grams per 10 kilograms of plastic waste.

This study results suggested the practical guide for metal alloy segregation and reduction of new use of metal alloy at 39.60 kilograms per month.

Keywords : Metal alloy segregation/Plastic waste/Plastic lens curve grinding/Thermal method

1. บทนำ

ในการผลิตเลนส์แว่นตาชนิดสั่งพิเศษ และเลนส์แว่นตาเพื่อเข้ากรอบนั้น โรงงานผลิตเลนส์แว่นตาในประเทศไทยจะได้รับคำสั่งซื้อ (prescription) จากลูกค้าทั่วโลก จากนั้นจะคัดเลือกเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูป (semi-finished plastic lens) ที่มีค่าความโค้งด้านนูนที่เหมาะสมซึ่งผลิตเตรียมไว้ก่อนหน้านำมาทำการเจียรด้านเว้าให้ได้ค่าความโค้งและกำลังขยายตรงกับคำสั่งซื้อ

กระบวนการที่มีการใช้งานโลหะอัลลอยในกระบวนการผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติก ได้แก่ กระบวนการจับยึดเลนส์ (alloy blocking) ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อยึดเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปให้ติดกับตัวจับยึด (holder) ของเครื่องเจียร โดยใช้โลหะอัลลอยเป็นตัวประสาน โลหะอัลลอย

แท่งจะถูกนำมาใส่ในหม้อต้มซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องจับยึดเลนส์ โลหะอัลลอยที่ได้รับความร้อนตามที่มีการตั้งค่าไว้จะหลอมละลายกลายเป็นของเหลว ซึ่งถือเป็นสถานะที่พร้อมสำหรับการใช้งาน เมื่อต้องการจะยึดเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปติดกับตัวจับยึด ผู้ปฏิบัติงานจะนำตัวจับยึดและเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปวางในช่องรับของเครื่อง Alloy Blocking จากนั้นใช้อุปกรณ์ของเครื่องยึดเลนส์ให้แน่นแล้วเปิดวาล์วให้โลหะอัลลอยเหลวไหลเข้าสู่ช่องว่างดังกล่าว โลหะอัลลอยจะไหลเข้าสู่ช่องว่างระหว่างเลนส์และตัวจับยึด ทำให้วัสดุทั้งสองชนิดดังกล่าวยึดติดกัน หลังจากที่ยึดเลนส์พลาสติกกึ่งสำเร็จรูปติดกับตัวจับยึดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เลนส์ดังกล่าวจะถูกนำเข้าสู่เครื่องเจียร (curve grinding machine) เพื่อเจียรด้านเว้าของเลนส์ออกให้ได้ค่าความโค้งความหนา และค่าสายตาตามต้องการ

ในระหว่างกระบวนการเจียรในเครื่องโลหะอัลลอยอาจมีการหลุดกระเด็นออกมาเนื่องจากแรงเหวี่ยงและการสั่นสะเทือน นอกจากนี้การเจียรเลนส์ที่มีค่าสายตาพิเศษบางค่าสายตา ทำให้มีการเจียรเลนส์ด้านใดด้านหนึ่ง (ด้านที่ไม่ใช้งาน) ออกมากกว่าปกติ (ไม่สมมาตร) ทำให้โลหะอัลลอยที่ติดกับผิวหน้าเลนส์บริเวณด้านที่ไม่มีการใช้งานนั้นถูกเจียรออกมาด้วย โลหะอัลลอยที่หลุดกระเด็นและที่ถูกเจียรออกมามักจะจึงผสมรวมกับกากเจียรเลนส์ เศษของโลหะอัลลอยดังกล่าวมีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา มีรูปร่างไม่แน่นอน และปะปนคลุกเคล้าเข้ากับกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก

เนื่องจากโลหะอัลลอยเป็นวัสดุที่มีราคาสูงและมีการใช้ในปริมาณมากในกระบวนการผลิต จึงมีแนวคิดในการหาแนวทางนำโลหะอัลลอยดังกล่าวกลับมาใช้ซ้ำ ซึ่งโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติกได้ดำเนินการไปแล้วบางส่วนคือ การนำโลหะอัลลอยส่วนที่ติดอยู่กับตัวยึด (holder) ซึ่งสามารถแยกออกจากตัวยึดได้โดยง่าย ในขั้นตอนการแยกตัวจับยึดเลนส์ (de-blocking) มาใช้ซ้ำสำหรับโลหะอัลลอยที่มีการปะปนไปกับกากจากการเจียรเลนส์พลาสติก แต่ในกระบวนการเจียรความโค้ง (curve grinding) นั้น ในปัจจุบันยังไม่มีมีการนำกลับมาใช้ใหม่เนื่องจากการแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรดังกล่าวทำได้ยาก จากการศึกษาข้อมูลใน พ.ศ. 2557 พบว่า ปริมาณการนำโลหะอัลลอยกลับมาใช้ซ้ำในปัจจุบันคิดเป็นร้อยละ 60 และมีการกำจัดทั้งรวมกับกากเจียรจากกระบวนการผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติกคิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณโลหะอัลลอยที่เบิกใช้ในแต่ละเดือน



จากข้อมูลเกี่ยวกับของเสียและการจัดการของเสียจากโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติกพบว่า ในขั้นตอนการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกมีของเสียจากการใช้งานโลหะอัลลอยด์โดยแบ่งออกเป็น 3 ส่วน และมีการจัดการดังต่อไปนี้

1.1 โลหะอัลลอยด์ที่ติดอยู่กับตัวจับยึด (holder) ของเครื่องเจียร

ปัจจุบันทางโรงงานได้มีการนำโลหะอัลลอยด์ในส่วนนี้กลับมาใช้ใหม่เป็นที่เรียบร้อยแล้ว วิธีการนำกลับมาใช้ใหม่ดำเนินการโดยการต้มเพื่อแยกโลหะอัลลอยด์ออกจากตัวจับยึด กระบวนการนี้เรียกว่า การแยกตัวจับยึดเลนส์ (de-blocking) การต้มใช้อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส นาน 5-10 นาที จากนั้นทิ้งให้อุณหภูมิของน้ำเย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วจึงนำตัวจับยึดที่แยกออกจากโลหะอัลลอยด์แล้วไปทำความสะอาดเพื่อรอการนำกลับมาใช้ใหม่ สำหรับโลหะอัลลอยด์จะตกตะกอนเป็นก้อนแข็งอยู่ที่ก้นภาชนะที่ใช้ต้มสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ในขั้นตอนการจับยึดเลนส์ (alloy blocking) ได้ทันที

1.2 เศษโลหะอัลลอยด์ที่ปะปนมากับกากเจียรเลนส์ชนิดเปียก

กากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกจากเครื่องเจียรเลนส์ชนิดที่ต้องใช้น้ำในการหล่อเย็น จะมีความชื้นสูงเนื่องจากมีน้ำปน กากของเสียจากการเจียรมีลักษณะทางกายภาพเป็นเส้น และเป็นขุย ขนาดเล็ก (กว้างประมาณ 1-3 มิลลิเมตร ยาวประมาณ 5-15 มิลลิเมตร) มีการปนเปื้อนน้ำจากการหล่อเย็นขณะเจียร และมีโลหะอัลลอยด์ที่หลุดออกจากตัวจับยึดปนออกมาพร้อมกับกากเจียร ซึ่งกากเจียรดังกล่าวมีปริมาณโลหะอัลลอยด์ปนออกมาไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับชนิดและค่าสายตาของเลนส์ที่นำเข้าเจียรในครั้งนั้น ๆ ซึ่งเป็นการยากต่อการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ ดังนั้น ปัจจุบันทางโรงงานฯ ได้ส่งกำจัดของเสียดังกล่าวออกไปกำจัดยังบริษัทรับกำจัดกากของเสียภายนอก

1.3 เศษโลหะอัลลอยด์ที่ปะปนมากับกากเจียรเลนส์ชนิดแห้ง

กากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกจากเครื่องเจียรเลนส์ชนิดที่ไม่ต้องใช้น้ำในการหล่อเย็นจะไม่มีน้ำปน มีความฟูและมีโลหะอัลลอยด์ปะปนออกมาด้วยเศษโลหะอัลลอยด์ที่ปะปนออกมากับกากเจียรชนิดนี้จะมีความชื้นและมีรูปร่างไม่แน่นอน ซึ่งเป็นการยากต่อการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ วิธีการแยกโลหะอัลลอยด์ในกากของเสียด้วยการต้มไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กับกากของเสียจากการเจียรเลนส์แว่นตาที่มีลักษณะการเจียรแบบแห้ง เนื่องจากการต้มจะเป็นการ

เพิ่มความชื้นให้แก่ของเสีย ซึ่งจะส่งผลต่อการเพิ่มน้ำหนักของของเสียโดยไม่จำเป็น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อการจัดการเกี่ยวกับการจัดเก็บ การเก็บขน รวมถึงค่าใช้จ่ายในการกำจัดกากของเสียฯ หากมีการคิดราคาค่ากำจัดตามน้ำหนักของเสีย ดังนั้น ปัจจุบันทางโรงงานจึงส่งกำจัดของเสียดังกล่าวออกไปกำจัดยังบริษัทรับกำจัดกากของเสียภายนอก

แม้ว่าโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติกจะดำเนินการหมุนเวียนโลหะอัลลอยด์ที่ผ่านการใช้งานแล้วจากกระบวนการแยกตัวจับยึดเลนส์ กลับไปใช้ใหม่ในกระบวนการจับยึดเลนส์ด้วยอัลลอยด์ (alloy blocking) อยู่แล้วเป็นปกติ แต่จะเห็นได้ว่า โลหะอัลลอยด์ที่ปะปนออกมากับกากเจียรในกระบวนการเจียรความโค้ง ซึ่งมีขนาดเล็กและรูปร่างไม่แน่นอนนั้น ยังไม่มีการนำกลับมาใช้ใหม่ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทดลองแยกโลหะอัลลอยด์ออกจากกากเจียรเลนส์พลาสติกด้วยการให้ความร้อนแล้วแยกตะกอนกากเจียรเลนส์พลาสติกออกเพื่อนำโลหะอัลลอยด์ที่ได้กลับมาใช้ใหม่ ทั้งนี้ เพื่อลดการใช้ทรัพยากรและลดค่าใช้จ่ายในกระบวนการผลิต

2. วัตถุประสงค์การศึกษา

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา อุณหภูมิ และเวลาที่เหมาะสม ในการแยกโลหะอัลลอยด์ออกจากกากเจียรเลนส์พลาสติกด้วยกระบวนการให้ความร้อน

3. วิธีดำเนินการศึกษา

การทดลองแยกโลหะอัลลอยด์ออกจากกากเจียรเลนส์พลาสติกด้วยการให้ความร้อน มี 5 ขั้นตอน รายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

3.1 การเตรียมเครื่องมือการแยกโลหะอัลลอยด์ออกจากกากของเสีย

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

- 1) อ่างสำหรับต้ม (hot water bath)
- 2) ตะกร้าเหล็กสำหรับต้มกากของเสีย
- 3) ตะแกรงสำหรับกรอง

3.2 การรวบรวมกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก

เนื่องจากในโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติกที่ทำการศึกษามีโลหะอัลลอยด์ปะปนออกมากับกากจากการเจียรเลนส์ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง กากเจียรแบบเปียกคือกากเจียรที่เกิดจากเครื่องเจียรเลนส์ที่มีการใช้น้ำในการหล่อเย็น ส่วนกากเจียรแบบแห้งคือ กากเจียรที่เกิดจากเครื่องเจียรเลนส์ที่ไม่มีการใช้น้ำในการหล่อเย็น ซึ่งทางโรงงานแห่ง

นี้มีระบบการจัดการกับกากเจียรทั้งสองชนิดดังกล่าวโดยการส่งไปกำจัดยังบริษัทรับกำจัดกากของเสียภายนอกบริษัทฯ ซึ่งค่ากำจัดคิดต่อน้ำหนักของกากเจียร

เนื่องจากแนวทางการแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรที่ทำการศึกษาก่อนหน้านี้ให้ความร้อนด้วยการต้มด้วยน้ำ ซึ่งหลังจากที่แยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเป็นที่เรียบร้อยแล้ว กากเจียรดังกล่าวจะถูกส่งไปกำจัดยังผู้รับกำจัดกากของเสียภายนอกด้วยกระบวนการเดิม ดังนั้นผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นศึกษาการแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์ชนิดเปียกซึ่งมีน้ำปนอยู่แล้วเท่านั้น ทั้งนี้เพื่อไม่เป็นการเพิ่มภาระค่ากำจัดสำหรับกากเจียรเลนส์แว่นตาชนิดแห้งของทางโรงงาน

การเก็บรวบรวมกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกจากเครื่องเจียรเลนส์ชนิดเปียก เพื่อนำมาแยกโลหะอัลลอยโดยปกติเครื่องเจียรมีระบบจัดการกากเจียรก่อนถ่ายเทออกจากเครื่องโดยการรีดน้ำหล่อเย็นส่วนที่ปนเปื้อนกับกากเจียรออก จากนั้นจึงถ่ายเทกากเจียรออกจากเครื่องผ่านการลำเลียงออกทางสายพานด้านหลังเครื่อง ในกระบวนการทำงานตามปกติ ผู้ปฏิบัติงานจะนำภาชนะมารองรับกากเจียรดังกล่าวเพื่อรอนำไปกำจัดต่อไป ภาชนะที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ได้แก่ ลังเหล็กที่มีถุงพลาสติกกรุด้านใน หลังจากได้กากเจียรที่ถ่ายเทออกมาจากเครื่องแล้ว สามารถนำกากเจียรดังกล่าวมาบรรจุลงในตะกร้าสำหรับต้มได้ทันที หรือหากต้องการจัดเก็บไว้รอการนำมาต้มในภายหลังก็ได้

3.3 การต้มกากเจียร

หลังจากที่รวบรวมกากจากการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกชนิดเปียกจากเครื่องเจียรเลนส์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว นำกากเจียรดังกล่าวลงต้มตามขั้นตอนต่อไปนี้

- 1) สวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลเพื่อความปลอดภัยในการทำงาน ได้แก่ ถุงมือป้องกันความร้อน แวนตานิรภัย และรองเท้านิรภัย
- 2) นำกากเจียรน้ำหนัก 10 กิโลกรัมบรรจุในตะกร้าเหล็กมีหูที่เตรียมไว้สำหรับนำลงต้มในหม้อต้ม
- 3) นำกากเจียรที่บรรจุในตะกร้าลงต้มในอ่างสำหรับต้มที่อุณหภูมิและเวลาที่ได้จากการศึกษา
- 4) เมื่อต้มครบตามเวลาที่กำหนดแล้วยกตะกร้าเหล็กขึ้นเพื่อให้สะเด็ดน้ำ
- 5) ทิ้งให้น้ำและกากเจียรเย็นลง (อุณหภูมิไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน)

3.4 การแยกโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้มออกจากกากเจียรฯ และน้ำ

หลังจากที่อุณหภูมิของน้ำลดลงแล้ว ดำเนินการเปิดวาล์วที่ด้านล่างของอ่างต้ม ให้น้ำและเศษโลหะอัลลอยไหลออกจากอ่างต้ม กรองด้วยตะแกรง จากนั้นผงโลหะอัลลอยที่ได้ให้แห้งก่อนนำไปใช้งาน

3.5 การจัดการเกี่ยวกับน้ำเสีย และกากเจียรที่ผ่านการแยกอัลลอยแล้ว

1) น้ำเสีย

น้ำเสียที่ผ่านการต้มกากเจียรแล้วมีส่วนผสมของน้ำยาหล่อเย็นและน้ำยาเจียรเลนส์ซึ่งสามารถนำเข้าบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียของบริษัทได้

2) กากเจียรที่ผ่านการแยกโลหะอัลลอยออกแล้ว

กากเจียรดังกล่าวสามารถนำมาบรรจุถุงพลาสติกและส่งกำจัดยังบริษัทกำจัดของเสียภายนอกได้โดยตรงในชื่อของเสียเดิม (เศษพลาสติก)

4. ผลการศึกษา

ผลการแยกโลหะอัลลอยในกากของเสียแบบเปียกจากกระบวนการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกพบว่า การต้มกากเจียรที่มีโลหะอัลลอยผสมอยู่จำนวน 36 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 กิโลกรัม ที่อุณหภูมิและเวลาต่าง ๆ พบว่า สามารถแยกโลหะอัลลอยได้ในปริมาณไม่เท่ากัน รายละเอียดมีดังตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** น้ำหนักของโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้มที่เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ

เวลา	ครั้งที่	โลหะอัลลอย (กรัม) ที่ได้จากการต้มที่อุณหภูมิ			
		60°C	65°C	70°C	75°C
A : 5 นาที	ครั้งที่ 1	0.000	0.000	31.352	39.120
	ครั้งที่ 2	0.000	18.653	40.001	31.858
	ครั้งที่ 3	0.000	22.125	32.852	36.521
	ค่าเฉลี่ย \pm S.D.	0.000	13.593 \pm 11.899	34.735 \pm 4.622	35.833 \pm 3.680
B : 10 นาที	ครั้งที่ 1	11.225	26.974	33.842	35.854
	ครั้งที่ 2	0.000	32.008	36.934	34.652
	ครั้งที่ 3	14.035	36.987	34.768	37.962
	ค่าเฉลี่ย \pm S.D.	8.420 \pm 7.426	31.990 \pm 5.007	35.181 \pm 1.587	36.156 \pm 1.676
C : 15 นาที	ครั้งที่ 1	16.650	33.893	36.869	40.021
	ครั้งที่ 2	12.089	31.966	40.100	37.825
	ครั้งที่ 3	11.802	34.896	32.898	34.735
	ค่าเฉลี่ย \pm S.D.	13.514 \pm 2.720	33.585 \pm 1.489	36.622 \pm 3.607	37.527 \pm 2.656

จากข้อมูลในตารางที่ 1 พบว่า ที่เวลา 5 นาที อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ไม่สามารถแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียราโดยการต้มได้ และพบว่า ที่เวลา 5 นาที สามารถแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรา ได้เริ่มต้นที่ อุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป สำหรับการต้มที่เวลา

10 นาที และ 15 นาทีนั้น สามารถแยกโลหะอัลลอยจากกากเจียรา ได้ตั้งแต่การต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสเป็นต้นไป เมื่อนำค่าเฉลี่ยของน้ำหนักโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้มที่ เวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ ดังกล่าวมาเรียงลำดับจากน้อยไป มาก ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 น้ำหนักของโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้มเรียงตามลำดับจากมากไปน้อย

ลำดับที่	น้ำหนักโลหะอัลลอย (กรัม)	สภาวะควบคุม
1	37.525	75°C, 15 นาที
2	36.622	70°C, 15 นาที
3	36.156	75°C, 10 นาที
4	35.833	75°C, 5 นาที
5	35.181	70°C, 10 นาที
6	34.735	70°C, 5 นาที

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับที่	น้ำหนักโลหะอัลลอย (กรัม)	สถานะควบคุม
7	33.585	65°C, 15 นาที
8	31.990	65°C, 10 นาที
9	13.593	65°C, 5 นาที
10	13.541	60°C, 15 นาที
11	8.420	60°C, 10 นาที
12	0.000	60°C, 5 นาที

จากตารางที่ 2 พบว่า การให้ความร้อนโดยการต้มตัวอย่างกากของเสียจากกระบวนการเจียรเลนส์พลาสติกที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ได้โลหะอัลลอยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุด (ลำดับที่ 1) คือ 37.525 กรัมต่อกากของเสีย 10 กิโลกรัม และเมื่อพิจารณาสถานะการต้มโดยใช้เวลาน้อยที่สุดคือ 5 นาทีพบว่า ที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส สามารถแยกโลหะอัลลอยออกมาได้ในปริมาณมากที่สุดคือ 35.833 กรัมต่อกากของเสีย 10 กิโลกรัม ซึ่งถือเป็นลำดับที่ 4 ของทุกสถานะการต้ม

จะเห็นว่า เมื่อเวลาและอุณหภูมิมากขึ้น จะสามารถแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรฯ ได้มากขึ้น โดยที่การต้มที่เวลา 10 นาที และ 15 นาที มีแนวโน้มที่จะได้โลหะอัลลอยจากการต้มในทิศทางเดียวกันในแต่ละช่วงอุณหภูมิ ในขณะที่การต้มที่ 5 นาที ได้โลหะอัลลอยปริมาณน้อยที่สุดช่วงอุณหภูมิ 60-65 องศาเซลเซียส แต่การต้มที่เวลา 5 นาที ที่อุณหภูมิสูงขึ้น ได้แก่ 70-75 องศาเซลเซียส กลับมีแนวโน้มการได้โลหะอัลลอยปริมาณสูงขึ้น และเป็นแนวโน้มเดียวกันกับการต้มที่ 10 และ 15 นาที

เมื่อทดสอบความแตกต่างของปริมาณโลหะอัลลอยเมื่อใช้อุณหภูมิ และเวลาการต้มที่แตกต่างกันด้วยการทดสอบ Kruskal-Willis พบว่า เวลาที่ใช้ในการต้มที่แตกต่างกัน ปริมาณโลหะอัลลอยที่ได้ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($X^2_{df} = 2, n = 36 = 2.684 \quad p = 0.261$) แต่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของปริมาณอัลลอยที่ได้จากการต้มที่อุณหภูมิแตกต่างกัน ($X^2_{df} = 3, n = 36 = 22.62 \quad p < 0.05$) การต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส มีค่ากลางของปริมาณโลหะอัลลอยมากที่สุด และการต้มด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส มีค่ากลางของโลหะอัลลอยที่ได้มากกว่าการต้มที่อุณหภูมิ 65 และ 60 องศาเซลเซียส

5. สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาพบว่า การต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที ได้โลหะอัลลอยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ 37.525 ดังกล่าว แต่เมื่อพิจารณาปัจจัยด้านการควบคุมการผลิต มีความจำเป็นต้องควบคุมเวลาซึ่งเป็นปัจจัยที่สำคัญมากในการบริหารกำลังการผลิต ผู้วิจัยจึงเลือกสถานะที่ใช้เวลาน้อยที่สุดแต่ได้ผลผลิตในลำดับรองลงมา ได้แก่ การต้มที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เวลา 5 นาที ซึ่งได้โลหะอัลลอยเฉลี่ย 35.833 กรัมต่อกากของเสีย 10 กิโลกรัม มาใช้เป็นแนวทางในการออกแบบระบบการแยกโลหะอัลลอยในกากจากการเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกต่อไป

6. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

การเลือกสถานะในการต้มกากเจียรเพื่อแยกโลหะอัลลอยนอกจากจะพิจารณาถึงปริมาณโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้มแล้ว ยังต้องพิจารณาเรื่องความรวดเร็วในการต้มเป็นปัจจัยสำคัญในการนำมากำหนดเป็นคู่มือวิธีการปฏิบัติงาน ทั้งนี้ เพื่อให้สอดคล้องกับการควบคุมกระบวนการผลิตซึ่งต้องทำงานแข่งกับเวลา จากข้อกำหนดเบื้องต้นดังกล่าวสถานะที่เหมาะสมคือ การต้มกากเจียรในน้ำที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส และเวลา 5 นาที เป็นข้อกำหนดในการแยกโลหะอัลลอย โดยมีการนำไปกำหนดเป็นคู่มือประกอบการปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น โดยกำหนดให้มีการต้มครั้งละ 5 นาที วันละ 40 ครั้ง ซึ่งใช้เวลาในช่วงท้ายของกะการทำงาน จะได้โลหะอัลลอยประมาณวันละ 1,320 กรัม หรือเดือนละ 39,600 กรัมต่อเดือน คิดเป็น 39.6 กิโลกรัมต่อเดือน นอกจากนี้ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ดังนี้



6.1 การออกแบบระบบแยกโลหะอัลลอยโดยกระบวนการให้ความร้อน

การออกแบบระบบแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกโดยกระบวนการให้ความร้อน ประกอบไปด้วย อ่างสำหรับต้ม ตะกร้าเหล็กสำหรับบรรจุกากเจียรระหว่างต้ม และตะแกรงสำหรับกรอง น้ำที่ใช้ในการต้มควรเป็นน้ำสะอาดที่มีการใช้งานอยู่ในโรงงานอยู่แล้ว โดยมีรายละเอียดในการออกแบบระบบดังต่อไปนี้

6.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการต้มโลหะอัลลอย

เครื่องมือการแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกประกอบไปด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์ต่าง ๆ ต่อไปนี้

- 1) อ่างสำหรับต้ม (hot water bath)
- 2) ตะกร้าเหล็กสำหรับบรรจุกากเจียรระหว่างต้ม
- 3) ตะแกรงสำหรับกรอง

6.1.2 การออกแบบโครงสร้างระบบการแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก

1) อ่างสำหรับต้ม

อ่างสำหรับต้มกากเจียรเพื่อแยกโลหะอัลลอย สามารถประยุกต์ใช้อ่างต้ม (hot water bath) ที่มีการใช้งานอยู่เดิมในกระบวนการแยกตัวจับยึดเลนส์ (de-blocking) ได้ ซึ่งอ่างต้มดังกล่าวควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- ต้องมีความจุอย่างน้อย 100 ลิตร
- ทำด้วยเหล็กกล้าไร้สนิม (stainless steel) ทั้งภายในและภายนอก

สามารถควบคุมอุณหภูมิของน้ำในอ่างได้ที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 50 องศาเซลเซียส เป็นต้นไป โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิในแต่ละจุดภายในอ่างไม่เกิน ± 0.5 องศาเซลเซียสเป็นอย่างต่ำ

- มีระบบป้องกันอันตรายจากอุณหภูมิที่สูงเกิน และระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

- มีระบบแสดงผลอุณหภูมิของน้ำในอ่างต้มเพื่อความสะดวกในการควบคุมและประเมินผล

น้ำที่ใช้ในการต้มควรเป็นน้ำสะอาดที่มีการใช้งานอยู่ในโรงงานอยู่แล้ว เช่น น้ำประปา น้ำอ่อน (soft water) เป็นต้น หรือน้ำที่มีความสะอาดขึ้นไปก็ได้ อย่างไรก็ตาม การเลือกใช้น้ำควรเลือกใช้น้ำที่มีการใช้งานอยู่เดิมในกระบวนการผลิตและควรคำนึงถึงความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ร่วมด้วย ในการวิจัยได้เลือกใช้น้ำอ่อน ซึ่งเป็น

น้ำที่มีการนำมาใช้งานในกระบวนการแยกตัวจับยึดเลนส์อยู่เดิม

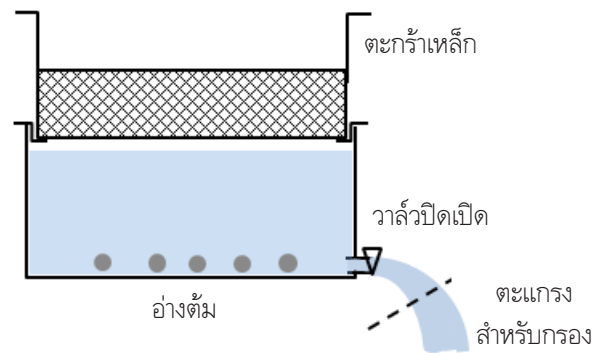
ระบบจ่ายน้ำเข้าสู่อ่างต้มทำโดยการต่อท่อจ่ายน้ำอ่อน จากท่อจ่ายน้ำหลักของโรงงานเข้าสู่อ่างต้ม การควบคุมวาล์วเปิดปิดทำโดยพนักงาน ซึ่งจะต้องสังเกตให้ระดับน้ำอยู่ในระดับ 3 ใน 4 ของอ่างต้ม ในทางปฏิบัติสามารถติดตั้งเวียร์น้ำล้นในระดับที่ต้องการได้เพื่อความสะดวกในการควบคุมระดับน้ำในอ่างต้ม สำหรับระบบการระบายน้ำออกจากอ่างต้มนั้นมีการต่อท่อเพื่อถ่ายเทน้ำออกที่ด้านล่างของอ่างต้ม ซึ่งควบคุมการถ่ายเทโดยวาล์ว

2) ตะกร้าเหล็ก

ตะกร้าเหล็กที่ใช้ในการต้ม ควรเป็นตะกร้าที่มีรูระบายน้ำขนาดเล็กไม่เกิน 1 เซนติเมตร หรืออาจเป็นตะกร้าตาข่ายชนิดถี่ซึ่งมีขนาดรูไม่เกิน 1 เซนติเมตร ทั้งนี้เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดกากเจียรหลุดออกจากตะกร้าไปปะปนในน้ำที่ใช้ต้ม

3) ตะแกรงสำหรับกรอง

ตะแกรงที่ใช้ในการกรองเศษโลหะอัลลอยที่ได้จากการต้ม ควรเป็นตะแกรงชนิดตาถี่ ซึ่งมีขนาดรูไม่เกิน 1 เซนติเมตร ทั้งนี้ เพื่อป้องกันไม่ให้เศษโลหะอัลลอยหลุดรอดผ่านทางรูตะแกรงออกไป การติดตั้งอุปกรณ์เป็นไปตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์ใช้ในการต้มและแยกโลหะอัลลอย

6.1.3 สถานที่สำหรับแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติก

สถานที่สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ ควรเป็นพื้นที่ที่ไม่ไกลจากพื้นที่ปฏิบัติงานและพื้นที่จัดเก็บของเสีย และควรมีการกั้นแยกพื้นที่เพื่อป้องกันอันตรายจากความร้อนไปยังผู้ปฏิบัติงานอื่นที่ไม่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ ยังเป็นการลดภาระของเครื่องปรับอากาศอีกด้วย

6.1.4 การตรวจสอบประสิทธิภาพการนำกลับไปใช้ใหม่ของโลหะอัลลอยที่ผ่านการแยกด้วยความร้อน

เพื่อเป็นการตรวจสอบประสิทธิภาพการใช้งานโลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกมาจากกากเจียรในกระบวนการผลิตเลนส์แว่นตาพลาสติก และเพื่อให้เป็นไปตามระเบียบของการควบคุมการผลิตของโรงงานฯ ผู้วิจัยได้ส่งตัวอย่างโลหะอัลลอยที่ได้จากการคัดแยกน้ำหนัก 10 กิโลกรัมให้แก่ฝ่ายเทคนิคการผลิตและฝ่ายควบคุมคุณภาพของทางโรงงานเพื่อทำการนำกลับไปใช้ในกระบวนการเจียรเลนส์พลาสติก และนำเลนส์พลาสติกที่ได้ไปตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) การตรวจสอบความโค้งของผิวเลนส์ (Curve Grinding Performance : Actual Base Curve)

การตรวจสอบความโค้งของผิวเลนส์เป็นข้อกำหนดของทางโรงงานฯ เพื่อควบคุมการนำวัสดุกลับมาใช้ในกระบวนการ เพื่อให้แน่ใจว่า วัสดุที่นำมาใช้มีประสิทธิภาพและไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เลนส์แว่นตาของบริษัทฯ การตรวจสอบความโค้งของผิวเลนส์มีรายละเอียดต่อไปนี้

การทดสอบทำโดยการวัดค่าความโค้ง (actual base curve) ของเลนส์ที่ผ่านการเจียรโดยการยึดติดด้วยโลหะอัลลอยใหม่ และโลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกจากกากของเสีย อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัด ได้แก่ Cup Gauge Diameter 45 mm. ดำเนินการโดยฝ่ายเทคนิคการผลิตของบริษัทผลิตเลนส์แว่นตาที่ทำการศึกษา ซึ่งฝ่ายเทคนิคการผลิตได้ทดสอบการใช้งานโลหะอัลลอย โดยการนำไปใช้ในกระบวนการจับยึดเลนส์ โดยยึดติดเลนส์กับตัวจับยึดของเครื่องจักร (holder) ด้วยโลหะอัลลอย จากนั้นนำเลนส์ที่ติดกับตัวจับยึดแล้วไปเจียรด้วยเครื่องเจียรเลนส์เครื่องเดียวกัน แล้วนำเลนส์ที่ได้มาตรวจสอบค่าความโค้งเปรียบเทียบกัน การทดสอบดำเนินการกับเลนส์ทุกค่าดัชนีการหักเหของแสง (index) ที่มีการผลิตอยู่ในโรงงาน

จากผลการตรวจสอบดังกล่าวสรุปได้ว่า ค่าความโค้งของเลนส์ที่ได้จากการเจียรโดยใช้โลหะอัลลอยใหม่ และโลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกจากของเสียโดยวิธีการที่ได้จากการศึกษา มีค่าความโค้งไม่แตกต่างกันและมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตเลนส์แว่นตาของโรงงาน

2) การตรวจสอบการเปลี่ยนรูปของเลนส์ (Curve Grinding Performance : Lens Deformation)

การทดสอบดำเนินการโดยฝ่ายเทคนิคการผลิตของโรงงานผลิตเลนส์แว่นตาที่ทำการศึกษา การทดสอบดำเนินการโดยการตรวจสอบเปรียบเทียบรูปทรงของเลนส์รวมถึงผิวเลนส์ต้องไม่มีการบิดเบี้ยวหรือเปลี่ยนรูปไปจากมาตรฐาน (lens deformation standard) การตรวจสอบใช้เครื่องมือและวิธีการที่ใช้เฉพาะในโรงงานฯ ที่ทำการศึกษา

การทดสอบดำเนินการกับเลนส์พลาสติกทุกค่าดัชนีการหักเหของแสงที่มีการผลิตอยู่ในโรงงาน จากผลการทดสอบพบว่า ค่าการบิดเบี้ยวหรือเปลี่ยนรูปของเลนส์แต่ละ Index ที่เจียรโดยใช้โลหะอัลลอยใหม่ และโลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกจากของเสีย ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ การเปลี่ยนรูปของเลนส์มีค่าเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตเลนส์แว่นตาของโรงงานฯ

3) การตรวจสอบกำลังขยาย (Lens Power)

การตรวจสอบกำลังขยายเป็นการตรวจสอบเพื่อยืนยันคุณภาพของเลนส์ (lens quality) ให้แน่ใจว่า มีค่าตามค่าสายตาที่ได้รับคำสั่งซื้อ และตรงกับสายตาของลูกค้า การตรวจสอบดำเนินการโดยฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงานฯ ที่ทำการศึกษา เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า (lens meter) การตรวจสอบทำโดยการวัดค่ากำลังขยาย โดยเครื่องเลนส์มิเตอร์ผลจากการวัดพบว่า ค่ากำลังขยายเป็นไปตามมาตรฐานการผลิตของโรงงานฯ

ในการวิจัยครั้งนี้ ฝ่ายเทคนิคการผลิต และฝ่ายควบคุมคุณภาพของโรงงานที่ทำการศึกษาพบว่า โลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกจากกากของเสีย และโลหะอัลลอยใหม่มีประสิทธิภาพการใช้งานไม่แตกต่างกัน และสามารถนำโลหะอัลลอยที่ได้จากการแยกออกจากกากของเสีย มาใช้ในกระบวนการผลิตได้

6.2 ข้อควรระวังในการใช้งานระบบแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกโดยกระบวนการให้ความร้อน

การแยกโลหะอัลลอยออกจากกากเจียรเลนส์แว่นตาพลาสติกเป็นกระบวนการที่มีการใช้ความร้อนในการต้มกากของเสียในน้ำ ซึ่งมีความจำเป็นต้องตรวจสอบสภาพและบำรุงรักษาให้ระบบสามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่อง แนวทางการบำรุงรักษาระบบการแยกโลหะอัลลอยด้วยกระบวนการให้ความร้อนและข้อควรระมัดระวังมีดังนี้



6.2.1 การตรวจสอบเกี่ยวกับความปลอดภัย

อ่างต้มที่ใช้เป็นอ่างต้มชนิดไฟฟ้า ควรมีการติดตั้งระบบตัดไฟเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงเกินที่กำหนด และมีการป้องกันไม่ให้น้ำกระเด็นไปสัมผัสขั้วต่อของสายไฟ รายการตรวจสอบความปลอดภัยที่ต้องดำเนินการเป็นประจำได้แก่

- 1) ตรวจสอบระบบตัดไฟ
- 2) ตรวจสอบสภาพของสายไฟ ขั้วต่อ

สายไฟ

- 3) ตรวจสอบสภาพสายดิน

6.2.2 การตรวจสอบการอุดตันของอุปกรณ์

อุปกรณ์ที่มีความเสี่ยงสูงที่จะเกิดการอุดตันในระหว่างการใช้งาน ได้แก่ ตะแกรงสำหรับกรอง และ ตะกร้าเหล็กที่ใช้ต้มกาก ดังนั้น ทุกครั้งก่อนและหลังการใช้งานควรมีการตรวจสอบว่า อุปกรณ์ดังกล่าวไม่เกิดการอุดตัน หากพบว่า มีการอุดตันให้ทำความสะอาดโดยการล้างด้วยน้ำก่อนใช้งานทุกครั้ง ทั้งนี้ เพื่อควบคุมเวลาในการทำให้แห้ง และป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาท่กับระบบการถ่ายเทน้ำทิ้ง

6.2.3 ความเสี่ยงในด้านความปลอดภัยต่อ

ตัวปฏิบัติงาน

เนื่องจากการแยกโลหะอัลลอยโดยการให้ความร้อนมีความเสี่ยงในด้านความปลอดภัยต่อตัวปฏิบัติงานในรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่

- 1) ความเสี่ยงจากน้ำร้อนกระเด็น
- 2) ความเสี่ยงจากการสัมผัสไอน้ำที่ร้อน
- 3) ความเสี่ยงจากไฟฟ้าดูด
- 4) ความเสี่ยงจากการยกของหนัก

จากความเสี่ยงดังกล่าว ผู้ปฏิบัติงานควรสวมใส่อุปกรณ์คุ้มครองความปลอดภัยส่วนบุคคลในระหว่างการปฏิบัติงานทุกครั้ง ได้แก่ ถุงมือป้องกันความร้อน แวนครอบตานิรภัย รองเท้านิรภัย และควรใช้อุปกรณ์ช่วยยกหรือเคลื่อนย้ายของหนักให้ถูกวิธี

นอกจากนี้ การใช้แรงงานคนในการแยกโลหะอัลลอยโดยการให้ความร้อน มีความเสี่ยงต่อสุขภาพอนามัยของผู้ปฏิบัติงานโดยตรงดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยเห็นว่า ควรมีการศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในเรื่องของการปรับปรุงกระบวนการทำงานแบบอัตโนมัติ เช่น การทำงานด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิผลของการดำเนินงานให้มากขึ้น เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

- พรพิมล บุญคุ้ม. (2547). การนำกลับโลหะเงินจากกากโลหะโดยใช้เกลือซัลไฟ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ธนบุรี.
- วไลลักษณ์ เชิดสุข. (2544). การนำโลหะหนักออกจากน้ำล้างชิ้นงานผ่านการชุบโลหะกลับมาใช้ใหม่โดยใช้แคลบ (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, ธนบุรี.
- สิรินุช วชิรวัชรินทร์. (2547). การนำกลับทองแดงจากน้ำเสียโรงงานชุบโลหะโดยวิธีสกัดด้วยตัวทำละลาย (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- อภิรดี สุนทรภา. (2549). การนำกลับดีบุกจากน้ำเสียโดยใช้วิธีการตกตะกอนทางเคมีและวิธีการไฟฟ้าเคมี (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.
- Gerg Ling. (2015). How Products are made/Eyeglass Lens. <http://www.madehow.com/Volume-1/Eyeglass-Lens.html>
- Satisloh. (2015). Rope clamp/for ophthalmic lens production. <http://www.directindustry.com/prod/satisloh/product-36200-916303.html>

