

การเปลี่ยนสภาพของเพทายเมื่อทำการเผาที่อุณหภูมิสูง

ดร.ภูวดล วรรณะชัยแสง

นางสาวผกามาศ สกุลณา

หน่วยวิจัยการปรับปรุงคุณภาพอัญมณี คณะอัญมณี

มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขตจันทบุรี

เพทาย (Zircon; $ZrSiO_4$) ที่เกิดตามธรรมชาติส่วนใหญ่มีสีส้ม น้ำตาล หรือแดงอมน้ำตาล มักนำไปปรับปรุงคุณภาพเพื่อเปลี่ยนสีเป็นสีฟ้า เหลือง หรือใสไร้สี ด้วยความร้อน ดังนั้นอุณหภูมิในการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนจึงมีความสำคัญต่อการเกิดสีและการเปลี่ยนสภาพของพลอยที่อุณหภูมิสูง เพื่อเก็บข้อมูลความร้อนที่เหมาะสมเพื่อประมาณอุณหภูมิสูงสุดที่จะทำการเผาเพทาย โดยตัวก่อนเพทายไม่เกิดความเสียหาย

เพทาย เป็นแร่ที่มีธาตุ hafnium อยู่ประมาณ 1 – 4 % และมีธาตุเหล็กเล็กน้อย นอกจากนี้เพทายยังพบธาตุกัมมันตรังสีพวก uranium และ thorium ซึ่งไปทำลายโครงสร้างของเพทาย ส่งผลให้เพทายเปลี่ยนจาก high type ไปเป็น low type ทำให้มีโครงสร้างไม่เป็นระเบียบ กลายเป็น amorphous มีผลให้คุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงเปลี่ยนไปด้วย โดยมีความแข็ง ความถ่วงจำเพาะ และค่าดัชนีหักเหลดลง ดังนั้นจึงแบ่งเพทายออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. high type เป็นชนิดผลึก
2. intermediate type มีการตกผลึกบางส่วน
3. low type เป็น metamict zircon หรือมีเนื้อเป็น amorphous ซึ่งเกิดจากธาตุกัมมันตรังสีที่ทำลายโครงสร้าง

คุณสมบัติ

สูตรเคมี : $ZrSiO_4$ (Zirconium Silicate)

กลุ่มแร่ : Nesosilicate

ระบบผลึก : Tetragonal

ความถ่วงจำเพาะ : 4.70 (+0.03,-0.80)

ความแข็งแบบโมห์สเกล : 6 – 7.5

แนวแตกเรียบ : ไม่ชัดเจน

รอยแตก : แตกแบบก้นหอย

Transparency : โปร่งใส

ค่าดัชนีหักเหของแสง : High type: 1.925 - 1.984 (± 0.040)

Intermediate type: 1.875 - 1.905 (± 0.030)

Low type: 1.810 - 1.815 (± 0.030)

Birefringence: high type = 0.059, intermediate type = 0.03, low type = 0.005

ค่า birefringence ที่สูง ทำให้เห็นขอบหน้าเจียรในซ้อนกันเป็น (doubling)

การกระจายแสง : Moderate dispersion (0.038-0.039)

ประกาย : ประกายกึ่งคล้ายเพชร (sub-adamantine)

ลักษณะทางแสง : Anisotropic uniaxial (+) แต่หากเป็นชนิด low type จะมีลักษณะทางแสงที่เปลี่ยนไปเนื่องจากเสียความเป็นผลึก ไปเป็นอสัณฐาน (amorphous)

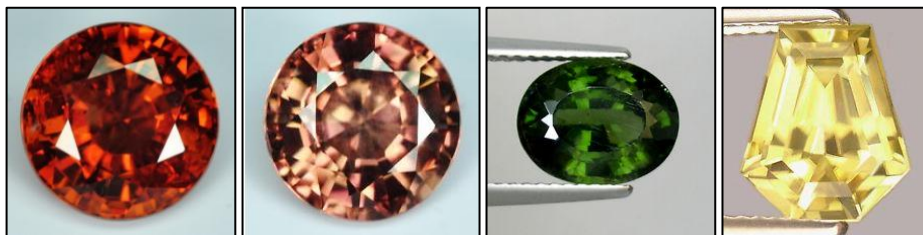
แหล่งที่พบ

แหล่งที่สำคัญ : เวียดนาม ลาว กัมพูชา พม่า ประเทศไทย ศรีลังกา (รูปที่ 1, 2, 3, และ 4)

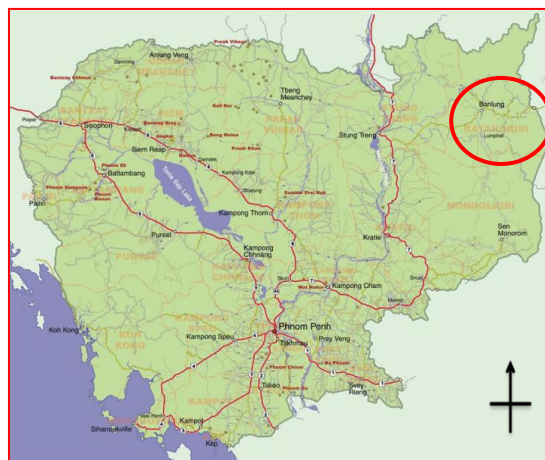
แหล่งอื่น : ออสเตรเลีย บราซิล ไนจีเรีย แทนซาเนีย



รูปที่ 1 แผนที่แสดงตำแหน่งของแหล่งรัตนปุระ ประเทศศรีลังกา



รูปที่ 2 ตัวอย่างเพทายจากศรีลังกา



รูปที่ 3 แผนที่แสดงตำแหน่งจังหวัดรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา



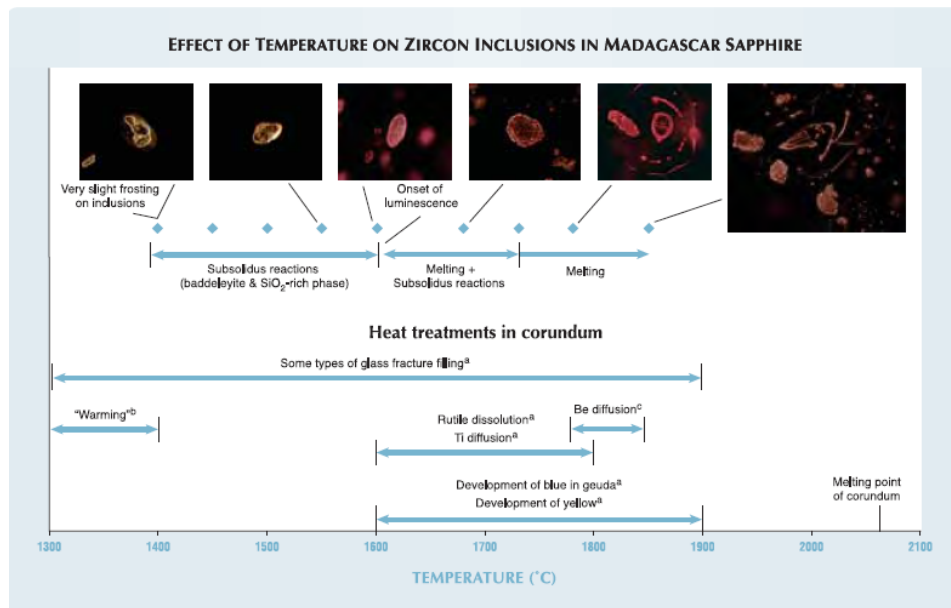
รูปที่ 4 ตัวอย่างเพทายจากกัมพูชา

เพทายจากกัมพูชาจะมีการทำเหมืองโดยใช้แรงงานคนเป็นหลัก มีการขุดหลุมลักษณะเป็นท่อกกลม ลึกตั้งแต่ 5-15 เมตร (รูปที่ 5) แล้วแต่ชั้นหินให้พลอยในแต่ละบริเวณ ภายในหลุมจะมีคนลงไปตักแร่แล้วกว้านขึ้นมาหาเพทายที่ปากหลุม ตัวก้อนเพทายที่ได้จะมีขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กจนกระทั่งขนาดใหญ่ แล้วเมื่อนำเพทายไปปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน ก็จะได้เพทายสีฟ้าที่สวยงาม

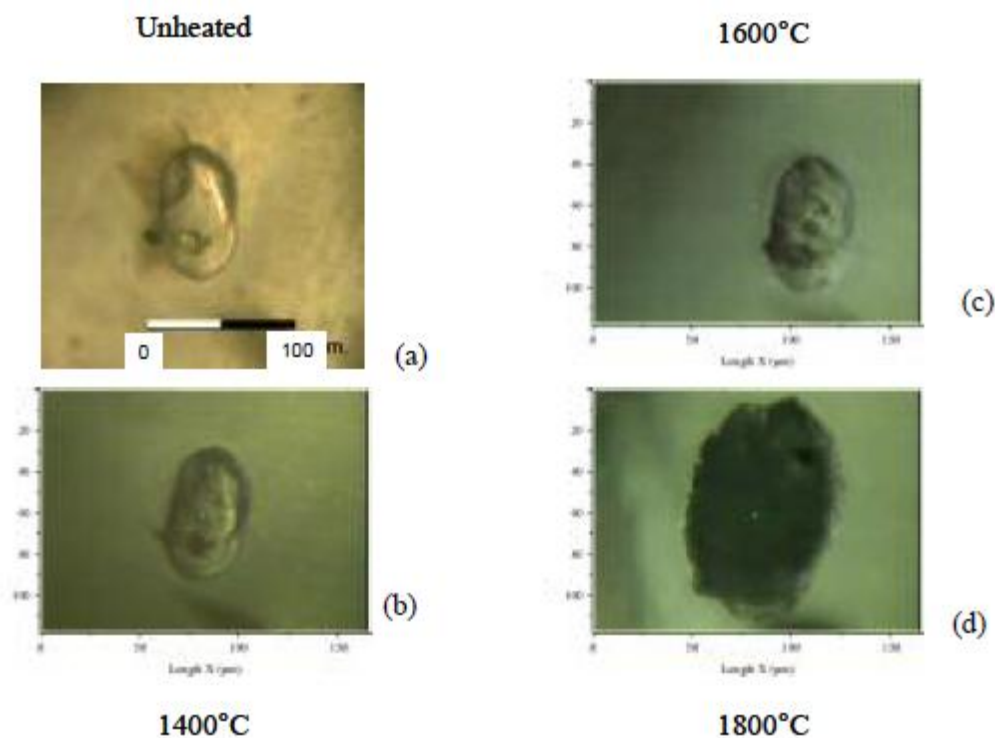


รูปที่ 5 ขั้นตอนการทำเหมืองเพทายในจังหวัดรัตนคีรี ประเทศกัมพูชา

จากการทดลองของ Wang และคณะ. ในปี 2006 และ Wanthanachaisaeng และคณะ ในปี 2006 ได้นำ Corundum จากเมือง Ilakaka ประเทศ Madagascar ซึ่งมีลักษณะพิเศษที่มีการพบมลทินแร่เพทายเป็นจำนวนมาก ได้นำตัวอย่างดังกล่าวมาทำการเผาเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของเพทายที่เป็น inclusion หลังการเผา พบว่า ที่อุณหภูมิ 1300 – 1400 °C เพทายไม่มีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัด (รูปที่ 6) ในขณะที่เมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1400 – 1600 °C เพทายเริ่มมีการละลายที่ผิวเพียงเล็กน้อย เมื่อถึงอุณหภูมิ 1600 – 1700 °C เพทายแสดงการเปลี่ยนแปลงที่ผิว โดยมีลักษณะการละลายที่บริเวณผิวของเพทายจนเกิดเป็นผลึกฝ้า และเมื่อเผาอุณหภูมิ 1800 °C เป็นต้นไป เพทายมีการละลายอย่างเห็นได้ชัด (รูปที่ 7)

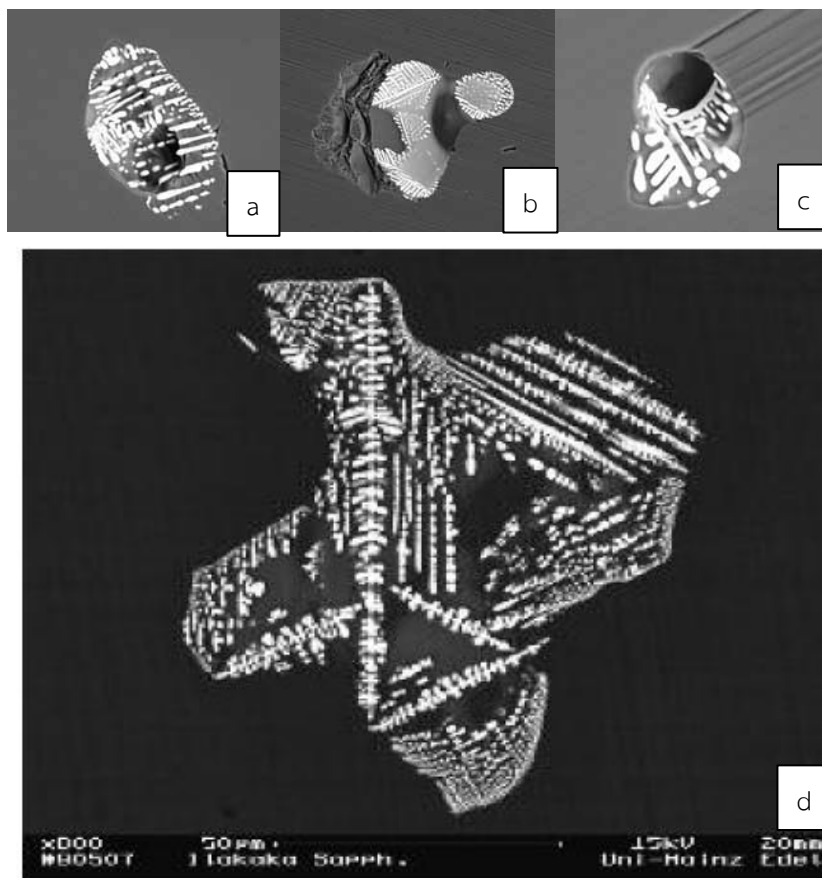


รูปที่ 6 มลทินเพทายในแซฟไฟร์เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิต่างๆ (Wang et al., 2006)



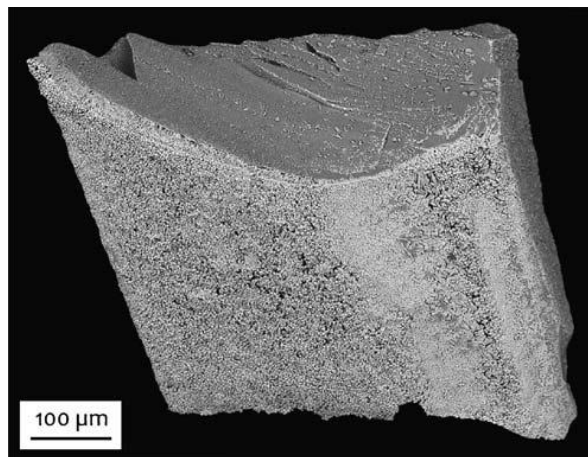
รูปที่ 7 มลทินเพทายในแซฟไฟร์เมื่อถูกเผาที่อุณหภูมิต่างๆ (Wanthanachaisaeng et al., 2006)

เมื่อนำคอร์รันดัม (Corundum) ตัวอย่างไปขัดหน้าเรียบให้ถึงผิวของเพทายที่เป็นมลทิน เมื่อวิเคราะห์ด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) โดยใช้เทคนิค back-scattered electrons (BSE) จากการทดลองจะพบว่า จากรูปที่ 8 ภาพ A,B,C คือที่อุณหภูมิ 1400°C โดยภาพ A ไม่พบการเปลี่ยนแปลงใดๆ ส่วนภาพ B มีการละลายที่ผิวเพียงเล็กน้อย ภาพ C มีการละลายที่ผิวทั่วทั้งเม็ด ซึ่งอาจจะเกิดจากผลึกเพทายแต่ละผลึกมีความเป็นผลึกที่ต่างกัน และภาพ D คือผลึกที่เผาที่อุณหภูมิ 1450°C เพทายมีการละลายที่ผิวเพียงเล็กน้อยเช่นกัน ต่อมาเมื่อเผาที่



รูปที่ 9 สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 1730 °C มลทินเพทายเดิมมีการกระจายตัว และเกิดการทำปฏิกิริยาระหว่างมลทินเพทายและแซฟไฟร์ (a) 1730 °C, (b) 1780 °C, (c) 1850 °C; Wang et al., 2006) และ (d) มลทินเพทายที่ถูกเผาที่อุณหภูมิ 1800 °C (Wanthanachaisaeng et al., 2006)

และจากการทดลองของ Váczi et al. (2009) โดยใช้แร่เพทายจากศรีลังกา แคนาดา สเปน และเพทายสังเคราะห์ เผาที่อุณหภูมิ 1400°C ด้วยความเร่ง 50°C/นาที่ กับ 1°C/ นาที่ ด้วย crucible ที่แตกต่างกัน คือ crucible ที่เป็นแพลทินัมกับ crucible ที่เป็นอลูมินา พบว่า หากนำไปเผาที่อุณหภูมิ 1400°C แล้วก็นำเพทายไปเจียหน้าเรียบ วิเคราะห์ด้วยเครื่อง scanning electron microscope (SEM) และ transmission electron microscopy (TEM) และ back-scattered electrons (BSE) พบว่า แร่เพทายมีการเปลี่ยนแปลงเช่นเดียวกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของมลทินเพทายภายในคอร์รันดัมของ Wang et al. (2006) และ Wanthanachaisaeng et al (2006) โดยจะพบว่าผิวของเพทายมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเผาที่อุณหภูมิ 1400°C จากรูปที่ 16 แสดงการเปลี่ยนสภาพของพื้นผิวเพทายที่เผาใน crucible ที่เป็นอลูมินา

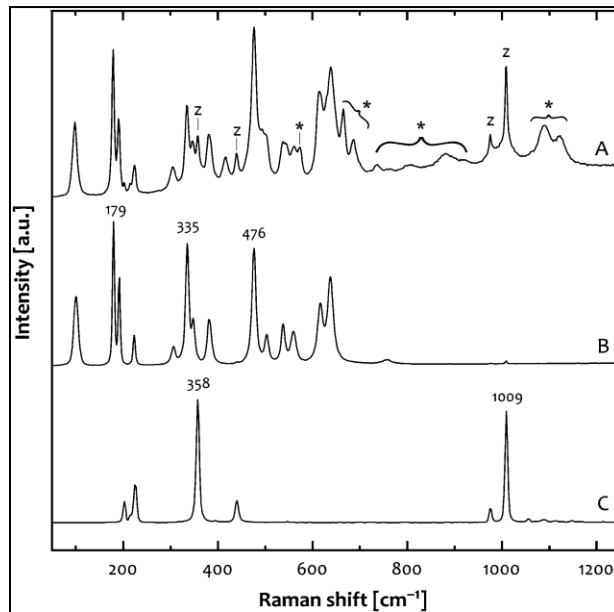


รูปที่ 10 ภาพ BSE จากตัวอย่างเพทายที่เผาใน crucible ที่เป็นอลูมินา

เมื่อทำการศึกษพื้นผิวบริเวณดังกล่าวด้วยใช้เครื่อง Raman spectroscope เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของผิวเพทายพบว่าเพทายธรรมชาติ ที่ไม่ได้ผ่านการปรับปรุงคุณภาพใดๆ จะพบ peak ที่ 358 และ 1009 cm^{-1} ดังรูปที่ 21 และสเปกตรัมของ baddeleyite จะพบ peak ที่ 179, 335 และ 476 cm^{-1} และเมื่อทำการวิเคราะห์ที่ผิวของเพทายที่ผ่านการเผาใน crucible ที่เป็นอลูมินาที่อุณหภูมิ 1400°C พบว่า สเปกตรัมที่ได้เป็นสเปกตรัมของ baddeleyite (*) ปนกับ peak ของเพทาย (z) ดังนั้นจึงสรุปสามารถสรุปได้ว่า การสลายตัวของแร่เพทายที่สัมผัสกับ crucible ที่เป็นอลูมินา ที่อุณหภูมิ 1400°C ทำให้เพทายเปลี่ยนสภาพไปเป็นเซอร์โคเนียมออกไซด์ร่วมกับแก้วที่เป็นอสัณฐาน (amorphous) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับมลทินเพทายในแร่คอร์รันดัมที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อน ดังสมการ



ดังนั้นการปรับปรุงคุณภาพเพทายด้วยการเผาจึงต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม เพราะหากทำการเผาด้วยอุณหภูมิที่สูงเกินไป (ที่ 1400°C) ด้วยภาชนะที่เป็นอลูมินา จะส่งผลให้ตัวอย่างเสียหายได้



รูปที่ 11 Raman spectrum ของ (a) พื้นผิวของเพทายที่ผ่านการเผาใน crucible ที่เป็นอลูมินาที่อุณหภูมิ 1400°C (b) สเปกตรัมของ baddeleyite (c) สเปกตรัมของเพทาย

เอกสารอ้างอิง

- Wang, W., Scarratt, K, Emmett, J.L., Breeding, C.M., and Douthit, T.R., 2006. The effects of heat treatment on zircon inclusions in Madagascar sapphires. *Gems & Gemology*, 42 (2), 134-150.
- Wanthanachaisaeng, B., Häger, T., Hofmeister, W., and Nasdal, L., 2006d. Raman- und fluoreszenz-spektroskopische Eigenschaften von Zirkon-Einschlüssen in chrom-haltigen Korundum aus Ilakaka und deren Veränderung durch Hitzebehandlung. *Zeitschrift der Deutschen Gemmologischen Gesellschaft*, 55, 119-132.
- Vácz, T., Nasdala, L., Wirth, R., Mehofer, M., Libowitzky, E., and Häger, T., 2009. On the breakdown of zircon upon “dry” thermal annealing. *Mineral Petrology*, Vol. 97, pp. 129-138.