ME-NETT23 The 23rd Conference of the Mechanical Engineering Network of Thailand

AMM

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23
4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่

การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว ด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น

Prototype of a Rapid Tooling Machine by Laminated Object Manufacturing

กิตตินาถ วรรณิสสร[1*], คุณยุต เอี่ยมสอาด[1,2]

[1] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
[2] สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน กรุงเทพฯ 10900
โทร (668) 41302726 โทรสาร 0-2579-4576
*E-mail: kim7777@gmail.com

บทคัดย่อ

อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันมีความต้องการเทคนิคที่ช่วยในการออกแบบและผลิตชิ้นงานต้นแบบเพื่อใช้ในการพิจารณารูปลักษณ์ภายนอก การประกอบติดตั้ง การใช้งาน และการทดสอบทางกล การสร้างต้นแบบแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping – RP) นั้นเป็นทางเลือกหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิต อย่างไรก็ตาม RP เป็นการสร้างชิ้นงานต้นแบบโดยใช้วัสดุจากผู้ผลิตซึ่งมีราคาแพงมากรวมทั้งราคาเครื่องที่สูงเกินไปสำหรับอุตสาหกรรมในประเทศ นอกจากนั้นวัสดุที่ใช้ทำชิ้นงานโดยส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกซึ่งไม่สามารถนำมาประกอบเพื่อทดลองใช้งานจริงและไม่สามารถนำมาทดสอบทางกลได้ เทคโนโลยีการขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว (Rapid Tooling – RT) ด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นเป็นทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตที่คณะผู้วิจัยนำเสนอในบทความนี้ หลักการโดยย่อของเครื่องขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นนี้คือใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศและราคาถูก ด้านล่างของแผ่นวัสดุจะมีวัสดุที่ทำให้เหนียวเพื่อให้สามารถยึดเกาะกับแผ่นวัสดุชั้นก่อนหน้าได้ดี ไฟล์สามมิติของชิ้นงานต้นแบบที่ต้องการผลิตจะถูกนำมา ใช้ทำการสร้างแม่พิมพ์เป็นสามมิติในคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นไฟล์สามมิติของแม่พิมพ์จะถูกนำไปสร้างเป็นภาพตัดขวาง โดยความสูงของภาพตัดขวางในแต่ละชั้นคือความหนาของแผ่นวัสดุที่ใช้ ภาพตัดขวางแต่ละชั้นของแม่พิมพ์จะถูกตัดด้วยเครื่อง ต้นแบบเฉพาะขอบของภาพตัดขวาง เมื่อได้แผ่นวัสดุเป็นรูปตัดขวางแต่ละชั้นของแม่พิมพ์แล้ว แผ่นวัสดุแต่ละชั้นจะถูกนำเข้าเครื่องรีดร้อนโดยมีตัวกดทับและรีดด้วยความร้อนเพื่อให้ติดกัน เมื่ออัดแผ่นวัสดุให้ติดกันจนหมดจะได้แม่พิมพ์ที่ใช้ผลิตชิ้นงานต้นแบบตามต้องการ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ได้นั้นสามารถนำไปหล่อขึ้นรูปให้ได้เนื้อวัสดุที่ ไม่ใช้ความร้อนสูงหลากหลายตรงตามความต้องการของผู้ผลิตและสามารถทำซ้ำได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำ วิธีการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วนี้นอกจากจะสามารถลดต้นทุนการผลิต ยังลด เวลาในการผลิตแม่พิมพ์ลงด้วย ในการศึกษาเพื่อผลิตเครื่องต้นแบบนี้ คณะผู้วิจัยใช้กระดาษเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์ แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้แผ่นโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นที่เหมาะสมแทนได้ เช่น โฟม แผ่นปูน แผ่นอะคลิลิค เป็นต้น

คำหลัก: การขึ้นรูปทีละชั้น, การขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว, Laminated Object Manufacturing (LOM)

Abstract

In today industries, manufacturers require techniques that can help designers in designing and manufacturing parts. Prototypes are made in order to help in decision making. Part appearance, ability for assembly, and function can be checked before the mass production begins. Mechanical tests can be conducted in order to check several mechanical aspects of the parts. Rapid prototyping (RP) is the only available choice in today manufacturing industries. However, RP machine is quite expensive. Material used for making the prototypes is very expensive since only the RP manufacturers know the composition and properties of the materials – mostly plastic. Moreover, these plastic prototypes made by the conventional RP machines are not function parts. That means they cannot be tested for assembly. Mechanical tests are inappropriate to be conducted as well. Introduced in this paper, Rapid tooling (RT) by using layer manufacturing technique is a new choice for the manufacturers. Our Rapid Tooling Machine by Layered Manufacturing utilizes sheet materials that are easy to find and affordable. Sticky material likes glue is used to hold the sheets together. Three-D file of the part that we want to make the prototype is fed to the computer. After that, the 3-D file of the associated mold is created and sliced along the Z-axis. Sheets are cut using the machine according to the slice information from the previous step. The thickness of the sheets is the layer height while stacking up the sheets layer by layer starting from the bottom to the top. While stacking up the sheets one by one, hot plate is brought in every layer in order to heat the glue or the sticky material beneath the sheets. After the stacking process has been finished, mold is ready to be used for casting the part using the appropriate material. In this paper, the paper sheets are used because of the price. The principles can, however, apply to the metal sheets or sheets made by other materials.

Keywords*:* Layer Manufacturing, Rapid Tooling, Laminated Object Manufacturing (LOM).

1. บทนำ

สภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบัน การนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ๆออกสู่ตลาดโดยมีการนำผลิตภัณฑ์ต้นแบบนำเสนอ เพื่อสำรวจตลาด ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่เพิ่มความมั่นใจแก่ผู้ลงทุนเนื่องจากแบบที่ได้ออกแบบจาก การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) ถึงแม้จะเป็น รูปทรง 3 มิติ (Solid Model) ยังคงไม่สามารถใช้ตรวจสอบความถูกต้องได้ เพราะว่า เราไม่สามารถนำมาทดลองใช้จริงได้เช่น ขนาดเหมาะสมหรือไม่ ปุ่มที่ออกแบบมากดได้หรือไม่ เป็นต้น ดังนั้นสำหรับฝ่ายการออกแบบและการผลิต ชิ้นงานต้นแบบดังกล่าวมีประโยชน์ในการนำต้นแบบที่ผลิตได้ไปใช้ในการตรวจสอบลักษณะการใช้งานต่างๆ (Function Testing) เช่นการทำงานร่วมกับชิ้นงานอื่นๆ การประกอบ การทดสอบความแข็งแรงและรูปทรง ทำให้สามารถแก้ไขข้อบกพร่องทั้งหมดได้ก่อนดำเนินการสร้างแม่พิมพ์เพื่อใช้สำหรับการผลิตจำหน่ายจำนวนมากๆ การสร้างแม่พิมพ์ใช้การลงทุนสูง และถ้าหากมีการแก้ไขแม่พิมพ์จะทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นชิ้นงานต้นแบบจึงลดระยะเวลาตั้งแต่การออกแบบจนถึงการผลิตจำหน่ายและเพิ่มโอกาสทางการค้าได้

อุตสาหกรรมที่พัฒนาแล้วมีแนวโน้มความต้องการชิ้นงานต้นแบบจัดเป็นขั้นตอนมาตรฐานในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์นั้นๆ สำหรับธุรกิจในตลาดเสรีที่มีการแข่งขันสูง นักลงทุนจากต่างประเทศมีแนวโน้มที่จะให้ แนวคิด(Concept) และคุณลักษณะเฉพาะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ผู้รับจ้างผลิตต้องออกแบบผลิตภัณฑ์เอง นำต้นแบบไปเสนอ เพื่อใช้

ประกอบการพิจารณา ผู้นำเสนอ ชิ้นงานได้เร็วจึงมีโอกาสสูงในการได้รับการว่าจ้างการผลิต อีกทั้งในปัจจุบันอายุการตลาดของผลิตภัณฑ์ต่างๆน้อยลง ซึ่งส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องพัฒนารูปโฉมของผลิตภัณฑ์ของตนให้ทันยุคทันสมัยอยู่เสมอ ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับผู้ประกอบการในการค้นคว้าหาแนวทางและศึกษาเทคโนโลยีการออกแบบและเทคนิคการสร้างต้นแบบที่เหมาะสมตามปริมาณความต้องการสำหรับผลิตภัณฑ์ของตน

จากความต้องการนี้ทำให้เกิดเทคโนโลยีการขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็ว หรือ Rapid Tooling (RT) [1-3] ซึ่งเป็นเทคนิคใหม่ จากความต้องการเทคโนโลยีในการขึ้นรูปที่มีความรวดเร็ว คุณภาพสูง และราคาถูกลง ทำให้มีการพัฒนากระบวนการขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็วขึ้นหลายวิธีซึ่งวิธีการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วนี้ทำให้เกิดประสิทธิภาพที่สูงขึ้นของการออกแบบชิ้นงาน เพื่อที่จะนำมาลดความผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้น และยังลดต้นทุน และเวลาในการผลิตแม่พิมพ์อีกด้วย [4] ในปัจจุบัน มีเทคโนโลยี RP และ RT แบบต่างๆ หลากหลายให้ผู้ผลิตเลือกใช้ให้ตรงกับความต้องการ [5]

ทางผู้วิจัยได้สนใจเทคโนโลยี Laminated Object Manufacturing (LOM) ในการผลิต RP จึงได้นำวิธีนี้มาประยุกต์ใช้ใน RT ซึ่งใช้ กระบวนการขึ้นรูปทีละชั้น(Layering Technique) เช่นเดียวกับ LOM โดยได้สร้างเครื่องต้นแบบ ขึ้นเพื่อดำเนินการสร้าง RT ขึ้นจากต้นแบบ จากไฟล์ CAD 3มิติที่ได้ออกแบบไว้ โดยได้ศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมาเช่นการใช้เทคโนโลยี LOM สร้างเป็นแม่พิมพ์หล่อคานรูปตัวไอ [6], การสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วโดยการใช้เหล็กตัดเป็นชั้นๆ นำมาเชื่อมกันเพื่อใช้ในงานแม่พิมพ์ ต่างเช่น แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก, แม่พิมพ์หล่อเหล็กและเซรามิก [7-9], โดยเฉพาะการสร้างแม่พิมพ์พระที่มีกระบวนการคล้ายกับการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็ว โดยการใช้แผ่นปูนตัดเป็นชั้นๆต่อกันขึ้นไปจนครบองค์พระ ซึ่งในการศึกษางานวิจัยนี้ทางผู้วิจัยนี้ได้ใช้กระดาษเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์ แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้แผ่นโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นที่เหมาะสมแทนได้

2. ทฤษฎี และหลักการ

วิวัฒนาการเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็ว เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2521 และมีการผลิตออกจำหน่ายเครื่องแรกในปี พ.ศ. 2531 นับแต่นั้นมา อุตสาหกรรม RP ได้มีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยเป็นเทคโนโลยีที่ส่งเสริมและสนับสนุนอุตสาหกรรมการผลิตต่างๆ ที่ต้องการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพสูงและออกสู่ตลาดได้ในระยะเวลาที่สั้น เช่น ในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนพลาสติก อุปกรณ์ของใช้ภายในบ้านและครัวเรือน เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า ของเล่นและเครื่องประดับ เป็นต้น ในหลายปีที่ผ่านมา ได้มีการนำเทคโนโลยี RP มาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตแม่พิมพ์และชิ้นส่วนโดยเรียกเป็น การสร้างเครื่องมือรวดเร็ว หรือ RT

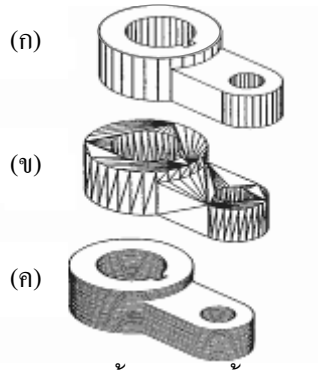
2.1 กรรมวิธีการสร้างต้นแบบ

2.1.1. กรรมวิธีพื้นฐานของการสร้างต้นแบบ ได้แก่การขึ้นเป็นรูปทรงสามมิติ โดยกรรมวิธีที่ไม่ต้องพึ่งเทคโนโลยีชั้นสูงใดๆ เพราะเป็นการอาศัยฝีมือแรงงานและความปราณีตในการประกอบและตบแต่ง

2.1.2. กรรมวิธีระดับกลาง ได้แก่ เครื่องกลึง เครื่องเจาะ และที่สำคัญคือ เครื่องกัด หรือเครื่อง กัด Milling ควบคุมด้วยระบบ ซีเอ็นซี (CNC) แล้วใช้ฝีมือในการประกอบชิ้นส่วนปลีกย่อย ขัดผิวตบแต่งตามต้องการ

2.1.3. กรรมวิธีระดับสูง เป็นการใช้เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping Machine) โดยมีหลักการสร้างวัตถุ3มิติ จากการสร้างเป็นชั้นบางของพื้นที่หน้าตัดประกบซ้อนกันทีละชั้น จากชั้นล่างไปจนถึงชั้นบนสุด หลักการนี้เรียกว่า Layering Technique โดยทำการแปลงชิ้นงานที่เป็น Solid model เป็น STL file ก่อน แล้วทำการ ตัดไฟล์เป็นชั้นๆ (ภาพที่1) กรรมวิธีประเภทนี้จึงเป็นการ

เสริมสร้างเนื้อหรือเพิ่มเนื้อวัสดุขึ้นเป็นรูปทรง ซึ่งต่างกับกรรมวิธีระดับกลางที่ใช้เครื่อง CNC Milling ซึ่งเป็นการลดเนื้อวัสดุโดยการตัดหรือกัดเนื้อวัสดุออกทำให้เกิดวัสดุสิ้นเปลือง

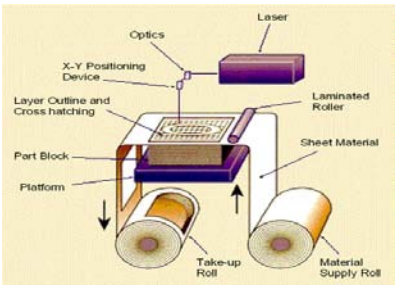


ภาพที่ 1 กระบวนการขึ้นรูปทีละชั้น (ก) Solid Model, (ข) STL file, (ค) Sliced Layers

2.1.4. กรรมวิธีสนับสนุนต่อเนื่อง เป็นการสร้างชิ้นงานจากตัวชิ้นงานจริง หรือจากชิ้นงานต้นแบบ ที่ได้จากกรรมวิธีใดวิธีหนึ่งเบื้องต้น โดยกรรมวิธีในการลอกแบบจากชิ้นงานจริงนี้ ได้แก่การหล่อพิมพ์ โดยใช้แม่พิมพ์ยางหรือ ซิลิโคน (Soft Molding) หรือ การใช้หล่อทราย (Sand Casting) การใช้ WAX ใน Investment Casting ฯลฯ

2.2 Laminated Object Manufacturing (LOM)

เทคโนโลยี LOM(ภาพที่ 2) ผลิตโดย บริษัท Helisys ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้กระดาษเป็นวัสดุและเลเซอร์ตัดเฉพาะขอบของพื้นที่หน้าตัดแทนการสแกนพื้นที่หน้าตัดทั้งหมด กระดาษที่ใช้มีผิวด้านล่างเป็นกาวซึ่งจะเกิดความเหนียวได้โดยการให้ความร้อน งานที่ได้นั้นจะเป็นตัวชิ้นงานที่ต้องการ ซึ่งอาจจะมีชิ้นส่วนของกระดาษที่เป็นฐานพยุงซึ่งสามารถแกะออกได้ ตัวชิ้นงาน มีความแข็งและมีลักษณะคล้ายทำจากไม้(ภาพที่ 3 และ 4) นอกเหนือจากการตัดขอบแล้ว เทคโนโลยี LOM สามารถตัดรูปตาข่ายบนพื้นที่ที่ไม่ใช่เป็นเนื้อของชิ้นงานหรือที่เป็นฐานพยุง เพื่อสะดวกต่อการแยกออกจากชิ้นงาน



ภาพที่ 2 Laminated Object Manufacturing (LOM)

ภาพที่ 3 ชิ้นงาน LOM เมื่อยิงเลเซอร์เสร็จทำการแกะออกจากส่วนที่ไม่ใช่ชิ้นงาน

ภาพที่ 4 ชิ้นงาน LOM ที่เสร็จแล้ว

2.3 การขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็ว (Rapid Tooling)

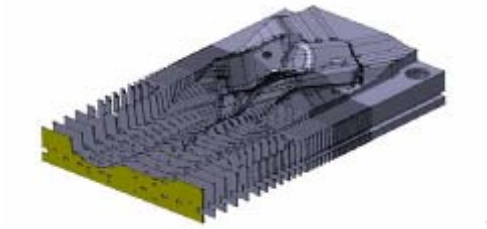
การขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็ว เป็นคำที่ใช้อธิบายกระบวนการผลิตซึ่งใช้ต้นแบบรวดเร็วเป็นแม่แบบในการสร้างเบ้าหล่อ หรืออาจใช้กับกระบวนการสร้างต้นแบบรวดเร็วสร้างแม่พิมพ์ที่ผลิตได้จำนวนน้อยได้โดยตรง นอกจากนี้ยังหมายรวมถึงช่องของเบ้าหล่อที่สร้างขึ้นโดยตรงหรือโดยอ้อมจากเทคนิคการสร้างต้นแบบรวดเร็วเทคโนโลยีการขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็วกำลังได้รับความสนใจทั้งในแง่การออกแบบและการผลิตผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก ด้วยจุดเด่นคือความสามารถในการผลิตแม่พิมพ์อย่างรวดเร็ว ใช้แม่พิมพ์ที่น้อยกว่าและยังช่วยในการประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการพัฒนาผลิตภัณฑ์

การขึ้นรูปแม่พิมพ์รวดเร็วสามารถแบ่งได้สองประเภท คือการขึ้นรูปทรงทางตรง และการขึ้นรูปทรงทางอ้อม โดยวิธีการผลิตทางอ้อม จะใช้ต้นแบบหลักจากการสร้างต้นแบบรวดเร็วในการผลิตเบ้าหล่อ ขณะที่การผลิตโดยตรงจะสร้างเบ้าหล่อขึ้นมาเอง

2.4 การขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยวิธีการขึ้นรูปทีละชั้น

กระบวนการนี้เป็นวิธีการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วทางตรงด้วยเครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว ซึ่งใช้หลักการคล้ายกับเทคโนโลยี LOM (Laminated Object Manufacturing) วิธีการนี้แผ่นโลหะถูกตัดออกเป็นชั้นๆเพื่อสร้างต้นแบบจากไฟล์ CAD โดยนำเทคโนโลยีการตัดด้วยลำแสงเลเซอร์ หรือเทคโนโลยีการตัดด้วยน้ำเข้ามาใช้

การขึ้นรูปแบบวิธีนี้ใช้ต้นแบบจากการออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์โดยอาศัยการตัดแผ่นโลหะเป็นชั้นๆ(ภาพที่ 5) ซึ่งทำให้ได้ชั้นที่แยกออกมาเพื่อนำไปใช้สร้างเป็นต้นแบบ จากการที่แม่พิมพ์ดังกล่าวอาศัยการแยกชั้นที่ค่อนข้างหนา ทำให้พื้นผิวชิ้นงานค่อนข้างหยาบ จำเป็นต้องมีการตกแต่งแก้ไขในภายหลังส่วนอายุการใช้งานของต้นแบบขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้เป็นชั้นก่อนการประกอบ ข้อได้เปรียบของวิธีการนี้คือสามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบของชิ้นงานได้อย่างรวดเร็วทั้งยังเหมาะกับการขึ้นรูปชิ้นงานขนาดใหญ่ ส่วนข้อเสียคือ ปัญหาเรื่องความแข็งแรงทนทานของชิ้นงาน



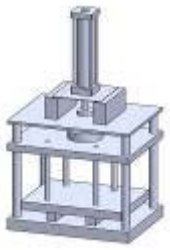
ภาพที่ 5 การขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยวิธีการแยกชั้น

3. อุปกรณ์และวิธีการ

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้สร้างเครื่องสร้าง Rapid Tooling

ทำการออกแบบเครื่องทับในโปรแกรม CAD ก่อน (ภาพที่ 6) ซึ่งหลังจากออกแบบแล้วต้องใช้อุปกรณ์ดังนี้

1. กระบอกสูบ ระบบ นิวเมติก (Pneumatic) ความดัน 0.5 – 9.9 บาร์
2. ส่วนรองรับกระบอกสูบประกอบด้วย เหล็กขนาด 160 x 160 x 12 มม. และขนาด 80 x 170 x 40 มม.2 ชิ้น
3. ส่วนโครงร่างเครื่องประกอบด้วย เหล็กขนาด 300 x 400 x 8 มม.2 แผ่น และ เหล็กที่นำมาทำรางรองรับการเลื่อนขนาด 40 x185 x 10 มม.และใช้เหล็กทรงกระบอกเส้นผ่านศูนย์กลาง 25 มม. ยาว 380 mm 4 แท่ง ต๊าปเกลียวหัวท้ายสำหรับยึด
4. ส่วนชุดตัวทับ ประกอบไปด้วย เหล็กขนาด 300 x 400 x 25 มม. เหล็กทรงกระบอก 2 ขนาด ขนาดแรกเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มม. ยาว 30 มม. และเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มม.และ ยาว 50 มม.
5. ส่วนรับชิ้นงานที่ตัดจากเครื่อง เลเซอร์ ประกอบไปด้วย แผ่นเหล็ก 330 x 250 x 20 มม. เหล็กรางด้านล่าง 2 ชิ้นขนาด 30 x 250 x 30 มม. เหล็กทำที่ดึง เส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มม. ดัดเป็นรูปตัวยู ส่วนสุดท้าย เสาไกด์สำหรับ ยึดแผ่นวัสดุสำหรับทำ Rapid Tooling 4 เสาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มม. ยาว 200 มม.
6. ปั๊มลมสำหรับกระบอกสูบ
7. น็อตและแหวน จำนวน 20 ชุด
8. แผ่นทำความร้อนขนาด 600 วัตต์ 1 แผ่น
9. ชุดควบคุมอุณหภูมิด้วย Thermocouple



ภาพที่ 6 การออกแบบเครื่องทับในโปรแกรม CAD

3.2 อุปกรณ์ชุดประมวลผล

1. คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง Pentium Core 2 Duo 1.8 GHz., DDR-Ram 2 GB., Harddisk 160 GB., การ์ดจอ 256 MB., จอ 19''

2. เครื่อง Laser Engraving 1 เครื่อง (ภาพที่7(ก.))

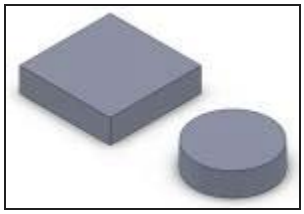
3. ชุดสร้าง Rapid Tooling จากข้อ (3.1) 1 เครื่อง (ภาพที่ 7(ข.))

(ก.) (ข.)

ภาพที่ 7 (ก.) เครื่อง Laser Engraving (ข.) เครื่องสร้างแม่พิมพ์รวดเร็ว (Rapid Tooling)

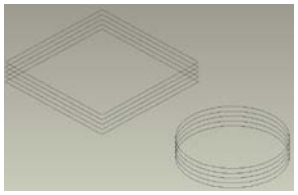
4. กระบวนการสร้างแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น

การทำงานของกระบวนการการสร้างแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นมีขั้นตอนดังนี้



4.1 วาดต้นแบบด้วยโปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ

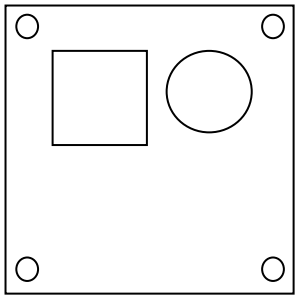
4.1



4.2.1 ตัดชิ้นงานเป็นชั้นๆให้ได้ความหนาตามต้องการ แล้วจัดเก็บเป็น DXF File

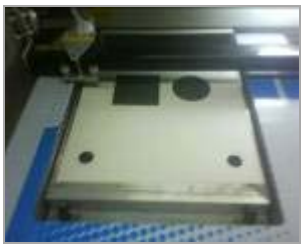
4.2.2 – 4.2.4 นำ DXF File มาเข้ากระบวนการโปรแกรมต่างๆ

4.2

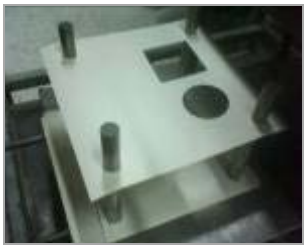


4.3.1 (ก) ได้ DXF File ภาพตัดขวางแต่ละชั้น พร้อมใช้เครื่อง Laser Engraving ตัด

4.3



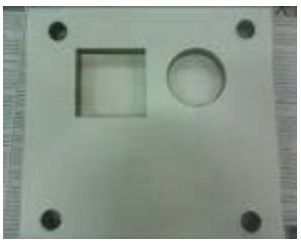
4.3.1 (ข) เครื่อง Laser Engraving ทำการตัดภาพตัดขวางแต่ละชั้น



4.3.2 (ก) ทำการป้อนชิ้นงานภาพตัดขวางเข้าเครื่องทับ

4.3.2 (ข) ทับกระดาษด้วยความร้อนจนติดกันดีทุกชั้น

4.3.3 ทำซ้ำเท่ากับจำนวน Layer ภาพตัดขวาง



4.4 (ก) ได้แม่พิมพ์รวดเร็วพร้อมสำหรับ

4.4 (ข) ชิ้นงานที่หล่อเสร็จสิ้น

4.4

ภาพที่ 8 แสดงกระบวนการสร้างแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยวิธีการขึ้นรูปทีละชั้น

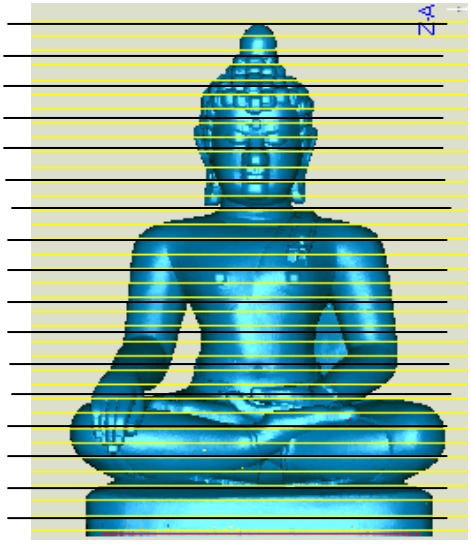
ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีวิธีการดังนี้

4.1 การเตรียมชิ้นงานในคอมพิวเตอร์

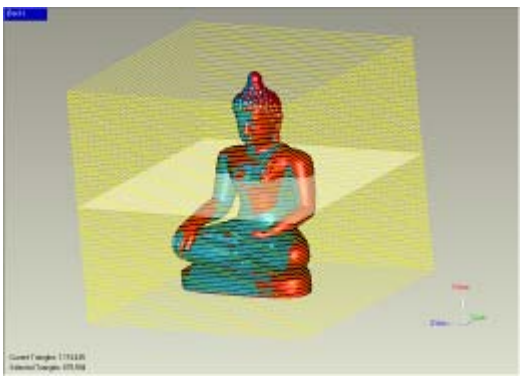
การเตรียมชิ้นงานนั้นจะใช้การวาดรูป 3 มิติ จากโปรแกรมสำเร็จรูป หรือจะใช้ Laser Scan ในการขึ้นรูปชิ้นงานในคอมพิวเตอร์ แล้วทำการบันทึกเป็น ไฟล์ในนามสกุล STL File

4.2 การนำ STL File มาทำการ Slice เป็นชั้นโดยโปรแกรม

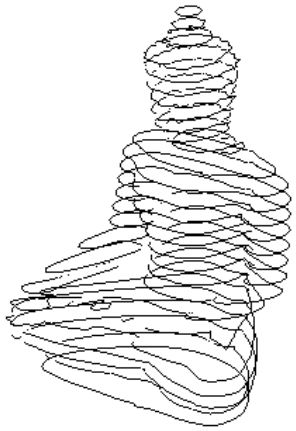
4.2.1. ใช้โปรแกรม สำหรับสร้าง Plane ขึ้นมาตัดชิ้นงานเพื่อให้ได้พื้นที่หน้าตัด โดยความห่างของ Plane แต่ละชั้นคือความหนาของวัสดุที่เรานำมาทำเป็นชั้นในบทความนี้ใช้กระดาษที่มีความหนา 0.098 mm แล้วบันทึกออกมาเป็นนามสกุล DXF



(ก.)



(ข.)



(ค.)

ภาพที่ 9 ภาพแสดงรูปตัดขวางของ CAD โดยใช้ขนาดความห่างของแต่ละชั้นสูงกว่าความเป็นจริงเพื่อให้เห็นรอยตัดได้ชัดเจนขึ้น (ก) ภาพตัดขวาง2มิติ (ข) ภาพตัดขวางใน 3 มิติ (ค) แนวเส้นขอบของภาพตัดขวาง

4.2.2. ทำการหมุนแกนเพื่อให้เห็นพื้นที่หน้าตัดก่อน ใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นชื่อว่า swapxz เพื่อทำการสับเปลี่ยนค่าของแกน X และแกน Z ของ DXF File โดยหลักการทำงานของโปรแกรมเป็นดังนี้ ทำการอ่านค่า File DXF ที่ต้องการทีละบรรทัด เมื่อเจอ 10 หมายถึงแกน X บรรทัดทัดต่อไปคือค่าแกน X ให้เก็บค่าไว้ อ่านต่อไปจนเจอ 30 ซึ่งคือแกน Z อ่านบรรทัดต่อไปจะได้ค่า Z ไว้ แล้วทำการสลับค่าที่เก็บไว้แล้วเขียนคืนเข้าไปใน Code DXF แล้วทำการ แก้ไปทุกๆจุดแล้ว Save เป็น File DXF ใหม่

4.2.3. นำ File จากข้อสองเข้าโปรแกรม Thousand เพื่อทำการตัดชิ้นงานออกมาเป็นชั้นๆแยกจากกันโดยหลักการทำงานของโปรแกรมเป็นดังนี้ รับที่อยู่ของ File DXF และรับค่า จำนวน Layer ที่ต้องการตัด และค่าสุดท้ายคือเริ่มที่ Layer ใด เมื่ออ่านค่าของFile ที่ได้มาโปรแกรมจะทำการสร้าง File DXF ขึ้นมาตามจำนวนที่ต้องการโดยจะตั้งชื่อโดยใช้ค่าจากชื่อเดิมรวมกับค่าจาก Layer เริ่มต้น ไปเรื่อยๆ แล้วตัวโปรแกรมจะทำการตัดจุดใน DXF Code ที่มีชื่อเหมือนกับ Layer นั้น ตัดมาวางไว้แล้วทำการปิดด้วย

Code DXF ในส่วนปิด File เพื่อทำให้ File สมบูรณ์สามารถเปิดได้

4.2.4. นำ File ที่ตัดแยกออกมาแต่ละชั้นแล้วไปเข้าโปรแกรม Hole เพื่อสร้างรู 4 รู ใน DXF File โดยมีหลักการทำงานดังนี้ อ่าน File DXF เข้ามาแล้วค้นหาคำว่า SEQEND ตัวสุดท้าย เพิ่ม Code Circle เพื่อให้ DXF File สร้างรูปวงกลมขึ้น 4 วง ด้วยขนาดและตำแหน่งที่ต้องการ

4.3 การสร้าง Rapid Tooling

4.3.1. ใช้โปรแกรม สำหรับเครื่อง Laser Engraving นำเข้า File DXF ที่ได้จากข้อ 4.2 มาเพื่อส่งเข้าให้เครื่อง Laser Engraving ทำการตัดตามพื้นที่หน้าตัด

4.3.2. นำกระดาษที่ตัดแล้วมาเข้าเครื่องทับครั้งละ 2แผ่น ใช้เครื่องทับกดลงมาเพื่อให้กาวละลายติดกับกระดาษชั้นก่อนหน้าโดยใช้ค่าพารามิเตอร์คือ ความร้อนแผ่นทับกระดาษ 160 องศาเซลเซียส และทับเป็นเวลา 10 วินาที

4.3.3. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 1 และ 2 จนครบทุกชั้นที่ได้แบ่งไว้ จะได้ Rapid Tooling ตามต้องการ (ภาพที่10)

ภาพที่ 10 แม่พิมพ์รวดเร็วต้นแบบที่ทำขึ้นเพื่อพิสูจน์กระบวนการ

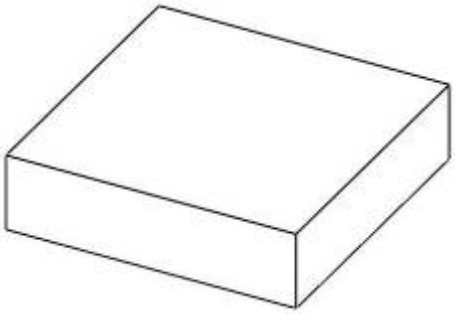
4.4 การหล่อชิ้นงาน

เทเนื้อวัสดุลงในแม่พิมพ์รวดเร็วที่ได้จากข้อ 4.3 ซึ่งในการทดลองนี้จะใช้ เรซิน รอจนเนื้อวัสดุแห้งแข็ง แล้วนำออกจากแม่พิมพ์ได้

5. ผลการทดลอง

ทำการทดลองโดยสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วสำหรับการหล่อขึ้นมา เพื่อหล่อชิ้นงานสองชิ้น ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ชิ้นงานรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาด 60 x 60 x 15.84 มม. ซึ่งความสูงนั้นได้จาก จำนวนกระดาษที่ใช้ 176 แผ่น แต่ละแผ่นมีความหนา 0.084 มม. จึงคำนวนได้จาก 176 x 0.084 = 14.8 มม.



ภาพที่ 11 ชิ้นงานที่ 1

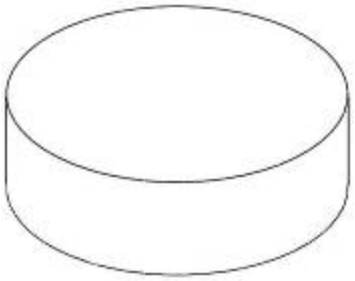
ภาพที่ 12 แม่พิมพ์รวดเร็ว (RT) ของชิ้นงานที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงขนาดของชิ้นงานที่ 1

ชิ้นงาน	กว้าง		ยาว		สูง	
	วัด (มม.)	ผลต่าง (%)	วัด (มม.)	ผลต่าง (%)	วัด (มม.)	ผลต่าง (%)
CAD	60.0	-	60	-	14.8	-
RT	59.8	0.3	59.7	0.5	14.7	0.8
งานหล่อ	59.6	0.7	59.6	0.7	14.7	0.8

ตารางที่ 1 แสดงถึงขนาดของชิ้นงานที่ 1ซึ่งจากชิ้นที่ออกแบบในโปรแกรม 3 มิติ นั้น เมื่อทำเป็นแม่พิมพ์รวดเร็วแล้ว มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแนวกว้าง 0.3 % ในแนวยาว 0.5 % และในแนวความสูง 0.8 % ส่วนชิ้นงานที่หล่อออกมา มีความคลาดเคลื่อนจากชิ้นงาน 3 มิติ ในแนวกว้าง 0.7 % ในแนวยาว 0.7% และในแนวความสูง 0.8 %

2. ชิ้นงานรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 50 มม. สูง 14.8 มม ซึ่งความสูงนั้นได้มาเหมือนกับชิ้นงานที่ 1



ภาพที่ 13 ชิ้นงานที่ 2

ภาพที่ 14 แม่พิมพ์รวดเร็ว (RT) ของชิ้นงานที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงขนาดของชิ้นงานที่ 2

ชิ้นงาน	เส้นผ่าศูนย์กลาง		สูง	
	วัด (มม.)	ผลต่าง (%)	วัด (มม.)	ผลต่าง (%)
CAD	50.0	-	14.8	-
RT	49.5	0.8	14.7	0.8
งานหล่อ	49.5	0.8	14.7	0.8

ตารางที่ 2 แสดงถึงขนาดของชิ้นงานที่ 2 ซึ่งจากชิ้นที่ออกแบบในโปรแกรม 3 มิติ นั้น เมื่อทำเป็นแม่พิมพ์รวดเร็วแล้ว มีเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 %และในแนวความสูง 0.8 % เมื่อนำไปหล่อเรซินแล้วชิ้นงานมีความคลาดเคลื่อน เท่าเดิมคือ เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 %และในแนวความสูง 0.8 %

6. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นในการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์นำวิธี LOM ซึ่งเป็นกระบวนการที่สร้างต้นแบบรวดเร็วซึ่งสุดท้ายจะได้ชิ้นงานออกมาเป็นตัว Prototype มา ทำเป็นกระบวนการสร้างแม่พิมพ์แบบรวดเร็วโดยชิ้นงานที่ได้สุดท้ายนั้น จะเป็นแม่พิมพ์ที่สามารถนำไปหล่อชิ้นงาน Prototype ได้ โดยกระบวนการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็ววิธีนี้จะช่วยลดราคาค่าสร้างชิ้นงานต้นแบบเมื่อเทียบกับ กระบวนการสร้างต้นแบบรวดเร็วในท้องตลาดปัจจุบันอย่างมาก และราคาเครื่องและวัสดุมีราคาถูกสามารถหาได้ง่าย

จากการทดลองสามารถสร้าง Rapid Tooling ได้ตามต้องการแต่ยังมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งอาจจะมาจากจากการตัดเลเซอร์ และ การทับแผ่นกระดาษให้เป็นแม่พิมพ์รวดเร็ว โดยจากการได้ศึกษาในส่วนของ เทคโนโลยี Rapid Prototype และ Rapid Tooling และการโปรแกรมสามารถทำให้แก้ปัญหาต่างๆ และสร้างเครื่องต้นแบบออกมาได้ ตัวเครื่องสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วต้องการใช้เวลาให้เร็วขึ้นในการใส่ชิ้นงานแต่ละชั้นลงในเครื่องทับ พร้อมทั้งการทำระบบ Automatic รวมถึงจุด Optimum ของเครื่องซึ่งจะได้วิเคราะห์ต่อไป รวมทั้งการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้สร้างชิ้นงานโดยการฉีด หรือ แบบอื่นๆได้ ซึ่งอาจจะต้องเปลี่ยนวัสดุสำหรับทำ แม่พิมพ์รวดเร็ว

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่สนับสนุนในเงินทุนวิจัย โครงการ การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น

8. เอกสารอ้างอิง

[1] สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ 2551. การสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping) หลักการและการประยุกต์ใช้. กรุงเทพฯ : คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2551

[2] C.M. Cheah, C.K. Chua, C.W. Lee, K. Totong (2003). Rapid prototyping and tooling techniques: a review of applications for rapid. *Int J Adv Technol* 25: 308-320

[3] Yucheng Ding, Hongbo Lan, Jun Hong, Dianliang Wu (2003). An integrated manufacturing system for rapid tooling based on rapid prototyping. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 20 (2004) 281–288

[4] Timothy J. WeaverU, Julian A. Thomas, Sundar V. Atre, Randall M. German(2000). Time compression-rapid steel tooling for an ever - changing world . *Materials and Design 21* (2000).409 - 415

[5] Gideon N. Levy, Ralf Schindel, J.P. Kruth (2007). Rapid Manufacturing and Rapid Tooling with Layer Manufacturing (LM) Technologies, State of the art and future Pperspective. 26 June 2007

[6] Michael J. Tari, Andre Balst, Joon Park, Mark Y. Lin and H. Thomas Hahn (1998). Rapid prototyping of composite parts using resin transfer molding and laminated object manufacturing. *Composites Part A 29A* (1998) 651-661

[7] Bernhard Mueller, Detlef Kochan (1999). Laminated object manufacturing for rapid tooling and pattern making in foundry industry. *Computers in Industry* 39: 47–53

[8] D.I. Wimpenny, B. Bryden, I.R. Pashby (2003). Rapid laminated tooling. *Journal of Materials Processing Technology 138 (*2003) 214–218

[9] B.G. BrydenU, I.R. Pashby, D.I. Wimpenny, C. Adams (2000) Laminated steel tooling in the aerospace industry. *Materials and Design 21*(2000) 403 - 408