

## การปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมกับสาเหตุของการเกิดสี (Corundum Treatments and the Causes of Colour)

วิสุทธิ พิสุทธอนันท์<sup>1,2</sup> วิลาวัลย์ อติชาติ<sup>1\*</sup> พรสวาท วัฒนกุล<sup>1,2</sup>  
จักรพันธ์ สุทธิรัตน์<sup>1,2</sup> ทนง ลีลาวัฒนสุข<sup>1</sup> ชนียา สมบุญ<sup>1</sup> มนฤดี ถาวรมงคลกิจ<sup>1</sup>  
และ นาร์วี สุขเสวี<sup>1</sup>

### บทนำ

พลอยคอร์ันดัม หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่าเป็นพลอยทับทิมและแซฟไฟร์ เป็นพลอยที่มีความแข็งสูง เป็นลำดับสองรองจากเพชร เป็นที่รู้จักกันในตลาดพลอยว่าเป็นพลอยเนื้อแข็งที่มีความสวยงาม และมีสีสันทันที่หลากหลาย จึงเป็นพลอยที่ได้รับความนิยมเป็นอันดับต้นๆ ในบรรดาพลอยสีทั้งหลาย เนื่องจากพลอยคอร์ันดัมที่สวยงามตามธรรมชาตินั้น หาได้ค่อนข้างยาก ดังนั้นจึงได้มีการคิดค้นวิธีการปรับปรุงพลอยคอร์ันดัมที่มีคุณภาพด้วยกรรมวิธีต่างๆ ขึ้นมาให้เป็นพลอยที่สวยงามขึ้น เป็นที่ยอมรับได้ในตลาด กรรมวิธีการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมที่นิยมทำกันมากที่สุด ได้แก่ การปรับปรุงคุณภาพโดยใช้ความร้อน ซึ่งมีเทคนิคและกระบวนการที่หลากหลายที่ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นลำดับ เริ่มด้วยการหุงหรือการเผาแบบดั้งเดิมโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว ต่อมามีการพัฒนาเป็นการเผาแบบใส่สารเชื่อมประสาน การเผาแบบแพร่สีระดับต้น การเผาแบบแพร่สีระดับลึก เป็นต้น สำหรับการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมด้วยวิธีการอื่นๆ นั้นมีบ้าง แต่ไม่นิยมทำกันมากนัก เนื่องจากยังไม่เป็นที่ยอมรับของตลาดพลอย การปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมด้วยวิธีการอื่นๆ ได้แก่ การฉายรังสี การย้อมสี การเคลือบผิวด้วยวัสดุบางๆ การใส่น้ำมันในรอยแตก พลอยปะ และล่าสุดคือ วิธีการอุดรอยแตกด้วยแก้วตะกั่ว ซึ่งอาจจะมีการใช้ความร้อนระดับต่ำด้วยได้

<sup>1</sup>สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ (องค์การมหาชน)

<sup>2</sup>ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<sup>3</sup>ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

\*ผู้นิพนธ์ประสานงาน, e-mail: awilawan@git.or.th

## การปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน

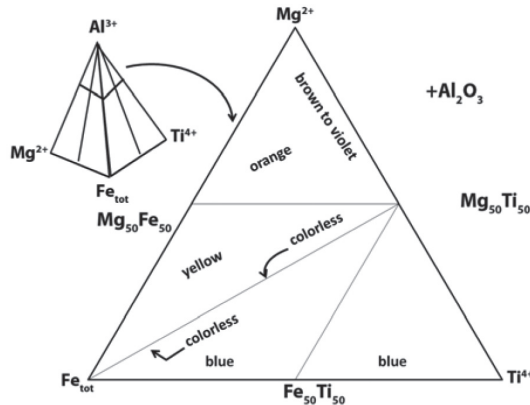
### การเผาแบบดั้งเดิม

เป็นการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์ันดัมโดยใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียวในเตาอุณหภูมิสูงที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและสภาวะบรรยากาศในห้องเผาได้ เป็นวิธีที่ใช้กันในระยะแรกๆ และนิยมทำกันมาจนถึงปัจจุบัน เพราะเป็นวิธีที่ยอมรับได้ในตลาดพลอย เตาที่ใช้ในการหุงหรือเผาโดยนักเผาพลอยไทยรวมทั้งเทคนิค การดูพลอยก้อนดิบ หรือพลอยก้อนสด และขั้นตอนของกระบวนการเผาได้มีการพัฒนาโดยใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น การลองผิดลองถูก และความเพียรพยายามอย่างต่อเนื่อง จนได้เตาเผาหลายประเภท และวิธีการที่หลากหลาย เหมาะสำหรับเผาพลอยจากแหล่งต่างๆ ที่มีธาตุมลทินที่ทำให้เกิดสี หรือที่เรียกขานกันว่าเชื้อสีหรือหม่าที่แตกต่างกันได้ดี เตาเผาที่ได้พัฒนาขึ้นมานอกจากใช้ได้ผลดีในทางปฏิบัติแล้วยังเป็นเตาที่มีต้นทุนที่ต่ำ สามารถซ่อมแซมแก้ไข หรือดัดแปลงได้โดยง่าย ดังนั้นจึงนับว่าเตาเผา รวมทั้งเทคนิคการดูพลอยก้อนและกรรมวิธีการเผาที่นักเผาพลอยไทยได้ประดิษฐ์คิดค้นและพัฒนาขึ้นมาเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เหมาะสมและมีความคุ้มค่าในเชิงธุรกิจสูง สามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้ เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญประการหนึ่งที่ทำให้ประเทศไทยยังคงรักษาความเป็นผู้นำในการเผาพลอย และเป็นตลาดพลอยเนื้อแข็งที่สำคัญที่สุดของโลก สมควรที่จะยกย่อง และรักษาไว้ต่อไป

เตาเผาที่นักเผาพลอยไทยได้ประดิษฐ์คิดค้นและพัฒนาขึ้นมา นั้นมีทั้งเตาด่านโคกและเตาน้ำมัน ที่มีสภาพบรรยากาศในเตาเป็นแบบรีดิวง เหมาะสำหรับเผาพลอยให้ได้สีน้ำเงินที่สวยงาม นอกจากนี้ยังมีเตาไฟฟ้าที่ใช้ขดลวดความร้อนและควบคุมบรรยากาศโดยก๊าซที่ส่งเข้าไปในห้องเผา และเตาก๊าซที่ใช้ก๊าซหุงต้มกับออกซิเจนบริสุทธิ์ เตาสองประเภทหลังนี้สามารถควบคุมสภาพบรรยากาศให้เป็นแบบออกซิโดซิงหรือรีดิวงแบบอ่อนๆ ได้ จึงเป็นเตาที่เหมาะสมสำหรับเผาพลอยแดง เพื่อลอยสีอมม่วงหรือน้ำเงินที่มักพบในพลอยทับทิมไม่เผา ทำให้ได้พลอยทับทิมที่มีสีแดงสดใสนั้น เพราะสีอมม่วงและหม่าหายไป นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับเผาลอยสีในพลอยสีน้ำเงินที่เข้มเกินไป รวมทั้งเหมาะสำหรับเผาพลอยบุษราคัมให้ได้สีเหลืองสดใสสวยงามอีกด้วย

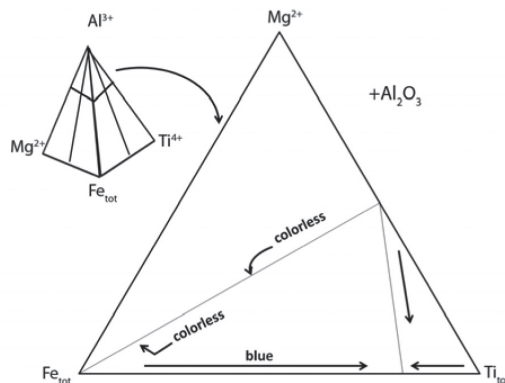
การเผาพลอยคอร์ันดัมแบบดั้งเดิมที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบต่างๆ ให้ได้สีสันทึบสวยงามนั้น ปริมาณเชื้อสีหรือปริมาณธาตุมลทินที่ทำให้เกิดสีที่มีในโครงสร้างพลอยอยู่ก่อนนั้นมีความสำคัญต่อการเกิดสีเป็นอย่างยิ่ง ถ้าพลอยเม็ดไหนไม่มีเชื้อสีหรือมีน้อยเกินไปจะเผาพลอยเม็ดดังกล่าวด้วยวิธีดั้งเดิมอย่างไรก็ตามก็ไม่สามารถจะทำให้เกิดสีขึ้นได้ ถึงตรงนี้อาจมีคำถามขึ้นมาได้ว่าก็พลอยมีเชื้อสีอยู่ก่อนแล้ว การเผาแบบดั้งเดิมก็ไม่ได้เป็นการเพิ่มหรือลดปริมาณเชื้อสีแต่อย่างใด ทำไมจึงไม่เกิดสีสันทึบสวยงามในพลอยที่ไม่ได้เผา ทำไมจึงต้องนำพลอยไปเผาก่อนจึงได้สีที่สวยงาม คำตอบตรงนี้สามารถอธิบายได้โดยอาศัยความรู้ทางแร่วิทยาของแร่คอร์ันดัมแบบง่ายว่า ธาตุมลทินที่มีอยู่ในโครงสร้างพลอยตามธรรมชาตินั้น ไม่ได้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมที่จะทำให้เกิดการดูดกลืนคลื่นแสงแล้วได้สีที่ดีที่สุด การเผาเป็นการไปปรับสภาพออกซิเดชันและตำแหน่งธาตุของมลทินในโครงสร้างให้เหมาะสม ทำให้มีการดูดกลืนคลื่นแสงแล้วปรากฏสีที่ดีที่สุด

พลอยเผาที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบออกซิโดซึ่งอาจปรากฏเป็นสีน้ำเงินหรือสีเหลืองหรือไม่มีสีก็ได้ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากสัมพันธ์ระหว่างมลทิน ธาตุเหล็ก ไททาเนียม และแมกนีเซียม ที่เข้าไปแทนที่ธาตุอะลูมิเนียมในโครงสร้าง  $Al_2O_3$  สีที่เห็นสามารถอธิบายได้โดยรูปสามเหลี่ยมที่แสดงในรูปที่ 1



**รูปที่ 1** สามเหลี่ยมแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม และแมกนีเซียม ในคอร์นดัมเผาที่อุณหภูมิ 1850°C ในสภาวะออกซิโดซึ่ง [1, 2]

- \* colour centre due to Mg
- \*\* colour centre due to Mg and Fe
- \*\*\* yellow due to  $Fe^{3+}$
- \*\*\*\*  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ -charge transfer green due to  $Fe^{3+}$
- \*\*\*\*\*  $Fe^{2+}/Ti^{4+}$ -charge transfer
- \*\*\*\*\* precipitation of  $TiO_2$



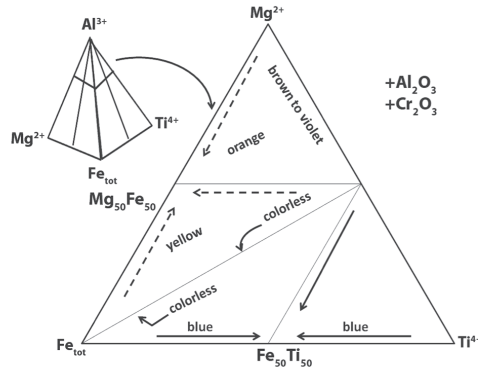
**รูปที่ 2** สามเหลี่ยมแสดงสัมพันธ์ระหว่างมลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม และแมกนีเซียม ในคอร์นดัมเผาที่อุณหภูมิ 1,750°C ในสภาวะรีดิวซิง [1, 2]

พลอยเม็ดที่มีปริมาณธาตุไททาเนียมและแมกนีเซียมใกล้เคียงกัน หรือมีอัตราส่วน Mg/Ti ประมาณ 1 จะไม่มีสีหลังเผา เพราะ  $Mg^{2+}$  และ  $Ti^{4+}$  ทั้งหมดจะไปจับเป็นกลุ่มโครงสร้างย่อย  $MgTiO_3$  (Geikielite clusters) ซึ่งไม่มีสี สำหรับพลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti น้อยกว่า 1 จะได้สีน้ำเงินหลังเผา เพราะหลังจากที่  $Mg^{2+}$  และ  $Ti^{4+}$  ไปจับเป็นกลุ่มโครงสร้างย่อย  $MgTiO_3$  แล้ว ยังมี  $Ti^{4+}$  เหลืออยู่อีก ดังนั้น  $Ti^{4+}$  ที่เหลือจึงสามารถไปจับเป็นกลุ่มโครงสร้างย่อย  $FeTiO_3$  ได้ ทั้งนี้ภายในกลุ่มโครงสร้างย่อย  $FeTiO_3$  จะมีการแลกเปลี่ยนประจุระหว่าง  $Fe^{2+}$  และ  $Ti^{4+}$  เกิดขึ้น ( $Fe^{2+}/Ti^{4+}$  inter-valence charge transfer) ทำให้เกิดการเลือกดูดกลืนช่วงคลื่นบางช่วงคลื่น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็คือเกิดสีน้ำเงินนั่นเอง [1, 3-7] ส่วนพลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti มากกว่า 1 จะได้สีเหลืองหลังเผา เนื่องจาก  $Mg^{2+}$  กับ  $Fe^{3+}$  จะไปทำให้เกิดศูนย์กลางสีเหลืองที่เสถียร (stable yellow colour centre) สำหรับในพลอยเม็ดที่มีปริมาณ  $Fe^{3+}$  สูงมาก อาจได้สีเหลืองที่มีสาเหตุมาจากการดูดกลืนเนื่องจาก  $Fe^{3+}$  ด้วย [1, 2, 5, 6, 7]

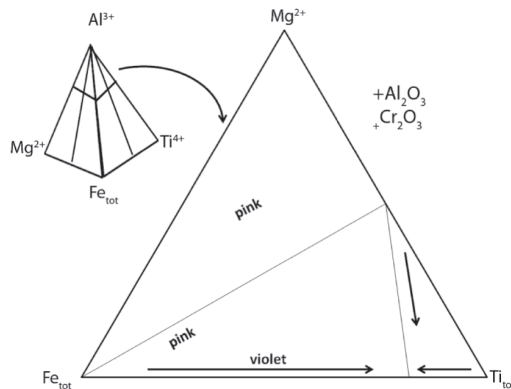
แต่ถ้าเผาพลอยที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบรีดิวซิง พลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti น้อยกว่า 1 หรือประมาณ 1 จะปรากฏเป็นสีน้ำเงินหลังเผา เพราะเกิดกลุ่มโครงสร้างย่อย  $FeTiO_3$  โดยที่  $Fe^{3+}$  บางส่วนอาจถูกรีดิวซ์ไปเป็น  $Fe^{2+}$  เพิ่มขึ้นด้วย ส่วนพลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti มากกว่า 1 จะไม่มีสีเพราะศูนย์กลางสีเหลืองถูกทำลาย

สำหรับพลอยที่มีธาตุมลทินโครเมียมอยู่ด้วย ธาตุโครเมียมจะทำให้เกิดการเลือกดูดกลืนช่วงคลื่นที่ทำให้สีที่ปรากฏออกมาเป็นสีแดงหรือสีชมพู ดังนั้นในพลอยคอร์ันดัมที่มีมลทินธาตุเหล็ก ไททาเนียม แมกนีเซียมและโครเมียมเมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบออกซิไดซิง สามารถเพิ่มสีแดงหรือชมพูซ้อนทับลงไปนสามเหลี่ยม ดังที่แสดงในรูปที่ 3 จะเห็นว่า เมื่อใส่สีชมพูเข้าไปบริเวณพื้นที่ที่เคยเป็นสีเหลืองเดิมในรูปที่ 1 จะเปลี่ยนเป็นสีส้ม และที่พื้นที่ที่เคยเป็นสีน้ำเงินจะกลายเป็นสีม่วง นั่นหมายความว่า พลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti ประมาณ 1 จะปรากฏเป็นสีแดงหรือชมพูหลังเผา พลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti น้อยกว่า 1 จะปรากฏเป็นสีแดงอมม่วงหลังเผา ส่วนพลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti มากกว่า 1 จะปรากฏเป็นสีแดงอมส้มหลังเผา

สำหรับพลอยที่มีมลทินธาตุเหล็ก ไททาเนียม แมกนีเซียม โครเมียม เมื่อเผาที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบรีดิวซิง บริเวณพื้นที่ที่ไม่มีสีในสามเหลี่ยมรูปที่ 2 ก็จะเปลี่ยนเป็นสีแดงหรือชมพู และที่พื้นที่ที่เคยเป็นสีน้ำเงินก็จะกลายเป็นสีม่วงในสามเหลี่ยมรูปที่ 4 นั่นหมายความว่า พลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti น้อยกว่า 1 หรือประมาณ 1 จะปรากฏเป็นสีแดงอมม่วงหลังเผา เพราะ  $Fe^{3+}$  บางส่วนอาจถูกรีดิวซ์ไปเป็น  $Fe^{2+}$  เพิ่มขึ้น ส่วนพลอยเม็ดที่มีอัตราส่วน Mg/Ti มากกว่า 1 จะปรากฏเป็นสีแดงหรือชมพู



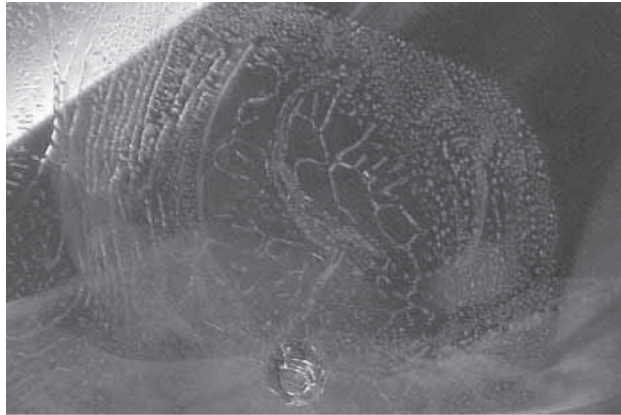
รูปที่ 3 สามเหลี่ยมแสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างมอลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม แมกนีเซียม และโครเมียมในคอร์รันดัม เเผที่อุณหภูมิ 1,850°C ในสภาวะออกซิไดซิง [1, 2]



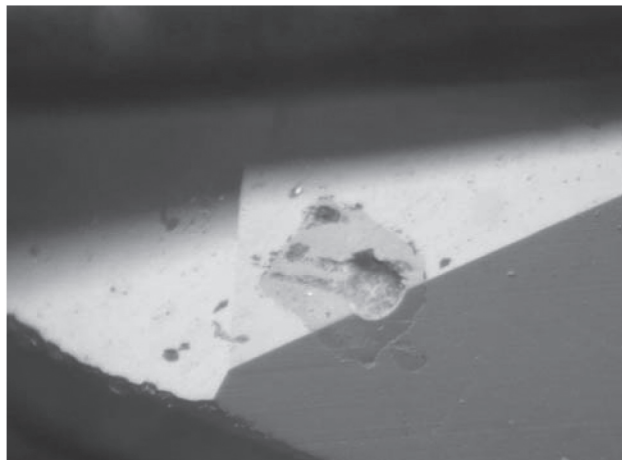
รูปที่ 4 สามเหลี่ยมแสดงสัมพันธ์ระหว่างมอลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม แมกนีเซียม และโครเมียมในคอร์รันดัม เเผที่อุณหภูมิ 1,750°C ในสภาวะรีดิวซิง [1, 2] (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [8-10])

#### การเผาแบบใส่สารเชื่อมประสาน

เป็นวิธีการเผาพลาญเนื้อแข็งที่พัฒนามาจากการเผาแบบดั้งเดิม โดยมีการใส่สารเชื่อมประสานพวกบอแรกซ์และซิลิกา แล้วเผที่อุณหภูมิสูงในสภาพบรรยากาศแบบออกซิไดซิง สารเชื่อมประสานจะหลอมที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมตัวของพลาญ จึงทำหน้าที่ช่วยสมานรอยแตกร้าวและช่วยอุดช่องว่างไม่ให้พลาญแตกในขณะเผาและภายหลังเผา นอกจากนี้สารเชื่อมประสานยังช่วยบดบังรอยแตกให้เห็นด้วยตาเปล่าได้ยากขึ้น เนื่องจากสารเชื่อมประสานมีค่าดัชนีหักเหสูงกว่าอากาศ การเผาด้วยวิธีนี้เดิมทีพัฒนามาเพื่อเผาพลาญทับทิมมอซซู ซึ่งปกติมักมีรอยแตกร้าวตามธรรมชาติอยู่ค่อนข้างมาก และผลึกพลาญมักมีแกนตรงกลางสีน้ำเงินม่วง ทำให้พลาญด้อยคุณภาพ การเผาด้วยวิธีนี้ นอกจากจะรักษาพลาญไม่ให้แตกร้าวแล้ว ยังทำให้พลาญมีสีแดงสดขึ้นเพราะสีน้ำเงินม่วงถูกกำจัดไป และพลาญจะดูสะอาดขึ้นเพราะรอยแตกร้าวเห็นได้ยากขึ้น แต่ถ้าตรวจสอบพลาญภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนก็มักจะเห็นรอยแตกที่ถูกสมานเสมอ (รูปที่ 5 และ 6) วิธีการนี้ต่อมาได้มีการนำไปใช้กับพลาญเนื้อแข็งจากแหล่งอื่นๆ อีกด้วย (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [8-12])



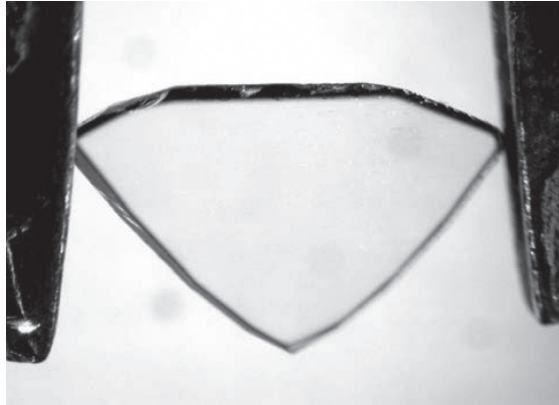
**รูปที่ 5** ลักษณะรอยแตกเกิดการหลอมและสมานด้วยสารเชื่อมประสาน สังเกต ฟองอากาศด้านล่าง (ถ่ายภาพโดย ทนง ลีลาวัฒนสุข)



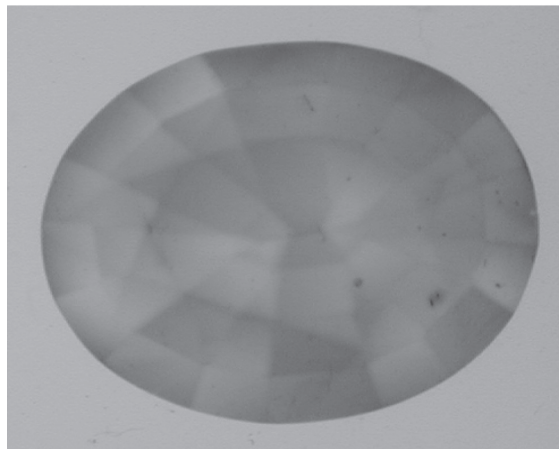
**รูปที่ 6** ลักษณะช่องว่างที่อุดด้วยสารเชื่อมประสานที่มีความวาวน้อยกว่าพลอยทับทิม (ถ่ายภาพโดย ทนง ลีลาวัฒนสุข)

### การเผาแบบแปรสีระดับต้น

เป็นวิธีการเผาที่ใช้กับพลอยเนื้อแข็งที่ไม่มีสี รวมทั้งพลอยเผาด้วยวิธีดั้งเดิมแล้วไม่เกิดสีหรือสีอ่อนไปให้มีสีน้ำเงินหรือแดงโดยเผาพร้อมกับสารที่ทำให้เกิดสี สำหรับพลอยที่ต้องการเผาให้ได้สีน้ำเงิน มักใช้สารประกอบของธาตุไทเทเนียม ส่วนพลอยที่ต้องการเผาให้ได้สีแดง มักใช้สารประกอบของธาตุโครเมียม การเผาด้วยวิธีนี้จะทำให้ธาตุที่ทำให้เกิดสีแพร่ผ่านผิวเข้าไปในโครงสร้างพลอยจากภายนอก เนื่องจากธาตุดังกล่าวมีขนาดใหญ่เมื่อเทียบกับโครงสร้าง  $Al_2O_3$  ดังนั้นการแพร่ของธาตุเหล่านี้เข้าสู่เม็ดพลอยจึงเป็นไปได้ด้วยอัตราที่ค่อนข้างช้ามาก ถึงแม้จะเผาที่อุณหภูมิสูงและใช้เวลาเผายาวนาน พลอยที่เผาด้วยวิธีดังกล่าวจึงปรากฏว่ามีขอบสีบางๆ บริเวณผิวเท่านั้น (รูปที่ 7 และ 8) เมื่อจุ่มพลอยดังกล่าวลงในของเหลวความหนาแน่นสูง มักเห็นสีเข้มเฉพาะบริเวณขอบเท่านั้น (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [8, 9])



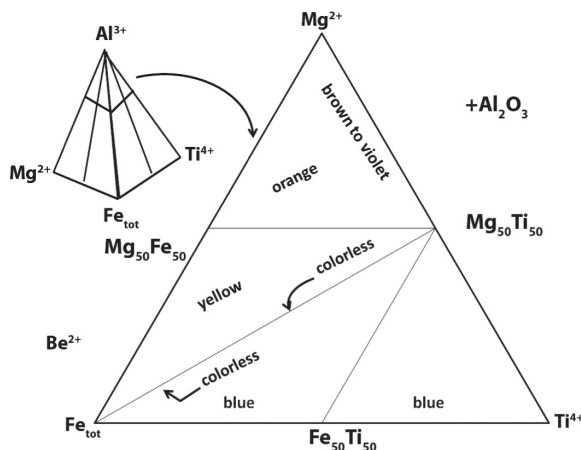
**รูปที่ 7** พลอยเผาแบบแพร่สี่ระดับที่ตัดเป็นแผ่นบางๆ สังเกตขอบน้ำเงินบริเวณขอบหนา ประมาณ 0.09 มม. ที่เกิดจากการแพร่ธาตุไทเทเนียมจากภายนอก (ถ่ายภาพโดย Häger)



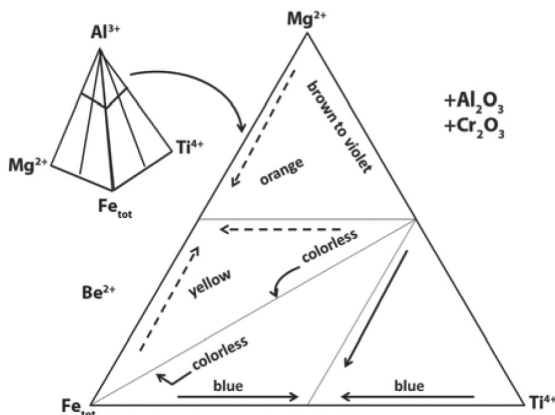
**รูปที่ 8** พลอยเผาแบบแพร่สี่ระดับที่ตัด สังเกตสีน้ำเงินบริเวณขอบที่เกิดจากการแพร่ ธาตุไทเทเนียมจากภายนอก (ถ่ายภาพโดยชนิยา สมบุญ)

### การเผาแบบแพร่สี่ระดับลึก

เป็นวิธีการเผาพลอยเนื้อแข็งโดยการแพร่ธาตุเบาบางชนิด เช่น เบริลเลียม เข้าไปในโครงสร้าง พลอยจากภายนอก ได้มีการพิสูจน์แล้วว่าธาตุเบริลเลียมทำหน้าที่เช่นเดียวกับ  $Mg^{2+}$  โดย  $Be^{2+}$  กับ  $Fe^{3+}$  จะไปทำให้เกิดศูนย์กลางสี่เหลี่ยมที่เสถียร [13-16] ดังนั้นจึงสามารถเพิ่ม  $Be^{2+}$  เข้าไปตรงมุม  $Mg^{2+}$  ในสามเหลี่ยมที่แสดงในรูปที่ 9 และ 10



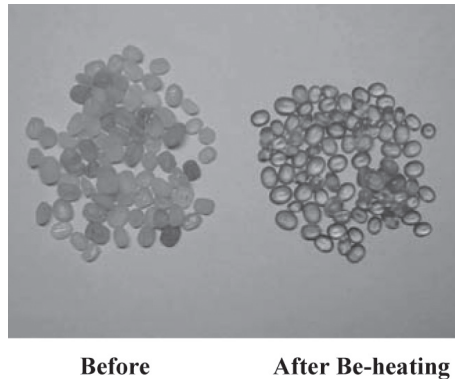
รูปที่ 9 สามเหลี่ยมแสดงสัมพันธ์ระหว่างมลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม แมกนีเซียม และเบริลเลียม ในคอร์รันดัม เเผที่อุณหภูมิ 1,850°C ในสภาวะออกซิไดซิง (ดัดแปลงจาก [1, 2])



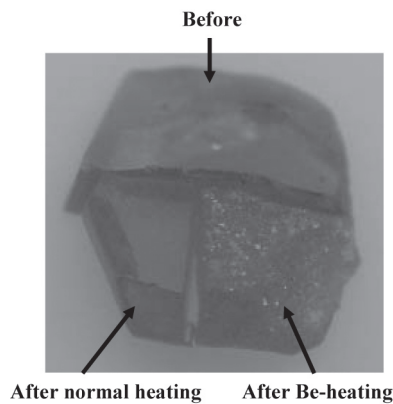
รูปที่ 10 สามเหลี่ยมแสดงสัมพันธ์ระหว่างมลทินธาตุเหล็ก ไทเทเนียม แมกนีเซียม โครเมียม และเบริลเลียมในคอร์รันดัม เเผที่อุณหภูมิ 1,850°C ในสภาวะออกซิไดซิง (ดัดแปลงจาก [1, 2])

การเผาผลายด้วยวิธีการแพร่ธาตุเบริลเลียมทำให้พลอยไม่มีสีหรือน้ำเงินเขียวที่ไม่สามารถเผาเป็นสีเหลืองด้วยวิธีดั้งเดิมสามารถเผาเป็นสีเหลืองได้ (รูปที่ 11) และทำให้พลอยสีชมพูเผาเป็นพลอยสีส้มได้ (รูปที่ 12) เพราะการเผาแบบนี้เป็นการเพิ่มอัตราส่วน (Mg+Be)/Ti ในโครงสร้างพลอย เนื่องจากธาตุเบริลเลียมมีขนาดเล็กมาก จึงสามารถแพร่เข้าไปในโครงสร้าง  $Al_2O_3$  ได้โดยง่าย ทำให้สีที่เกิดขึ้นสามารถซึมเข้าไปได้ค่อนข้างลึก หรือซึมเข้าไปทั่วทั้งเม็ดพลอยได้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [17-24])





รูปที่ 11 เปรียบเทียบพลอยก่อนเผากับพลอยเผาแบบแปรสีระดับสีกับด้วยเบริลเลียม (ถ่ายภาพโดย สุทัต สิงห์บำรุง)



รูปที่ 12 พลอยก่อนเผาเปรียบเทียบระหว่างพลอยเผาด้วยวิธีดั้งเดิม และพลอยเผาแบบแปรสีระดับสีกับด้วยเบริลเลียม (ถ่ายภาพโดย ชนียา สมบุญ)

## การปรับปรุงคุณภาพด้วยวิธีอื่นๆ

### การฉายรังสี

พลอยคอร์นดัมไร้สีอาจฉายรังสีให้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองได้ พบว่าสีเหลืองจากการฉายรังสีเกิดจากศูนย์กลางสีเหลืองที่ไม่เสถียร (unstable yellow colour centre) ที่มีรูปแบบการดูดกลืนที่คล้ายคลึงกับรูปแบบดูดกลืนที่เกิดจากศูนย์กลางสีเหลืองที่เสถียร แต่สีเหลืองที่เกิดจากการฉายรังสีจะจางลงอย่างรวดเร็วเมื่อพลอยสัมผัสกับความชื้นและแสงสว่างเพียงแค่ว่าจากหลอดไฟชนิดไส้หลอด 100 แสงเทียนเท่านั้น เนื่องจากสีพลอยชนิดนี้ซีดลงได้ง่าย วิธีการนี้จึงไม่นิยมนำมาใช้ในการปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์นดัม (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [14, 25])

### การย้อมสี

ทับทิม บางครั้งใช้น้ำมันที่มีสีแดงใส่ให้มีสีแดงสวยขึ้น สีนํ้ามันนี้จะซึมเข้าไปในรอยแตกและช่องว่างที่ผิว ซึ่งจะช่วยให้เพิ่มความเข้มของสีให้ทับทิมแลดูมีสีสวยขึ้น

### การอุดรอยแตกด้วยแก้วตะกั่ว

เป็นวิธีปรับปรุงคุณภาพพลอยคอร์นดัม โดยเฉพาะทับทิมและแซปไฟร์สีชมพูอมส้มที่มาจากแอฟริกาที่พบเมื่อประมาณต้นปี พ.ศ. 2547 วิธีนี้ไม่ใช่วิธีใหม่ แต่เป็นวิธีที่เคยใช้กับเพชรมาก่อน เป็นวิธีการอุดรอยแตกและช่องว่างในทับทิมด้วยแก้วที่ผสมสารตะกั่วหรือบิสมีทเพื่อช่วยเพิ่มค่าดัชนีหักเหของแก้วให้ใกล้เคียงกับทับทิม มีผลทำให้ไม่เห็นรอยแตกหรือช่องว่าง ทำให้พลอยดูมีสีสวยและใสสะอาดขึ้น วิธีปรับปรุงคุณภาพนี้แตกต่างจากการอุดรอยแตกด้วยวิธีการเผาแบบใส่สารเชื่อมประสาน เพราะวิธีนี้จะทำที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นรอยแตกจะไม่เกิดการหลอมและเชื่อมประสานเหมือนกับการเผาที่กล่าวมา เพียงแต่รอยแตกถูกดบังด้วยแก้วที่อุดเข้าไป ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ภายใต้กล้องจุลทรรศน์อัญมณี และด้วยเครื่องมือขั้นสูง (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมใน [26-29])

### สรุป

การปรับปรุงพลอยคอร์นดัมหรือพลอยอื่นๆ ที่มีคุณภาพด้อยด้วยกรรมวิธีต่างๆ ให้เป็นพลอยที่สวยงาม เป็นที่ยอมรับในตลาดพลอยได้นั้นเป็นเรื่องที่ต้องอาศัยไม่เพียงแต่ความรู้ความสามารถ ความเพียรพยายาม และประสบการณ์ของผู้เผาเป็นอย่างมาก ยังต้องอาศัยเงินทุนในการแสวงหาวัตถุดิบมาป้อนอุตสาหกรรม และเงินลงทุนในการประดิษฐ์คิดค้นเตาเผา สิ่งเหล่านี้นับว่าผู้ประกอบการไทยได้ทำการต่อสู้ฟันฝ่า และพัฒนามาอย่างต่อเนื่อง โดยอาศัยภูมิปัญญาท้องถิ่นที่เหมาะสมจนเป็นผลสำเร็จได้ระดับหนึ่ง เป็นผู้ดำเนินการเผาพลอย การเจียรระไน การผลิตเครื่องประดับ และทำให้ประเทศไทยเป็นตลาดค้าพลอยเนื้อแข็งที่สำคัญในระดับสากล

อย่างไรก็ตาม การแข่งขันในตลาดอัญมณีได้ทวีความรุนแรง ยุ่งยาก และซับซ้อนขึ้นเป็นลำดับ การที่จะดำรงไว้ซึ่งความเป็นผู้นำในตลาดพลอยเนื้อแข็งจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำทุกวิถีทางในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคในสินค้าพลอยเนื้อแข็งของไทยให้คงอยู่และเพิ่มมากขึ้นต่อไป เนื่องจากสินค้าอัญมณีเป็นสินค้าฟุ่มเฟือย หากผู้บริโภคขาดความเชื่อมั่นในพลอยทับทิมและแซปไฟร์ของไทยแล้ว อาจจะไปเลือกใช้พลอยชนิดอื่นหรือเพชรแทนก็เป็นที่ได้ การสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคในสินค้าของไทยเท่านั้นจะเป็นหนทางเดียวที่จะสามารถแข่งขันและขายสินค้าของไทยได้ นอกเหนือจากความพยายามที่จะสร้าง brand name เช่น การใช้สโลแกนว่า ‘พลอยไทย’ การประชาสัมพันธ์ การหาตลาดใหม่ๆ ในเชิงรุกแล้ว สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งในการสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้บริโภคก็คือ เมื่อมีสินค้าตัวใหม่หรือมีพลอยที่มีการปรับปรุงคุณภาพด้วยกรรมวิธีใหม่ ซึ่งมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการชี้แจงให้กับผู้บริโภคทราบก่อนว่า เป็นพลอยที่ผลิตด้วยกรรมวิธีใหม่ที่ไม่เหมือนเดิม โดยไม่จำเป็นต้องบอกกรรมวิธีและกระบวนการผลิตซึ่งเป็นความลับและลิขสิทธิ์เฉพาะของผู้เผา อีกทั้งต้องมีการศึกษาถึงสาเหตุและกลไกการเกิดสีว่าเป็นอย่างไร เพื่อที่จะสามารถทำการตรวจสอบแยกพลอยดังกล่าวออกจากพลอยอื่นๆ ได้ รวมทั้งต้องมีการกำหนดค่าจำกัดความ และการเรียกชื่อพลอยดังกล่าวได้อย่างถูกต้องอีกด้วย เพื่อไม่ให้เกิดความสับสน สร้างความมั่นใจ และความเชื่อถือให้กับผู้บริโภค ดังนั้นความร่วมมือสร้างสรรค์อย่างบูรณาการทั้งจากภาครัฐ สมาคม และภาคเอกชน ทั้งผู้ประกอบการและผู้เผาพลอยจึงสามารถที่จะผลักดันไปสู่จุดมุ่งหมายดังกล่าวได้สำเร็จ

## เอกสารอ้างอิง

1. Häger, T. 1992. Farbgebende und “farbhemmende” Spurenelemente in blauen Saphiren. *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft-Beihefte zum European Journal of Mineralogy* 4: 109.
2. Häger, T. 2001. High Temperature Treatment of Natural Corundum. International Workshop on Material Characterization by Solid State Spectroscopy: The Minerals of Vietnam. 4-10 April 2001. Vietnam. Hanoi. Institute of Materials Science.
3. Ferguson, J., and Fielding, P. E. 1972. The Origins of the Colours of Natural Yellow, Green, and Blue Sapphires. *Australian Journal of Chemistry* 25: 1372-1385.
4. Townsend, M. G. 1968. Visible Charge Transfer Band in Blue Sapphire. *Solid State Communications* 6 (2): 81-83.
5. Häger, T. 1996. Farbrelevante Wechselwirkungen von Spurenelementen in Korund. Ph.D. Thesis. Germany. University of Mainz.
6. Häger, T. 1993. Stabilisierung der Farbzentren von gelben natürlichen Saphiren. *Berichte der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft, Beihefte zum European Journal of Mineralogy*. Vol. 5. p. 188.
7. Emmett, J. L., and Douthit, T. R. 1993. Heat treating the sapphires of Rock Creek, Montana. *Gems & Gemmology* 29: 250-272.
8. Hughes, R. W. 1997. Ruby and Sapphire. Boulder. RWH Publishing.
9. Smith, C. P., and McClure, S. F. 2002. Chart of Commercially Available Gem Treatments. *Gems & Gemmology* 38(4): 294-300
10. Themelis, T. 1992. The Heat Treatment of Ruby and Sapphire. Clearwater. GemLab Inc.
11. Themelis, T. 2004. Flux-Enhanced Rubies and Sapphires. USA. A&T Publisher.
12. LMHC, 2004. Laboratory Manual Harmonization Committee (LMHC) Information Sheet No. 1, Available from URL: <http://www.git.or.th>. 15 October 2012.
13. Pisutha-Arnond, V., Häger, T., Wathanakul, P., and Atichat, W. 2002. A Brief Summary on a Cause of Colour in Pink-Orange, Orange and Yellow Sapphires Produced by the “New” Heating Technique. *Journal of Gem and Jewelry* 3(18): 11-12.
14. Pisutha-Arnond, V., Häger, T., Wathanakul, P., and Atichat, W. 2004. Yellow and Brown Colouration in Beryllium Treated Sapphires. *The Journal of Gemmology* 29(2): 77-103.
15. Pisutha-Arnond, V., Haeger, T., Wathanakul, P., Atichat, W., Win, T. T., Leelawatanasuk, T., Somboon, C., and Sutthirat, C. 2004. Chemical Characteristic of “Classical” versus “Beryllium” Heat-Treated Ruby and Sapphire. Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Gemmological Conference. 12-21 September 2004. Wuhan. China.

16. Pisutha-Arnond, V., Wathanakul, P., Atichat, W., Haeger, T., Win, T. T., Leelawatanasuk, T., and Somboon, C. 2003. Beryllium-Treated Vietnamese and Mong Hsu Rubies. In: Hofmeister W., Quang V. X., Doa N. Q., and Nghi T., Editors. Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Workshop on Geo-and Material-Science on Gem-Minerals of Vietnam. 1-8 October 2003. Hanoi. p. 171-175.
17. Emmett, J. L., Scarratt, K., McClure, S. F., Moses, T., Douthit, T. R., Hughes, R. W., Novak, S., Shigley, J. E., Wang, W., Bordelon, O., and Kane, R. E. 2003. Beryllium Diffusion of Ruby and Sapphire. *Gems & Gemmology* 39(2): 84-135
18. Peretti, A., and Günther, D., 2002. Colour Enhancement of Natural Fancy Sapphires with a New Heat-Treatment Technique (Part A). *Contribution to Gemology* 1: 1-48.
19. Peretti, A., Günther, D., and Graber, A. -L. 2003. The Beryllium Treatment of Fancy Sapphires with a New Heat-Treatment Technique (Part B). *Contributions to Gemmology* 2: 21-33.
20. Themelis, T. 2003. *Beryllium-treated rubies and sapphires*. 48 p., printed in Thailand.
21. Atichat, W., Sriprasert, B., Wathanakul, P., Pisutha-Arnond, V., Sun, T. T., Puttarat, T., Leelawatanasuk, T. 2004. Characteristics of "Beryllium" Heat-Treated Yellow Sapphires. Proceedings of the 29<sup>th</sup> International Gemmological Conference. 12-21 September 2004. Wuhan. China. p. 207-214.
22. Schmetzer, K., and Schwarz, D. 2004. The Causes of Colour in Untreated, Heat Treated and Diffusion Treated Orange and Pinkish Orange Sapphires-A Review. *The Journal of Gemmology* 29(3): 149-182
23. LMHC, 2004b. Laboratory Manual Harmonization Committee (LMHC) Information Sheet No. 2. Available from URL: <http://www.git.or.th>. 15 October 2012.
24. Hänni, H. A., Krzemnicki, M. S., Kiefert, L., and Chalain, J. -P. 2004 A New Tool in Analytical Gemmology: LIBS. China University of Geoscience (Wuhan). Hong Kong Institute of Gemmology. 63.
25. Schmetzer, K., Bosshard, G. and Hänni, H. A., 1983. Naturally Coloured and Treated Yellow and Orange-Brown Sapphires. *The Journal of Gemmology* 18: 607-622
26. Kitawaki, H. 2004. Lead-Glass Impregnated Ruby. *Gemmology*, Laboratory Report of the Month of May 2004. GAAJ. 35 (416). (in Japanese with English Translation).
27. Rockwell, K. M. and Breeding, C. M., 2004. Rubies, Clarity Enhanced with a Lead Glass Filler. *Gems & Gemmology* 40(3): 247-249
28. GIT Lab Notes, 2004. New Treatment on Ruby: Lead Glass Filling. Available from URL: <http://www.git.or.th>. 15 October 2012.
29. LMHC, 2005. Laboratory Manual Harmonization Committee (LMHC) Information Sheet No. 3., Available from URL: <http://www.git.or.th>. 15 October 2012.