อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ในการทดลองเพื่อให้ได้ชิ้นงานมาสเตอร์โมเดลที่เหมาะสำหรับแม่พิมพ์ประเภทอิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียม จำเป็นต้องมีอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดลองซึ่งแบ่งได้เป็น 3 หมวดใหญ่ ๆ คือ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบและอุปกรณ์อื่น ๆ โดยมีรายละเอียดในแต่ละหมวดดังนี้

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทำการทดลองมีดังนี้

1.1 โปรแกรมยูนิกราฟฟิกส์ เอ็นเอ็กซ์ 2 (Unigraphics NX 2, UG NX2)

1.2 โปรแกรมโมล์ดโฟลว์เอ็มพีเอ 7.2 (Mold flow: mold part advisor version 7.2, Mold flow mpa v. 7.2)

1.3 โปรแกรมโพลิโกเนีย 5 (Polygonia version 5)

1.4 โปรแกรมจีโอเมจิคสตูดิโอ 6 (Geomagic Studio version 6)

1.5 โปรแกรมซีพริ้นท์ 7.3 (Zprint version 7.3)

1.6 โปรแกรมแอลเอส 3.3 (LS 3.3)

2. เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ

เครื่องจักรที่ใช้ในการขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบ มีดังนี้

2.1 เครื่องสร้างต้นแบบ

2.1.1 เครื่องสร้างต้นแบบซีพริ้นท์เตอร์ 310 พลัส (Zprinter 310 Plus) มีพื้นที่สร้างชิ้นงาน กว้าง 203 ม.ม. ยาว 254 ม.ม. สูง 203 ม.ม. และสามารถสร้างความหนาในแต่ละชั้นของชิ้นงานได้ตั้งแต่ 0.089 ถึง 0.203 ม.ม.

2.1.2 เครื่องสร้างต้นแบบซินเทอร์สเตชั่น ไฮคิว (Sinterstation HiQ Series SLS System) มีรายละเอียดเครื่องดังนี้

ก. เครื่องเลเซอร์และสแกนใช้ เลเซอร์แบบ 30 watt CO_2 laser with standard Beam Delivery System (BDS) ด้วยความเร็วในการสแกนสูงสุดที่ 5 เมตรต่อวินาที (m/sec)

ข. สามารถสร้างชิ้นงานได้ขนาด กว้าง 381 ม.ม. ยาว 457 ม.ม. สูง 330 ม.ม.

2.2 เครื่องเลเซอร์สแกนประกอบด้วย

2.2.1 หัวเลเซอร์ครีออน (Kreon Model KZ-50 S/N KZ50-118) ด้วยลำแสงเลเซอร์ยาว 50 ม.ม. สามารถสแกนได้ถึงความลึกที่ 100 ม.ม. และมีค่าความคลาดเคลื่อนที่ 10 ไมโครเมตร (μm)

2.2.2 แขนกลซิมคอร์ (Cimcore arm series 3000i) มีความยาวแขน 1.2 เมตร สามารถวัดได้ครอบคลุมถึง 0.9 ลูกบาศก์เมตร (m^3) และค่าความเที่ยงตรงมีค่า $\pm$ 0.016 ม.ม.

2.3 เครื่องเจียระไนโอกาโมโต้ 63 ดีเอ็กซ์ (Okamoto 63 DX) มีความเร็วสูงสุด (Max surface speed) 2,000 เมตรต่อนาที (m/min) ขนาดหินเจียรสูงสุดที่ 50 Hz เส้นผ่าศูนย์กลาง 355 ม.ม. กว้าง 50 ม.ม.และที่ 60 Hz เส้นผ่าศูนย์กลาง 305 ม.ม. กว้าง 50 ม.ม.

2.4 เครื่องกัด 3 แกน ชีวาเลีย โมเดล 2040 วีเอ็มซี (CHEVALIER 3 axises Model 2040 VMC) มีรายละเอียดเครื่องดังนี้

2.4.1 ค่า spindle speed ที่ 80 - 8,000 รอบต่อนาที (rpm)

2.4.2 ค่า cutting feedrate ที่ 1 - 7,600 มิลลิเมตรต่อนาที (mm/min) และ rapid federate ตามแนวแกน X เท่ากับ 30 เมตรต่อนาที (m/min) แนวแกน Y เท่ากับ 30 เมตรต่อนาที (m/min) และตามแนวแกน Z เท่ากับ 18 เมตรต่อนาที (m/min)

2.4.3 ขนาดโต๊ะกัดงาน 1,200 ม.ม. x 450 ม.ม. สามารถรับน้ำหนักได้สูงสุด 600 กิโลกรัม (kg)

2.4.4 ระยะที่เคลื่อนที่ตามแนวแกน X เท่ากับ 1,020 ม.ม. แกน Y เท่ากับ 510 ม.ม. และแกน Z เท่ากับ 510 ม.ม.

2.4.5 ค่าความคลาดเคลื่อนในการกำหนดตำแหน่ง $\pm$ 0.005 ม.ม. และค่าความคลาดเคลื่อนในการทำซ้ำ $\pm$ 0.003 ม.ม.

2.5 เครื่องฉีดพลาสติกแบทเทนเฟลด์ขนาด 80 ตัน (Battenfeld 80T BA800/315) มีรายละเอียดเครื่องดังนี้

2.5.1 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางสกรูฉีดเท่ากับ 40 ม.ม.

2.5.2 น้ำหนักของชิ้นงานที่สามารถฉีดได้ 182.9 กรัม

2.5.3 ระยะห่างระหว่างเพลานำเลื่อนเท่ากับ 370 ม.ม. x 370 ม.ม.

2.5.4 ความสูงต่ำสุดของแม่พิมพ์เท่ากับ 200 ม.ม.

2.5.5 ระยะเปิดกว้างสุดเท่ากับ 625 ม.ม.

2.5.6 ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของแหวนประคองเท่ากับ 125 ม.ม.

2.5.7 รัศมีของหัวฉีดเท่ากับ 30 ม.ม.

3. อุปกรณ์อื่น ๆ

อุปกรณ์อื่น ๆ ที่ใช้ในการทดลองมีดังนี้

3.1 เครื่องชั่งน้ำหนักชินโคเดนชิ เอเจ 820 ซีอี (Shinko Denshi AJ-820CE) สามารถชั่งน้ำหนักได้สูงสุด 800 กรัม

3.2 ที่วัดอุณหภูมิแบบรังสีเลเซอร์ ดิจิคอน ดีพี 88 (Laser radiation Digicon DP-88)

3.3 กล่องอลูมิเนียม 2 ชุด

3.4 ผงอลูมิเนียม (Aluminium Powder 0-70 micron)

3.5 อิพอคซี่เรซิ่นเหลว (Resin EP 310 A)

3.6 ฮาร์ดเดนเนอร์ (Hardener Biresin L84 T)

3.7 เม็ดพลาสติกชนิดโพลีพรอพีลีน (Polypropelene, PP)

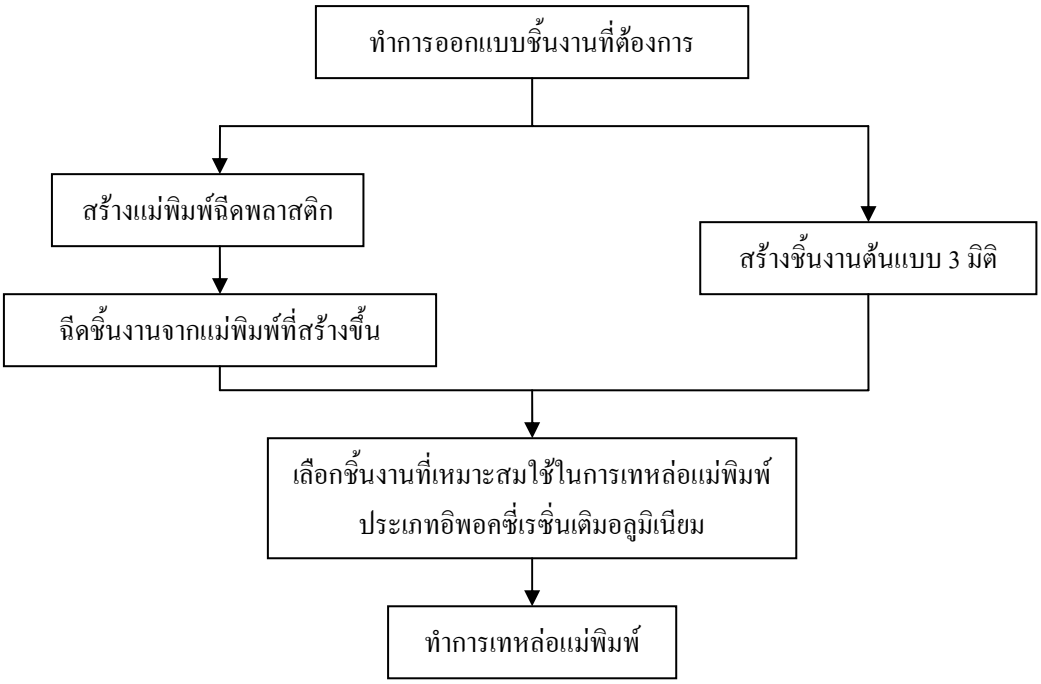
3.8 เม็ดพลาสติกชนิดโพลีสไตรีน (Polystyrene, PS)

3.9 สเปรย์ผงแป้งสำหรับพ่นเคลือบผิวชิ้นงานในการทำวิศวกรรมย้อนรอยด้วยเครื่องเลเซอร์สแกน

วิธีการ

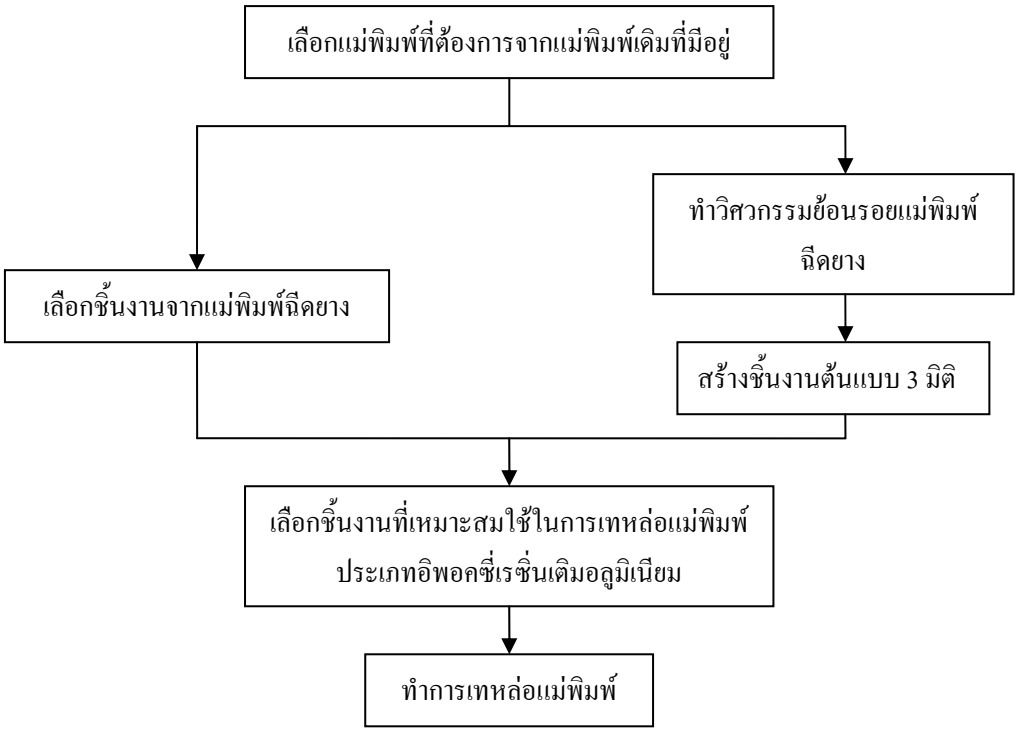
วิธีการเพื่อให้ได้ชิ้นงานมาสเตอร์โมเดลที่เหมาะสำหรับแม่พิมพ์ประเภทอิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียมมีด้วยกันหลายวิธี ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ 2 วิธีคือ สร้างชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยการขึ้นรูปโดยใช้โปรแกรมสร้างชิ้นงาน 3 มิติช่วยขั้นตอนดังภาพที่ 31 และสร้างชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์ฉีดยางโดยการทำวิศวกรรมย้อนรอยแม่พิมพ์ฉีดยางขั้นตอนดังภาพที่ 32 มีรายละเอียดวิธีการทำดังนี้

สำหรับชิ้นงานฉีดพลาสติก



ภาพที่ 31 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจนถึงขั้นการเทหล่อแม่พิมพ์

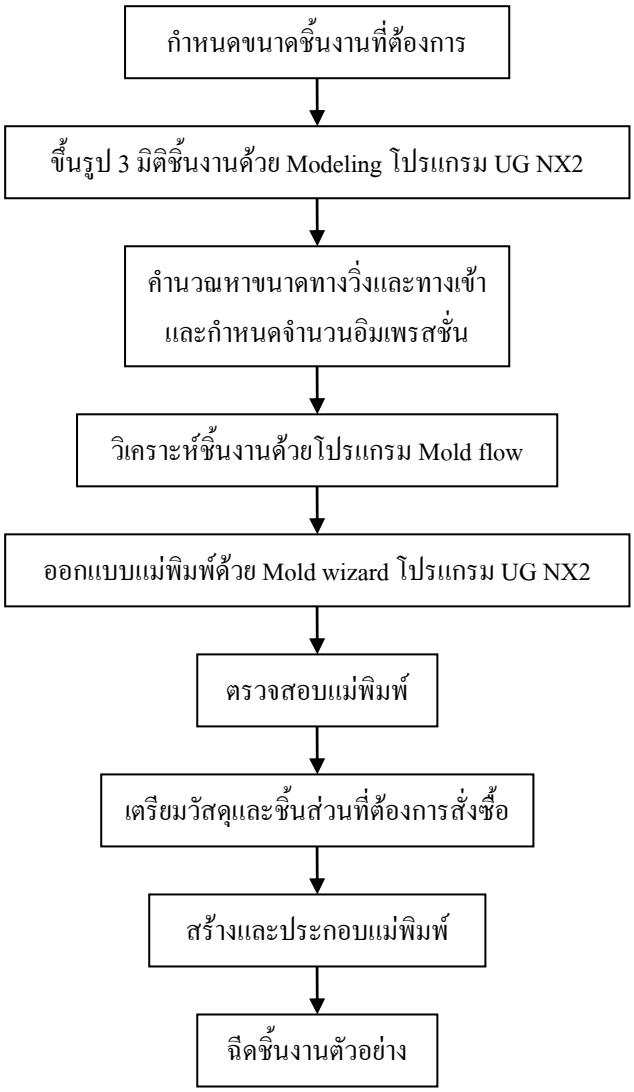
สำหรับชิ้นงานฉีดยาง



ภาพที่ 32 ขั้นตอนการสร้างชิ้นงานสำหรับแม่พิมพ์ฉีดยางจนถึงขั้นการเทหล่อแม่พิมพ์

1. การสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชิ้นงานจานรองแก้ว โดยใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (computer aided design/computer aided engineering, CAD/CAE) โดยใช้โปรแกรม Unigraphics NX2 ในการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติ (Modeling) และออกแบบแม่พิมพ์ (Mold wizard) และวิเคราะห์การไหลโดยใช้โปรแกรม Mold flow เป็นแนวทางในการวิเคราะห์การไหลของน้ำพลาสติก และใช้เครื่องฉีดขนาด 80 ตันในการฉีดชิ้นงาน (เครื่อง Battenfeld 80T BA800/315) จากนั้นนำชิ้นงานที่ฉีดได้มาตรวจสอบขนาดว่ามีความคลาดเคลื่อนจากค่าที่ได้ออกแบบไว้เท่าไร กระบวนการและวิธีการดังภาพที่ 33



ภาพที่ 33 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบ Conventional

2. การทำวิศวกรรมย้อนรอยแม่พิมพ์ฉีดยาง

ในอุตสาหกรรมการผลิตของไทยโดยทั่วไป บางครั้งมีความต้องการทำแม่พิมพ์เพิ่มให้เหมือนแม่พิมพ์เดิมแต่ไม่มีแบบคอมพิวเตอร์ของแม่พิมพ์เดิมไว้เนื่องจากการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการทำงานเพิ่งมาแพร่หลายในช่วงไม่นานนัก และยังคงมีหลายบริษัทที่ยังใช้เทคโนโลยีเดิมคือไม่มีการทำแบบคอมพิวเตอร์ ดังนั้นหากต้องการสร้างแม่พิมพ์ใหม่โดยใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเพื่อความต้องการให้แม่พิมพ์เหมือนเดิมก็จำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีวิศวกรรมย้อนรอยช่วยในการเก็บข้อมูลแม่พิมพ์ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงใช้แม่พิมพ์ฉีดยางพื้นรองเท้าไนกี้ (NIKE) เป็นกรณีตัวอย่างในการทำวิศวกรรมย้อนรอยเพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบ ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.1 ขั้นตอนการเก็บกลุ่มจุด (cloud point) ด้วยเครื่องเลเซอร์สแกนและโปรแกรม Polygonia v.5 โดยจัดวางชิ้นงานให้เหมาะสมกับเครื่องเลเซอร์สแกนเพื่อให้แขนกลและหัวเลเซอร์สามารถทำงานได้เต็มที่

2.2 ขั้นตอนการปรับแต่งผิวชิ้นงานที่มีการเรียงตัวของกลุ่มจุดที่สมบูรณ์แล้วด้วยโปรแกรม Geomagic Studio v.6

3. กระบวนการสร้างไฟล์ .stl เพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบ 3 มิติ

ในกระบวนการสร้างไฟล์ .stl เพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบ 3 มิตินั้น ได้แบ่งเป็นการสร้างไฟล์สำหรับชิ้นงานฉีดพลาสติก และสำหรับชิ้นงานฉีดยาง ดังนี้

3.1 สำหรับไฟล์ชิ้นงานฉีดพลาสติก ทำการจัดเก็บไฟล์ชิ้นงานฉีดพลาสติกจาก CAD file เปลี่ยนจากไฟล์นามสกุล .prt เป็นไฟล์นามสกุล .stl เพื่อเตรียมนำเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างต้นแบบ 3 มิติ

3.2 สำหรับไฟล์ชิ้นงานฉีดยาง ทำการจัดเก็บไฟล์ชิ้นงานจากโปรแกรม Geomagic Studio v.6 เปลี่ยนจากไฟล์นามสกุล .wrp เป็นไฟล์นามสกุล .stl เพื่อเตรียมนำเข้าโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับสร้างต้นแบบ 3 มิติ

4. สร้างต้นแบบชิ้นงาน 3 มิติ

การสร้างต้นแบบชิ้นงาน 3 มิติในการวิจัยนี้ แบ่งเป็นการสร้างต้นแบบจากเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ และจากเทคโนโลยี SLS ดังนี้

4.1 สร้างต้นแบบจากวัสดุผงแป้งพลาสเตอร์ (Plaster Powder ประเภท High Performance Composite Material) โดยเครื่องสร้างต้นแบบซีพริ้นท์เตอร์ 310 พลัส (Zprinter 310 Plus) จากเทคโนโลยีการพิมพ์ 3 มิติ

4.2 สร้างต้นแบบจากวัสดุผงไนลอน (DuraForm PA polyamide nylon) โดยเครื่องสร้างต้นแบบซินเทอร์สเตชั่นไฮคิว จากเทคโนโลยี SLS (Sinterstation HiQ Series SLS System)

5. ทำการวัดค่าอุณหภูมิของส่วนผสมในการเทหล่อ

เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิขณะบ่มตัวของการหล่อสารประกอบประเภทอิพอคซี่-เรซิ่นเติมอลูมิเนียม

6. การเตรียมวัสดุเพื่อทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมในการสร้างมาสเตอร์โมเดล

ทำการเตรียมวัสดุเพื่อทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นมาสเตอร์โมเดลสำหรับการหล่อแม่พิมพ์อิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียม โดยใช้วัสดุหลายชนิดที่มีพื้นผิวแตกต่างกัน

7. กระบวนการเทหล่อชิ้นงานเพื่อหาวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นมาสเตอร์โมเดลด้วยสารประกอบอิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียมและเทหล่อชิ้นงานจริง

เมื่อทำการเตรียมชิ้นงานหรือวัสดุที่ต้องการทดสอบแล้ว ในขั้นตอนถัดมาคือการเทหล่อสารประกอบอิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียมลงบนวัสดุที่เตรียมไว้เพื่อสังเกตผล แต่สำหรับชิ้นงานฉีดพลาสติกซึ่งมีเส้นแบ่งอยู่ระหว่างความสูงชิ้นงานจึงจำเป็นต้องเตรียมส่วนที่ต้องเทหล่อครั้งแรก (platen) ก่อนการเทหล่อชิ้นงานจริง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้วัสดุที่หาง่าย ทำได้ง่ายและราคาไม่สูงนักในการทำ platen

เมื่อได้ platen และวัสดุที่เหมาะสำหรับเป็นมาสเตอร์โมเดลแล้วขั้นตอนถัดมาคือการนำวัสดุนั้นมาใช้ในการเทหล่อแม่พิมพ์ประเภทอิพอคซี่เรซิ่นเติมอลูมิเนียมและเก็บรายละเอียดที่จำเป็นเพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่ต้องการที่สามารถนำไปฉีดชิ้นงานจริงได้

8. วัดอุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีดยางที่ทำการหล่อขึ้นมา

เมื่อได้ทำการเก็บรายละเอียดแม่พิมพ์ฉีดยางที่หล่อขึ้นมา ต้องนำไปทดสอบหาอุณหภูมิแม่พิมพ์เปรียบเทียบกับแม่พิมพ์ฉีดยางเดิม เนื่องจากการฉีดยางจำเป็นต้องเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์เพื่อให้เนื้อยางแข็งตัวเข้ารูปแม่พิมพ์