

บทคัดย่อ

แม้ว่าพลอยคอร์นดัมจะถูกขุดพบตามแหล่งใหม่ๆ ในโลกอยู่เสมอ แต่พลอยที่ถูกพบจากแหล่งใหม่ รวมกับจากแหล่งเดิมๆ ที่ถูกขุดพบใหม่ ยังคงไม่พอเพียงต่อความต้องการของผู้ใช้ อันเนื่องมาจากแหล่งของพลอยที่ได้รับการยอมรับว่ามีพลอยคุณภาพดีมีจำนวนจำกัด พลอยจากแหล่งใหม่ๆ มักมีคุณภาพต่ำ มนุษย์จึงหาวิธีที่จะปรับปรุงคุณภาพพลอยเหล่านี้ให้สวยงาม เหมาะสมกับความต้องการของตลาด การเผาพลอยเป็นเทคนิคที่นิยมนำมาใช้มากที่สุด ซึ่งทำให้สีของคอร์นดัมดีขึ้นและอยู่คงทนถาวร แต่การเผาจะทำให้พลอยเปลี่ยนแปลงสภาพ มีร่องรอยการเปลี่ยนแปลงจากผลของความร้อนสูง สามารถบอกได้จากลักษณะการเปลี่ยนแปลงของมลทินภายในพลอย นอกจากนี้ การเผาพลอยยังมีความยุ่งยาก ซับซ้อน และใช้เวลานาน เฉพาะผู้เชี่ยวชาญเท่านั้นที่ทำได้ โดยอาศัยการดูหมำหรือมลทินในเนื้อพลอย เป็นตัวกำหนดอุณหภูมิที่จะใช้ในการเผา ปัจจุบัน จึงมีการใส่สารเคมีชนิดต่างๆ ผสมเข้าไประหว่างการเผา เพื่อเร่งให้ปฏิกิริยารวดเร็วขึ้น สารเคมีเหล่านั้น นอกจากจะมีอันตรายต่อผู้ที่เกี่ยวข้องแล้ว ยังทำให้เนื้อพลอยมีคุณภาพต่ำลง มีผู้พยายามใช้เทคโนโลยีอื่นๆ เช่น ยิงด้วยเลเซอร์ อิเล็กตรอน นิวตรอน หรือ แกมมา ซึ่งบางอย่างใช้ได้ผลกับพลอยเนื้ออ่อน แต่มักไม่ได้ผลกับพลอยคอร์นดัม ซึ่งมีโครงสร้างที่แข็งแรงกว่า เทคนิคไอออนอิมพลานเตชัน หรือ การยิงฝังด้วยไอออน ซึ่งเป็นการให้พลังงานโดยตรงกับพลอยโดยไม่เกี่ยวกับความร้อน สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะทางไอออนของธาตุเจือให้สี นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงของสีพลอยคอร์นดัม ถือเป็นเทคนิคใหม่ที่น่าสนใจในการนำมาพัฒนาคุณภาพพลอยคอร์นดัม

ในแผนงานวิจัยนี้ ได้มีการปรับปรุงเครื่องไอออนอิมพลานเตอรด์ต้นแบบสำหรับงานพลอย ให้มีความเหมาะสมกับการใช้งานยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการบำรุงรักษาได้ง่าย และสามารถจัดวางชิ้นงานได้ง่าย รวมทั้งได้ปรับปรุงส่วนต่างๆ ให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้ติดตั้งที่อุ่นพลอยขณะยิงไอออน เพื่อเพิ่มอันตรายกิริยาระหว่างลำไอออนและพลอยอีกด้วย ท้ายที่สุดแล้ว จึงได้เครื่องมือและเทคนิคที่สามารถสร้างไอออน ที่ผ่านระบบการเร่งให้มีพลังงานสูง ที่มีปริมาณไอออนจำนวนมากพอที่จะวิ่งเข้าชนกับพลอย เพื่อถ่ายเทพลังงานให้กับพลอยโดยตรง ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการปรับปรุงความสะอาดในเนื้อพลอย และการกำหนดสีของพลอยได้อย่างเหมาะสม ในแผนงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้ใช้พลอยธรรมชาติตระกูลคอร์นดัม 2 ชนิดสำหรับทดสอบประสิทธิภาพของเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น ได้แก่ พลอยแซฟไฟร์ธรรมชาติสีน้ำเงินอมเขียว และพลอยแซฟไฟร์ธรรมชาติสีขาว

ในกรณีของพลอยแซฟไฟร์สีน้ำเงินนั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าการที่พลอยสีน้ำเงินที่มีสีเหลืองปน จนทำให้เห็นพลอยเป็นสีน้ำเงินอมเขียวนั้น จัดเป็นพลอยที่ตลาดไม่ให้ความนิยม จึงมีการนำเทคนิคต่างๆ ที่ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติเรื่องสี และความใสสะอาด มาปรับปรุงคุณภาพพลอยให้เป็นสีน้ำเงินสด ทำให้พลอยมีมูลค่าเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีปัจจุบันยังทำไม่ได้ ส่วนใหญ่มักจะใช้การเผาโดยเติมธาตุเบริลเลียม เพื่อให้ได้เป็นสีเหลืองงานวิจัยส่วนนี้ เริ่มต้นโดยการรวบรวมพลอยแซฟไฟร์ธรรมชาติสีน้ำเงินอมเขียว จากแหล่งพลอยที่มีความสำคัญในตลาดอัญมณี คือ จากแหล่งวันดา ออสเตรเลีย และแหล่งพลอยของประเทศไทย 3 แหล่ง ได้แก่ จันทบุรี กาญจนบุรี และแพร่ ซึ่งเป็นแหล่งที่มีปริมาณธาตุเหล็กสูง ที่มีกำเนิดสัมพันธ์กับหินภูเขาไฟชนิดบะซอลต์ และกลุ่มที่มีปริมาณเหล็กต่ำที่มีกำเนิดสัมพันธ์กับหินแปร เช่น มาดากัสการ์ และศรีลังกา จากนั้น ได้แบ่งพลอยออกเป็นกลุ่มๆ ตามลักษณะเด่นของพลอย ศึกษาชนิดและปริมาณของธาตุเจือที่ทำให้พลอยแต่ละกลุ่มมีความแตกต่างกัน

รวมทั้งศึกษาลักษณะของอินคลูชันในพลอยแต่ละกลุ่ม พลอยแต่ละเม็ดได้นำไปผ่าครึ่งแล้วนำไปพัฒนาคุณภาพ ใน 2 รูปแบบ ได้แก่ (i) การยิงฝังด้วยเครื่องไอออนอิมพลานเตอร์แบบคอมแพ็ค โดยไม่มีกระบวนการอื่นเพิ่มหลังยิง ไอออน ยกเว้นการทำความสะอาดผิวพลอยด้วยพลาสมา และ (ii) การเผาด้วยความร้อนสูงโดยไม่ใส่สารเคมี ซึ่งทำ ในหลายรูปแบบ ทั้งเผาแบบออกซิเดชันในเตาไฟฟ้า และเผาแบบรีดักชันในเตาน้ำมัน โดยใช้อุณหภูมิสูง ตั้งแต่ 1,000 องศาเซลเซียสขึ้นไป พลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพแล้วได้นำมาวิเคราะห์สมบัติทางแสง จนได้เป็น ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ถึงกระบวนการที่เกิดขึ้นในระหว่างการปรับปรุงคุณภาพทั้ง 2 วิธี ท้ายที่สุดได้เปรียบเทียบ กระบวนการและผลที่เกิดขึ้น และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ ของกระบวนการปรับปรุงคุณภาพทั้ง 2 วิธี

ในกรณีของพลอยแซฟไฟร์สีขาว พลอยคอร์นดัมธรรมชาติที่ปราศจากธาตุเจือปนที่มีส่วนทำให้เกิดสี ผู้ประกอบการเรียกว่าพลอยขาว สามารถขุดพบได้ในทุกแหล่งที่ขุดพบพลอยคอร์นดัมสีอื่นๆ แต่คุณภาพตามที่ต้องการเพื่อทดแทนเพชร ต้องเป็นเนื้อแก้ว โปร่งใส และเข้าข่ายไม่มีสี ถือเป็นพลอยคอร์นดัมที่บริสุทธิ์ที่สุด และหายากที่สุด เพราะพลอยในตระกูลคอร์นดัมมีความแข็งสูง 9 ตามสเกลของโมห์ โอกาสที่จะถูกขูดขีดให้ขุ่นมัวมี น้อย มีประกายแวววาวจากค่าดัชนีหักเหสูง เมื่อผ่านการเจียรระไนและตกแต่งเป็นเครื่องประดับจะมีมูลค่าสูงมาก แต่ที่พบบ่อยจะเป็นพลอยที่มีขนาดเล็ก และพบได้น้อยทำให้ราคาสูง หรือที่พบมากขนาดใหญ่ จะมีมลทินมาก เนื้อ ขุ่น ค่อนข้างทึบ ราคาถูกกว่า ทำให้ในตลาดอัญมณียังต้องการซื้อพลอยแซฟไฟร์สีขาวขนาดเล็กมากกว่าขนาดใหญ่ เพราะน้ำสวยกว่า เหมาะสมที่ใช้ทดแทนเพชร งานวิจัยนี้ จึงเป็นการพัฒนาคุณภาพพลอยคอร์นดัมขนาด 2 กะรัต ขึ้นไป จากกลุ่มไม่มีเชื้อสี หรือ พลอยสีจาง เนื้อขุ่น และปริมาณธาตุเจือปนน้อย ซึ่งไม่สามารถเพิ่มสีโดยขบวนการทาง ความร้อนได้ ผู้ประกอบการมักจะคัดแยกออกจำหน่ายในราคาต่อกะรัตถูกกว่าพลอยที่มีเชื้อสีมาก จากแหล่งต่างๆ เช่น ศรีลังกา พม่า ไทย โดยใช้เทคนิคลำไอออน ซึ่งประกอบด้วยการวิเคราะห์ด้วยลำไอออน โดยระบบเครื่องเร่ง อนุภาคแทนเดิม ขนาด 1.7 MV เพื่อศึกษาองค์ประกอบต่างๆ ความขุ่นที่มาจากธาตุมลทินต่างๆ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ พลอยมีคุณภาพต่ำ และใช้เทคนิคการยิงฝังพลอยด้วยเครื่องไอออนอิมพลานเตอร์ชนิดคอมแพ็ค และการอบอ่อน เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงแสงของพลอย เช่น เพิ่มความใส สะอาด และมีประกาย ด้วยการสลายสารมลทิน โดยไม่เกิด การทำลายเนื้อพลอย พลอยที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพได้นำมาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคต่างๆ ได้แก่ การวิเคราะห์การ ดูดกลืนแสง เทคนิครามาน จนได้ข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ถึงกลไกที่เกิดขึ้นในระหว่างการยิงฝังด้วยไอออน

ท้ายที่สุด แผนงานวิจัยนี้ ได้แสดงแนวคิดหนึ่งในการใช้เทคนิคที่ได้พัฒนาขึ้น ผลผลิตสินค้าสำหรับนิชมาร์เก็ต เพื่อใช้เป็นของขวัญหรือของรางวัลที่มีความงดงามเชิงศิลป์ พร้อมกับดูมีราคาเพราะประดับด้วยพลอยธรรมชาติ จำนวนมาก โดยใช้พลอยธรรมชาติคุณภาพต่ำที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยลำไอออน ไปประดับบนชิ้นงาน ประติมากรรม ด้วยเทคนิคที่คิดค้นขึ้นมาใหม่ เรียกว่า การฝังพร้อมหล่อ

Abstract

Although new occurrences of natural gemstones are found from time to time in many parts of the world, these localities combined with historically important gem deposits have not always provided the best quality material in sufficient amounts to meet the current demand for gemstones among consumers. Besides the relatively small amount of high quality gem material typically produced at a given mining locality, there is also recovered a much larger percentage of lower quality material that has little market value. Individuals continue to strive to develop methods to treat this lower-quality material in the laboratory to enhance its appearance and thereby its marketability for gem purposes. Heat treatment is the most popular technique commercially used for the improvement of quality of gemstones. It mainly modifies color, unifies inclusions, increases transmittance and improves luster. However, the technique causes structural changes in corundum, e.g. the rutile which forms the silk dissolves into the stone at high temperature. The dissolving of microscopic rutile needles or tiny gas bubbles in pockets of liquid is evidence that the stones have been heated. Heat treatment is also difficult to control, i.e., it can eliminate inclusions or it can form them. It all depends on a number of factors including pressure, temperature, rate of heating and cooling and chemistry. Nowadays, a number of substances, which being toxic, have been intentionally added to the normal heat treatment for speeding up the process. Alternative treatments are exposing the gemstones to energetic particle beams and laser beams. Laser beams do not produce localized heating, whereas low mass particles such as electrons produce localized but yield poor coloration. Heavy ion beams are a good candidate of irradiating gemstones, for they are able to bring about both heating effect and introduction of defects, impurities and charges for modification of the optical properties, as well as treat individually different gems. Thus, ion beam irradiation has potentials for quality enhancement of the gems in corundum family.

This research program aims to develop the ion implanter and ion implantation technique for color enhancement of corundum. The compact ion implanter of Chiang Mai University has been modified for this purpose. Especially, the heater has been installed at the target holder for elevating the temperature during ion beam treatment. Thus, the color of corundum and its transparency can be engineered. For evaluate the efficiency of the process, natural greenish blue sapphire and natural white sapphire have been selected for this investigation.

For blue sapphire, the most highly valued blue sapphires are velvety blue to violetish blue, in medium to medium dark tones. Preferred sapphires also have strong to vivid color

saturation. The saturation should be as strong as possible without darkening the color and compromising brightness. On the other hand, greenish blue color or strong greenish blue pleochroism is commercial-grade sapphires, but its color isn't very marketable. Thus, various methods have been applied for improving the color quality of the dark blue and greenish blue sapphire. The popular one is heating in beryllium atmosphere to turn them to yellow sapphire. In the present study, we have applied our ion beam technology for color enhancement of the sapphire in this group. Blue sapphire deposits from Rwanda, Australia and Thailand which are basaltic in origin and those from Sri Lanka and Madagascar which are non-basaltic or metamorphic are chosen for investigation. Each sample was cut into half and submitted to polish before any investigation. Optical analysis using microscope, chemical analysis using PIXE and EDXRF, and absorption analysis using UV-NIR spectroscopy were applied for characterization. Each half of samples was treated by 2 methods, i.e., (i) ion beam treatment and (ii) conventional heat treatment. On one hand, ion beam technology treatment was performed by nitrogen and oxygen ion implantation. No post treatment, except surface plasma cleaning, was done after the treatment. On the other hand, heat treatment was performed in both oxidation and reduction atmosphere. Results of post-treatment characterization were drawn for conclusions. Finally, ion beam technology and heat treatment are compared in term of economically evaluation.

For white sapphire, the closer corundum comes to having no color, the more valuable it is as a colorless sapphire. It is purest form as very rare. Traces of extremely light gray, yellow, brown, and blue are common, and reduce the value. Colorless sapphires have been popular as small accent stones for diamond replacement in jewelry. The present study aims to improve the quality of dull-white sapphire and sapphire with light blue with very low quantity of trace element, from Sri Lanka, Myanmar and Thailand by ion beam technology for diamond replacement. Evidently the dull-white sapphire became transparency after ion beam treatment and the sample surface was also harder. Optical analysis using microscope, chemical analysis using PIXE and EDXRF, and absorption analysis using UV-NIR spectroscopy were applied for characterization. Conclusions could be drawn from those measurements.

Finally, the treated blue and white sapphires have been tested for decoration of the in-house sculpture casted by high temperature method. It is demonstrated that the invent technology was able to serve for the production of jewelry in the niche market.