การศึกษาแก้วเติมสำหรับรอยแตกบนทับทิม

Study of filled-Glass for Fissure Surface of Ruby

อาภากร นุ้ยพิน[1], ณัฐพล ชมแสง[1*], เอกรัฐ มีชูวาศ[2] และ ภูวดล วรรธนะชัยแสง[1]

Arphakorn Nuipin[1], Natthaphol Chomsaeng[1*], Ekarat Meechoowas[2] and Bhuwadol Wanthanachaisaeng[2]

[1]หน่วยวิจัยและพัฒนาวัสดุเครื่องประดับ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

[2]กรมวิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บทคัดย่อ

ศึกษาแก้วเติมสำหรับรอยแตกบนทับทิมจากโมแซมบิค โดยเผาผงแก้วร่วมกับทับทิมด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส ยืนอุณหภูมิ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตรวจสอบสมบัติกายภาพการหาค่าดัชนีหักเหและความถ่วงจำเพาะพลอยก่อนและหลังเผา ถ่ายภาพรอยแตกและมลทินพลอยก่อนและหลังเผาด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง และหาการสะท้อนแสงด้วย ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ผลการทดลองพบว่าดัชนีหักเหแสงและความถ่วงจำเพาะลดลง เนื่องจากดัชนีหักเหแสงและความถ่วงจำเพาะของแก้วต่ำกว่าทับทิม ตัวอย่างทับทิมที่มีรอยแตกถูกประสานให้มีความใสขึ้น มีความสวยงามเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ผลการวิเคราะห์การสะท้อนแสงในช่วง 350-750 nm พบว่าการสะท้อนแสงของพลอยไม่มีการเปลี่ยนแปลงของ Cr^{3+} ซึ่งให้สีแดงกับพลอยทับทิม

คำสำคัญ : ทับทิม / แก้วเติม / ยูวี-วิสิเบิลสเปกโทรโฟโตมิเตอร์

Abstract

The filling-glass for fissure surface of ruby has been studied. The ruby mixed with filled-glass powder was treated in electric furnace at 1000 °C for 1, 3 and 5 hours. The physical properties of as-received and treated samples were determined reflective index (RI) and specific gravity (SG). Fissure and inclusion of all samples were observed by optical microscope. Moreover, UV-Visible spectrophotometer was used to determine the reflective index in samples. The result reveals that RI and SG of treated sample were decreased because of low RI and SG of filled-glass. The result shows that the fissure surface on ruby was filled by glass and made clear surface. Moreover, the reflection in range 350-750 nm reveal that the reflection value of was not changed in Cr^{3+} given red color.

Keywords: Ruby / filled-glass / UV-Visible spectrophotometer

*Corresponding author. E-mail:natthapholc@gmail.com

1. บทนำ

ทับทิม (Ruby) เป็นรัตนชาติชนิดหนึ่ง จัดอยู่ในตระกูลคอรันดัม (Corundum) มีความแข็งรองจากเพชร เป็นที่นิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับมาก เพราะมีสีสวยและมีความแข็งแกร่งเปล่งประกายจับตา เป็นที่นิยมมากกว่าอัญมณีสีแดงชนิดอื่นๆ ทับทิมในท้องตลาดส่วนใหญ่ผ่านการเพิ่มคุณภาพด้วยความร้อนมาแทบทั้งสิ้นจึงได้มีการปรับปรุงโดยการให้ความร้อนโดยการเติมแก้ว พบว่ามีการใช้แก้วในทับทิมมากว่า 20 ปี แต่ส่วนใหญ่มักจะเป็นแก้วซิลิกา ต่อมามีการเชื่อมรอยแตกด้วยการใช้ฟลักซ์และการให้ความร้อน (Shane, 2554)

การเติมแก้วลงไปในการเผาพลอย (Glass Filling) เพื่อให้แก้วเข้าไปอุดรอยแตกร้าวภายในเนื้อพลอย โดยเทคนิคที่แพร่หลายในปัจจุบันจะเป็นการเติมแก้ว-ตะกั่ว ซึ่งเรียกกันว่า พลอยเผาแก้ว-ตะกั่ว (Lead Glass Filling) และนิยมใช้ในการปรับปรุงคุณภาพของพลอยทับทิม แต่การเผาแบบใส่แก้วตะกั่วนี้ ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์จากการสกัดตะกั่วจากแก้ว พบว่ามีปริมาณไม่มาก ซึ่งต่ำกว่าค่ามาตรฐานแต่ตะกั่วก็น่าจะมีอันตรายต่อผู้เผาพลอย และสารเคมีที่นำมาอุดนี้ ก็มีความทนทานต่อสารเคมีน้อยเช่นกัน ทำให้เวลาใช้ไปนานๆ จะทำให้พลอยมีความหมอง หรือเสียหายจากการใช้เปลวไฟในการซ่อมแซมชิ้นงาน และที่สำคัญพลอยที่นำมาเผาวิธีนี้มักจะเป็นพลอยที่มีรอยแตกจำนวนมาก จนบางครั้งเมื่อมองภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะเห็นเนื้อพลอยกับเนื้อของแก้วที่นำมาอุดอยู่ประมาณครึ่งต่อครึ่ง (อัมพร และคณะ, 2555) เนื่องจากที่ผ่านมาได้มีการศึกษาและวิจัยการใช้แก้วตะกั่วปริมาณต่ำ เพื่อประสานลงในรอยแตกของทับทิมมาแล้ว โดยใช้แก้วที่มีตะกั่วปริมาณต่ำ เพื่อลดปริมาณตะกั่วลง (มุซดารีฟะซ์, 2555) ในที่นี้ใช้ลิเทียมเป็นองค์ประกอบหลักการเติมแก้วในทับทิม โดยเลือก Glass modifiers เป็นวัตถุดิบที่เป็นตัวช่วยลดอุณหภูมิการหลอมที่เราเรียกว่า ฟลักซ์ (flux) สามารถลดอุณหภูมิได้เหลือ 1200-1500 องศาเซลเซียส ฟลักซ์ที่ใช้จะช่วยเพิ่มการไหลตัวของเคลือบขณะหลอม เพิ่มความมันวาว แต่ถ้าใช้ในปริมาณที่มากไปจะทำให้แก้วมีความทนทานต่อสภาพอากาศและสารเคมีลดลง แก้วจะเกิดเป็นฝ้าขาวที่เรียกว่า สนิมแก้ว (เทพีพรรณ, 2555) สำหรับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการเติมแก้วปราศจากตะกั่วเพื่อประสานลงในรอยแตกของทับทิม

2. วิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

เตรียมตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง โดยจัดหาและคัดเลือกตัวอย่างทับทิมดิบจำนวน 12 ตัวอย่าง (ดังรูปที่1) นำตัวอย่างไปแช่ในกรดไฮโดรฟลูออริก (HF) เพื่อทำความสะอาดคราบต่างๆ โดยผสมกรดไฮโดรฟลูออริกกับน้ำในอัตราส่วน 50:50 และแช่ตัวอย่างทิ้งไว้ 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงนำมาล้างด้วยน้ำสะอาด องค์ประกอบของแก้วตามตารางที่ 1 โดยฟลักซ์ที่ใช้จะเป็นสารประกอบลิเธียมเพื่อช่วยลดอุณหภูมิการหลอม นำผงแก้วมาผสมกับน้ำให้เป็นเนื้อเดียวกัน (Vincent Pardieu, 2005) และนำตัวอย่างพลอยลงมาผสม และใส่ในเบ้าอะลูมิน่า จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาไฟฟ้า ยืนอุณหภูมิที่ 1000 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง ตามลำดับ

รูปที่ 1 ตัวอย่างทับทิม ที่ยังไม่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพ

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแก้วแต่ละสูตร มีดังต่อไปนี้

สูตร	องค์ประกอบทางเคมี (wt%)			
	Flux	SiO_2	Na_2CO_3	Al_2O_3
1	70	15	5	10
2	40	30	15	15

2.2 การทดสอบสมบัติทางกายภาพ

ศึกษาและตรวจสอบสมบัติทางอัญมณีก่อนและหลังทำการ ด้วยกล้องจุลทรรศน์แสง (Optical Microscope) จากนั้นหาความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ด้วยเครื่องชั่งแบบ Hydrostatic Weighing Balance และทำการวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของตัวอย่างทับทิมด้วย Refractometer เนื่องจากอัญมณีแต่ละชนิดจะมีค่าดัชนีหักเหของแสงเฉพาะตัว ทำการทดลองเช่นเดียวกันทั้งก่อนและหลังทำการเผาเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่าง

2.3 การหาลักษณะเฉพาะของตัวอย่าง

วิเคราะห์ตัวอย่างทับทิมโดยใช้เครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer ยี่ห้อ PerkinElmer รุ่น lambda 1050 โดยตั้งค่าการวัดในช่วง 350-750 nm ความเร็วในการวิเคราะห์ 600 nm/min วิเคราะห์ตัวอย่างทับทิมก่อนและหลังเผาโดยใช้เทคนิคการสะท้อนเนื่องจากทับทิมมีความทึบแสง

3. ผลและอภิปรายผล

3.1 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานของตัวอย่างทับทิมที่ทำการศึกษา

ผลการทดลองเปรียบเทียบตัวอย่างทับทิมก่อนและหลังการเผา ได้แก่ ค่าดัชนีหักเหของแสงและค่าความถ่วงจำเพาะ ดังตารางที่ 2 และ3 โดยทับทิมก่อนเผาจะมีสีแดงอมม่วงมีค่าดัชนีหักเหของแสง อยู่ในช่วง 1.74-1.79 ค่าดัชนีหักเหแสงของตัวอย่างทับทิมหลังการเผายืนเวลาของทั้ง 3 ของสูตรที่ 1 อยู่ในช่วง 1.64-1.68 และของสูตรที่ 2 อยู่ในช่วง 1.63-1.68 เนื่องจากค่าดัชนีหักเห ที่อยู่ในช่วง1.53-1.56 ของแก้วปราศจากตะกั่วที่เติมลงในรอยแตกมีผลทำให้ค่าดัชนีหักเหของแสงลดน้อยลง สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างทับทิมก่อนเผา อยู่ในช่วง 3.91-3.97 ซึ่งค่าอยู่ในช่วงกว้างเนื่องจากพลอยที่นำมาเผานั้นมีรอยแตกค่อนข้างมากจึงทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะต่างจากทับทิมทั่วไป ภายหลังการเผายืนเวลาของทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีค่าความถ่วงจำเพาะที่ลดลง อยู่ในช่วง 3.62-3.85 เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของแก้วปราศจากตะกั่วนั้น มีค่า 2.33 – 2.39 จึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของพลอยหลังเผาลดลงด้วย

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 1

ตัวอย่าง	**ยืนอุณหภูมิ (ชั่วโมง)**	**ค่าดัชนีหักเหของแสง**		**ค่าความถ่วงจำเพาะ**	
		ก่อนเผา	**หลังเผา**	**ก่อนเผา**	**หลังเผา**
1	1	1.78	1.68	3.92	3.19
2		1.77	1.64	3.93	3.73
3	3	1.78	1.67	3.93	3.43

4		1.78	1.66	3.91	3.52
5	5	1.79	1.65	3.97	3.68
6		1.77	1.67	3.94	3.79

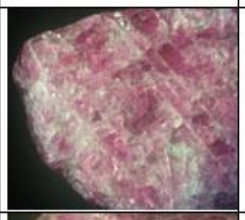
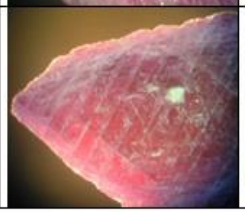
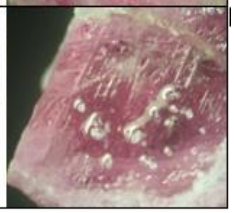
ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือพื้นฐานและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 2

ตัวอย่าง	**ยืนอุณหภูมิ (ชั่วโมง)**	**ค่าดัชนีหักเหของแสง**		**ค่าความถ่วงจำเพาะ**	
		ก่อนเผา	**หลังเผา**	**ก่อนเผา**	**หลังเผา**
7	1	1.77	1.63	3.91	3.86
8		1.78	1.67	3.95	3.76
9	3	1.79	1.68	3.96	3.62
10		1.77	1.67	3.92	3.24
11	5	1.74	1.64	3.93	3.34
12		1.76	1.64	3.97	3.76

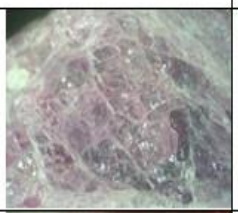
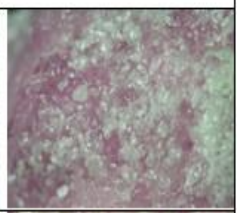
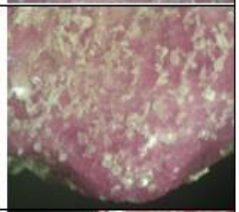
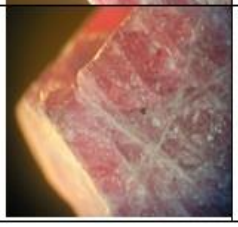
3.2 ภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การถ่ายภาพตัวอย่างทับทิมภายใต้กล้องจุลทรรศน์แสงสามารถแสดงลักษะความเปลี่ยนแปลงของตัวอย่างทับทิมได้อย่างชัดเจน แสดงดังตารางที่ 4 และ 5 ก่อนเผาทับทิมมีรอยแตกอยู่มาก ภายหลังทำการเผาทุกๆตัวอย่าง พบว่ารอยแตกลดลง เนื่องจากแก้วปราศจากตะกั่วได้เข้าไปแทนที่ในรอยแตก ทำให้ตัวอย่างมีความสวยงามเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามจะพบฟองอากาศบ้างในบางตัวอย่าง ดังตัวอย่างที่3 สูตรที่ 1 ยืนเวลา 5 ชั่วโมง นอกจากนี้ผลลัพธ์จะขึ้นอยู่กับคุณภาพของตัวอย่างทับทิมที่นำมาใช้ทำการศึกษาด้วย หากภายในเนื้อพลอยมีรอยแตกจำนวนมากจะทำให้แก้วไม่สามารถไหลตัวเข้าไปปิดรอยภายในได้ ซึ่งเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างลดลงจากอากาศถูกกักตัว ตามรอยแตกภายใน

ตารางที่ 4 ตัวอย่างภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังเผา สูตรที่ 1

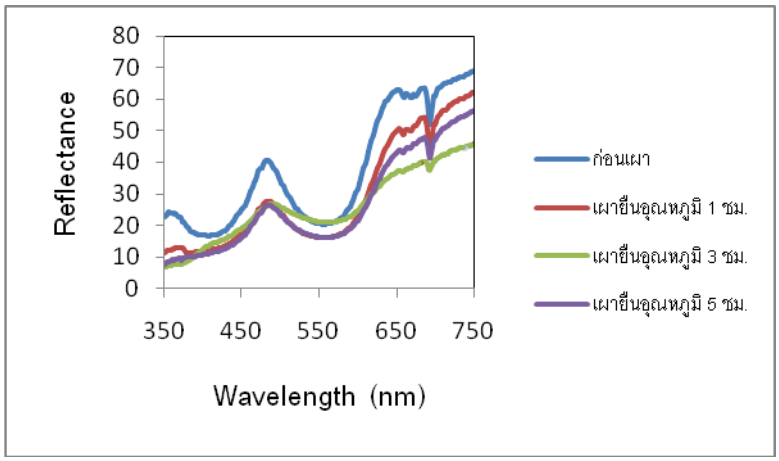
ตัวอย่างที่	ยืนอุณหภูมิ (ชม.)	ก่อนเผา	หลังเผา
1	1		
3	3		
5	5		

ตารางที่ 5 ตัวอย่างภาพถ่ายภายใต้กล้องจุลทรรศน์ของตัวอย่างทับทิม ก่อนและหลังเผา สูตรที่ 2

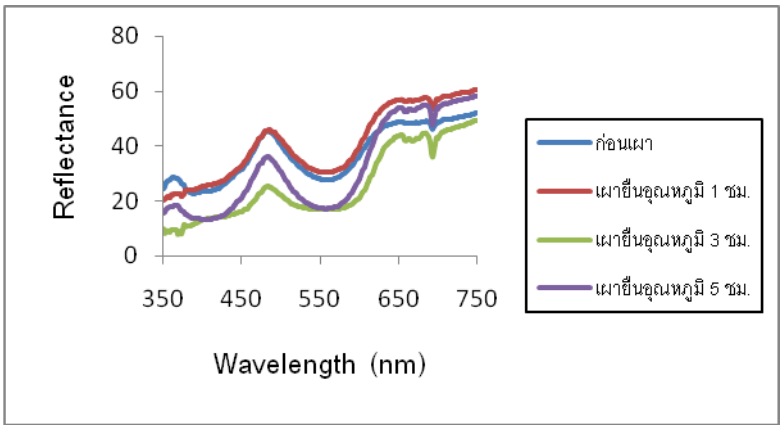
ตัวอย่างที่	ยืนอุณหภูมิ (ชม.)	ก่อนเผา	หลังเผา
7	1		
9	3		
11	5		

3.3 **ผลการตรวจวัดการสะท้อนของตัวอย่างทับทิมด้วยเครื่องมือ** UV-Vis-NIR Spectrophotometer

การวิเคราะห์การสะท้อนแสงของตัวอย่างทับทิมที่มีลักษณะโปรงแสงด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer เพื่อศึกษาทับทิมก่อนเผาในช่วง 350-750 nm แสดงสเปคตรัมลักษณะเดียวกันทุกตัวอย่างและเมื่อนำตัวอย่างไปเผาร่วมกับ แก้วปราศจากตะกั่วที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยยืนอุณหภูมิเป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมง โดยพบการสะท้อนแสงของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 369, 426, 546 และ 693 nm ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจักรพันธ์และคณะ (2555) ที่ศึกษาพลอยทับทิมจากแหล่งโมแซมบิค ภายหลังการเผาลักษณะของเส้นสเปคตรัมการสะท้อนแสงไม่เปลี่ยนแปลงเช่นกัน ในตำแหน่งที่ 693 nm พบว่ามีอย่างชัดเจนมากขึ้น และยังพบการสะท้อนของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 659 nm 669 nm และ 675 nm ซึ่ง Cr^{3+} เป็นธาตุให้สีแดงในทับทิม (Adolf Peretti et al., 1995) ซึ่งจากภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แสงแสดงให้เห็นพลอยหลังเผาด้วยแก้วปราศจากตะกั่วมีสีที่แดงสดมากขึ้น



รูปที่ 2 ยูวี-วิสิเบิลสเปคตรัมเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 1



รูปที่ 3 ยูวี-วิสิเบิลสเปคตรัมเปรียบเทียบก่อนและหลังทำการเผา สูตรที่ 2

4. บทสรุป

จากการศึกษาการเผาตัวอย่างทับทิมเติมแก้วที่ปราศจากตะกั่ว ด้วยเตาไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ 1000 องศาเซลเซียส โดยยืนอุณหภูมิ เป็นเวลา 1, 3 และ 5 ชั่วโมงตามลำดับ สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ผลการวัดค่าดัชนีหักเหของแสงของตัวอย่างทับทิมหลังการเผาของทั้ง 3 กลุ่มตัวอย่าง พบว่ามีค่าดัชนีหักเหของแสงที่ลดลงเนื่องจากค่าดัชนีหักเหของแก้วปราศจากตะกั่วต่ำกว่าพลอยทับทิม ทำให้ค่าดัชนีหักเหของแสงลดลงด้วย สำหรับค่าความถ่วงจำเพาะของตัวอย่างทับทิมหลังเผาลดลงด้วยเช่นกัน เนื่องจากค่าความถ่วงจำเพาะของแก้วปราศจากตะกั่วนั้น มีค่าต่ำกว่าพลอยจึงทำให้ความถ่วงจำเพาะของพลอยหลังเผา

ลดลง นอกจากนี้รอยแตกภายในจำนวนมากจะทำให้แก้วไม่สามารถไหลตัวเข้าไปปิดรอยภายในได้ อากาศถูกกักไว้ทำให้ความถ่วงจำเพาะลดลง

2. รอยแตกลดลง เนื่องจากแก้วได้เข้าไปแทนที่ในรอยแตกภายนอก ทำให้ตัวอย่างมีความสวยงามเพิ่มมากขึ้น

3. ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง UV-Vis-NIR Spectrophotometer โดยใช้เทคนิคการสะท้อน เพื่อศึกษาการสะท้อนของทับทิมก่อนเผาและหลังเผา โดยพบการสะท้อนแสงของ Cr^{3+} ที่ตำแหน่ง 369, 426, 546 และ 693 nm ซึ่งเป็นพลอยทับทิมจากแหล่งโมแซมบิค โดย Cr^{3+} เป็นธาตุให้สีแดงกับทับทิมและการเผาทำให้พลอยมีสีแดงมากขึ้น สังเกตได้จากการสะท้อนแสงมากขึ้นของ Cr^{3+} ที่ 693 nm

4. จากผลการทดลองพบว่าแก้วทั้ง 2 สูตร สามารถใช้เผาร่วมกับทับทิมได้ โดยสมบัติทางกายภาพของทับทิมหลังเผาใกล้เคียงกัน อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถแยกความแตกต่างด้วยการวิเคราะห์ที่ดำเนินการตามข้างต้นได้ ดังนั้นอาจต้องใช้เทคนิคทางจุลทรรศน์อิเล็กตรอนตรวจสอบต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี สำหรับทุนวิจัยและเครื่องมือในการทดลอง และคุณสุรินทร์ อะฮหมัดจุฬ้า สำหรับพลอยทับทิมที่ใช้ในการทดลอง

6. อ้างอิง

จักรพันธ์ สุทธิรัตน์, วิลาวัณย์ อติชาติ, วิสุทธิ์ พิสุทธอานนท์, พรสวาท วัฒนกูล, บุญทวี ศรีประเสริฐ และคณะ. (2555). แหล่งพลอยทับทิม – แซปไฟร์ในกลุ่มประเทศแอฟริกาตะวันออกแปละประเทศอื่นๆที่สำคัญ. สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ

มุชดารีฟะฮ์ ทรรศนะปัญญา. (2555). การเผาทับทิมเติมแก้วตะกั่วต่ำ คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี , ภาคนิพนธ์ วท.บ.

เทพีวรรณ จิตรวัชรโกมล. (2555). แก้วตะกั่วกับพลอย. ศูนย์เชี่ยวชาญด้านแก้ว กรมวิทยาศาสตร์บริการ (ที่มา http://glass.dss.go.th/publication/country/ArtC-7.pdf)

เสวต อินทรศิริ , อัมพร จันทร์คำมา, ดวงแข บุตรกูล, อุดมรัตน์ ทิพวรรณ และสมศร สิงขรัตน.(2555) การตรวจวัดปริมาณตะกั่วในพลอยทับทิม. Thailand Center of Excellence in physic (ThEP). (ที่มา http://www.thep-center.org//src/article_edu_t.php?article_edu_id=53)

Adolf Peretti, Karl Schmetzer, Heinz-Jurgen, Bernhardt and Fred Mouawad, Rubies from Mong Hsu. (1995). Gems & Gemology, .22 pp.

Shane F. McClure, Smith, Christopher P., Wuyi Wang and Hall, Matthew.(2006) Identification and Durability of Lead Glass-Filled Rubies. Gems & Gemology, 32-33

Vincent Pardieu. (2005) . Lead Glass Filled/Repaired Rubies. Asian Institute of Gemological Sciences Gem Testing Laboratory. 16 pp.