วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ศึกษาการวางทิศทางของชิ้นงานที่มีผลกระทบต่อขนาดชิ้นงาน โดยการขึ้นรูปด้วยเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว

The Study of Effected for Orientation Setup of Workpiece from Rapid Prototyping Process

สมโภชน์ กูลศิริศรีตระกูล[1*] มาโนช นำฟู[1] จุฑามาศ พุฒนาค[2] และ สุมิตตา จาดคำ[2]

[1]อาจารย์ [2]นักศึกษา สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา จังหวัดตาก 63000

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาทิศทางการวางของชิ้นงานที่มีผลกระทบต่อขนาดชิ้นงานจากการขึ้นรูปด้วยเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว เพื่อให้ชิ้นงานมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดโดยศึกษาแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงาน ค่าความกลมของชิ้นงานทรงกระบอก โดยศึกษาทิศทางการวางชิ้นงาน 3 ทิศทาง คือแนวแกน X Y และ Z แล้วทำการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของขนาดและค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยความกลมของชิ้นงาน

ผลการศึกษา เมื่อพิจารณาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยตามแนวแกน X จะมีค่าน้อยที่สุด โดยจะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ย พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X จะมีค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงานเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด แสดงว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X สามารถสร้างทรงกระบอกได้กลมมากที่สุด ค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง นั่นแสดงว่าเมื่อชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพิ่มขึ้น ชิ้นงานก็จะมีค่าความกลมลดลง

Abstract

This research is the study for effected of orientation setup workpiece from Rapid Prototyping process. The objective of this study has to minimize average tolerances of specimen size and roundness of cylindrical specimen. Specimens were studied with orientation direction define 3 axis (X, Y, Z) and created by rapid prototyping Machine with FDM Technology. The Measuring average tolerance of specimen size and roundness of cylindrical specimen used the Coordinate Measuring Machine (CMM).

The Result showed that test specimens were formed along the X axis having lowest of average tolerances. The increasing average tolerances of diameter depend on the increasing diameter size. The roundness value of cylindrical surface forming, the X axis was the most circular cylinder. The roundness value of cylindrical was depend on the increasing of diameter size. It shows that when the workpiece has a larger diameter. The workpiece would be circular cylinder is decrease

คำสำคัญ : การขึ้นรูปชิ้นงานโดยใช้เครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว การวางทิศทางของชิ้นงาน ค่าความกลมของทรงกระบอก

Keywords : Forming Parts using Rapid Prototyping, Orientation of the workpiece, Roundness of the Cylinder

[*]*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ Somport59@Gmail.com โทร. 08 1039 3522*

1. บทนำ

ในอดีตการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยังไม่มีคอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงาน การผลิตชิ้นงานต้นแบบที่ออกแบบมาใช้งานจึงต้องอาศัยทักษะความชำนาญของผู้ปฏิบัติงานในการใช้เครื่องมือพื้นฐานต่างๆทำให้ต้องใช้เวลาและมีต้นทุนในการผลิตสูง อีกทั้งยังไม่สามารถผลิตต้นแบบที่มีรูปร่างซับซ้อนและมีความละเอียดสูง ต่อมาคอมพิวเตอร์ได้มีบทบาทในการออกแบบผลิตภัณฑ์มากขึ้นจึงเริ่มมีการพัฒนาการนำแบบสามมิติในคอมพิวเตอร์มาใช้ในการผลิตต้นแบบรวดเร็ว ทำให้ผู้ออกแบบสามารถผลิตต้นแบบได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจุบันมีการนำเอาการผลิตต้นแบบรวดเร็วมาใช้กันอย่างแพร่หลาย ทั้งด้านการแพทย์ วิทยาศาสตร์ และวิศวกรรม เนื่องจากสามารถประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการผลิตต้นแบบ สามารถผลิตชิ้นงานเพื่อใช้ในการทดสอบช่วยสื่อสารความคิดในการออกแบบให้ผู้เกี่ยวข้องสามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้นด้วยชิ้นงานที่มีรูปร่างเหมือนจริง ช่วยในการผลิตชิ้นงานที่มีความซับซ้อนที่เครื่องจักรทั่วไปไม่สามารถทำได้ จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ายังไม่มีการศึกษาทิศทางการวางชิ้นงานในรูปแนวต่างๆ การขึ้นรูปต้นแบบส่วนใหญ่ผู้ออกแบบชิ้นงานเป็นผู้กำหนดทิศทางการวางชิ้นงานด้วยตนเองและไม่มีหลักการในการวาง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของขนาดและรูปร่างของชิ้นงาน มีผลทำให้ชิ้นงานที่ได้มีขนาดและรูปร่างไม่ตรงตามแบบที่กำหนด

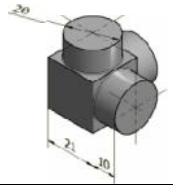
จากปัญหาดังกล่าวผู้จัดทำจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาการวางทิศทางของชิ้นงานในรูปแบบต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดการวางทิศทางของชิ้นงาน และศึกษาแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานและค่าความกลมของชิ้นงานทรงกระบอก โดยใช้เครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping : RP) ยี่ห้อ Fortus รุ่น 360 mc

2. วิธีการทดลอง

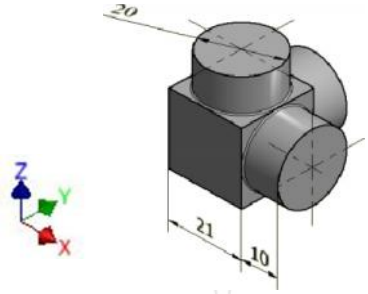
รูปที่ 1 แผนผังขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปต้นแบบอย่างรวดเร็ว

เครื่องมือและอุปกรณ์	ชื่ออุปกรณ์และการใช้งาน
	เครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping : RP) ยี่ห้อ Fortus รุ่น 360 mc มีค่าความคลาดเคลื่อน ± 0.005 นิ้ว หรือ ± 0.127 มิลลิเมตร เป็นระบบการผลิตต้นแบบรวดเร็วโดยใช้วัสดุตั้งต้นแบบของแข็ง ชนิด Fused Deposition Modeling (FDM)
	จากการศึกษาพบว่าหัวฉีด T12 และ T16 มีค่าความคลาดเคลื่อนที่ไม่แตกต่างผู้วิจัยจึงเลือกใช้หัวฉีดของ Model ขนาดเบอร์ T16 เป็นหัวฉีดที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานของเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว เนื่องจากสามารถทำงานได้เร็วกว่าและเป็นที่นิยมมากกว่า
	เครื่องวัดขนาดงาน 3 มิติ (Coordinate Measuring Machine : CMM) ยี่ห้อ Mitutoyo รุ่น M 574 สามารถวัดขนาดงาน กว้าง ยาว และ สูงได้ 500 700 400 มิลลิเมตร ค่า Resolution = 0.0005 mm. Accuracy (20°C); E=(3.5+4.5L/1000)μm
	อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน Step Clamp ใช้สำหรับจับยึดแท่งขนานเพื่อใช้ในการวัดชิ้นงานขนาดด้วยเครื่องวัดขนาดงาน 3 มิติ
	ขนาดของชิ้นงานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร เพื่อศึกษาแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานและค่าความกลมของชิ้นงานทรงกระบอก เมื่อขนาดของชิ้นงานต่างกัน
	ชิ้นงานต้นแบบที่ผ่านการฉีดขึ้นรูปด้วยเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping : RP) ขนาดของชิ้นงานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร ขนาดละ 5 ชิ้น โดยใช้พลาสติก ABS-M30 (Model) เป็นวัสดุในการขึ้นรูปชิ้นงาน และพลาสติก SR-20 (Support) เป็นวัสดุในการรองรับชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงานเพื่อสะดวกต่อการวางสำหรับการฉีดขึ้นรูปอย่างรวดเร็ว ให้ได้พร้อมกันทั้ง 3 แนวแกน คือ X Y และ Z เพื่อศึกษาแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดชิ้นงานและค่าความกลมของชิ้นงานทรงกระบอก ขนาดของชิ้นงานที่ต้องการศึกษาคือ ส่วนที่เป็นทรงกระบอกยาวขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 50 มิลลิเมตร และยาว 10 มิลลิเมตร จำนวนขนาดละ 5 ชิ้น



รูปที่ 2 ลักษณะชิ้นทดสอบและทิศทางการวาง

2.2 การหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (Percentage Errors) ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการทดลองพิจารณาได้จากเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลที่ได้จากการวัดขนาดชิ้นงานที่ทำการทดลอง

ถ้ากำหนดให้

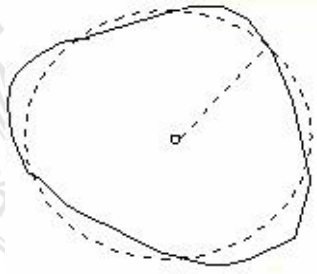
E หมายถึง ค่าที่วัดได้จากชิ้นงานจริง

S หมายถึง ค่าที่กำหนดในแบบงาน

$$\text{เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน} = \left(\frac{E-S}{S}\right) x100$$

2.3 การประเมินค่าความกลม

ความกลม (Circularity) เป็นการควบคุมรูปลักษณ์สำหรับพื้นผิว จากการหมุน (ทรงกระบอก ทรงกลม ทรงกรวยและอื่นๆ ที่สามารถกระทำได้) ซึ่งจะถูกระบุว่าจุดทั้งหมดของพื้นผิว ต้องมีระยะทางเท่ากันจากเส้นผ่านศูนย์กลางหรือแกนของวัตถุ ในการทดลองงานวิจัยผู้ทำการวิจัยเลือกใช้วิธีการคำนวณหรือการประเมินค่าของวงกลมแบบ Mean (Gauss) เป็นการคำนวณหรือประเมินผลการวัดจากจุดแตะบนชิ้นงานซึ่งมีค่ามากกว่า 4 จุดบนวงกลม นำค่ามาคิดค่าเฉลี่ยของค่าทางสถิติ นำมาเป็นผลการวัดที่แท้จริงที่เกิดขึ้นบนชิ้นงาน แสดงการหาค่าดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงการหาค่า Mean (Gauss) ของวงกลม

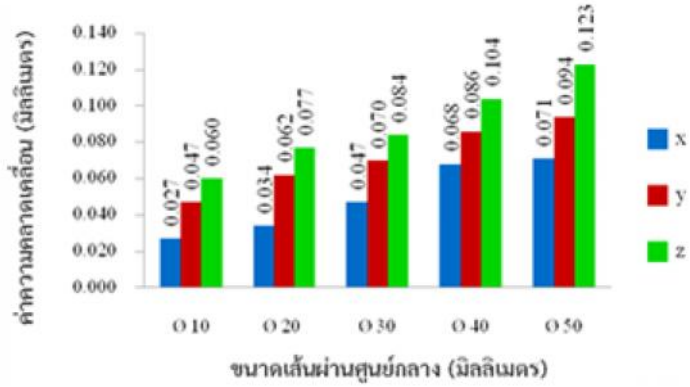
รูปที่ 4 การวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและค่าความกลมของชิ้นงาน

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผล

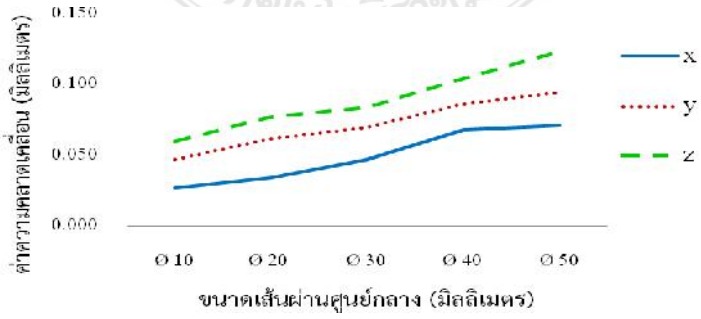
จากการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานด้วยเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว ขนาดของชิ้นงานมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร การวางทิศทางของชิ้นงานมี 3 แนวแกน คือ แนวแกน X Y และ Z ชิ้นงานที่ใช้ทดสอบมีลักษณะเป็นทรงกระบอก สรุปผลค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยและค่าความกลมของชิ้นงานทรงกระบอก ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร

แกน / เส้นผ่าศูนย์กลาง	ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยแกน X	ร้อยละความคลาดเคลื่อนตามแกน X	ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยแกน Y	ร้อยละความคลาดเคลื่อนตามแกน Y	ค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยแกน Z	ร้อยละความคลาดเคลื่อนตามแกน Z
10	0.027	-0.270	0.047	-0.470	0.060	-0.60
20	0.034	-0.170	0.062	-0.310	0.077	-0.39
30	0.047	-0.157	0.070	-0.233	0.084	-0.28
40	0.068	-0.170	0.086	-0.215	0.104	-0.26
50	0.071	-0.142	0.094	-0.188	0.123	-0.25



รูปที่ 5 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร

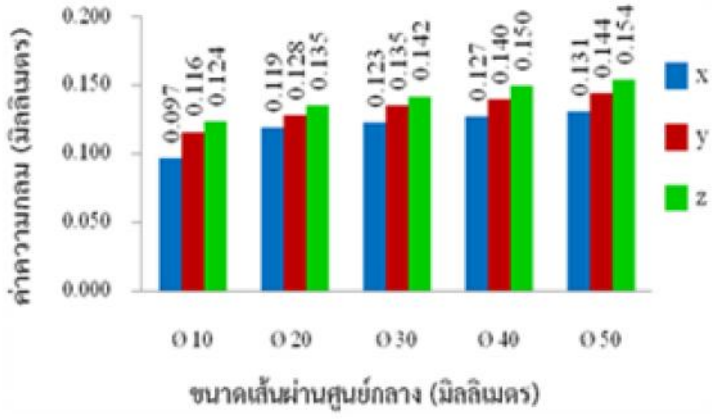


รูปที่ 6 แสดงแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร

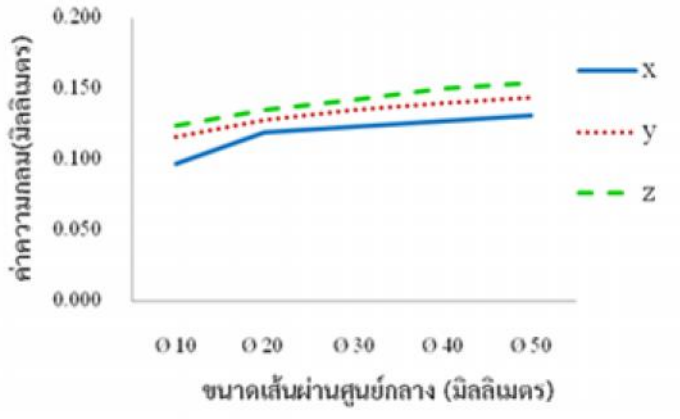
จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร ซึ่งชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X จะมีค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยน้อยที่สุด จะเห็นได้ว่าค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน

ตารางที่ 3 สรุปผลค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงานที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร

แกน / เส้นผ่านศูนย์กลาง	ค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยทางแกน X	ค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยทางแกน Y	ค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยทางแกน Z
10	0.097	0.116	0.124
20	0.119	0.128	0.135
30	0.123	0.135	0.142
40	0.127	0.140	0.150
50	0.131	0.144	0.154



รูปที่ 7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร



รูปที่ 8 แสดงแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร

จากตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงาน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 20 30 40 และ 50 มิลลิเมตร ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนความกลมของชิ้นงานเฉลี่ยที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X จะมีค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด แสดงว่าเมื่อขึ้นรูปชิ้นงานตามแนวแกน X จะมีค่าความกลมของชิ้นงานมากที่สุด นั่นคือค่าความคลาดเคลื่อนความกลมของชิ้นงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน หรือเมื่อชิ้นงานมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ขึ้นจะมีความกลมลดลง

4. สรุป

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเพื่อศึกษาทิศทางการวางชิ้นงานต้นแบบ เพื่อให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของขนาดและรูปร่างของชิ้นงานน้อยที่สุดและศึกษาแนวโน้มค่าความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน โดยวางในทิศทางและกำหนดขนาดของชิ้นงานต่างกันและผลิตโดยใช้เครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว ในการศึกษาใช้การวัดขนาดและค่าความกลมของชิ้นงานโดยใช้เครื่องวัดขนาดงาน 3 มิติ พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X จะมีค่าความคลาดเคลื่อนขนาดเฉลี่ยของชิ้นงานน้อยที่สุด รองลงมาคือ แนวแกน Y และ Z ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่กำหนด เมื่อพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยของชิ้นงาน พบว่าชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามแนวแกน X มีค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยเข้าใกล้ศูนย์มากที่สุด แสดงว่าเมื่อขึ้นรูปตามแนวแกน X ชิ้นงานจะมีค่าความกลมมากที่สุด รองลงมาคือแนวแกน Y และ Z ตามลำดับ โดยค่าความคลาดเคลื่อนความกลมเฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน ดังนั้นในการออกแบบชิ้นงานเพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบหากต้องการให้ได้ขนาดชิ้นงานที่ถูกต้องควรมีการชดเชยขนาดที่เกิดความผิดพลาดรวมทั้งเลือกวางในทิศทางที่ได้ขนาดแม่นยำที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแปลงไฟล์ STL ศึกษาค่าความละเอียดของ Triangle Tol. และ Adjacency Tol. ที่เหมาะสม

2. ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของขนาดหัวฉีดของเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็วที่มีผลกระทบต่อชิ้นงาน

3. ชิ้นงานที่ทำการทดลองฉีดขึ้นรูปได้กำหนดเนื้อภายในของชิ้นงานเป็นแบบรวงผึ้ง ดังนั้นควรศึกษาเนื้อภายในของชิ้นงานเป็นแบบอื่นด้วย

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก ที่สนับสนุนสถานที่และปัจจัยต่างๆ ที่ใช้ในการดำเนินการวิจัยจนสำเร็จสมบูรณ์

6. เอกสารอ้างอิง

ยุต เอี่ยมสอาด และกิตตินาถ วรรณิสสร. **การขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ฉัตรชัย จันทร์เด่นดวง. **เทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็ว**. ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, 2546.

ทิวากร อภิรักษ์ธนากร และยุต เอี่ยมสอาด. **การสร้างเครื่องสร้างต้นแบบแบบรวดเร็วโดยใช้หยดน้ำ**. ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2552.

บรรจง มไหสวริยะ และคณะ, **เทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วทางการแพทย์และทันตกรรม**, ศูนย์เทคโนโลยีและวัสดุแห่งชาติ, 2549.

สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ. **การสร้างต้นแบบรวดเร็ว (หลักการและการประยุกต์ใช้)**. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

วรวุฒิ วงศ์สินธน และคณะ. สถาบันเทคโนโลยีป้องกันประเทศ (องค์กรมหาชน)

กระทรวงกลาโหม, **งานวิจัยเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบรวดเร็วคู่มือการใช้ของเครื่องวัดงาน 3 มิติ (Coordinate Measuring Machine : CMM) ยี่ห้อMitutoyo รุ่น M 574**, การประเมินค่าความกลม, หน้า 47-49

L.M. Galantucci, F. Lavecchia, G. Percoco, **Quantitative analysis of a Chemical Treatment to Reduce Roughness of Parts Fabricated using Fused Deposition Modeling**, 2010.

ขั้นตอนการผลิตต้นแบบด้วยเครื่องผลิตต้นแบบรวดเร็ว, [online], Available : http://www.etcservice.com/public/products/3dprinter/index.php

Fused Deposition Modeling (FDM), [online], Available: http://www.etcservice.com/public/products/3dprinter/pdm_tech.php