

ศึกษาวัสดุเรซินจากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบ
ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทค
เพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรม
Study of Resin Material 3D Printing form Envision Tec
Technology for Manufacturing in Jewelry Industrys

5

ศันสนีย์ อานาผาย¹

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาวัสดุเรซินจากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องเอนวิชัน เทค เพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรม และทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวัสดุเรซินจากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องเอนวิชัน เทค เพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ โดยศึกษาข้อมูลจากเอกสาร ตำรา กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตตัวเรือนต้นแบบเครื่องประดับและด้านการผลิตต้นแบบเครื่องประดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ นำข้อมูลที่ได้มาใช้ใน ขั้นตอนที่ 2 คือ ทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ โดยการขึ้นต้นแบบเครื่องประดับประเภทแหวนด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ จำนวน 1 แบบ และพิมพ์ต้นแบบเครื่องประดับด้วยวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเครื่องเอนวิชัน เทค จำนวน 9 ชิ้น นำต้นแบบที่ได้ไปทำการทดสอบจากแหล่งผลิต 3 แหล่ง แหล่งละ 3 ต้นแบบ ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ 3 วิธี คือ ทดสอบโดยการนำเรซินต้นแบบไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง ทดสอบโดยการนำเรซินต้นแบบไปทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน และ ทดสอบโดยการนำเรซินต้นแบบไปหล่อแม่พิมพ์โลหะ และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์และสรุปผล

ผลการวิจัยพบว่า จากการทดสอบต้นแบบเครื่องประดับด้วยวัสดุเรซินชนิด Wic 100 1) ในการนำไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางจาก 2 แหล่ง ได้บล็อกแม่พิมพ์ยางที่สมบูรณ์ แต่แหล่งที่ 3 มีปัญหาอย่างไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากเรซินต้นแบบแตกระหว่างการกดอัดบล็อกยาง 2) การทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน มีความสมบูรณ์จากทั้ง 3 แหล่ง แต่มีราคาต้นทุนการผลิตสูงที่สุด และ 3) จากการนำเรซินไปหล่อโลหะนั้น ชิ้นงานที่ได้จากทั้ง 3 แหล่ง ยังไม่สมบูรณ์ทั้งหมด โดยมีการเกิดรูพรุนของชิ้นงานบางจุด ผิวของงานไม่เรียบ

คำสำคัญ : วัสดุเรซิน, เทคโนโลยีการผลิต, เครื่องเอนวิชัน เทค, ตัวเรือนเครื่องประดับ

¹ อาจารย์ประจำคณะอักษรศาสตร์และประยุกต์ศิลป์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี



Abstract

The research is to study on resin materials for making prototype jewelry using Envision Tec Technology in jewelry production and Wic 100 resin material testing in the mold process. This research divided into processes. Step 1 It starts with collecting data of resin materials from journals, textbook, and specialists who work in making prototype jewelry and 3D CAD/CAM design. Step 2 Wic 100 resin material testing in the mold process. Then, one pattern ring with computer 3D programs and printed 3D by Envision TEC of nine resin Wic 100. Each three pieces have been send to three different sources. Each source, resin was casted from three different process including rubber molding, silicone molding, and direct silver casting. The results found that, 1) resin Wic 100 from two sources give excellent rubber molds in shape and form while another source was incomplete mold. It can be suggested that the resin was broken during compression mold process. 2) The silicone molds from all sources were complete. However, this process is highly cost. 3) While direct casting gives all imperfect products, they showed porosity in some parts combine with rough surface.

Keywords : Resin Material, Envision Tec Technology, Manufacturing, Jewelry Industry

บทนำ

ปัจจุบันอัญมณีและเครื่องประดับเป็นสินค้าส่งออกหลักของไทยประเภทหนึ่ง มีมูลค่าการส่งออกสูงอยู่ในอันดับที่ 3 จัดว่ามีความสำคัญต่อระบบเศรษฐกิจของไทย สร้างรายได้เข้าประเทศทั้งทางตรงและทางอ้อมนับแสนล้านบาทต่อปี คิดเป็นสัดส่วนโดยเฉลี่ยร้อยละ 6 ของการส่งออกโดยรวมของไทย (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ องค์การมหาชน, 2554, น.1)

การผลิตเครื่องประดับส่วนใหญ่มีภาคภัยแรงงานคนเป็นหลัก แต่ปัจจุบันด้วยเทคโนโลยีที่ก้าวหน้า ได้มีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบและผลิตเครื่องประดับ โดยเฉพาะในขั้นตอนการออกแบบเครื่องประดับ ซึ่งเป็นการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยเขียนแบบแทนการเขียนแบบด้วยมือ หรือที่นิยมเรียกกันว่า Computer Aided Design : CAD เนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์ในการออกแบบเครื่องประดับมีจุดเด่นหลายประการ เช่น ความถูกต้อง แม่นยำ และสามารถผลิตได้จริง สามารถสร้างภาพในมุมมอง 3 มิติ ทำให้นักออกแบบสามารถมองเห็นภาพที่ชัดเจน รวดเร็ว สามารถลดขั้นตอนการผลิตชิ้นงาน ซึ่งรวมขั้นตอนการออกแบบและการถอดแบบชิ้นงานที่ต้องใช้ช่างเข้าด้วยกัน หลังจากการออกแบบเสร็จแล้ว นักออกแบบสามารถส่งงานออกแบบจากคอมพิวเตอร์ไปยังเครื่องผลิตต้นแบบอัตโนมัติ (Computer Aided Manufacturing : CAM) เพื่อผลิตชิ้นงานได้ทันที (สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ องค์การมหาชน, ม.ป.ป., น. 2)



เครื่องพิมพ์ 3 มิติ คือ นวัตกรรมเครื่องพิมพ์ที่ออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ถูกผลิตออกมาได้อย่างสมจริงมีรูปลักษณ์ สามารถจับต้องได้ รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ได้ หลักการทำงานของเครื่องพิมพ์ 3 มิติ ส่วนใหญ่จะเหมือนกันคือ พิมพ์แต่ละชั้นในแนวระนาบกับพื้นโลกแบบแกน XY หรือแนวตัดขวาง (Cross Section) ก่อน หลังจากนั้นเครื่องพิมพ์จะเลื่อนฐานไปพิมพ์ในชั้นถัดไปทับไปเรื่อยๆ จนออกมาเป็นรูปร่าง 3 มิติ ซึ่งแบ่งกระบวนการในการพิมพ์และวัสดุที่ใช้ คือ ระบบฉีดเส้นพลาสติก (FDM หรือ FFF) ระบบถาดเรซิน (SLA หรือ DLP) ระบบผงยิปซัม (Powder 3D Printer) และระบบหลอมผงพลาสติก ผงโลหะ เซรามิก (SLS) ซึ่งในอุตสาหกรรมเครื่องประดับใช้การพิมพ์ระบบถาดเรซิน เนื่องจากการเป็นงานขนาดเล็กและมีความละเอียดสูง ในระบบถาดเรซินยังแบ่งการทำงานเป็นแบบระบบ SLA (Stereo Lithography) และ DLP (Digital Light Processing) ต่างกันที่ต้นกำเนิดของแสง และความเร็วในการทำชิ้นงาน โดยระบบ SLA ใช้แหล่งกำเนิดแสงด้วยแสงเลเซอร์ โดยเครื่องจะทำการยิงเลเซอร์ไปที่เรซินและวาดเส้นเลเซอร์ไปเรื่อย ๆ ระบบ DLP (Direct Light Process) จะใช้โปรเจกเตอร์ฉายภาพไปที่ถาดเรซิน ซึ่งภาพนั้นจะฉายไปทั้งเลเยอร์บนถาดเรซินทำให้ใช้เวลาพิมพ์ได้น้อยกว่าเพราะไม่ต้องวาดทีละเส้น (หาญ เอ็นจิเนียริง โซลูชั่นส์, 2559) และในปัจจุบันเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทค เป็นผู้ผลิตเครื่องมือการผลิตต้นแบบเครื่องประดับที่ได้รับความนิยมในวงการอุตสาหกรรมเครื่องประดับในวงกว้าง ด้วยคุณสมบัติที่มีการพรี้นต์ (print) ด้วยระบบ DLP ที่มีความแม่นยำ รวดเร็ว มีความละเอียดในการผลิตสูง เหมาะสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องประดับ และกำลังได้รับความนิยมในวงการอุตสาหกรรมเครื่องประดับอย่างแพร่หลาย ใช้วัสดุเรซินได้หลากหลายชนิดตามลักษณะการใช้งานสามารถเลือกวัสดุที่สามารถนำไปสู่กระบวนการหล่อตัวเรือนเครื่องประดับได้เลย ข้อดีของการใช้เทคโนโลยีนี้มาใช้งานเครื่องประดับ คือ ลดเวลาในการทำแม่พิมพ์ ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ ในการนำไปผลิตเครื่องประดับในขั้นตอนต่อไป และจากการใช้เครื่องมือการผลิตดังกล่าว ที่สามารถใช้วัสดุเรซินได้หลายชนิด เช่น เรซินชนิด RC SERIES หรือเรียกอีกอย่างว่าเรซินเนื้อเซรามิก ที่มีความแข็งแรง มีความละเอียดสูงมาก ชิ้นส่วนที่ทำจากวัสดุเหล่านี้ทนต่ออุณหภูมิสูงและเหมาะสำหรับการขึ้นรูปซิลิโคน เรซินชนิด Wic 100 ที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปหล่อตัวเรือนโลหะได้ เนื่องจากเรซินชนิดนี้มีส่วนผสมของพลาสติกและซีฟิ่ง และเป็นวัสดุเรซินที่มีความนิยมนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย เป็นต้น เรซินแต่ละชนิดมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้ในกระบวนการผลิต ทำให้เกิดปัญหาทางด้านเทคนิค วิธีการ และการนำวัสดุเรซินนี้ไปใช้ในกระบวนการการผลิตต่อไป (Envisiontec, 2558)

การผลิตต้นแบบเครื่องประดับถือเป็นเพียงส่วนหนึ่งของการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับเท่านั้น ซึ่งกระบวนการผลิตเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรมยังมีขั้นตอนอีกหลายขั้นตอน เพื่อให้ได้ชิ้นงานเครื่องประดับสำหรับการขายในจำนวนที่มากกว่า 1 ชิ้น โดยหลังจากได้ต้นแบบเครื่องประดับแล้ว จะมีการนำต้นแบบนั้นไปทำเป็นแม่พิมพ์ต้นแบบ ในการทำแม่พิมพ์นั้นส่วนใหญ่แล้วจะใช้วิธีการอัดบล็อกแม่พิมพ์ด้วยยาง ซึ่งเหมาะกับการอัดวัสดุที่มีความแข็งอย่างเช่นโลหะ เนื่องจากการอัดบล็อกยางต้องใช้ความร้อนและแรงกด ซึ่งการนำเทคโนโลยีการผลิตมาใช้นั้นวัสดุที่ได้จึงไม่ค่อยเหมาะสมที่จะใช้การทำบล็อกแม่พิมพ์ยาง เช่น วัสดุเรซิน หากมีชิ้นงานที่เล็กบางมาก ก็จะมีประสิทธิภาพ ตกง่าย ผู้ผลิตจึงได้มีการนำเอาซิลิโคนเหลวมาใช้ในการทำบล็อกแม่พิมพ์อีกวิธีหนึ่ง แต่การทำบล็อกซิลิโคนจะมีต้นทุนในการผลิตมากกว่าการทำบล็อกแม่พิมพ์ยาง



ค่อนข้างมาก นอกจากนี้ยังมีวัสดุเรซินบางชนิดที่มีคุณสมบัติที่สามารถนำไปใช้หล่อเป็นโลหะได้เลย
ดังเช่น วัสดุ Wic 100 ที่กล่าวมาข้างต้นก็สามารถจะใช้โลหะที่ได้ไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางได้ หลังจาก
ได้บล็อกแม่พิมพ์แล้วจะนำบล็อกที่ได้ไปฉีดเทียนขี้ผึ้งตามจำนวนที่ต้องการ และนำเทียนขี้ผึ้งเหล่านั้น
ไปใช้ในการหล่อโลหะ ชัด แต่ง ผัง ชุบ จนได้เป็นชิ้นงานสำเร็จ

จากความเป็นมาและความสำคัญข้างต้น จึงเป็นเหตุผลให้ผู้วิจัยต้องการที่จะศึกษาวัสดุเรซิน
ชนิด Wic 100 ที่ได้รับความนิยมในการนำไปใช้ผลิตต้นแบบเครื่องประดับ จากเทคโนโลยีการผลิต
ต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทค รวบรวมข้อจำกัด เทคนิค วิธีการ และการแก้ปัญหาที่
เกิดขึ้นจากวัสดุเรซิน สามารถนำไปต่อยอดและพัฒนากระบวนการผลิตเครื่องประดับได้ต่อไปใน
อนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
เอนวิชัน เทค เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ
2. ทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ
เอนวิชัน เทค ในการนำไปใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ

วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 เพื่อศึกษาวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วย
เครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทค เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ มีวิธีดำเนินการ
ดังนี้

1. เก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษาทั้งภาคเอกสารและภาคสนาม
2. เก็บรวบรวมข้อมูลการด้วยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญโดยแบ่งเป็นการสัมภาษณ์
เป็น 2 ส่วน คือ

2.1 แบบสัมภาษณ์เบื้องต้นเกี่ยวกับการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับที่
เหมาะสมกับการผลิตด้วยคอมพิวเตอร์ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ และวัสดุเรซิน ซึ่งกำหนดกลุ่มประชากร
เป็นกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการ
ผลิตตัวเรือนเครื่องประดับที่มีประสบการณ์มานานกว่า 10 ปี จำนวน 3 ท่าน

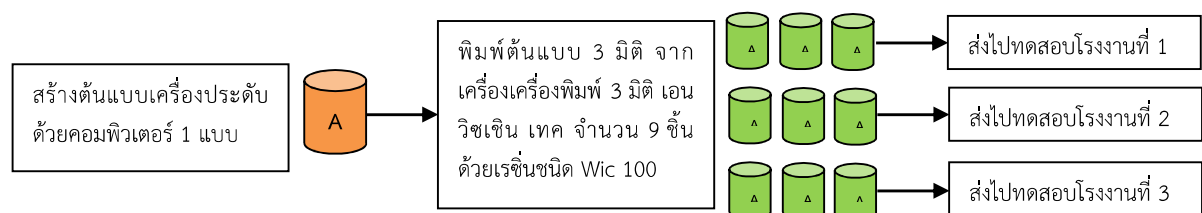
2.2 แบบสัมภาษณ์เกี่ยวกับลักษณะรูปแบบตัวเรือนที่จะนำมาผลิต
เครื่องประดับที่เหมาะสมกับการทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบ
ด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทค ซึ่งกลุ่มประชากรคือกลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตต้นแบบ
เครื่องประดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ โดยมีกลุ่มตัวอย่าง คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิต
ต้นแบบเครื่องประดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ที่มีประสบการณ์มานานกว่า 10 ปี จำนวน
3 ท่าน



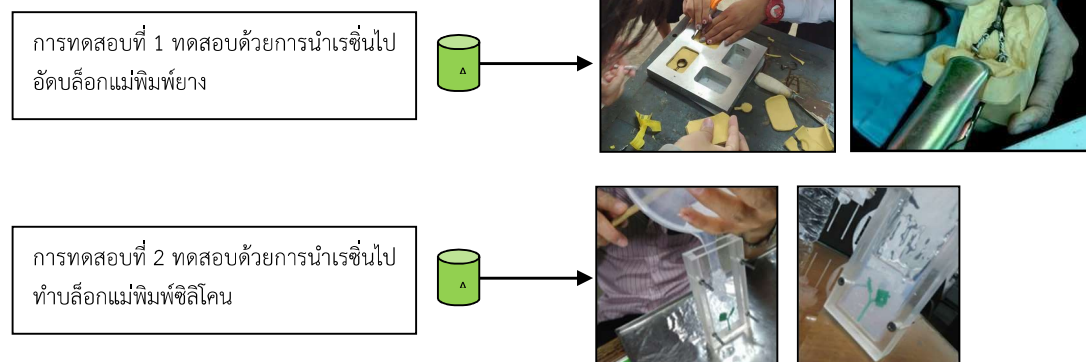
ขั้นตอนที่ 2 ทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 จากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทค ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ มีวิธีดำเนินการ ดังนี้

1. สร้างต้นแบบเครื่องประดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ โดยกำหนดต้นแบบ 1 แบบ จำนวน 9 ชิ้น
2. ผลิตต้นแบบจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทค จำนวน 9 ชิ้น ด้วยเรซินชนิด Wic 100
3. เมื่อได้ต้นแบบเครื่องประดับจำนวน 9 ชิ้น จะนำไปแบ่งกลุ่มการทดสอบออกเป็น 3 กลุ่ม คือ ทดสอบโดยกระบวนการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง, ทดสอบโดยกระบวนการทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน และทดสอบโดยการนำวัสดุเรซินไปหล่อเป็นโลหะแม่พิมพ์เงิน
4. ในการทดสอบผู้วิจัยได้จัดต้นแบบเรซินจำนวน 3 ชิ้น ส่งไปยังโรงงานผู้ผลิตเครื่องประดับ จำนวน 3 แหล่งผลิต ซึ่งแต่ละโรงงานจะทำการทดสอบด้วยวิธีเดียวกัน คือ เรซินชิ้นที่ 1 นำไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง เรซินชิ้นที่ 2 นำไปทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน และเรซินชิ้นที่ 3 นำไปหล่อเป็นโลหะเงิน
5. ในการทดสอบโดยกระบวนการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางและกระบวนการทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน จะมีการนำบล็อกแม่พิมพ์ที่ได้ไปใช้ในการฉีดเทียนขี้ผึ้ง บล็อกละ 5 ชิ้น เพื่อวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของชิ้นงาน
6. ในการทดสอบการนำวัสดุเรซิน ไปหล่อเป็นโลหะแม่พิมพ์เงิน จะวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของชิ้นงานโลหะที่ได้ด้วยการประเมินจากตัวเรือนโลหะที่ได้จากการหล่อ

ขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับต้นแบบ



ขั้นตอนการทดสอบ





การทดสอบที่ 3 ทดสอบด้วยการนำเรซินไป
หล่อเป็นโลหะแม่พิมพ์เงิน

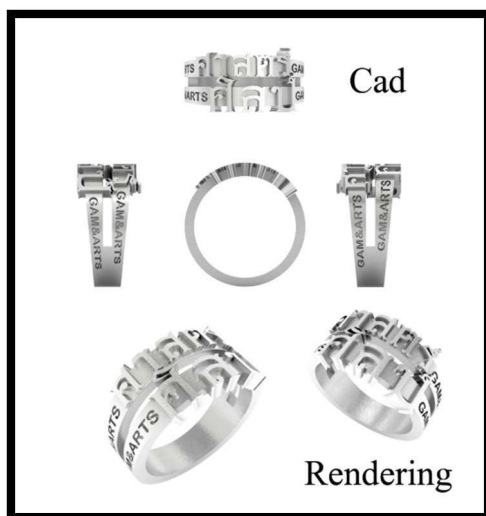


ผลการวิจัย

จากขั้นตอนที่ 1 ศึกษาวัสดุเรซินจากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิชัน เทคโนโลยี เพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรม จากการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตตัวเรือนต้นแบบและผู้เชี่ยวชาญด้านการผลิตต้นแบบเครื่องประดับด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ โดยมีประเด็นคำถาม ในเรื่องของรูปแบบชิ้นงาน ขนาดสัดส่วนของชิ้นงาน ชนิดของเรซิน วิธีการที่เหมาะสมในการนำมาทดสอบ ได้ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

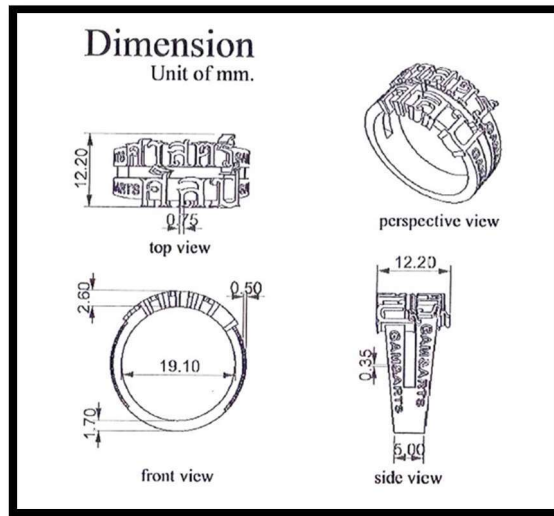
1. งานต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องประดับประเภท แหวน

2. แหวนต้นแบบควรมีลักษณะเรียบง่าย มีตัวหนังสือ มีการเจาะร่องความลึกและความนูนของตัวหนังสือ ดังรูปที่ 1 แสดงภาพเสมือนจริงที่ได้จากการสร้างต้นแบบเครื่องประดับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ซึ่งเป็นเครื่องประดับประเภทแหวน ที่มีความเรียบง่าย มีความลึกและนูนของตัวหนังสือ ตามผลการที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล



รูปที่ 1 ภาพเสมือนจริงที่ได้จากการสร้างต้นแบบเครื่องประดับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ

3. ขนาดของชิ้นงาน มีการเผื่อความหนาของชิ้นงานต้นแบบ ดังรูปที่ 2 แสดงภาพขนาดสัดส่วนต้นแบบเครื่องประดับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ ซึ่งให้ขนาดความหนาได้ทองแหวน 1.7 มิลลิเมตร



รูปที่ 2 ขนาดสัดส่วนต้นแบบเครื่องประดับจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 3 มิติ

4. ชนิดของเรซินในการทดสอบใช้ชนิด Wic 100 ดังรูปที่ 3 แสดงงานพิมพ์ 3 มิติที่ได้จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทคโนโลยี ซึ่งเรซินที่ได้จะมีรูปแบบเดียวกันกับงานต้นแบบที่สร้างจากคอมพิวเตอร์ที่รูปร่างรูปทรง ขนาดสัดส่วน

5. การทดสอบเรซิน แบ่งการทดสอบในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับ 3 กลุ่มการทดสอบ คือ การอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง การทำบล็อกซิลิโคนใส และการหล่อโลหะเงิน



รูปที่ 3 งานพิมพ์ 3 มิติที่ได้จากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทคโนโลยี วัสดุเรซินชนิด Wic 100



จากขั้นตอนที่ 2 การทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับระบบอุตสาหกรรมโดยแบ่งกลุ่มการทดสอบ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. ทดสอบโดยกระบวนการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง
2. ทดสอบโดยกระบวนการทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน
- 3 ทดสอบโดยการนำวัสดุเรซิน ไปหล่อเป็นโลหะแม่พิมพ์เงิน

และในการทดสอบผู้วิจัยได้นำตัวอย่างเรซินเข้าสู่กระบวนการทดสอบทั้ง 3 วิธีการ โดยนำส่งชิ้นงานไปทดสอบที่โรงงานผลิต 3 แหล่งผลิต ได้ผลการวิจัย ดังนี้

การทดสอบจากแหล่งที่ 1 จากโรงงานคุณอุดม โอวาทนุพัฒน์ ผลปรากฏว่า การอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางเหลืองทำได้และเรซินยังคงสภาพเดิม การทำแม่พิมพ์ซิลิโคนทำได้อย่างสมบูรณ์และเรซินยังคงสภาพเดิม ส่วนการนำเรซินไปหล่อแม่พิมพ์โลหะเงินสามารถทำได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 บล็อกแม่พิมพ์ยาง, บล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน, หล่อโลหะ จากแหล่งที่ 1

การทดสอบจากแหล่งที่ 2 จากโรงงานคุณหาญณรงค์ กิตติสุบรรณ ผลปรากฏว่าการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางเหลืองได้และเรซินยังคงสภาพเดิม การทำแม่พิมพ์ซิลิโคนทำได้อย่างสมบูรณ์และเรซินยังคงสภาพเดิม ส่วนการนำเรซินไปหล่อแม่พิมพ์โลหะเงินสามารถทำได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 บล็อกแม่พิมพ์ยาง, บล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน, หล่อโลหะ จากแหล่งที่ 2

การทดสอบจากแหล่งที่ 3 จากโรงงานคุณสุรัช พรสมิทธิกุล ผลปรากฏว่า การอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางเหลืองสามารถอัดได้แต่ไม่สมบูรณ์มากนัก การทำแม่พิมพ์ซิลิโคนทำได้อย่างสมบูรณ์และเรซินยังคงสภาพเดิม ส่วนการนำเรซินไปหล่อแม่พิมพ์โลหะเงินสามารถทำได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน ดังรูปที่ 6



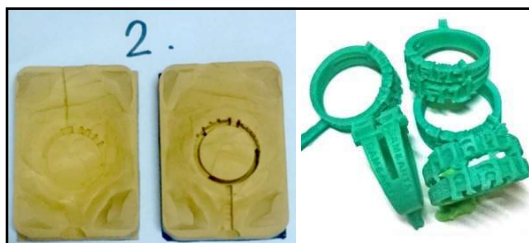
รูปที่ 6 บล็อกแม่พิมพ์ยาง, บล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน, หล่อโลหะ จากแหล่งที่ 3

จากผลการทดสอบและการวิเคราะห์ผลที่ได้นั้น ปรากฏว่า เรซินชนิด Wic 100 ในการนำไปผลิตเป็นแม่พิมพ์ต้นแบบนั้น ในการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง สามารถผลิตได้ แต่ต้องระมัดระวังเรื่องของการแตกหักระหว่างการอัดบล็อกแม่พิมพ์ เนื่องจากมีการใช้แรงในการกดอัดและความร้อนในการหลอมละลายยางให้ติดกัน ซึ่งอาจมีผลทำให้เรซินแตกหักระหว่างการอัดได้ ดังเช่นตัวอย่างของการทดสอบในโรงงานผลิตแหล่งที่ 3 ส่วนการทดสอบด้วยการทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคนนั้นไม่มีปัญหาอะไรในด้านการผลิต แต่มีราคาในการผลิตที่สูงที่สุดจาก 3 กระบวนการทดสอบและการทดสอบโดยการนำเรซินไปหล่อโลหะเงินนั้นยังมีปัญหาชิ้นงานไม่สมบูรณ์ในบางส่วนเนื่องจากเรซินชนิด Wic 100 มีอุณหภูมิการหลอมละลายที่สูงกว่าซีฟิ่งที่ใช้ในการหล่อโลหะเครื่องประดับทั่วไป ทำให้กระบวนการหล่อโลหะจากวัสดุเงินยังคงเหลือเศษของเรซินที่ติดอยู่ที่เบ้าหล่อโลหะทำให้โลหะไม่เรียบมีรูพรุน

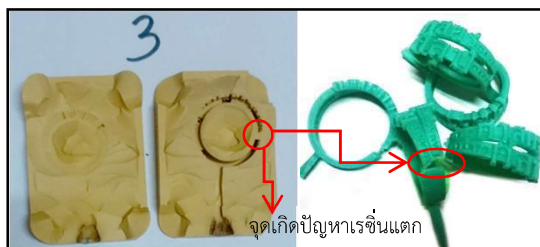
ผู้วิจัยได้นำบล็อกแม่พิมพ์ยางและบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคนจากผู้ผลิตทั้ง 3 แหล่ง มาฉีดเทียนซีฟิ่งเพื่อยืนยันความสมบูรณ์ของชิ้นงาน โดยทุกบล็อกจะนำมาฉีดเทียนซีฟิ่งตัวอย่างจำนวนบล็อกละ 5 ชิ้น ปรากฏว่า บล็อกยางจากแหล่งที่ 1 และ 2 ได้เทียนซีฟิ่งที่มีความสมบูรณ์ดังรูปที่ 7 และ รูปที่ 8 แต่บล็อกแม่พิมพ์ยางจากแหล่งที่ 3 เทียนซีฟิ่งที่ได้มีความไม่สมบูรณ์ตามตำแหน่งความไม่สมบูรณ์ของบล็อกแม่พิมพ์ยาง ดังรูปที่ 9 โดยผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นตรงกันว่าปัจจัยอยู่ที่แรงกดอัดที่ทำให้เรซินแตก ซึ่งถ้าปกติการอัดด้วยต้นแบบโลหะจะไม่มีปัญหาการแตกหักแต่ด้วยความแข็งที่ต่างกันทำให้ส่งผลถึงวัสดุเรซินได้ ส่วนบล็อกซิลิโคน ได้เทียนซีฟิ่งที่มีความสมบูรณ์จากทุก 3 แหล่ง ดังรูปที่ 10 รูปที่ 11 และรูปที่ 12



รูปที่ 7 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกแม่พิมพ์ยาง จากแหล่งที่ 1



รูปที่ 8 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกแม่พิมพ์ยาง แหล่งที่ 2



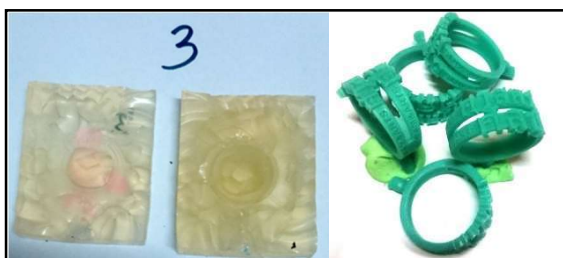
รูปที่ 9 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกแม่พิมพ์ยาง แหล่งที่ 3



รูปที่ 10 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกซิลิโคน แหล่งที่ 1



รูปที่ 11 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกซิลิโคน แหล่งที่ 2



รูปที่ 12 เทียนซีฟิ่งจากการฉีดแบบจากบล็อกซิลิโคน แหล่งที่ 3



จากการวิเคราะห์ผลการทดสอบ สามารถสรุปเป็นตารางการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบวัสดุเรซินชนิด Wic 100 ในกระบวนการผลิตต้นแบบเครื่องประดับ

กระบวนการผลิต	แหล่งที่1	แหล่งที่2	แหล่งที่3
1. อัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง	สามารถอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางได้ และเรซินยังคงสภาพเดิม	สามารถอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางได้ และเรซินยังคงสภาพเดิม	แม่พิมพ์ยางเหลืองได้ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากเรซินแตกระหว่างการอัดบริเวณก้นแหวน
2. ทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน	สามารถแม่พิมพ์ซิลิโคนได้อย่างสมบูรณ์ และเรซินยังคงสภาพเดิม	สามารถแม่พิมพ์ซิลิโคนได้อย่างสมบูรณ์ และเรซินยังคงสภาพเดิม	สามารถแม่พิมพ์ซิลิโคนได้อย่างสมบูรณ์ และเรซินยังคงสภาพเดิม
3. หล่อตัวเรือนโลหะ	สามารถหล่อโลหะได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน	สามารถหล่อโลหะได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน	สามารถหล่อโลหะได้ แต่ชิ้นงานไม่สมบูรณ์ มีบางจุดที่ผิวของโลหะเป็นรูพรุน

สรุปผล และอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาวัดวัสดุเรซินจากเทคโนโลยีการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทคโนโลยี เพื่อการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรมครั้งนี้ พบว่า จากการทดสอบต้นแบบเครื่องประดับด้วยวัสดุเรซินชนิด Wic 100 ในการนำไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางจาก 2 แหล่ง ได้บล็อกแม่พิมพ์ยางที่สมบูรณ์ แต่แหล่งที่ 3 มีปัญหายางไม่สมบูรณ์ ซึ่งเกิดจากเรซินต้นแบบแตกระหว่างการกดอัดบล็อกยาง การทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคน มีความสมบูรณ์จากทั้ง 3 แหล่ง แต่มีราคาต้นทุนการผลิตสูงที่สุด และจากนำเรซินไปหล่อโลหะนั้น ชิ้นงานที่ได้จากทั้ง 3 แหล่ง ยังไม่สมบูรณ์ทั้งหมด โดยมีการเกิดรูพรุนของชิ้นงานบางจุด ผิวของงานไม่เรียบ

สรุปผลได้ว่าการสร้างต้นแบบเครื่องประดับด้วยคอมพิวเตอร์ ประเภทแหวนที่มีลักษณะเรียบง่าย มีตัวหนังสือ มีการเจาะร่องความลึกและความนูนของตัวหนังสือ ซึ่งให้ความหนาของทองแหวน 1.7 มิลลิเมตร เมื่อนำมาผลิตต้นแบบด้วยเครื่องพิมพ์ 3 มิติ เอนวิซเซิน เทคโนโลยี จากวัสดุเรซินชนิด Wic 100 สามารถนำต้นแบบเรซินไปใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์เครื่องประดับได้ในรูปแบบของการทำบล็อกแม่พิมพ์ซิลิโคนดีที่สุด แต่มีต้นทุนในการผลิตสูงที่สุด ส่วนการนำเรซินไปอัดบล็อกแม่พิมพ์ยาง ยังสามารถนำไปผลิตได้แต่ควรจะต้องระมัดระวังการกดอัดยางที่เป็นปัจจัยให้เรซินแตกหักระหว่างกระบวนการส่งผลให้แม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์ได้ ในการนำเรซินไปหล่อโลหะเงินนั้น สามารถหล่อโลหะเป็นรูปทรงของลักษณะเรซินได้ยังมีปัญหาความไม่สมบูรณ์ของงานโลหะ ซึ่งจากผลดังกล่าว ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ในกระบวนการผลิตที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตต้นแบบเครื่องประดับด้วยคอมพิวเตอร์ 3 มิติ อีกทั้งยังได้เห็นถึงปัญหาที่สามารถนำไปศึกษาหาทางแก้ไขในกระบวนการต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป



ข้อเสนอแนะจากผลการวิจัย

1. ผู้เชี่ยวชาญได้เสนอแนะให้สร้างต้นแบบเครื่องประดับเรซินรูปแบบอื่นมาทำการทดสอบด้วยการอัดบล็อกแม่พิมพ์ยางเพิ่ม โดยเน้นไปทำงานบางและขนาดเล็ก
2. ควรมีการพัฒนาการหล่อโลหะจากเรซิน ให้สามารถทำให้งานสมบูรณ์ได้ในการหล่อโลหะปกติ

.....

เอกสารอ้างอิง

- สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. (2554). **สถานการณ์การส่งออกอัญมณีและเครื่องประดับไทยระหว่างมกราคม-พฤษภาคม ปี2554**. กรุงเทพฯ ฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ.
- สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). **คู่มือการใช้โปรแกรม JewelCAD**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยและพัฒนาอัญมณีและเครื่องประดับแห่งชาติ.
- หาญ เอ็นจิเนียริง โซลูชั่นส์. (2559). **ทำความรู้จักกับ เครื่องพิมพ์ 3 มิติ**. เข้าถึงได้จาก: <http://www.harn.co.th/th/articles/introduction-to-3d-printing/> (วันที่ค้นข้อมูล: 16 มิถุนายน 2559).
- Envisiontec. (2015). **3d Materials / Jewelry**. Available: <https://enviontec.com/3d-printing-materials/jewelry/> (Access date: May 5, 2015).