แนวคิดการปรับเปลี่ยนสีของอัญมณีด้วยพลังงานคลื่นเพื่อเพิ่มมูลค่า

นิรภาดา อุทัยสา**1** พัฒน์ศรัยญ์ เลาหไพบูลย์**2** และ อรณิชา คงวุฒิ**3\***

**โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี**

**2หจก.บุญพาวาสนาส่ง 84 เขตบางแค กรุงเทพมหานคร**

**3\*สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี**

**1E-mail: jjpt140@gmail.com, 2E-mail: wirinwinu4289@gmail.com, 3\*E-mail: ornnicha.k@kru.ac.th**

**บทคัดย่อ**

อุตสาหกรรมอัญมณีในปัจจุบันถือเป็นตลาดที่สามารถสร้างรายได้มหาศาลให้กับนานาประเทศ ยิ่งมีความแตกต่างของรูปร่างและสีสันที่สวยงามย่อมทำให้มีราคาที่สูงและหายาก การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในหรือสีของอัญมณี เพื่อเพิ่มมูลค่าเป็นเรื่องที่ถูกพัฒนากันมาอย่างยาวนาน โดยบทความนี้ผู้เขียนจะกล่าวถึงการต้นกำเนิดของอัญมณี ว่าเกิดจากอะไรทำไมถึงมีความแตกต่าง ต่อมาผู้เขียนจะกล่าวถึงการพัฒนาการเปลี่ยนโครงสร้างภายในอัญมณีเพื่อให้ได้สี และรูปร่างที่แตกต่างออกไปตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน และสุดท้ายจะกล่าวถึงแนวทางการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีด้วยหลักการทางฟิสิกส์อาศัยคลื่นเพื่อเปลี่ยนสารสำคัญในขั้วต่ำตามทฤษฎีการอัพเกรดหรือย้อมสีของอัญมณี พร้อมทั้งกล่าวถึงข้อดีและข้อเสีย แนวคิดทั้งหมดจะอาศัยหลักการการกระตุ้นโครงสร้างภายในด้วยคลื่นแบบต่าง ๆ แล้วดูความเปลี่ยนแปลงเช่น การทำให้สะท้อนมากขึ้นหรือน้อยลงอ้างอิงตามหลักการของคลื่นที่ไปทำปฏิกิริยา กับสารสำคัญในโครงสร้างอัญมณี

**คำสำคัญ:** อัญมณี, คลื่น, สี

**The concept of altering the color of gemstones using energy waves**

**to enhance their value**

**Nirapada Uthaisa1 Phatsaran Laohhapaibon2 and Ornnicha Kongwut3\***

**The Demonstration School of Kanchanaburi Rajabhat University, Kanchanaburi Rajabhat University**

**2Boonpawassanasong 84 Bangkae Bangkok**

**3\*Department of Physics, Faculty of Science and technology, Kanchanaburi Rajabhat University**

**1E-mail: jjpt140@gmail.com, 2E-mail: wirinwinu4289@gmail.com, 3\*E-mail: ornnicha.k@kru.ac.th**

**ABSTRACT**

The gem industry today is considered a market that can generate huge incomes for many countries. The more differences in shape and beautiful colors, the higher the price and the rarer the change in the internal structure or color of gems. Gemstones to increase their value have been developed for a long time. In this article, the author will discuss the origins of gemstones, what they are, and why they are different. Next, the author will talk about the development of changing the internal structure of gems to get different colors and shapes from the past until the present. And finally, he will talk about ways to change the structure and color of gems using physics principles that rely on waves to change. Theoretically low polarity substances, the upgrading or dyeing of gems, and their advantages and disadvantages are discussed. The whole concept is based on the principle of stimulating the internal structure with various waves and then seeing changes such as making it reflect more or less based on the principle of the waves interacting with important substances in the gem structure.

**Keyword:** Gem, Wave, Color

**บทนำ**

การส่งออกอัญมณีไทยมีความสำคัญอย่างมากต่อการสร้างช่องทางการค้าระหว่างประเทศช่วยสร้างงานที่มีรายได้สูงให้กับชาวบ้านและผู้ประกอบการในภูมิภาคที่มีการผลิตอัญมณี และยังเป็นการโปรโมทภูมิปัญญาท้องถิ่นและวัฒนธรรมไทย ให้เป็นที่รู้จักในระดับโลก นอกจากนี้อัญมณียังมีบทบาทในการสร้างสัมพันธภาพทางการค้าระหว่างประเทศและส่งเสริมการค้าการลงทุนระหว่างประเทศอีกด้วย (จารุประภา และ เณศรา, 2566; ธัญนันท์ และคณะ, 2566) ทำให้เป็นประโยชน์ทั้งกับประเทศและเครื่องประดับไทยในยุคปัจจุบัน แนวคิดครั้งนี้มีความสำคัญอย่างมากในการเข้าใจและพัฒนาทักษะในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในและสีของอัญมณีโดยใช้คลื่นและหลักการฟิสิกส์เพื่อเพิ่มมูลค่าของพลอยที่มีอยู่อย่างมากในตลาดเพชรและเครื่องประดับ (พิมพ์ทอง และคณะ, 2564; Liu and Guo, 2022) และเชื่อมโยงไปยังภูมิหลังของอัญมณี ความเป็นมาของการพัฒนาเทคโนโลยีในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของพลอย และแนวคิดในการใช้คลื่นหลักการฟิสิกส์เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ เพิ่มเติมความเข้าใจในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณี (Gamage et al., 2024) ผลลัพธ์นี้อาจช่วยให้เข้าใจดีขึ้นว่าเทคนิคใดที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มมูลค่าของพลอยและนำผลไปใช้ประโยชน์ในวงการเพชรและเครื่องประดับ นอกจากนี้ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ที่ทำงานในวิชาการที่เกี่ยวข้องอื่น ๆ ได้นำความรู้เทคโนโลยีที่ได้รับไปใช้ประโยชน์พัฒนาในวิชาการต่าง ๆ อีกด้วยเช่น ฟิสิกส์ วัสดุวิทยา และเคมีวัสดุซึ่งจะช่วยให้เข้าใจพร้อมนำไปปรับใช้หลักการนี้ในการพัฒนาเทคโนโลยีและสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคตทั้งด้านอุตสาหกรรมและวิชาการทั่วไปในประเทศแล้วโลกให้ดียิ่งขึ้นอีกด้วย (Jundahuadong, 2020)

การกำเนิดอัญมณี

กรมทรัพยากรธรณีให้ความหมายของอัญมณีไว้ว่า “รัตนชาติ” (Gemstones) หมายถึงแร่หรือสารอินทรีย์ ที่เกิดตามธรรมชาติซึ่งคนให้ความสำคัญและคุณค่าสูงในการใช้เป็นเครื่องประดับ เพื่อแสดงถึงฐานะ อำนาจ ความมั่นคง ความมั่งมี โดยรัตนชาติมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวในด้านความสวยงาม ความคงทน ความหายาก ความมีราคาสูงและสามารถนำติดตัวไปได้ง่าย อัญมณีภายในหินหรือหินอัญมณีมีสองประเภทหลักของอัญมณีที่เกิดขึ้นภายในโลก

1. อัญมณีธรรมชาติ: เป็นอัญมณีที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติโดยมักเกิดจากกระบวนการสร้างเมล็ดอัญมณี ภายในเขาหินหรือหินอัญมณีหรืออาจเกิดจากตัวกำเนิดของธรรมชาติอื่น ๆ เช่น แร่ธรรมชาติที่สร้างเมล็ดอัญมณี

2. อัญมณีประดับ: เป็นอัญมณีที่ถูกสร้างโดยมนุษย์โดยใช้วัสดุธรรมชาติหรือวัสดุที่ประดิษฐ์ขึ้น เช่น เม็ดแมงกะพรุนที่ได้รับการเตรียมและประดิษฐ์เป็นอัญมณีประดับ (Kachinga et al., 2022)

สำหรับอัญมณีธรรมชาติกระบวนการเกิดมักเริ่มต้นจากการสร้างเมล็ดอัญมณีภายในหินหรือหินอัญมณี โดยมีปัจจัยหลายอย่างที่มีผลต่อการเกิดขึ้นของอัญมณี (Ackermann & Stephan, 2022) เช่น ความดันและอุณหภูมิที่เหมาะสม ปัจจัยทางทองศาสตร์และสภาวะแวดล้อม หลังจากนั้นเมล็ดอัญมณีจะเริ่มแข่งมีการสร้างเลเยอร์ของวัสดุอินทรีย์ซึ่งช่วยในการสร้างรูปและพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเกิดเมล็ดอัญมณีและการเริ่มต้นการเจริญเติบโตของอัญมณี ซึ่งเมื่อเกิดการเจริญเติบโตมากพออัญมณีจะเกิดขึ้นและเริ่มพัฒนาไปสู่รูปร่างที่เห็นได้ ในปัจจุบันการกระตุ้นเพิ่มเติมอาจเกิดขึ้นจากปัจจัยต่าง ๆ เช่น การเข้าต่อโดยธรรมชาติ แสงแดด หรือสารละลายที่เข้ามาในกระบวนการการสร้างอัญมณี ทั้งนี้การเกิดอัญมณี มักเป็นกระบวนการที่ใช้เวลานานและต้องผ่านขั้นตอนหลายขั้นตอนในการพัฒนาและเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ (Turner & Groat, 2022)

อธิบายเพิ่มเติมความแตกต่างของอัญมณีความแตกต่างเกิดขึ้นจากกระบวนการธรรมชาติที่ซับซ้อนซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการเกิดแร่ธรรมชาติและสารอินทรีย์ในชั้นเยื้องของโลหะหรือหิน (Karampelas et al., 2020) ปัจจัยที่มีผลต่อลักษณะและคุณภาพของอัญมณีได้แก่:

1. ประสิทธิภาพการทำงานของธรรมชาติ: ความแตกต่างในสภาพแวดล้อมที่เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการ สร้างอัญมณีเช่น แรงดันและอุณหภูมิในพื้นผิวโลหะหรือหินสามารถสร้างผลต่อการเกิดแร่และสร้างลักษณะที่แตกต่างกันของอัญมณี

2. สารประกอบในสารอินทรีย์: สารประกอบต่าง ๆ ในสารอินทรีย์ที่มีอยู่ในแร่หรือโครงสร้างของอัญมณีสามารถมีผลต่อสีและลักษณะพิเศษของอัญมณีเช่น สารเมโทนินที่ทำให้เกิดสีสันในเมราไลท์ หรือแร่เช่น โรดไอไดน์ที่เพิ่มความเป็นเรียบและความแข็งแรงของเมล็ดอัญมณี

3. การเปลี่ยนแปลงภายนอก: ปัจจัยที่อยู่ภายนอกเช่น การสังเคราะห์ความแสดงสว่าง แสง UV และโครงสร้างแม่เหล็กในดินสามารถมีผลต่อการเกิดสีและโครงสร้างของอัญมณี

4. อุณหภูมิและความดัน: การเปลี่ยนแปลงในอุณหภูมิและความดันสามารถทำให้อัญมณีมีลักษณะที่แตกต่างกัน เช่น การเกิดแบบผสม การสร้างโครงสร้างต่าง ๆ ในอัญมณีหรือการสร้างเมล็ดอัญมณีที่มีลักษณะพิเศษ

ดังนั้นอัญมณีสามารถแตกต่างกันไปในรูปแบบของโครงสร้างและสีอันหลากหลายเนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่าง ที่มีผลต่อกระบวนการสร้างและลักษณะของอัญมณีในธรรมชาติ

**การปรับเปลี่ยนโครงสร้างและสีของอัญมณีตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน**

การปรับแต่งมีไว้เพื่อเป็นกระบวนการที่สำคัญในวงการเครื่องประดับเหตุผลหลัก ๆ รวมถึงการปรับปรุงคุณภาพ การเพิ่มมูลค่า การสร้างความแตกต่าง การปรับใช้เทรนด์ และการซ่อมแซมอัญมณีที่ชำรุดซึ่งมีประวัติศาสตร์ที่ยาวนาน โดยมีวิธีการต่าง ๆ ที่ถูกใช้มาโดยมนุษย์ตั้งแต่ยุคโบราณจนถึงปัจจุบัน ดังนี้:

1. การใช้ความร้อน: ในอดีตมนุษย์ได้ใช้ความร้อนเพื่อช่วยในการปรับเปลี่ยนโครงสร้างของอัญมณีเช่น โดยการอัดแรงดันและใช้ความร้อนเพื่อทำให้เม็ดอัญมณีมีลักษณะต่าง ๆ หรือการใช้ความร้อนเพื่อเปลี่ยนสีของเม็ดอัญมณี (ชนาภา และคณะ, 2563) วิธีการเหล่านี้มักถูกใช้กับเม็ดอัญมณีที่มีคุณสมบัติเปราะบางเช่น มรกต

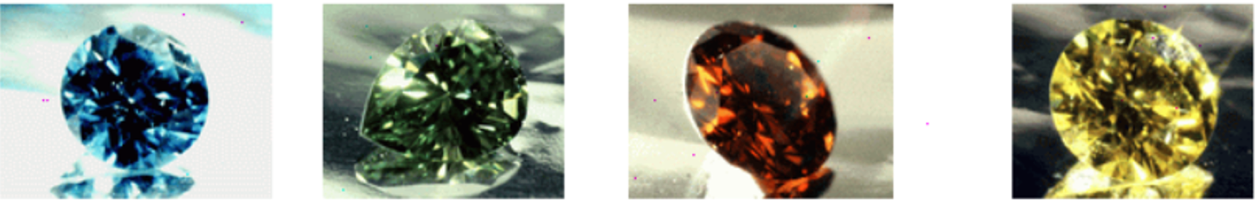
2. การใช้สารเคมี: ในยุคกลางคริสต์ศตวรรษที่ 19 มีการพัฒนาเทคนิคใหม่ในการใช้สารเคมีเพื่อเปลี่ยนสีของเม็ดอัญมณีโดยเฉพาะการใช้สารออกซิเจนหรือการดัดแปลงโครงสร้างโมเลกุลภายในของเม็ดอัญมณีทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง สีของอัญมณีได้

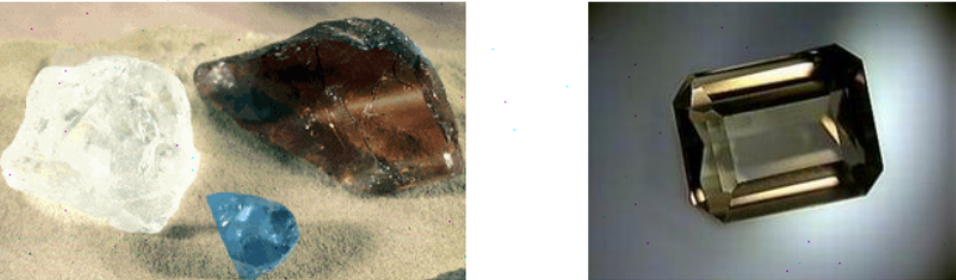
3. การใช้การกระตุ้นทางไฟฟ้า: ในยุคที่สองสามัญศิลป์และวิทยาศาสตร์ได้ใช้เทคโนโลยีการกระตุ้นทางไฟฟ้า ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของเม็ดอัญมณี โดยใช้กระแสไฟฟ้าเพื่อเพิ่มความเข้มของสี หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างเม็ดอัญมณีเพื่อให้มีลักษณะที่พิเศษขึ้น (Gong, 2023)

4. การใช้เทคโนโลยีเลเซอร์: ในยุคสมัยใหม่นี้เทคโนโลยีเลเซอร์ได้ถูกใช้เพื่อปรับเปลี่ยนสีและโครงสร้างของอัญมณีอย่างแม่นยำ โดยใช้แสงเลเซอร์เพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงในโครงสร้างของเม็ดอัญมณี

ด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวล้ำไปวิธีการเหล่านี้ทำให้อัญมณีสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความต้องการของมนุษย์ซึ่งมีความสำคัญในวงการเครื่องประดับและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่ใช้อัญมณีในการผลิตสินค้า







ภาพที่ 1 (อัญมณีที่ถูกเปลี่ยนจากกระบวนการทางฟิสิกส์)

ที่มา: http://nkc.tint.or.th/nkc53/content/nstkc53-100.html

**การประยุกต์ใช้**

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีโดยใช้หลักการทางฟิสิกส์และคลื่นเป็นวิธีที่น่าสนใจ โดยมีขั้วการพัฒนาการอาศัยคลื่นเพื่อเปลี่ยนสาระสำคัญในอัญมณีต่าง ๆ ซึ่งเป็นการใช้คลื่นและพลังงานเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างโมเลกุลของสารในอัญมณีและผลิตสารใหม่ที่มีลักษณะและสีที่ต่างกัน (Tian et al., 2024)

1. ใช้เทคโนโลยีเลเซอร์: การใช้เลเซอร์เพื่อกระตุ้นอัตราการเปลี่ยนแปลงของโมเลกุลในอัญมณีโดยเลเซอร์สามารถจ่ายพลังงานที่สามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารในอัญมณีได้ (Zemojtel et al., 2023)

2. การใช้คลื่นเสียง: คลื่นเสียงสามารถกระตุ้นโมเลกุลในอัญมณีให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสร้างสารใหม่ที่มีคุณสมบัติและสีที่แตกต่าง

3. การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า: คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าบางประเภทเช่น คลื่นไมโครเวฟ อาจสามารถกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีได้ โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอาจมีผลต่อการสั่นสะเทือนของโมเลกุลและอะตอมในโครงสร้างผลึกของอัญมณีซึ่งอาจนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพและทางแสงของอัญมณีนั้น ๆ อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพและผลกระทบของการใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการปรับเปลี่ยนอัญมณียังเป็นสิ่งที่ต้องมีการศึกษาวิจัยและทดลองเพิ่มเติมเพื่อให้เข้าใจกลไกการทำงานและผลที่เกิดขึ้นอย่างถ่องแท้ รวมถึงเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เทคนิคนี้ในเชิงพาณิชย์โดยต้องมีการพิจารณาถึงปัจจัยด้านต้นทุน ความปลอดภัย และผลกระทบต่อคุณภาพของอัญมณีด้วย ทั้งนี้ การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในการปรับปรุงอัญมณียังถือเป็นแนวคิดใหม่ที่น่าสนใจ และหากมีการพัฒนาจนสามารถใช้งานได้จริงก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มมูลค่าและสร้างความหลากหลายให้กับอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับต่อไปในอนาคต

การใช้หลักการทางฟิสิกส์และคลื่นเพื่อเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีเป็นเทคนิคที่มีการวิจัยและพัฒนา อย่างต่อเนื่อง เป็นวิธีที่มีความน่าสนใจในการปรับปรุงและสร้างอัญมณีที่มีคุณภาพและความหลากหลายในตลาด คลื่นที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอัญมณีเป็นคลื่นที่มีพลังงานเพียงพอที่จะกระตุ้นโมเลกุลภายในอัญมณีให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโดยที่ไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างอื่น ๆ ในอัญมณี คลื่นที่ใช้มักจะเป็นคลื่นที่มีความยาวเท่ากับ หรือน้อยกว่าขนาดของโมเลกุลภายในอัญมณีซึ่งช่วยให้คลื่นสามารถกระตุ้นโมเลกุลได้โดยตรงโดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายต่อโครงสร้างที่ขนาดใหญ่ขึ้น โดยทั่วไปแล้วคลื่นที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างอัญมณีมักเป็นคลื่นที่มีความเข้มข้นต่ำ ไม่มีการสร้างความร้อนหรือแรงที่สามารถทำให้เกิดความเสียหายต่ออัญมณี แต่มีพลังงานเพียงพอที่จะกระตุ้นโมเลกุลภายในอัญมณีให้เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง นอกจากนี้การเลือกใช้คลื่นที่มีความยาวและความเข้มข้นที่เหมาะสมยังเป็นสิ่งสำคัญ (Ambuhl, 2015) เนื่องจากคุณสมบัติของคลื่นจะมีผลต่อการกระตุ้นโมเลกุลและการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของอัญมณีได้โดยตรง ดังนั้นการวิเคราะห์และการเลือกใช้คลื่นที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีโดยอาศัยหลักการทางฟิสิกส์และคลื่น โดยในบทความนี้ผู้เขียนมีแนวคิดดังนี้ 1. นำอัญมณีที่มาสำรวจตรวจสอบสาระสำคัญและขั้วต่าง

2. รีพอร์ตค่าต่างออกมาเพื่อทำการออกแบบว่าจะสามารถปรับเปลี่ยนตรงไหนแล้วจะได้สีหรือรูปร่างแบบใด 3. นำคลื่นความถี่ต่าง ๆ มาวิเคราะห์การใช้โดยการจำลองผ่าน Simulation เพื่อหาความเป็นไปได้ก่อนใช้จริง 4. ระบุคลื่นที่จะนำไปใช้กับอัญมณีพร้อมกับคัดเลือกอัญมณีที่เหมาะสม

5. ทำการดัดแปลงอัญมณี



ภาพที่ 2 (ห้องแล็ปในอนาคตในการใช้คลื่นเปลี่ยนแปลงเพชร)



ภาพที่ 3 (ภาพนี้เป็นแนวคิดที่หลังจากใช้คลื่นเปลี่ยนสีคาดการณ์ว่าจะได้อัญมณี)

**บทสรุป**

แนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณีด้วยคลื่นเป็นแนวทางที่จะสามารถเพิ่มมูลค่าของสินค้าประเภทดังกล่าว และยังมีประโยชน์ในอีกหลากหลายด้านไม่ว่าจะเป็นความเข้าใจในหลักการทางฟิสิกส์ของการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างและสีของอัญมณี การพัฒนาเทคโนโลยีในการผลิต และการปรับปรุงอัญมณีการเพิ่มคุณค่าให้กับอุตสาหกรรมเครื่องประดับอีกทั้งยังรวมไปถึงการปรับปรุงซ่อมแซมให้ตรงกับความต้องการของตลาด ดังนั้นแนวคิดนี้ไม่เพียง แต่เสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แต่ยังเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมและการสร้างคุณค่าใหม่ ในวงการเครื่องประดับและอุตสาหกรรมอื่น ๆ ในอนาคต

**เอกสารอ้างอิง**

จารุประภา รักพงษ์ และ เณศรา สุขพานิช (2566) ความสอดคล้องของมาตรการคว่ำบาตรของบริษัทอัญมณีจากสาธารณรัฐแห่งสหภาพเมียนมาของสหรัฐอเมริกาภายใต้พันธกรณีขององค์กรการค้าโลก: นัยต่อการส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับจากไทยไปยังสหรัฐอเมริกา. รายงานการวิจัย. คณะนิติศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ชนาภา พานทอง, กิตติพงศ์ ไชยนอก และเบญญา เชิดหิรัญกร. (2563) ผลของการยิงด้วยลำไอออนและกระบวนการทางความร้อนต่อโครงสร้างผลึกและสมบัติเชิงแสงของพลอยดิบสปิเนล. *Thai journal of science and technology* 9(6). 787-798

ธัญนันท์ โคตรโสภา, เกียรติชัย วีระญาณนนท์, และ อนันต์ ธรรมชาลัย (2566) แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิผลของธุรกิจในภาคการผลิตของอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับในประเทศไทย. *สหวิทยาการและความยั่งยืนปริทรรศน์ไทย*. 12(2). 25-36

พิมพ์ทอง ทองนพคุณ, คเณศ วงษ์ระวี, เมธินี จามกระโทก, และ ปริญญา ชินดุษฎีกุล, (2564) การพิสูจน์เอกลักษณ์พลอยแทนซาไนท์ที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพด้วยความร้อนเคโมเมทริกซ์ และเทคนิคสเปกโทรสโกปีเชิงโมเลกุลเพื่อประโยชน์เชิงพาณิชย์. รายงานการวิจัย คณะอัญมณี มหาวิทยาลัยบูรพา

Ackermann, L., & Stephan, T., (2022) Natural and synthetic gemstones*. Energy Storage to Photofunctional Materials.* 2, 218-232. DOI:10.1515/9783110798890-015

Ambuhl, S., (2015) *Reliablity of Wave Energy Converters*, [Ph.D. Thesis] Aalborg, Denmark. https://doi.org/10.13052/rp-9788793379053

Gong, H., Zhang, Y., Cheng, Y., Ji, Q., Sun, M., Tan, S., Zhu, Z., and Zhang, Z., (2023) Integrating deformation technology with visualization technology: a new roadmap for the future of smart actuator, *Reactive and functional polymers*, 186. https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2023.105573

Jundahuadong, P., (2020) Enhancing competitive ad vantage in the Turbulent environment of the Thai gams and jewelry industry groups SMEs: interaction between social integration mechanisms and absorptive capacity. Jour of adv research in dynamical & control systems. 12(7). 1499-1517

Kachinga, K., Szablya, S., and Nelson, J., (2022) Smart Village Voices in Afruca, Zambia: Part 4: Gemstones to Electric Infrastructure in Zambia, *IEEE Power and Energy Magazine*, 20(5), 75-79

Karampelas, S., Kiefert, L., Bersani, D., and Vandenbeele, P., (2020) *Gems and gemmology an introduction for archaeologists art-historians and conservation*. Short introductions to cultural heritage science

Liu, X., and Guo,Y., (2022) Study on the color-influencing factors of blue iolite. *Minerals*. 12. 3-10

Gamage, T., Chamal, R.G., Kalukumara, I., Arachchige, K., and Nimanthika, D.D., (2024) Odentification of the effect of localization on the colour alteration of “Geuda” gemstones through the heat treatment using ED-XRF, FTIR, and UV-Vis spectroscopic analysis. *International journal of earth sciences knowledge and applications*, 5(3), 324-332

Tian, B., Ma, W., Chen, S., Sun, F., and Wang, X., (2024) Effects of pulsed laser processing on structural evolution of diamonds a molecular dynamics and experimental study. *International journal of refractory metals and hard materials*. 119. DOI:10.1016/j.ijrmhm.2024.106560

Turner, D., and Groat, L.A., (2022) *Advanced textbook series geology and mineralogy of gemstones*, Published under the aegis of the AGU publications committee. WILEY.

Zemojtel, P., Olejniczak, A., Tomala, R., Cichy, B., Radosinski, L., Maia, A.F.A., Bezkrovnyi, O., and Strek, W., (2023). *Material research express*, 10. 095601