

การทำชิ้นส่วนรถด้วยวิธีการทำต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ และกระบวนการวิศวกรรมย้อนกลับ

DIGITAL MOCK UP WITH REVERSE ENGINEERING PROCESS FOR PRODUCING AUTOMOTIVE PARTS

สถาพร ขาดาคม

รองศาสตราจารย์, อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยี
วิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : sck@kmutnb.ac.th

อุเทน คณะวาปี

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : ukp@kmutnb.ac.th

ศักดิ์ชัย ม่วงภาณี

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : sakchaim@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแนวคิดในการทำชิ้นส่วนรถยนต์ รถจักรยานยนต์ ด้วยวิธีการทำต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ และกระบวนการวิศวกรรมย้อนกลับ เพื่อนำมาใช้สำหรับการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วน การออกแบบผลิตภัณฑ์ การสร้างแบบจำลองทางคอมพิวเตอร์ การพัฒนาระบบการควบคุมคุณภาพก่อน และหลังการผลิต และการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับภาคอุตสาหกรรม โดยมีขั้นตอนการวิจัย เริ่มจากการสแกนชิ้นงานต้นแบบชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ ด้วยเครื่องสแกน 3 มิติ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ ด้วยเครื่องสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว จากนั้นนำชิ้นงานต้นแบบที่ได้ไปเป็นแม่แบบในการทำแม่พิมพ์ซิลิโคน และทำการเทหล่อด้วยเรซินในแม่พิมพ์ซิลิโคนด้วยระบบสุญญากาศ จากนั้นนำชิ้นงานเรซินที่ได้ไปสแกน เพื่อเปรียบเทียบขนาดกับชิ้นส่วนต้นแบบ ผลการวิจัยพบว่าขนาดของชิ้นงานต้นแบบกับชิ้นงานเรซิน มีขนาดใกล้เคียงกัน โดยจุดที่แตกต่างกันมากที่บริเวณปลายก้านวัดน้ำมันเครื่องมีค่า 0.034 มม. และนำชิ้นงานไปประกอบกับรถจักรยานยนต์ สามารถใช้งานแทนชิ้นส่วนจริงได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ วิศวกรรมย้อนกลับ สแกน 3 มิติ การเทหล่อภายในระบบสุญญากาศ แม่พิมพ์ซิลิโคน เครื่องสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว 3 มิติ

ABSTRACT

This research is a study on automotive parts production by using digital mock up with reverse engineering process in order to apply for designing and developing automotive parts including the product design, the digital mock up, the quality control system before and after production, and the application for the industrial sector. The

research process starts with the scanning of the prototype motorcycle part by a 3D scanner. Then the data of the part is transferred to a rapid 3D prototyping machine to create a part mock up. After that, the part mockup is used to be the prototype for creating the silicone mold, which is then used for vacuum casting of the prototype resin part. Finally, the resin part is measured by the scanning method for comparison with the original prototype part. The research findings show that the original part and the resin part are similar in size, with the most different point being the end part of the lubricating oil measuring stick which has the difference of 0.034 millimeters. Furthermore, the resin part can be assembled on the motorcycle and proves to fitly replace the original part.

KEYWORDS : Digital Mock Up, Reverse Engineering, 3D Scanner, Vacuum Casting System, Silicone Mold, Rapid 3D Prototyping Machine

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมยานยนต์จัดอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมหลักที่สร้างรายได้ให้แก่ประเทศ เพราะมูลค่าการส่งออกอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ยังอยู่ในกลุ่มอุตสาหกรรมนำร่องของแผนพัฒนาอุตสาหกรรมไทย โดยมีการกำหนดบทบาทสู่การเป็นฐานการผลิตระดับโลก ซึ่งครอบคลุมถึงการผลิตรถจักรยานยนต์ร่วมกับผู้ส่งผลิต (1) การสร้างชิ้นส่วนต่างๆ ในอุตสาหกรรมยานยนต์โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยชิ้นส่วนที่ทำผลิตมาจากพลาสติกและชิ้นส่วนที่ทำผลิตมาจากโลหะ ซึ่งชิ้นส่วนดังกล่าวต้องทำการผลิต หรือขึ้นรูปมาจากแม่พิมพ์พลาสติก และแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะ ปัญหาที่พบในการสร้างแม่พิมพ์ คือ ชิ้นงานที่ทำการผลิตนั้น มีรูปทรงที่ไม่ได้เป็นรูปทรงเรขาคณิต ส่งผลทำให้ขั้นตอนในการเขียนแบบ เมื่อทำการออกแบบชิ้นงานด้วยคอมพิวเตอร์แล้วต้องการสร้างความมั่นใจให้กับลูกค้า โดยการทำชิ้นงานต้นแบบเพื่อตอบสนองความต้องการการสัมผัส หรือบางกรณีต้องนำมาประกอบกัน เพื่อทดสอบการใช้งาน ต้องทำการผลิตชิ้นงานจริง หรือบางครั้งต้องการชิ้นงานแต่จำนวนไม่มาก การลงทุนด้วยการสร้างแม่พิมพ์ใหม่นั้นไม่เหมาะสมทางด้านการลงทุน ส่งผลให้ต้องนำเทคนิคกระบวนการวิศวกรรมย้อนกลับ มาใช้แก้ปัญหาดังกล่าวได้ (2)

กระบวนการวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering) ถือเป็นศาสตร์ทางด้านวิศวกรรมแขนงหนึ่ง ที่มีการนำไปประยุกต์ใช้กับงานในด้านต่างๆ เช่น วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมการผลิต

วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เป็นต้น (3) นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการที่สามารถยกระดับศักยภาพของบุคลากรให้สามารถออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ รวมถึงกระบวนการผลิต ให้เหมาะสมและรวดเร็ว แม้ว่าเครื่องมือและอุปกรณ์ ที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ ของผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิควิศวกรรมย้อนกลับ จะมีความสูง แต่หากเปรียบเทียบกับความสูญเสียโอกาสในการแข่งขันแล้ว การนำกระบวนการดังกล่าวเข้ามาประยุกต์ใช้งาน อาจมีความคุ้มค่ามากกว่า โดยเฉพาะในผู้ประกอบการที่มีกำลังการผลิตสูง นอกจากนี้ปัจจุบันยังได้มีหน่วยงานที่ให้บริการในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติ ของผลิตภัณฑ์ทางคอมพิวเตอร์ ของผลิตภัณฑ์ จากผลิตภัณฑ์ต้นแบบอยู่เป็นจำนวนมาก และยังมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมาก ซึ่งเหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดเล็ก แล้วยังสามารถนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้ร่วมกับเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ หรือแม่พิมพ์ต้นแบบรวดเร็ว สำหรับกรณีของการผลิตชิ้นงานในจำนวนจำกัด ซึ่งจะช่วยลดต้นทุน และระยะเวลามากกว่าดำเนินการผลิตในแบบเชิงพาณิชย์ (Mass Product) นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มโอกาสและความหลากหลายในการพัฒนารูปแบบของผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการสร้างแบบจำลองของผลิตภัณฑ์กระทำได้ง่ายขึ้น ช่วยลดวัฏจักรวงจรชีวิต (Life Cycle) ของการออกแบบผลิตภัณฑ์ และพัฒนาผลิตภัณฑ์ลง ส่งผลให้ศักยภาพในการแข่งขันเพิ่มขึ้นอย่างมาก (4)

กระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ต้นแบบ ในอดีตนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการใหม่นี้จะพบได้ว่ามีข้อแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัดหลาย ๆ ด้าน เช่น ด้านความสะดวกและความเร็ว ในการสร้างแบบจำลองในรูป 3 มิติโดยเฉพาะอย่างยิ่งชิ้นงานที่มีความซับซ้อน เพราะข้อมูลจากเครื่องสแกน 3 มิติสามารถนำไปใช้งานได้ทันที ด้านความเร็วในการผลิตหรือแก้ไขชิ้นงานตัวอย่างและการสร้างแม่พิมพ์ และด้านเวลาที่ใช้ในกระบวนการทุกขั้นตอนจะพบว่ากระบวนการใหม่นี้ใช้เวลาสั้นมากในการสร้างชิ้นส่วนต้นแบบ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

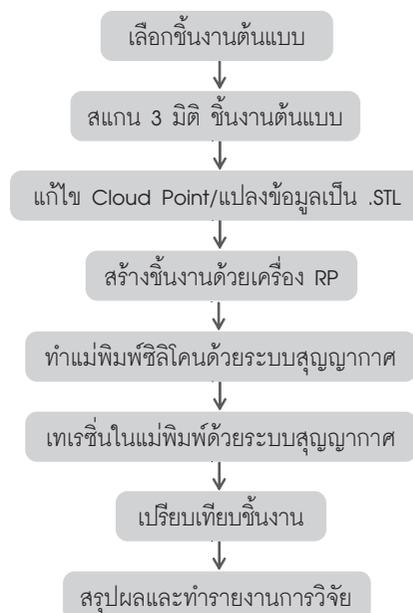
1. เพื่อพัฒนาขั้นตอนการสร้างต้นแบบด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (Digital Mock Up)
2. เพื่อพัฒนาขั้นตอนการออกแบบชิ้นส่วนยานยนต์ด้วยวิธีวิศวกรรมย้อนกลับ (Reverse Engineering)
3. เพื่อพัฒนาขั้นตอนการควบคุมคุณภาพชิ้นส่วนก่อนและหลังการผลิต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างชิ้นส่วนก้านวัดระดับน้ำมันเครื่องด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์เพื่อใช้เป็นชิ้นส่วนต้นแบบ
2. สแกน 3 มิติ ชิ้นงานด้วยระบบ Optical Technology
3. ขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบด้วยเครื่อง Rapid Prototyping (RP) แบบกรรมวิธีเพิ่มเข้า (Additive Process)
4. สร้างชิ้นงานด้วยแม่พิมพ์ซิลิโคนแบบสุญญากาศ (Vacuum Molding)

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการวิจัยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



แผนภูมิที่ 1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำงานโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานต้นแบบ อุปกรณ์ และการสแกน 3 มิติ ด้วยระบบออปติก (5, 6)

ในการเลือกชิ้นงานชิ้นส่วนรถสำหรับการทำโครงการวิจัยครั้งนี้ ทีมวิจัยได้เลือกชิ้นส่วนต้นแบบ คือ ก้านวัดระดับน้ำมันเครื่องของรถจักรยานยนต์ ซึ่งมีลักษณะตามรูปด้านล่าง



ภาพที่ 1 แสดงลักษณะก้านวัดระดับน้ำมันเครื่องรถจักรยานยนต์

เนื่องจากชิ้นงานต้นแบบเป็นสีดำซึ่งไม่เหมาะสมกับการสแกนด้วยเครื่องสแกน 3 มิติระบบนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการพ่นสีเทาที่ชิ้นงานก่อน จากนั้นจึงทำการติดจุดอ้างอิง (Reference Point) เพื่อให้บันทึกตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการรวมกลุ่มจุดพิกัด เนื่องจากการทำงานของสแกนเนอร์ 3 มิติแบบแหล่งกำเนิดแสง จะเป็นการสแกนงานทีละครั้งภายใต้ขอบเขตที่เลนส์ของกล้องสามารถจับภาพได้ การติดจุดอ้างอิงควรติดให้ครอบคลุมพื้นที่ เพื่อให้โปรแกรมสามารถกำหนดตำแหน่งการเชื่อมต่อกลุ่มจุดพิกัดในแต่ละมุมมอง 3 มิติ ได้อย่างถูกต้อง (7)



ภาพที่ 2 แสดงการติดจุดอ้างอิง

ขั้นตอนการเตรียมเครื่องสแกน 3 มิติ สำหรับชุดเลนส์ในการสแกนจะประกอบไปด้วย เลนส์ฉายแสง (Projector Lens) 1 ตัว และเลนส์รับภาพ (Camera Lenses) 2 ตัว โดยมีหลอดไฟแบบฮาโลเจน ติดตั้งอยู่ด้านหลังเลนส์ฉายแสง และทำหน้าที่เป็นแหล่งกำเนิดแสง หลังจากคัดเลือก และติดตั้งชุดเลนส์แล้ว จึงทำการสอบเทียบสแกนเนอร์ (Calibration)



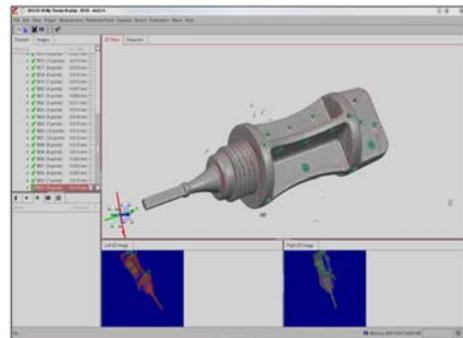
ภาพที่ 3 แสดงเครื่องสแกน 3 มิติ แบบ Optical

ขั้นตอนการสแกนชิ้นงาน 3 มิติ เริ่มต้นจากมุมที่กว้างที่สุด หรือกลางชิ้นงาน เพื่อให้สามารถเก็บ Cloud Point ให้ได้มากที่สุด แล้วค่อยๆ สแกนไปเรื่อยๆ จนครบ



ภาพที่ 4 แสดงการสแกนชิ้นงาน

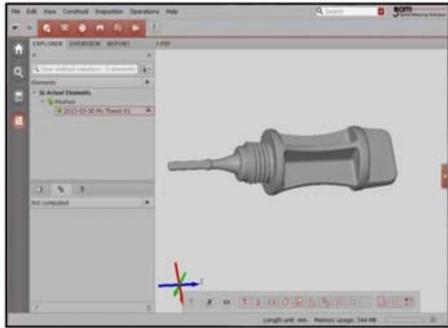
การตรวจสอบว่าสแกนชิ้นงานต้นแบบได้ครอบคลุมหรือยัง สามารถตรวจดู Cloud Point ได้ในคอมพิวเตอร์ด้วยการหมุน มุมมอง ขณะสแกน ตามลักษณะรูปด้านล่าง



ภาพที่ 5 แสดงการสแกนชิ้นงานเสร็จแล้ว

หลังจากสแกนชิ้นงานจนครอบคลุมทุกส่วน แล้วจะทำการประมวลผลข้อมูลด้วย Program คำนวณจุดพิกัด (Digitizing Software) โปรแกรมมีหน้าที่ในการเปลี่ยนค่า และคำนวณสัญญาณความเข้มของแสงจาก CCD ให้กลายเป็นตำแหน่งของกลุ่มจุดพิกัด และแปลงกลุ่มจุดพิกัดเหล่านั้นให้กลายเป็นแบบจำลองโพลิกอน (Polygon Geometry) คือในกรณีที่มีการสแกนบางส่วนของชิ้นงานที่ซ้ำซ้อนกันของการสแกนแต่ละมุมมองบนชิ้นงาน Program คำนวณจุดพิกัด จะทำการตัด Cloud Point นั้นออกและในกรณีที่มี Cloud Point บางส่วนติดมาไม่ครบ

ทุกส่วน Program ก็จะมีส่วนนั้นให้ โดยอ้างอิงจาก Cloud Point ที่อยู่รอบๆ จากนั้นทำการจัดส่วนที่ไม่ต้องการ (Noise) และการปรับขนาด Mesh Size และใช้ฟังก์ชันของ Program (8) ในการตรวจสอบวัดขนาดส่วนต่างๆ ของชิ้นงานต้นแบบ จากนั้น Save ข้อมูลไปด้วยนามสกุล .STL



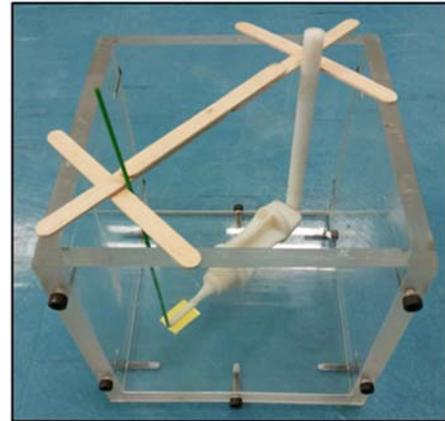
ภาพที่ 6 แสดง Polygon Mesh ที่แก้ไขแล้ว

2. ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานต้นแบบ (9) ด้วยเครื่องสร้างต้นแบบ 3 มิติ (Rapid Prototyping 3D) คือ การทำต้นแบบรวดเร็วโดยใช้ข้อมูล 3 มิติ จากคอมพิวเตอร์ (CAD Data) นามสกุล .STL ในการวิจัยครั้งนี้ได้ ใช้วิธีการวิธีเพิ่มเข้า (Additive Process) กรรมวิธีนี้มีข้อดีคือ สร้างต้นแบบได้รวดเร็วและมีรูปร่างซับซ้อนได้ และไม่ต้องสร้างเสาค้ำยัน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping 3D) ของบริษัท 3D Systems ซึ่งมีความละเอียดในการแบ่งความหนาชั้น (Solid Layer) อยู่ที่ 0.04 mm มีขนาดพื้นที่ขึ้นต้นแบบ ขนาด 300x185x203 mm โดยที่ความเร็วสูงสุดในการสร้างชิ้นงานต้นแบบอยู่ที่ 6.5 mm/hour โดยเริ่มต้นจากการใช้ข้อมูล 3 มิติ นามสกุลเป็น .STL ที่ได้จากเครื่องสแกน 3 มิติ ส่งถ่ายข้อมูล ไปสู่เครื่อง 3D Printer



ภาพที่ 7 แสดงชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง

3. ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ซิลิโคน ด้วยวิธีการเทหล่อในระบบสุญญากาศ นำชิ้นงานจากเครื่องสร้างต้นแบบ มาทำการติดตั้งชิ้นงาน พร้อมทั้งรูเท และรูล้น ลงในกล่องแม่แบบ เพื่อสร้างแม่พิมพ์ซิลิโคน



ภาพที่ 8 แสดงการติดตั้งชิ้นงาน พร้อมทั้งรูเท และรูล้น ลงในกล่องแม่แบบ

ทำการผสมระหว่าง ซิลิโคนกับตัวเร่งปฏิกิริยาให้เซตตัว (แข็งตัว) และหลังเทต้องนำเข้าสู่ระบบสุญญากาศ (Vacuum Casting System) เพื่อป้องกันไม่ให้อากาศตกค้างอยู่ในแม่พิมพ์ซิลิโคน แล้วนำซิลิโคนออกมาผ่าเพื่อนำชิ้นงานต้นแบบออก



ภาพที่ 9 แสดงอุปกรณ์ และการผ่าแม่พิมพ์

4. ขั้นตอนการสร้างชิ้นงาน ด้วยวิธีการเทหล่อ ในระบบสูญญากาศ ทีมวิจัยได้ใช้เครื่องของบริษัท MPC รุ่น 5/01 และเรซินเบอร์ 8040 ซึ่งเป็น พลาสติก Polypropylene เหมือนชิ้นงานต้นแบบ



ภาพที่ 10 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์ในตู้เท

การเทเรซิน ในระบบสูญญากาศนี้ เพื่อป้องกันการเกิด ฟองอากาศที่ชิ้นงาน จากนั้นนำแม่พิมพ์ไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้เรซินเซตตัวก่อนจะนำ ชิ้นงานออกมาและนำชิ้นงานที่ได้ไปสแกน



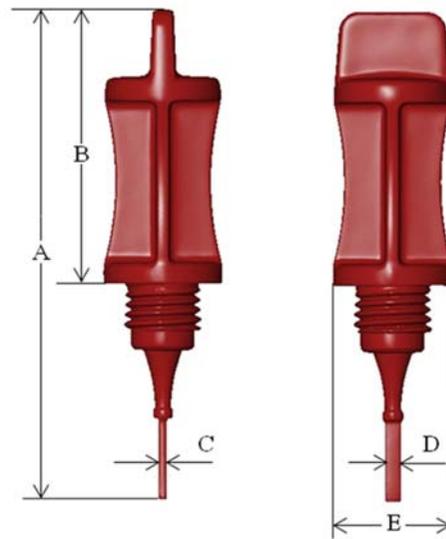
ภาพที่ 11 แสดงชิ้นงานเรซินที่ได้จากการเทหล่อ

ผลการวิจัย

ผลของการดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยได้ลำดับผล การตรวจสอบขนาดชิ้นงานไว้ดังต่อไปนี้

1. ชิ้นงานต้นแบบ
2. ชิ้นงานต้นแบบที่ได้จากการสแกน 3 มิติ
3. ชิ้นงานที่ได้จากเครื่อง (RP)
4. ชิ้นงานที่ได้จากการเทหล่อ (5 ชิ้น)
5. ผลการนำชิ้นงานที่ได้จากการเทหล่อในระบบ สูญญากาศไปทดลองใช้งาน

ในการตรวจสอบขนาดของก้านวัดระดับน้ำมันเครื่อง รถจักรยานยนต์ที่ทีมวิจัยได้กำหนดตำแหน่งไว้ 5 จุด ตามภาพ ด้านล่าง



ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งการตรวจสอบขนาด

ในการวัดขนาดชิ้นงาน ทีมวิจัยได้ตรวจสอบขนาดด้วย เวอร์เนียและใช้โปรแกรม 3 มิติ ช่วยในการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน ซึ่งวิธีนี้จะใช้ตำแหน่งของ Cloud Point ที่มีการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 1 แสดงผลการตรวจสอบขนาดชิ้นงานที่ได้จากกรรมวิธีต่างๆ

ตำแหน่งการตรวจสอบขนาด	ต้นแบบ (mm)	เครื่องสแกน 3 มิติ (mm)	เครื่อง Rapid Prototyping (mm)	เทหล่อในระบบสุญญากาศ (ค่าเฉลี่ย) (mm)
A	119.96	119.98	119.96	119.94
B	67.08	67.09	67.08	67.07
C	1.98	2.011	2.00	2.00
D	4.97	5.004	5.00	5.00
E	30.02	30.025	30.02	30.01

การเปรียบเทียบชิ้นงานกรณีที่ 1

การเปรียบเทียบค่าการตรวจสอบขนาดของ ก้านวัดระดับน้ำมันเครื่อง ระหว่างชิ้นงานต้นแบบกับสแกน 3 มิติ พบว่าค่าความแตกต่างจะไปในทิศทางเพิ่มขึ้นทุกค่า โดยที่ค่าสูงสุดอยู่ที่ตำแหน่งการวัดจุด D มีเท่ากับ 0.034 mm ซึ่งสาเหตุมาจากความหนาของสีที่พื้นลงบนชิ้นงานเพื่อลดการสะท้อนแสงของชิ้นงานขณะสแกน

การเปรียบเทียบชิ้นงานกรณีที่ 2

การเปรียบเทียบค่าการตรวจสอบขนาดของ ก้านวัดระดับน้ำมันเครื่อง ระหว่างสแกน 3 มิติ กับชิ้นงานที่ได้จากเครื่องสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว พบว่าค่าความแตกต่างจะไปในทิศทางลดลงทุกค่า โดยที่ค่าแตกต่างที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งการวัดจุด A มีค่าเท่ากับ 0.02 mm ซึ่งสาเหตุมาจากค่าการหดตัวของวัสดุ (PP) ที่ใช้ในการสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว

การเปรียบเทียบชิ้นงานกรณีที่ 3

การเปรียบเทียบค่าการตรวจสอบขนาดระหว่างชิ้นงานที่ได้จากเครื่องสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว Rapid Prototyping (RP) กับชิ้นงานเรซินที่ได้จากการเทหล่อชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ซิลิโคน โดยการเทหล่อในระบบสุญญากาศพบว่า ค่าความแตกต่างจะไปในทิศทางลดลงทุกค่า โดยที่ค่าแตกต่างมากที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งการวัดจุด A มีค่าเท่ากับ 0.02 mm ซึ่งสาเหตุน่าจะมาจากค่าการหดตัวของเรซินที่ใช้ในการเทหล่อ

การเปรียบเทียบชิ้นงานกรณีที่ 4

การเปรียบเทียบชิ้นงานต้นแบบกับชิ้นงาน เรซินที่ได้จากการเทหล่อในระบบสุญญากาศนั้นพบว่ามีความใกล้เคียงกันมาก โดยที่ค่าแตกต่างที่สุดอยู่ที่ตำแหน่งการวัดจุด D มีค่า 0.03 mm



ภาพที่ 13 แสดงชิ้นงานต้นแบบกับชิ้นงานเทหล่อ

ผลของการวิจัยเรื่อง การทำชิ้นส่วนรถด้วยวิธีการทำต้นแบบอิเล็กทรอนิกส์ และวิศวกรรมย้อนกลับ ผู้วิจัยพบว่ากระบวนการทั้งหมดสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในภาคอุตสาหกรรมได้จริง และยังสามารถตอบสนองความต้องการของภาคอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างดี ซึ่งสรุปผลไว้ดังต่อไปนี้

1. ความเที่ยงตรงของกลุ่มจุดพิกัดของชิ้นส่วนรถที่ได้จากการเครื่องสแกน 3 มิติ แบบ Optical Technology เมื่อนำไปปรับเปลี่ยนให้เป็นแบบจำลองพื้นผิวในรูปแบบของไฟล์มาตรฐาน เช่น IGES, Step หรือ STL และเปรียบเทียบกับชิ้นส่วนรถต้นแบบจะพบว่ามีความเที่ยงตรงสูง และสามารถนำไปใช้ในการผลิตได้ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบขนาด (QC.) ชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ได้ เนื่องจากสามารถวัดขนาดชิ้นงานที่ไม่ใช่

รูปทรงสมมาตรได้สะดวก รวดเร็วกว่าการวัดด้วยเครื่อง CMM นอกจากนี้ยังสามารถนำกลุ่มพิกัดที่ได้ไปใช้งานร่วมกับ Computer Aided Engineering (CAE) ในการวิเคราะห์หาขนาดที่แตกต่างระหว่างชิ้นงานที่ออกแบบกับชิ้นงานที่ผลิตได้ หรือขนาดที่แตกต่างระหว่างชิ้นงานก่อนใช้งานกับชิ้นงานที่ใช้งานไประยะหนึ่งแล้ว (ณัฐพล จันทรพาณิชย์ และคณะ, 2550) พบว่าค่า 3 มิติที่ได้จากสแกนระบบออปติคัลนั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อย เหมาะกับชิ้นงานต้นแบบที่มีผิวเรียบและพื้นผิวมีสีทึบแสง (ณรงค์ พิทักษ์ทรัพย์สิน, 2550) กล่าวไว้ในปัจจุบันนิยมนำวิศวกรรมย้อนกลับมาประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมยานยนต์และชิ้นส่วนเป็นอย่างมาก เนื่องจากช่วยลดระยะเวลา และต้นทุนในการออกแบบได้มาก รวมถึงตอบสนองความต้องการของผู้ออกแบบให้สามารถสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ได้อย่างอิสระ ตรงตามความต้องการของผู้บริโภคภายใต้เงื่อนไขทางการตลาด และระยะเวลาที่จำกัด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Giovanna Sansoni and Franco Docchio (2004) พบว่าการใช้เครื่องสแกน 3 มิติ ร่วมกับวิศวกรรมย้อนกลับสามารถลดเวลาในการออกแบบ โมเดลจำลองของรถ Ferrari 250MM และขนาดที่ได้มีความแม่นยำสูงและสามารถนำข้อมูลไปใช้ขึ้นรูปต้นแบบ ขนาด 370x150x90 mm ได้อย่างดี

2. การสร้างชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว 3 มิติ ด้วยเครื่องแบบ Rapid Prototyping (RP) นั้น สามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลต้นแบบ 3 มิติ จากคอมพิวเตอร์ (CAD Data) หรือใช้ข้อมูลจากเครื่องสแกน 3 มิติ ซึ่งชิ้นงานต้นแบบที่ได้เมื่อเทียบกับขนาดจากเครื่องสแกน 3 มิตินั้นมีความคลาดเคลื่อนน้อยมาก และมีข้อดีคือได้เห็นและสัมผัสชิ้นงานต้นแบบ และสามารถทดลองประกอบชิ้นส่วนได้ (ฉัตรชัย จันทรเด่นดวง, 2546) ได้กล่าวไว้ว่าจุดประสงค์หลักของการทำต้นแบบมี 3 ประการ คือ เพื่อดูรูปร่างของผลิตภัณฑ์ที่ได้ออกแบบและใช้สื่อสารกันในการผลิต เพื่อทดลองประกอบกัน และเพื่อทดสอบการใช้งาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Imamura Masato (2006) พบว่าข้อดีของเครื่อง RP คือ สามารถสั่งผลิตได้เลย เปลี่ยนแปลงรูปร่างชิ้นงานได้ง่าย เปลี่ยนรูปร่างชิ้นงานได้ตลอดเวลา และชิ้นงานที่ได้มีรายละเอียดชัดเจน เช่นเดียวกับ C.M. Cheah, C.K. Chua and C.W.Lee (2009) พบว่า การลงทุนเพิ่มในส่วนของการทำ RP นั้นเป็นการลงทุนที่คุ้มค่ามากในระยะยาว เมื่อนำมาจนถึงผลประโยชน์ในการแข่งขันทางการตลาด เนื่องจากเป็นการสร้างชิ้นงาน 3 มิติที่รวดเร็ว

และยังเปลี่ยนวัสดุให้มีคุณสมบัติได้ตามต้องการ สามารถสร้างชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ตามต้องการ

3. การสร้างแม่พิมพ์ซิลิโคน และการสร้างชิ้นงานด้วยการเทหล่อในแม่พิมพ์ซิลิโคน ด้วยระบบสุญญากาศ (Vacuum Casting System) เมื่อนำชิ้นงานที่ได้ไปเปรียบเทียบกับชิ้นงานต้นแบบนั้นพบว่าชิ้นงานที่ได้มีขนาดที่ใกล้เคียงกับต้นแบบมาก พื้นผิวเหมือนต้นแบบทุกประการ รวมถึงไม่พบปัญหาการเกิดฟองอากาศในชิ้นงานและจุดเด่นอีกอย่างก็คือสามารถเลือกผสมสีได้หลากหลายเปลี่ยนสีได้ทุกครั้งที่เท ส่วนอายุการใช้งานและความแข็งแรงของแม่พิมพ์ขึ้นอยู่กับเกรดของซิลิโคน ในส่วนของวัสดุที่ใช้เทนั้น มีหลายชนิดเช่น PP, PS, PE, ABS หรือกลุ่มของยาง เป็นต้น สามารถเปลี่ยนได้ตามความต้องการของผู้ผลิต สอดคล้องกับงานวิจัยของ C.K. Chua, T.H. Chew and K.H. Eu. (2008) พบว่า เทคโนโลยีการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบด้วยกรรมวิธี (SLA) เป็นเทคโนโลยีขั้นสูงที่พัฒนามาเพื่อตอบสนองการพัฒนาผลิตภัณฑ์ เมื่อนำมาประยุกต์ใช้งานการกับกระบวนการเทหล่อ ในระบบสุญญากาศ ด้วยวัสดุโพลีเอสเตอร์ ชิ้นงานที่ได้นั้นมีคุณสมบัติที่ดีตรงตามความต้องการ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Y.Tang, W.K. Tan and J.Y.H. Fuh (2007) ที่ศึกษาการผลิตเพียงขนาดเล็กด้วยกรรมวิธีเทหล่อในแม่พิมพ์ซิลิโคนด้วยระบบสุญญากาศ พบว่าชิ้นงานที่ได้มีค่าผิดพลาดน้อยมาก แสดงให้เห็นว่ากระบวนการนี้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรงสูงมาก แม้แต่ชิ้นงานที่มีขนาดเล็กก็ตาม

ผลการวิจัยครั้งนี้สรุปได้ว่า การนำวิศวกรรมย้อนกลับมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ นั้นส่งผลดีต่อภาคอุตสาหกรรมยานยนต์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะการออกแบบชิ้นส่วนใหม่ๆ หรือชิ้นส่วนทดแทน เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นส่วนตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว ทั้งในกรณีที่เป็นต้นแบบเป็นการบันมาจากดินเหนียว ปูน หรือในกรณีที่ต้นแบบเป็นข้อมูล CAD รวมทั้งสามารถแก้ไขปรับปรุงได้สะดวก และในส่วนของการขึ้นส่วนทดแทนนั้นก็สามารถผลิตชิ้นส่วนทดแทนที่เหมือนกับชิ้นส่วนที่ชำรุดได้อย่างรวดเร็วโดยไม่จำเป็นต้องอาศัยแบบ (Drawing) ของชิ้นส่วนที่ชำรุด ดังนั้นผลการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางแก่ภาคอุตสาหกรรมของประเทศ ในการปรับปรุงและพัฒนาเทคนิคการออกแบบ และกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์ ช่วยลดต้นทุน และช่วยลดวัฏจักรวงจรการออกแบบและพัฒนา

ผลิตภัณฑ์ ช่วยเพิ่มโอกาสและความหลากหลายในการพัฒนา รูปแบบผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เพิ่มศักยภาพในการแข่งขันด้านธุรกิจ เป็นอย่างมาก

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเพื่อหาขั้นตอนในการผลิต ชิ้นส่วนยานยนต์ที่สะดวกรวดเร็ว และมีคุณภาพสามารถใช้งาน แทนชิ้นส่วนต้นแบบได้ ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าสามารถนำ กระบวนการวิศวกรรมย้อนกลับทั้งหมด (สแกน 3 มิติ, การสร้าง ชิ้นงานต้นแบบรวดเร็ว และการเทหล่อด้วยระบบสูญญากาศ) ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ ได้อีกเช่น ด้านการออกแบบ เครื่องประดับที่อ้างอิงต้นแบบที่ได้จากธรรมชาติ ด้านการแพทย์ ที่เกี่ยวกับโครงสร้างของเฉพาะบุคคล หรือด้านโบราณคดีที่ไม่ สามารถสัมผัสได้โดยตรงกับวัตถุ เป็นต้น ส่วนข้อเสนอแนะ สำหรับการสแกน 3 มิติชิ้นงานต้นแบบด้วยระบบออฟติก ที่มีความคลาดเคลื่อนของขนาดเนื่องจากความหนาของผงแป้งที่ พ่นลงไปเพื่อลดการสะท้อนแสงนั้น ในปัจจุบันมีเทคโนโลยีใหม่ได้ เข้ามาเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้วเรียกว่า Blue Light คือ เทคโนโลยีสแกนด้วยแสงสีน้ำเงิน และในส่วนของความคลาดเคลื่อน ของของขนาดที่เกิดขึ้นจากเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว (RP) และขนาดที่คลาดเคลื่อนจากการเทหล่อด้วยแม่พิมพ์ซิลิโคนใน ระบบสูญญากาศนั้นสามารถแก้ไขได้โดยการขยายขนาดชิ้นงาน ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ก่อนการทำขึ้นรูป ซึ่งอัตราการขดเขย ค่าหดตัวนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุที่ใช้ขึ้นต้นแบบ นอกจากนี้ ยังขึ้นอยู่กับความชำนาญของผู้ทำด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากการช่วยเหลือ และให้คำปรึกษาจากบุคลากรของศูนย์แม่พิมพ์และด้ายพลาสติก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือและได้รับ ทุนสนับสนุนวิจัย จากสำนักบริหารโครงการวิจัยในอุดมศึกษา และพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ทางที่มิวิจัยต้องขอบพระคุณ ทุกท่านที่กล่าวมาเป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2554. **แผนแม่บทการพัฒนาอุตสาหกรรม ไทย พ.ศ. 2555-2574**. กรุงเทพมหานคร: สำนักงาน เศรษฐกิจอุตสาหกรรม.
- ฉัตรชัย จันทรเดั่นดวง. 2546. **เทคโนโลยีการสร้างต้นแบบ รวดเร็ว**. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุ แห่งชาติ (เอ็มเทค).
- ณรงค์ พิทักษ์ทรัพย์สิน และประสิทธิ์ วัฒนวงศ์สกุล. 2550. **วิศวกรรมย้อนรอยกับการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์**. ปทุมธานี: ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (เอ็มเทค).
- ณัฐพล จันทรพาณิชย์ และคณะ. 2550. "การศึกษาการเปรียบเทียบ เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอยด้วยระบบเลเซอร์และ ระบบออฟติก". **การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัย เกษตรศาสตร์** ครั้งที่ 45: 578-586.
- สถาพร ชาดาคม และคณะ. 2549. "การออกแบบ และผลิตตัวถัง ยานยนต์ต้นแบบ สำหรับรถลาดตระเวนหุ้มเกราะ เอนกประสงค์ขนาดเบา". **วารสารวิชาการเทคโนโลยี อุตสาหกรรม**. 2(ฉบับพิเศษ): 38-44.
- สถาพร ชาดาคม. 2552. "วิศวกรรมย้อนรอยสำหรับการออกแบบ ชิ้นส่วนยานยนต์". **วารสารวิจัยและพัฒนา มจพ**. 97: 23-30.
- C.K. Chua, T.H. Chew and K.H. Eu. 2007. "Micro-mold fabrication a micro-gear via vacuum casting. **Journal of Materials Processing Technology**. 192: 334-339.
- C.K. Chua, T.H. Chew and K.H. Eu. 2008. "Integrating rapid prototyping and tooling with vacuum casting for connectors". **Journal of Manufacturing Technology**. 14: 617-632.
- C.M. Cheah., C.K. Chua. and C.W.Lee. 2006. "Rapid prototyping and rapid tooling techniques". **Journal of Manufacturing Technology**. 25: 308-320.

Giovanna, Sansoni and Franco, Docchio. 2004. "3 dimensional optical measurements and reverse engineering for automotive applications". **Robotics and Computer Integrated Manufacturing**, 20: 359-367.

Imamura, Masato. 2006. "Rapid prototyping and rapid tooling". **Journal of the Japan Society of Mechanical Engineers**. 109: 742-745.

Yongtae, Jun. 2005. "A piecewise hole filling algorithm in reverse engineering". **Computer Aided Design**, 37: 263-270.

Yu, Zhang. 2003. "Research into the engineering application of reverse engineering technology". **Journal of Materials Pressing Technology**, 139: 472-475.



>> **สถาพร ชำตาคม**

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (ค.อม.) สาขาเครื่องกล พ.ศ. 2538 ปริญญาตรี (ค.อบ.) สาขาเครื่องกล พ.ศ. 2528 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



>> **อุเทน คณะวาปี**

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (ว.ศม.) สาขาวิศวกรรมการผลิต พ.ศ. 2550 ปริญญาตรี (อ.สพ.) สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2545 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



>> **ศักดิ์ชัย ม่วงภาณี**

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (ว.ทม.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2551 ปริญญาตรี (อ.สพ.) สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2547 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ