บทความวิจัย

การสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

RAPID PROTOTYPE FOR THE DEVELOPMENT OF SOUVENNIR PRODUCTS FROM BRONZE CRAFT

อุไรวรรณ คำภูแสน* นพพร บึกแว่น รัฐพล สังคะสุข สุขุมาล เหรียญทอง และ ลักขณา ฤกษ์เกษม

สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมการผลิต คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร กรุงเทพฯ 10220

Uraiwan Khampusan, Nopporn Bukwan, Rataphol Sangkhasuk, Sukhuman Rianthong, and Lakkana Ruekkasaem

Department of Manufacturing Technology, Faculty of Industrial Technology,
Pranakhon Rajabhat University, Bangkok , Thailand

*E-mail: Ulaiwan@gmail.com

Received: 2018-07-26
Revised: 2018-08-08
Accepted: 2018-08-31

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้พัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน โดยใช้กรรมวิธีการสร้างต้นแบบรวดเร็วพบว่าการหาค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องสำหรับการสร้างต้นแบบรวดเร็ว ผลการทดสอบค่าความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่เท่ากับ 1,200 มิลลิเมตรต่อนาที แรงที่ใช้กดแผ่นกระดาษให้ขาดเท่ากับ 100 กรัมแรง ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว ผลการทดสอบพบว่าสามารถขึ้นรูปทรงเศียรพระพุทธรูปได้และมีขนาด รูปร่าง ตามที่ได้ออกแบบไว้ แต่ยังพบปัญหาผิวของชิ้นงานบางจุดไม่เรียบ ต้องใช้ทักษะทางด้านศิลปกรรมเข้ามาช่วยตกแต่งและหาประสิทธิภาพการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ผลการทดสอบพบว่าชิ้นงานทดสอบชิ้นที่ 1ถึงชิ้นงานที่10 โดยวัดค่าชิ้นงานจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.57 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16 จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ29.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 จุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 จุดที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.29

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15 และการหาค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานเศียรพระพุทธรูป ผลการทดสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนพบว่า จุดที่ผ่านค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ไม่เกินค่าบวกและค่าลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ได้แก่ จุดวัดที่ 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10 และมีบางจุดที่เกินค่ามาตรฐาน ได้แก่ จุดที่ 4, 6, 9 พบว่า ส่วนใหญ่จุดที่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเป็นจุดที่อยู่ด้านบนของเศียรพระพุทธรูปซึ่งมีลาดลายที่ซ้อนกันและมีขนาดเล็กเกินไป จึงส่งผลทำให้กระดาษที่ตัดและการเทหล่อชิ้นงานไม่สามารถเข้าถึงบริเวณดังกล่าวได้

คำสำคัญ : การสร้างต้นแบบรวดเร็ว ของที่ระลึก หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

ABSTRACT

This research develops products of souvenirs from the community of Bronze Craft. Using rapid prototyping methods.The objective of this research was to finding the parameters for rapid prototyping. The velocity of the test is 1,000 mm / min. The force used to press the paper to the lack of 100 grams, which is the best value. Design and development of gift products from rapid prototyping. The results showed that the test piece 1 to 10 Measurement of workpiece 1 is an average of 19.57. The standard deviation is 0.16. The second is 159.38. The standard deviation is 0.47. The third is the average of 29.58. The standard deviation was 0.30, the fourth was 9.61, the standard deviation was 0.31, the fifth was the mean of 9.29, the standard deviation was 0.15, and the error of the headpiece of Buddha image The test results found that the error. The acceptable standard is not over plus and minus 0.5 millimeters, measured at 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10. There are some places where the acceptable standard is not more than a positive and a negative value of 0.5 millimeters, which is 4, 6, 9 points. Most points of error are points on the top of the Buddha's head. There are overlapping stumps and are too small. As a result, paper cut and pouring of the workpiece can not reach the area.

Keywords: Rapid Prototype, Souvennir, Bronze Craft

บทนำ

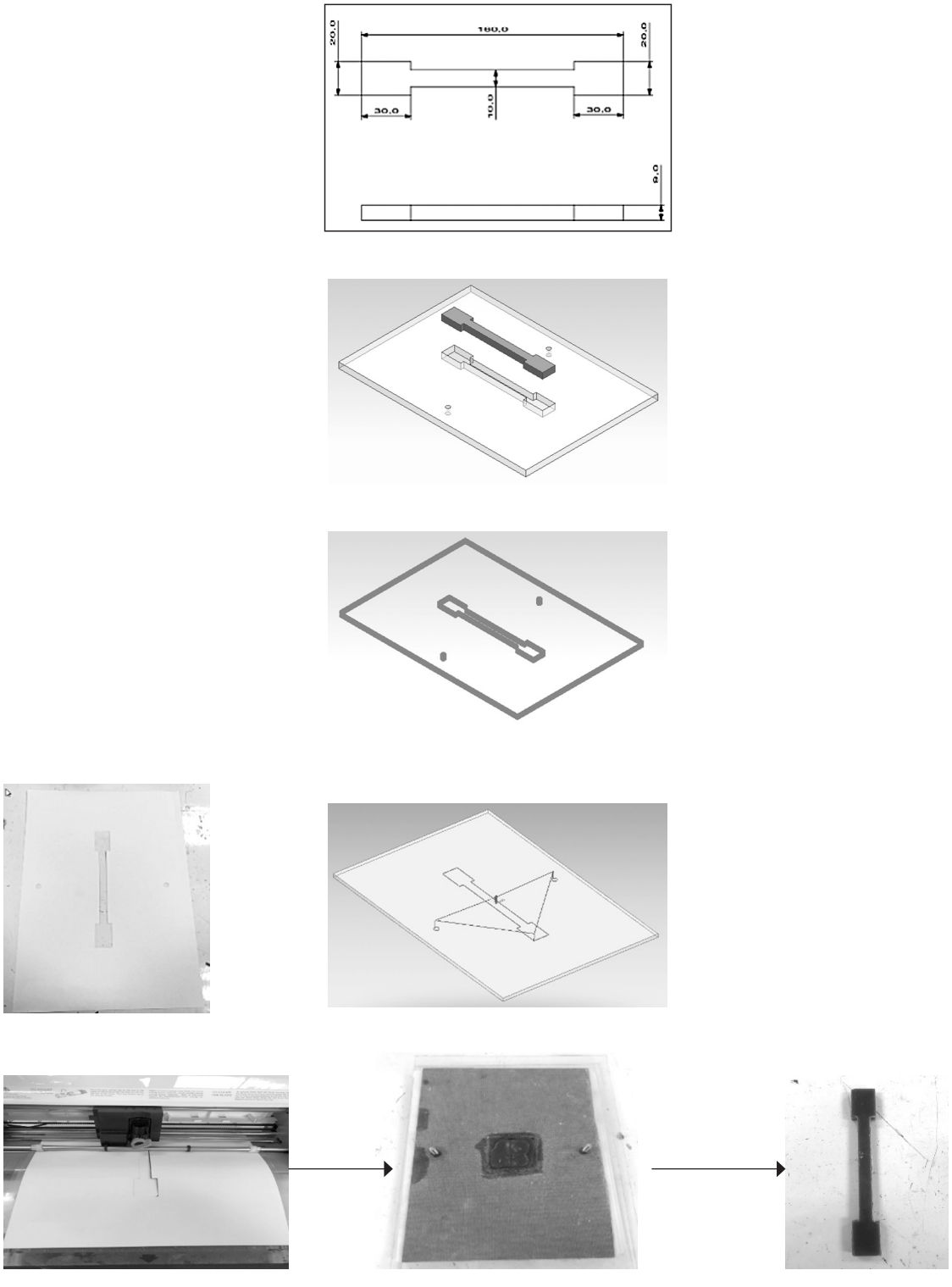
วิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ตั้งอยู่ ชุมชนประดิษฐ์โทรการ บ้านเลขที่ 9/10 ซอยพหลโยธิน 47 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร ผลิตภัณฑ์หลักของกลุ่ม

ได้แก่ ผลิตภัณฑ์บนโต๊ะอาหารเช่น ช้อนส้อม มีด ทัพพี กำไล เป็นต้น ซึ่งตลาดส่วนใหญ่มาจากโรงแรม ร้านอาหาร นักท่องเที่ยว จากการสำรวจและลงพื้นที่ชุมชนพบว่าวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน กำลังประสบปัญหาในด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ การพัฒนารูปแบบผลิตภัณฑ์แบบใหม่ ๆ ปัญหาด้านแรงงานเนื่องจากผู้ผลิตส่วนใหญ่มีอายุค่อนข้างสูง กระบวนการผลิตมีหลายขั้นตอน ขาดการสืบทอดงานหัตถกรรมจากรุ่นสู่รุ่นและที่สำคัญพบว่าปัจจุบันผู้ผลิตงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินเหลือเพียง 2 ครอบครัว จากการสัมภาษณ์คุณสมคิด ด้วงเงิน ผู้ก่อตั้งศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ในการพัฒนาต้นแบบผลิตภัณฑ์รูปแบบใหม่ เช่นของที่ระลึกของศูนย์หัตถกรรมพบว่าต้องใช้การลงทุนที่สูงและต้องใช้ระยะเวลานาน ทั้งด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และการสร้างต้นแบบชิ้นงาน ซึ่งการสร้างต้นแบบชิ้นงานเพื่อให้ลูกค้ามีความพึงพอใจนั้นทางวิสาหกิจชุมชนไม่สามารถทำให้ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ต้นแบบต่าง ๆ ที่ได้มานั้น ลูกค้าเป็นคนจัดเตรียมมาให้และมีความซับซ้อนของผลิตภัณฑ์ ในกรณีที่ลูกค้าต้องการต้นแบบชิ้นงานทางศูนย์ก็ไม่สามารถทำให้ได้เนื่องจากลูกค้าต้องการดูขนาด รูปร่าง ลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ทำให้วิสาหกิจชุมชนต้องปฏิเสธลูกค้า ส่งผลให้ชุมชนขาดรายได้

ปัจจุบันสินค้าหัตถกรรมเครื่องทองลงหินมีแนวโน้มของตลาดและกลุ่มผู้บริโภคที่มากขึ้น เนื่องจากมีหน่วยงานสนับสนุนจากภาครัฐและนโยบายเสริมสร้างความเข้มแข็งให้กับวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) อีกทั้งผลิตภัณฑ์ของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนได้รับรางวัลหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร ดังนั้นเพื่อตอบสนองความต้องการของชุมชน ในการสร้างทางเลือกใหม่ในการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชน จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง เนื่องวิสาหกิจชุมชนขาดการนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยในกระบวนการดังกล่าว คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาเทคโนโลยีการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของที่ระลึกของกลุ่มวิสาหกิจชุมชนหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน เพื่อนำไปใช้ในกระบวนการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของชุมชนและเป็นการเพิ่มทางเลือกให้กับกลุ่มผู้บริโภคสินค้าของชุมชน ให้ชุมชนมีรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย ส่งผลกระทบให้ชุมชนมีรายได้เพิ่มขึ้นและสร้างความเข้มแข็งให้กับกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ตลอดจนเป็นการสืบทอดงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหินให้อยู่คู่ประเทศไทย คณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการนำเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วเข้ามาช่วยในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และใช้กระบวนการวิจัยแบบทดลอง โดยศึกษาหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว และหาประสิทธิภาพจากการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

2. การหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งคณะผู้วิจัยได้เลือกใช้วัสดุที่นำมาสร้างต้นแบบรวดเร็ว คือ กระดาษ A4 ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการทดลองได้แก่ความเร็วที่ใช้ตัดแผ่นกระดาษและแรงที่ใช้กดกระดาษให้ขาด โดยเริ่มจากการออกแบบชิ้นงานทดสอบ 2 มิติและ 3 มิติ โดยมีขนาดความกว้างเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 160 มิลลิเมตร และความหนาเท่ากับ 9 มิลลิเมตร จากนั้นนำไฟล์ข้อมูลที่ได้มาสร้างเส้นภาพตัดขวางของชิ้นงานทดสอบ โดยเริ่มจากการนำไฟล์ 3 มิติเข้ามาสู่โปรแกรมออกแบบ จากนั้นทำการสร้างระนาบอ้างอิงโดยกำหนดความสูงของระนาบเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร ซึ่งความสูงของชิ้นงานทดสอบเท่ากับ 9 มิลลิเมตร โดยต้องสร้างระนาบทั้งหมดเท่ากับ 90 ชั้น จากนั้นทำการตัดแบ่งชิ้นงานออกเป็นชั้น ๆ ซึ่งไฟล์ที่ได้จะอยู่ในนามสกุล (.dxf) ซึ่งเป็นรูปแบบของลายเส้น (Vector) และนำไฟล์ข้อมูลที่ได้มาสร้างโปรแกรมตัดแผ่นกระดาษเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ได้แก่ แรงที่ใช้กดแผ่นกระดาษให้ขาดและค่าความเร็วในการเคลื่อนที่ที่เหมาะสมที่สุด จากนั้นทำการออกแบบและสร้างเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็วซึ่งเครื่องดังกล่าวประกอบด้วยชุดโครงสร้างของเครื่อง ชุดขับเคลื่อน และชุดควบคุมการเคลื่อนที่ในแนวแกน X แกน Y และแกน Z และใช้โปรแกรมควบคุมการสั่งการเมื่อทำการประกอบและทดสอบเครื่องสมบูรณ์ จากนั้นทำการทดสอบค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับตัดแผ่นกระดาษ และนำค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด นำมาตัดแผ่นกระดาษทั้งหมด 90 แผ่น หลังจากตัดแผ่นกระดาษสมบูรณ์ นำแผ่นกระดาษมาทำการยึดติดกันให้แน่น จากนั้นทำการทดสอบเทหล่อชิ้นงาน โดยนำวัตถุดิบคือขี้ผึ้งกับพาราฟินมาหลอมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส โดยใช้อัตราส่วน ขี้ผึ้ง 50 พาราฟิน 50 รอให้วัตถุดิบเย็นตัวลงประมาณ 5 นาที นำวัตถุดิบเทเข้าไปในรูของชิ้นงานแผ่นกระดาษที่เตรียมไว้ รอให้ชิ้นงานทดสอบแข็งตัวประมาณ 10 นาที จากนั้นนำแผ่นกระดาษออกซึ่งได้ชิ้นงานทดสอบจำนวน 1 ชิ้นงาน หลังจากนั้นทำการทดสอบเทหล่อชิ้นงานทดสอบ 10 ครั้งและนำชิ้นงานที่ได้ไปตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทดสอบโดยทำการวัดค่าตามแบบ จุดที่ 1 ถึงจุดที่ 5 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยนำจุดวัดที่1 ถึงจุดที่ 5 มาหาค่าเฉลี่ยและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทดสอบ

กระบวนการหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน มีดังนี้



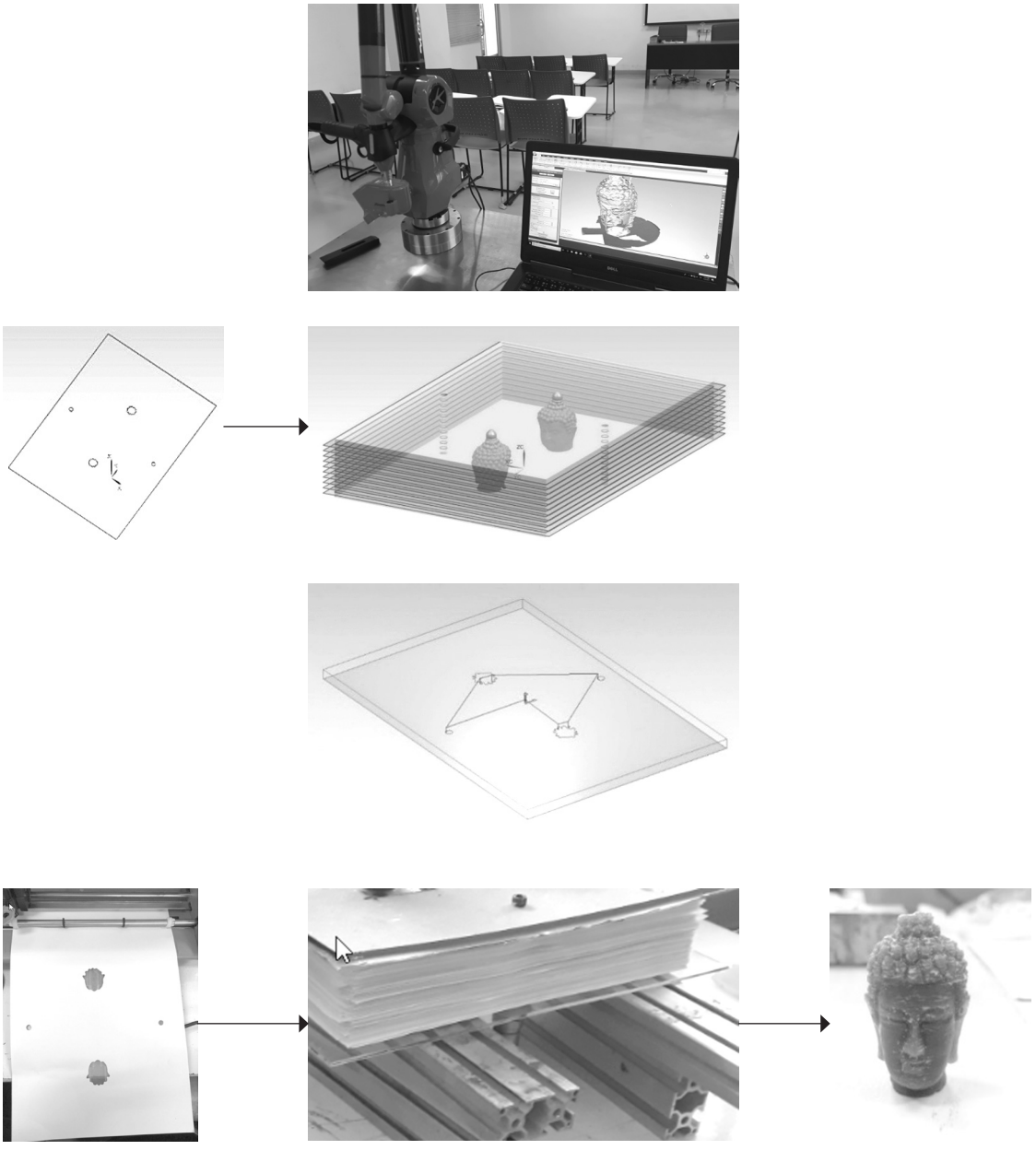
รูปที่ 1 กระบวนการการหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

3. ออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

การออกแบบผลิตภัณฑ์และพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกสำหรับหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ทางคณะผู้วิจัยได้ลงพื้นที่สอบถามความต้องการของชุมชนเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยในครั้งนี้ จากการสำรวจและสอบถามความต้องการของชุมชนประดิษฐ์โทรการพบว่า กลุ่มชุมชนมีความต้องการในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกได้แก่ การทำต้นแบบเศียรพระพุทธรูป ซึ่งในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบดังกล่าวนี้ได้เป็นการสำรวจของชุมชนในการไปจัดจำหน่ายสินค้าในงานหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์และกลุ่มลูกค้าที่มาสั่งซื้อสินค้าของชุมชน จากนั้นคณะผู้วิจัยได้นำต้นแบบเศียรพระพุทธรูปมาออกแบบ เริ่มจากการนำต้นแบบมาสแกนโดยใช้เครื่องเลเซอร์สแกนสามมิติ ทำการเก็บข้อมูลสแกนชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปในรูปแบบของกลุ่มจุด (Point Could) จากนั้นนำข้อมูลในลักษณะกลุ่มจุด มาทำการปรับและทำการลบจุดต่าง ๆ ที่อยู่นอกบริเวณของชิ้นงานออกและจัดการปรับขนาดความกว้างของแต่จุดให้มีขนาดเท่า ๆ กันและทำการสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยม (Mesh Polygon) เชื่อมต่อกันเพื่อใช้สำหรับสร้างพื้นผิวของชิ้นงานที่ได้จากการสแกน ขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดแกนอ้างอิงของเศียรพระพุทธรูป เพื่อใช้อ้างอิงในการออกแบบ ซึ่งชิ้นงานที่ได้ยังไม่ได้อยู่ในระนาบของจุดอ้างอิง ในแนวแกน X แกน Y และแกน Z ในระนาบอ้างอิงของโปรแกรม จากนั้นการหมุนแกนอ้างอิงของเศียรพระพุทธรูปให้อยู่ในระนาบอ้างอิงของโปรแกรม ทำการสร้างเส้นตัดขวางและปรับแต่งพื้นผิวให้เรียบ หลังจากออกแบบชิ้นงานของเศียรพระพุทธรูปแบบสามมิติเสร็จสมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไปคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแนวคิดสำหรับสร้างต้นแบบรวดเร็ว โดยเริ่มจากนำแบบสามมิติที่ได้มาสร้างกรอบสี่เหลี่ยมสำหรับกำหนดขอบของโดยกำหนดกรอบของชิ้นงาน ความกว้างเท่ากับ 297 มิลลิเมตร ความยาวเท่ากับ 210 มิลลิเมตร และความสูงเท่ากับ 550 มิลลิเมตร และทำการเจาะรูเพื่อใช้สำหรับยึดแผ่นกระดาษ จากนั้นทำการแยกภาพหน้าตัดขวางแบบทีละชั้น (Slicing Model) โดยนำแบบสามมติของเศียรพระพุทธรูปที่ได้จากการสแกน มาทำการตัดเส้นภาพตัดขวางของเศียรพระพุทธรูป โดยใช้โปรแกรมทางด้านวิศวกรรมย้อนรอย กำหนดความสูงในการตัดแต่ละชั้นเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร โดยมีความสูงของชิ้นงานเท่ากับ 55 มิลลิเมตร จากนั้นโปรแกรมจะทำการแบ่งภาพตัดขวางออกเป็นทีละชั้นซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 550 ชั้น ข้อมูลไฟล์ที่ได้จะอยู่ในรูปแบบไฟล์ (.dxf) เมื่อสร้างเส้นตัดขวางสมบูรณ์ ขั้นตอนต่อไปนำข้อมูลลายเส้นที่ได้มาสร้างโปรแกรมตัดแผ่นกระดาษ โดยนำค่าที่ดีที่สุดของการหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในชิ้นงานทดสอบคือความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่และแรงกดเพื่อให้กระดาษขาด มากำหนดลงบนโปรแกรม จากนั้นทำการตัดแผ่นกระดาษโดยใช้เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็วโดยตัดเริ่มจากไฟล์ลำดับที่ 1 ถึง ลำดับที่ 550 ชั้น จากนั้นทำการบีบอัดด้วยสกรูเกลียวเพื่อให้แผ่นกระดาษมีการยึดติดกันและทำรูเทหล่อของ

ชิ้นงาน นำขี้ผึ้งกับพาราฟิน มาหลอมที่อุณหภูมิ 75 องศาเซลเซียส เมื่อวัตถุดิบหลอมละลาย รอให้เย็นตัวลงประมาณ 10 นาที นำไปเทหล่อชิ้นงานลงในแบบที่เตรียมไว้

กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 2 กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึก
จากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

4. การหาประสิทธิภาพการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน

4.1 ทำการทดสอบเทหล่อชิ้นงานทดสอบ 10 ครั้งและนำชิ้นงานที่ได้ไปตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทดสอบ โดยใช้เครื่องมือวัดคือเวอร์เนียคาร์ลิปเปอร์ โดยทำการวัดค่าตามแบบจุดที่1 ถึงจุดที่ 5 ของชิ้นงานทดสอบจำนวน 10 ชิ้นและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยนำจุดวัดที่1 ถึงจุดที่ 5 มาหาค่าเฉลี่ยและหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของชิ้นงานทดสอบ

4.2 ทำการทดสอบเทหล่อชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปจำนวน 10 ครั้งและนำชิ้นงานที่ได้ไปตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน โดยใช้เครื่องสแกนสามมิติทำการสแกนชิ้นงานหลังจากเทหล่อและนำมาวัดค่าเปรียบเทียบกับชิ้นงานต้นฉบับที่ได้จากการออกแบบสามมิติ โดยทกการวัดพิกัด X พิกัด Y และ พิกัด Z ในจุดที่1 ถึงจุดที่ 10 นำผลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ไม่เกินค่าบวกและค่าลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดแผ่นกระดาษโดยใช้เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว มีดังนี้

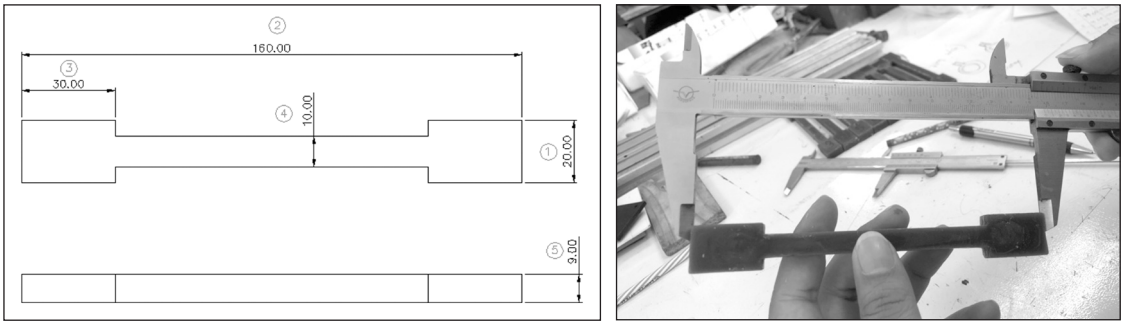
ตารางที่ 1 ผลการหาค่าความเร็วในการเคลื่อนที่และแรงที่ใช้กดใบมีดที่ใช้ในการตัดแผ่นกระดาษ โดยใช้ความสูงของมีด (High cutting) ที่ใช้ตัดแผ่นกระดาษเท่ากับ 0.1 มิลลิเมตร

ทดลองครั้งที่	ความเร็วในการเคลื่อนที่ (Feed) (มิลลิเมตร/นาที)	แรงที่ใช้กดใบมีด (Force) กรัมแรง (gf)	ผลที่เกิดขึ้น
1	500	70	กระดาษไม่ขาด
2	700	80	กระดาษขาดมีรอยปะ
3	900	90	กระดาษขาดไม่หมด
4	1,200	100	กระดาษขาด
5	1,400	110	กระดาษขาดแต่ขอบมีรอยย่น

หมายเหตุ : Feed หมายถึง ความเร็วในการเคลื่อนที่ (มิลลิเมตร/นาที)
: Force หมายถึง แรงที่ใช้กด กรัมแรง (gf)
: High Cutting หมายถึง ความสูงของใบมีด (มิลลิเมตร)

จากตารางที่ 1 การหาค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการตัดแผ่นกระดาษ พบว่าแรงที่ใช้ในการกดใบมีดให้กระดาษขาดเท่ากับ 100 กรัมแรง โดยใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่เท่ากับ 1,200 มิลลิเมตรต่อนาที ซึ่งมีผลทำให้ตัดกระดาษขาดเพื่อใช้สร้างต้นแบบรวดเร็วดีที่สุด

ผลการหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทดสอบ โดยนำชิ้นงานที่ได้จากการเทหล่อจำนวน 10 ชิ้นงาน ไปตรวจสอบเพื่อหาค่าความคาดเคลื่อนจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 2



รูปที่ 3 การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานทดสอบ

ตารางที่ 2 แสดงการหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของการวัดค่าชิ้นงานทดสอบ จุดที่ 1-5

ชิ้นงาน	จุดที่ 1	จุดที่ 2	จุดที่ 3	จุดที่ 4	จุดที่ 5
1	19.48	159.45	29.82	9.24	9.34
2	19.50	158.65	29.22	9.50	9.36
3	19.32	159.85	29.5	9.74	9.26
4	19.84	159.70	29.84	9.86	9.02
5	19.82	159.80	29.94	9.92	9.18
6	19.46	159.75	29.62	9.82	9.40
7	19.60	159.60	29.8	9.56	9.08
8	19.64	159.05	28.98	9.44	9.32
9	19.6	159.30	29.44	9.58	9.42
10	19.48	158.60	29.6	9.42	9.48
ค่าเฉลี่ย	19.57	159.38	29.58	9.61	9.29
S.D.	0.16	0.47	0.30	0.31	0.15

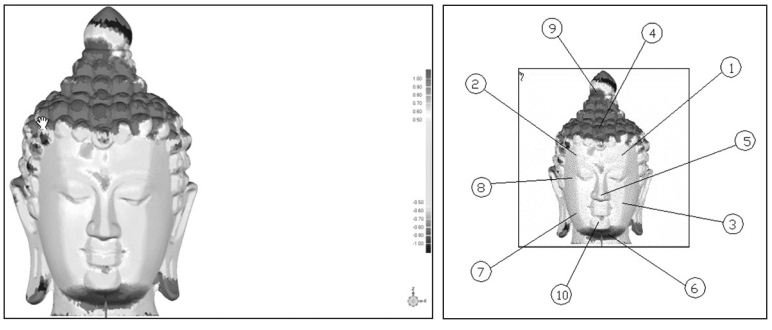
จากตารางที่ 2 พบว่า ชิ้นงานที่ 1 - 10 วัดค่าชิ้นงานจุดที่ 1 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.57 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.16 จุดที่ 2 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 159.38 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.47 จุดที่ 3 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.58 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.30 จุดที่ 4 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.61 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.31 จุดที่ 5 มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 9.29 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.15

2. ผลการพัฒนาออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งคณะผู้วิจัยทำการออกแบบเศียรพระพุทธรูปได้ผลการออกแบบดังนี้

รูปที่ 4 ผลการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ต้นแบบของที่ระลึก

3. ผลการหาประสิทธิภาพการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว

การหาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากการสร้างต้นแบบรวดเร็ว โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปและนำชิ้นงานที่ได้จากการเทหล่อไปตรวจสอบหาค่าความคลาดเคลื่อนโดยใช้เครื่องแสกนแบบสามมิติแสกนชิ้นงานของเศียรพระพุทธรูป จากนั้นนำชิ้นงานที่ได้จากการสแกนมาเปรียบเทียบค่าความคาดเคลื่อนจากแบบชิ้นงานรูปทรงสามมิติ (3D CAD Model) ที่ออกแบบไว้ ซึ่งแสดงผลในตารางที่ 3



รูปที่ 5 การหาค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานเศียรพระพุทธรูป

ตารางที่ 3 แสดงการหาค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานต้นฉบับเศียรพระพุทธรูปกับชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปที่ได้จากงานเทหล่อ

จุดวัด	พิกัด	ชิ้นงานต้นฉบับ	ชิ้นงานเทหล่อ	ค่าคลาดเคลื่อน
1	X	6.865	6.884	0.019
	Y	-1.71	-1.76	-0.051
	Z	33.735	33.735	0.001
2	X	-7.525	-7.430	0.095
	Y	-1.336	-1.175	0.161
	Z	32.536	32.537	0.001
3	X	7.664	7.527	-0.136
	Y	0.643	0.792	0.149
	Z	20.411	20.419	0.008
4	X	-1.129	-1.379	-0.249
	Y	-1.299	-2.561	-1.262
	Z	41.730	42.515	0.784
5	X	-0.463	-0.469	-0.005
	Y	-4.827	-4.876	-0.049
	Z	20.810	20.831	0.020
6	X	2.068	2.350	0.281
	Y	3.638	3.026	-0.611
	Z	7.353	6.407	-0.946
7	X	-9.391	-9.336	0.054
	Y	2.263	2.298	0.035
	Z	16.946	16.955	0.008
8	X	-9.924	-9.814	0.109
	Y	1.524	1.592	0.067
	Z	28.406	28.416	0.010
9	X	-1.529	-2.241	-0.712
	Y	9.245	8.160	-1.085
	Z	53.189	52.819	-0.370
10	X	-1.529	-1.538	-0.009
	Y	-2.075	-2.170	-0.095
	Z	14.548	14.539	-0.009

จากตารางที่ 3 พบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัดขนาดของชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากแบบสามมิติของเศียรพระพุทธรูปกับชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปที่ได้จากการเทหล่อ จุดที่ผ่านค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ไม่เกินค่าบวกและค่าลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ได้แก่ จุดวัดที่ 1, 2, 3, 5, 7, 8, 10 และมีบางจุดที่เกิดค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ไม่เกินค่าบวกและค่าลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตร ได้แก่ จุดที่ 4, 6, 9 ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่จุดที่เกิดค่าความคลาดเคลื่อนเป็นจุดที่อยู่ด้านบนของเศียรพระพุทธรูปซึ่งมีลาดลายที่ซ้อนกันและมีขนาดเล็กเกินไป จึงส่งผลทำให้กระดาษที่ตัดและการเทหล่อชิ้นงานไม่สามารถเข้าถึงบริเวณดังกล่าวได้

สรุป

การสร้างต้นแบบรวดเร็วในการพัฒนาของที่ระลึกสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน จากการวิจัยพบว่าสามารถขึ้นรูปเศียรพระพุทธรูปได้รวดเร็วและมีความคลาดเคลื่อนจากค่ามาตรฐานที่ยอมรับได้ไม่เกินค่าบวกและค่าลบเท่ากับ 0.5 มิลลิเมตรมีทั้งหมด 7 จุดและมี 3 จุดที่ไม่ผ่านค่ามาตรฐานที่ตั้งไว้เมื่อเทียบกับชิ้นงานต้นฉบับเศียรพระพุทธรูปที่ออกแบบไว้ซึ่งเกิดจากลวดลายบนผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบมีความละเอียดจึงทำให้การเทหล่อชิ้นงานไม่สามารถเข้าถึงได้ แต่ยังคงพบว่าผิวของชิ้นงานเศียรพระพุทธรูปจากการสร้างต้นแบบรวดเร็วที่ได้จากการเทหล่อด้วยขี้ผึ้งกับพาราฟิน ยังคงมีผิวบางจุดที่ไม่เรียบ ซึ่งยังคงต้องใช้ภูมิปัญญาในด้านศิลปกรรมในการตกแต่งผิวของชิ้นงาน ดังนั้นการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับงานหัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ควรนำไปใช้ในการผลิตชิ้นงานที่มีรูปทรงที่ซับซ้อนและควรนำไปใช้ในส่วนของการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตนั้นต่ำลง อีกทั้งตอบสนองความต้องการของตลาดผู้บริโภค

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่องการสร้างต้นแบบรวดเร็วสำหรับพัฒนาผลิตภัณฑ์ของที่ระลึกจากหัตถกรรมเครื่องทองลงหินสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครและสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ผู้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลงได้โดยได้รับความร่วมมือจากกลุ่มวิสาหกิจชุมชนศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ชุมชนประดิษฐ์โทรการ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง นายสมคิด ด้วงเงิน ประธานกลุ่มวิสาหกิจชุมชน ศูนย์หัตถกรรมเครื่องทองลงหิน ซึ่งเป็นผู้ให้ข้อมูลและคำแนะนำตลอดจนเป็นผู้ที่ให้ คำปรึกษาด้วยดีตลอดมา

เอกสารอ้างอิง

Chua, C.K., Hong, K.H. & Ho, S.L. (1999). **Rapid tooling technology**. Vol., pages Part 1. A Comparative study, **The international Journal of Advanced**.

Eamsaeart K. (2554) **Rapid tooling for Blow molding Process Department of Mechanical Engineering**. Kasetsart University. Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand (in Thai)

Griffith, M.L. et al. (1996). **Freeform fabrication of metallic component using laser engineered net shaping (LENS)**, in proceedings of the Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas at Austin.

Khaing, M., J. Fuh, & Lu, L. (2001). Direct metal laser sintering for rapid tooling processing and characterization of EOS parts. **Journal of Materials Processing Technology**. 113(1), 269-272.

Mazumder, J., Choi, J., Nagarathnam, K., Koch, J. & Hetzner, D. (1997). The Direct metal Deposition of H13 tool steel for 3D components. Journal of Materials Processing of the Solid Freeform Fabrication Symposium, University of Texas at Austin.

Steenathbabu, A. & Karunakaran, K.P. (2006). Hybrid adaptive layer manufacturing An intelligent art of direct metal rapid tooling process. **Robotics and computer Integrated Manufacturing**. 22, 113-123.

Toshihide, H., Kirihara, S. & Miyamoto, Y. 92009). Freeform Fabrication of super alloy objects by 3D micro welding. **Meterials and Design**. 30, 1093-1097.

Vannitson K. (2554). **Prototype of Rapid Tooling Machine by Laminated Object Manufacturing.** Department of Mechanical Engineering. Kasetsart University. Conference of Mechanical Engineering Network of Thailand (in Thai)

.....