

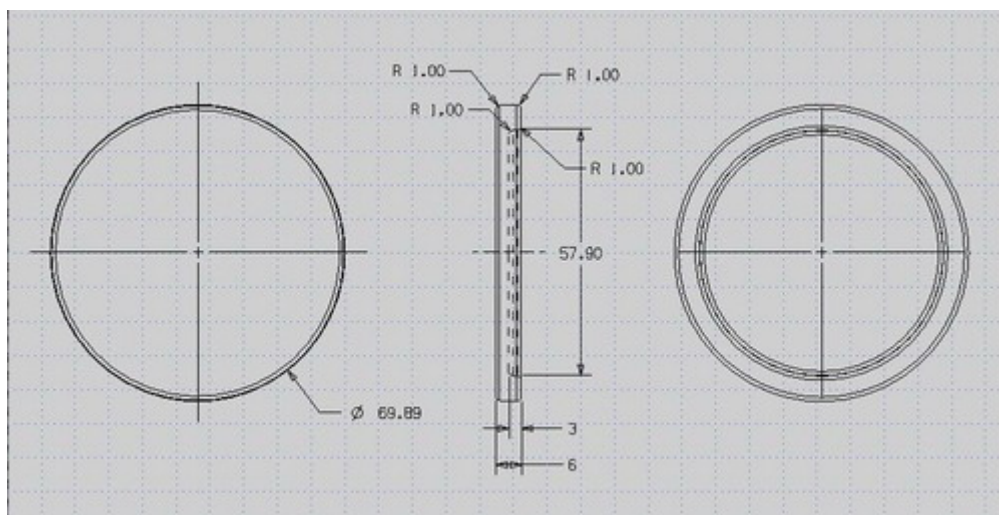
ผลและวิจารณ์

ผล

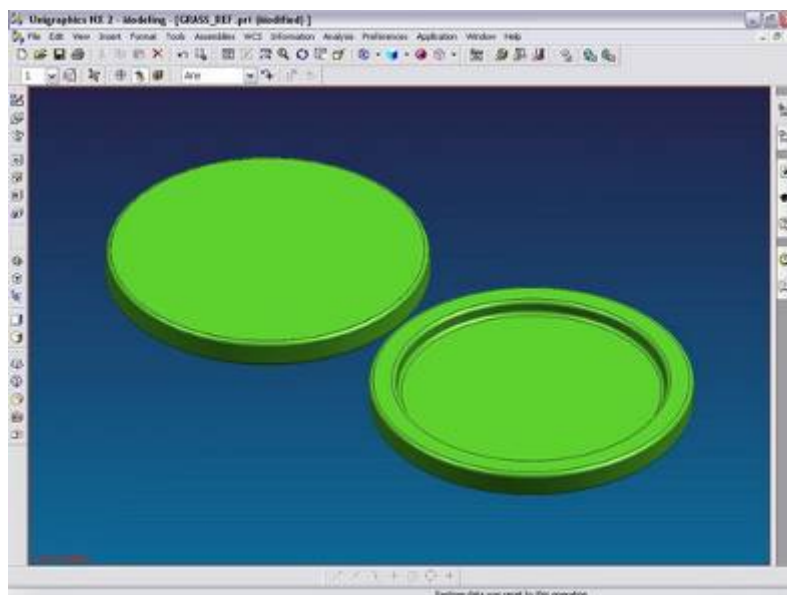
จากวิธีการทดลองที่ได้กล่าวถึงในอุปกรณ์และวิธีการมาแล้วนั้น เมื่อนำไปทำการทดลองแล้วให้ผลตามหัวข้อต่าง ๆ ดังนี้

1. การออกแบบชิ้นงานและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

1.1 ผลการขึ้นรูปชิ้นงาน 3 มิติโดยใช้โปรแกรม UG NX2 ดังภาพที่ 34 และภาพที่ 35

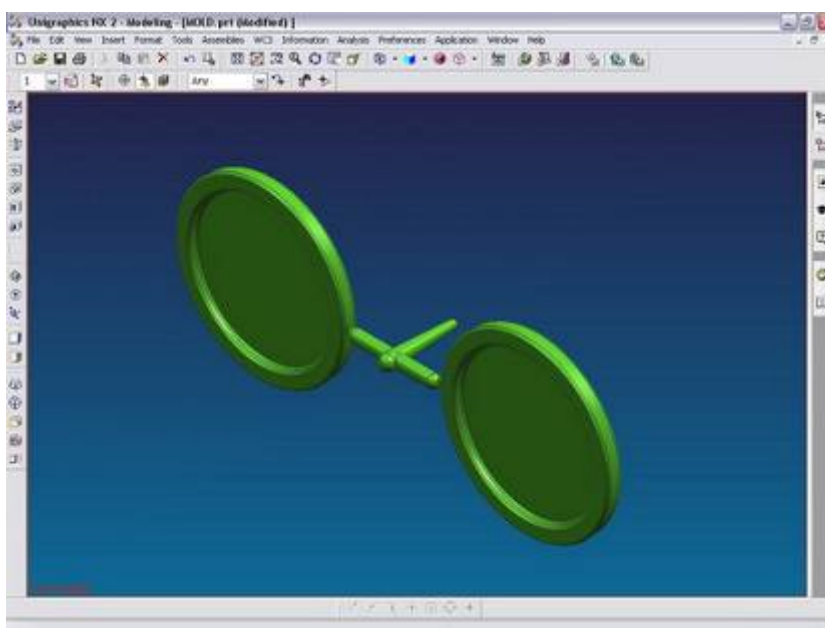


ภาพที่ 34 ขนาดมิติของชิ้นงานที่ต้องการขึ้นรูป



ภาพที่ 35 ชิ้นงานที่ขึ้นรูปตามขนาดมิติที่ต้องการจาก Modeling ในโปรแกรม UG NX2

1.2 ชิ้นงานที่กำหนดขนาดทางวิ่งและทางเข้าและจำนวนอิมเพรสชันจากรางที่ 2 และ 3 เนื่องจากต้องการฉีดขึ้นงานด้วย PP และ PS และน้ำหนักชิ้นงานน้อยกว่า 150 กรัม ดังนั้นเลือกใช้ทางวิ่งกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร และเลือกใช้ normal gate ขนาด 0.8 x 1.5 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 36



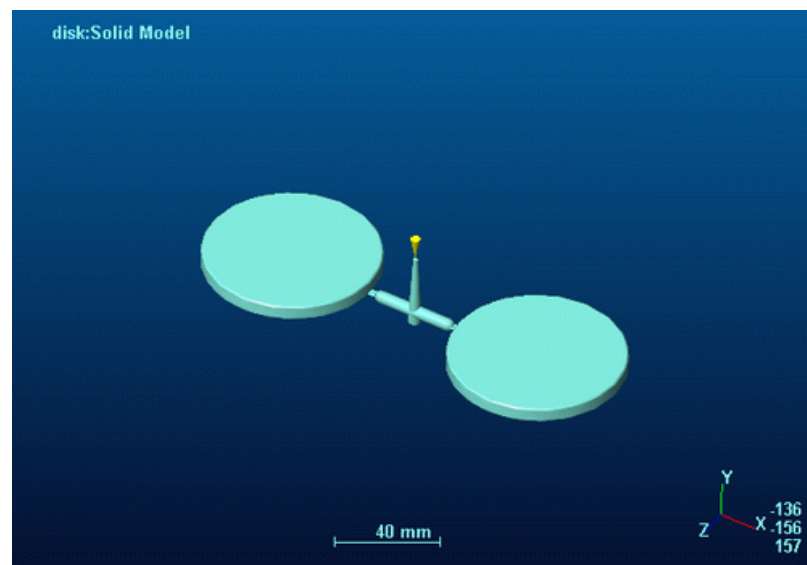
ภาพที่ 36 ชิ้นงานที่กำหนดขนาดทางวิ่งและทางเข้า

1.3 ผลการวิเคราะห์ชิ้นงาน

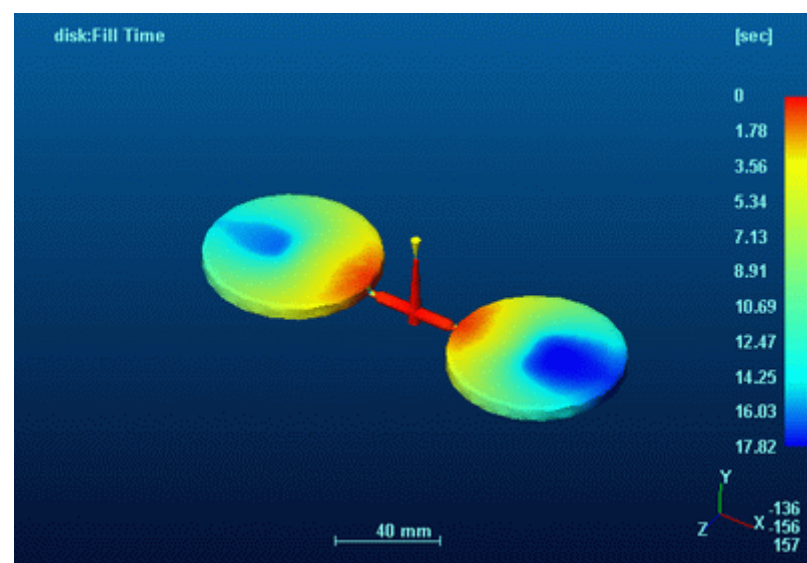
1.3.1 เมื่อนำชิ้นงานทำการวิเคราะห์ในโปรแกรม Mold flow ให้ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบตามตารางที่ 10 และภาพที่ 37 ถึงภาพที่ 44

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์และตรวจสอบโดยโปรแกรม Mold flow

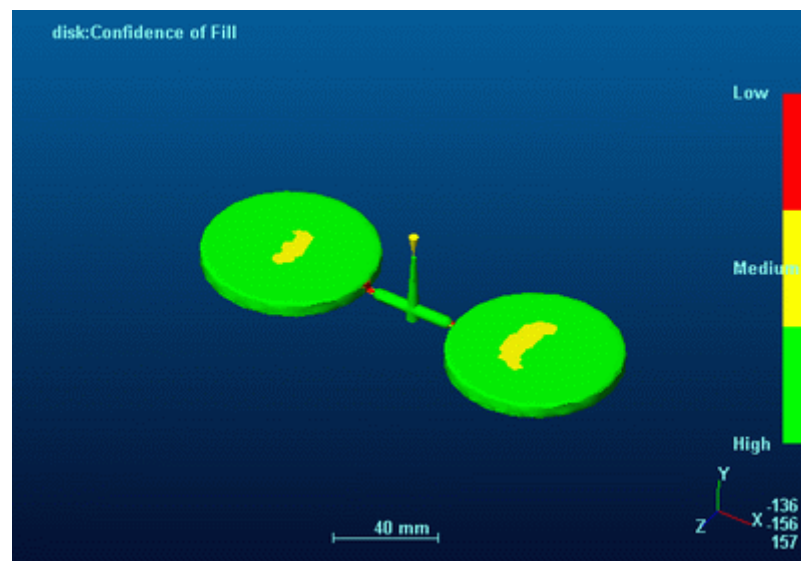
| MOLDFLOW PLASTICS ADVISERS REPORT | |
|-----------------------------------|---|
| SUMMARY | |
| Part Name: | saucer |
| Part Revision: | 1 |
| Max Injection Pressure: | 157.5 MPa |
| Mold Temperature: | 50.00 deg.C |
| Model Suitability: | Part model was generally suitable for analysis. |
| Moldability: | <ul style="list-style-type: none"> - Your part may be difficult to fill and part quality may be unacceptable. - View the Confidence of Fill plot and use the Dynamic Adviser to get help on how to improve the filling of the part. |
| Confidence: | Medium |
| Injection Time: | 17.82 sec |
| Injection Pressure: | 16.84 MPa |
| Weld Lines: | Yes |
| Air Traps: | Yes |
| Shot Volume : | 30.50 cu.cm |
| Filling Clamp Force: | 1.14 tonne |
| Clamp Force Area: | 14.35 sq.cm |
| Cycle Time: | 77.07 sec |
| Warnings: | <ul style="list-style-type: none"> - Your model is generally well suited to an Adviser analysis. - However, care should be taken when interpreting results around chunky model features as the results may be less reliable. |



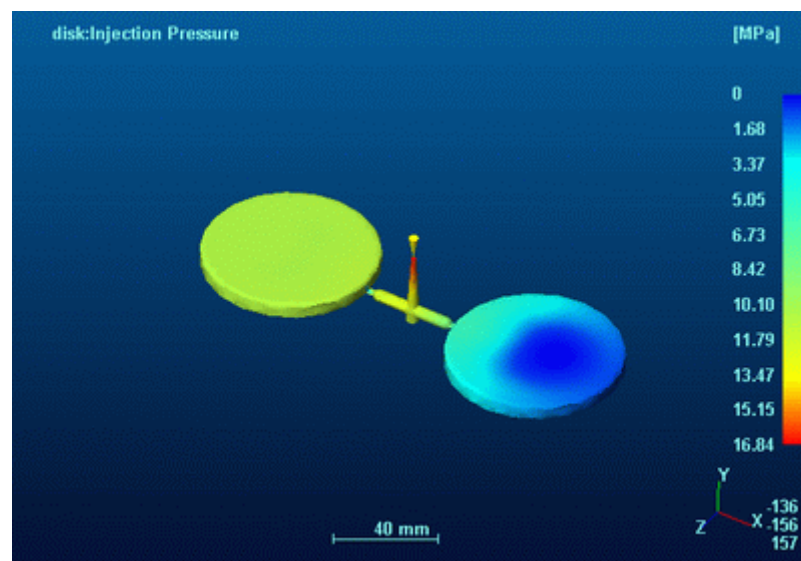
ภาพที่ 37 นำชิ้นงานจากการขึ้นรูปด้วยโปรแกรม UG NX2 มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mold flow



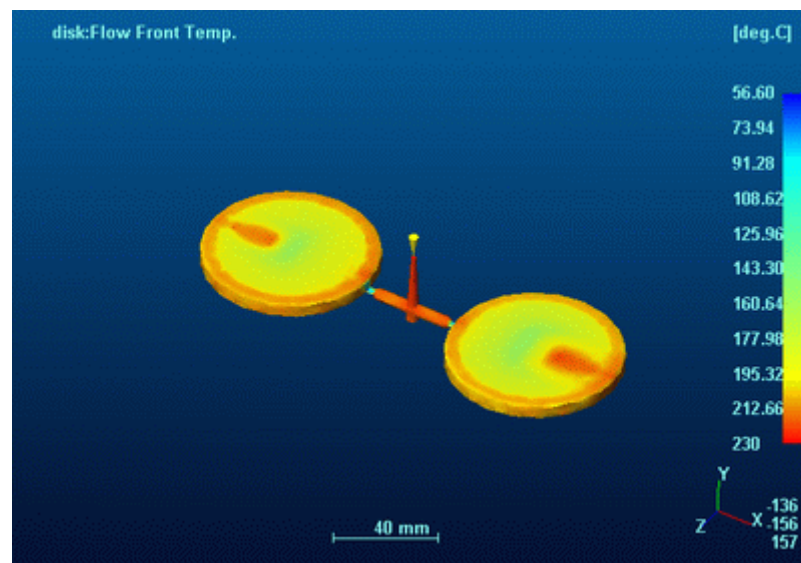
ภาพที่ 38 ผลการวิเคราะห์เวลาในการฉีดชิ้นงาน



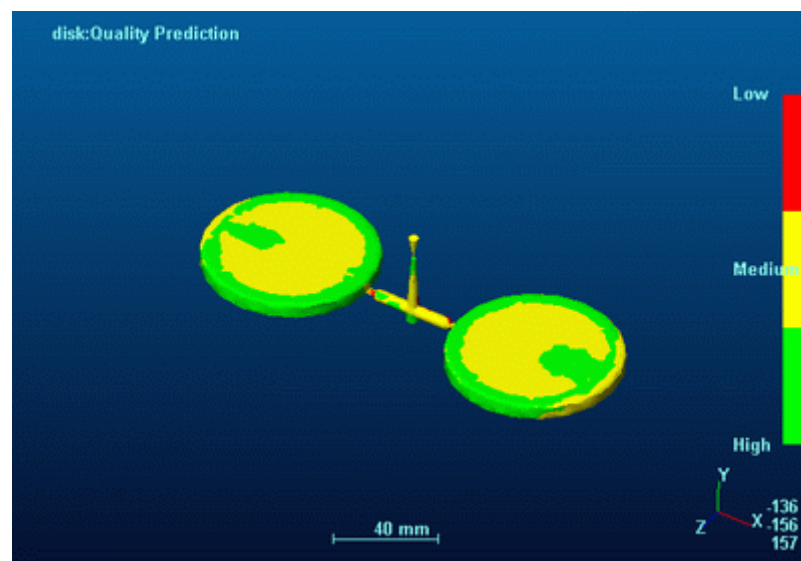
ภาพที่ 39 ผลการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นในการฉีดชิ้นงาน



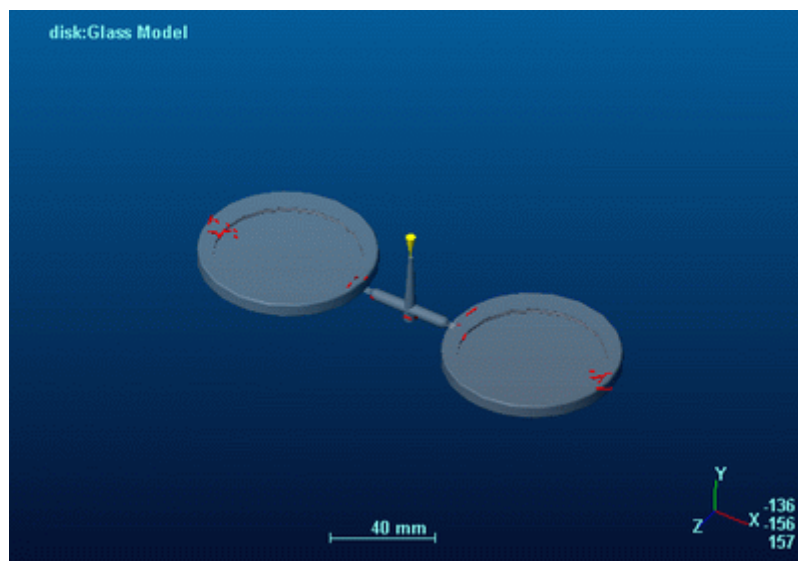
ภาพที่ 40 ผลการวิเคราะห์แรงดันในการฉีด



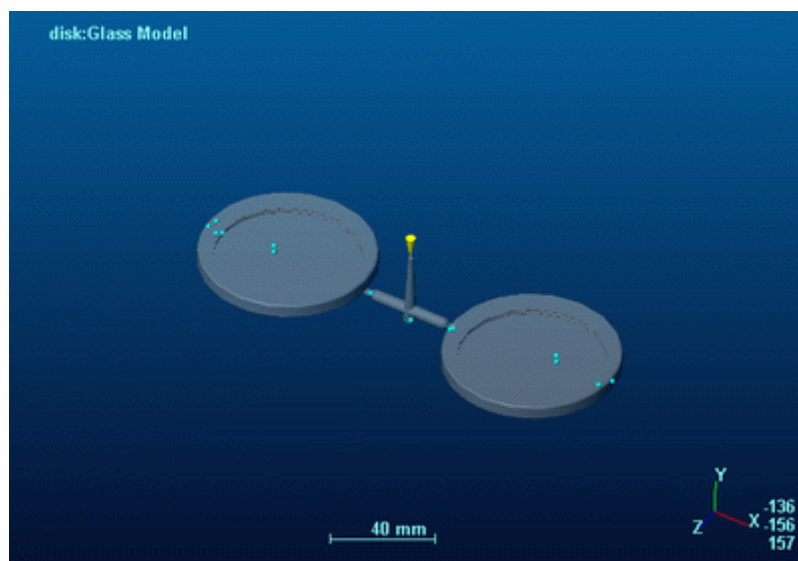
ภาพที่ 41 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิการไหลที่ผิวชิ้นงาน



ภาพที่ 42 ผลการวิเคราะห์คุณภาพชิ้นงาน



ภาพที่ 43 ผลการวิเคราะห์ weld line



ภาพที่ 44 ผลการวิเคราะห์ air vent

จากการวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยโปรแกรม Mold flow ซึ่งให้ผลดังตารางที่ 5 และภาพที่ 37 ถึงภาพที่ 44 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ได้ดังนี้ ค่าความเชื่อมั่นในการเติมน้ำพลาสติกอยู่ในระดับปานกลาง ใช้เวลาในการฉีด 17.82 วินาที (s) ใช้แรงดันฉีด 16.84 เมกะปาสกาล (MPa) มี weld line และอากาศเกิดขึ้นระหว่างการฉีดชิ้นงานที่ยอมรับได้ ชิ้นงานฉีดมีปริมาตร 30.50 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm³) ใช้เวลา 77.07 วินาทีต่อรอบการฉีดชิ้นงาน (cycle time)

1.3.2 จากการวิเคราะห์ทางทฤษฎีได้ผลดังนี้

ก. ความดันฉีด (Injection Pressure)

$$\begin{aligned} \text{ความดันฉีด} &= \text{แฟคเตอร์การไหลของพลาสติก} \times \text{แฟคเตอร์ความหนา} \\ &\quad \text{ชิ้นงาน} \times \text{ระยะการไหลตัวของพลาสติก} + \text{ความดันเพื่อ} \\ &= 1.2 \times 1.0 \times 70 + 100 \\ &= 184 \text{ bar} = 18.4 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ข. ปริมาตรการฉีด (Shot volume)

ปริมาตรการฉีดหาได้จากแบบชิ้นงานที่ออกแบบจาก Modeling โดยโปรแกรม UG NX2 ได้ค่าเท่ากับ 30.96 cm^3

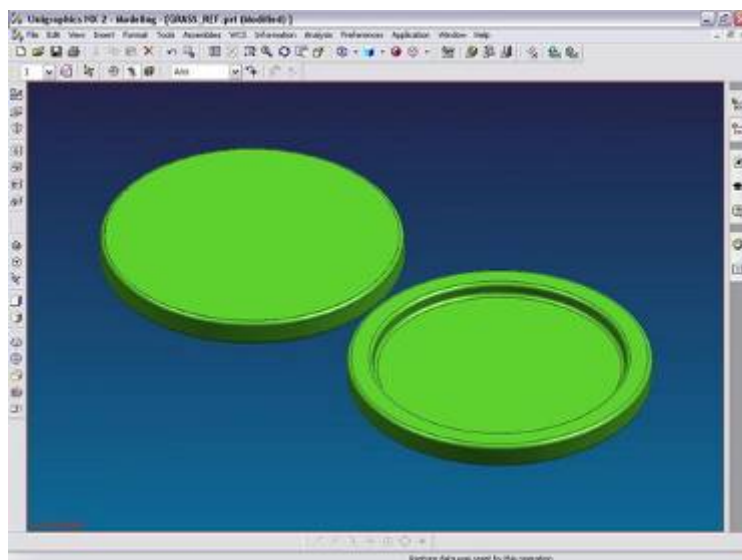
ค. แรงยึดแม่พิมพ์ (Clamping force) จากหัวข้อ 2.3 ในบทที่ 2

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{A_p \times P_c}{m \times 100} \\ &= \frac{(\pi \times 7^2 / 4) \times 500}{100} \\ &= 192.4 \text{ kN} \end{aligned}$$

จากผลที่ได้ทางทฤษฎีมีค่าที่ใกล้เคียงกับผลการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Mold flow (สามารถเปรียบเทียบได้บางค่าเท่านั้น)

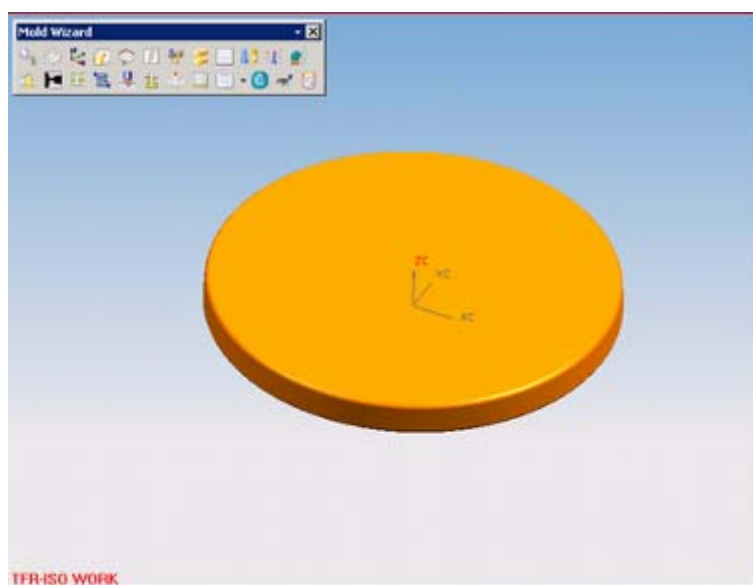
1.4 ผลการออกแบบแม่พิมพ์โดยใช้ Mold wizard ในโปรแกรม UG NX2 ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ ดังนี้

1.4.1 เปิดชิ้นงานที่ออกแบบไว้จาก Modeling ใน Mold wizard โดยโปรแกรม UG NX2 (ภาพที่ 45)



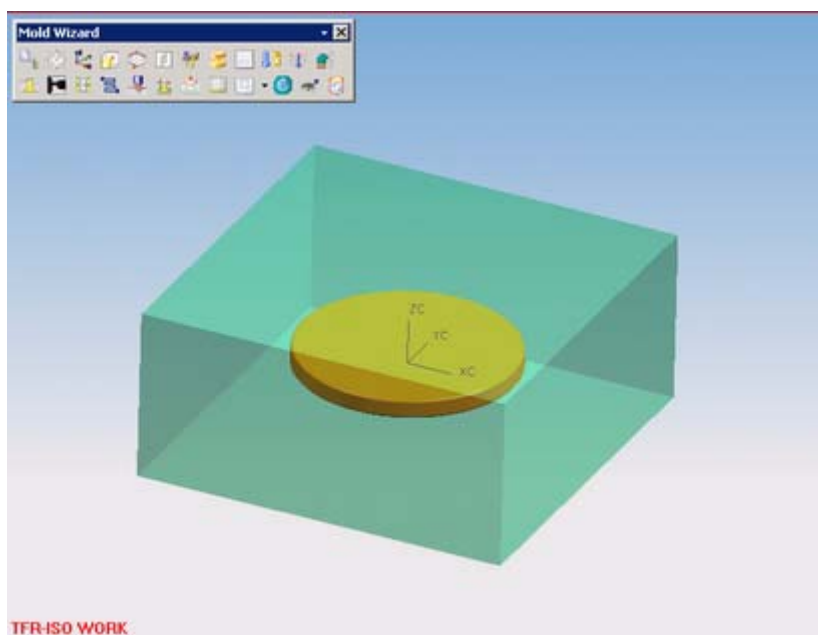
ภาพที่ 45 ชิ้นงานที่เปิดขึ้นใน Mold wizard โปรแกรม UG NX2

1.4.2 กำหนดค่าหัดตัวของเนื้อพลาสติกที่ต้องการฉีด (ภาพที่ 46)



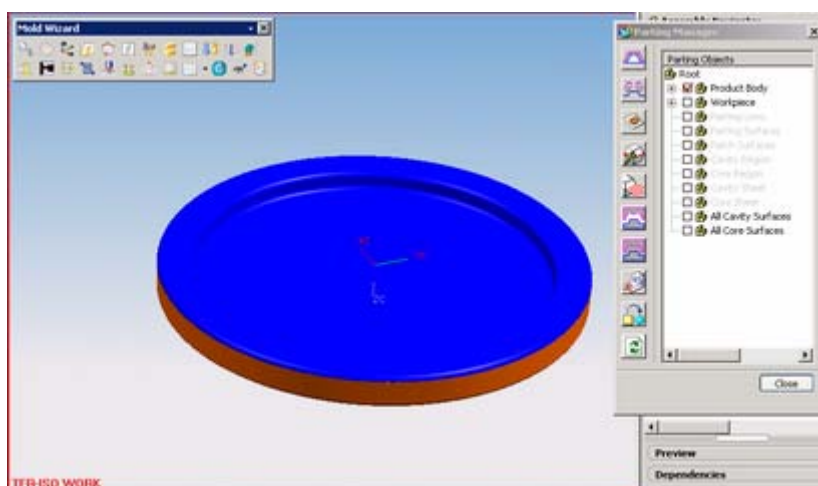
ภาพที่ 46 ชิ้นงานที่กำหนดค่าหัดตัวในโปรแกรม

1.4.3 กำหนดขนาดชิ้นงานที่จะเป็นขนาดอินเสิร์ตแม่พิมพ์ (work piece) (ภาพที่ 47)



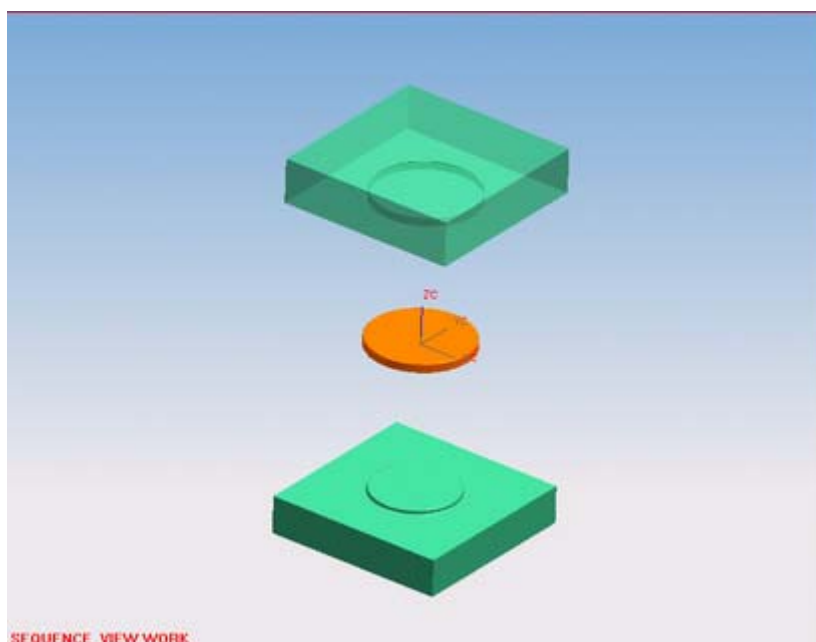
ภาพที่ 47 ชิ้นงานที่กำหนด work piece

1.4.4 กำหนดเส้นแบ่งแม่พิมพ์ (ภาพที่ 48)



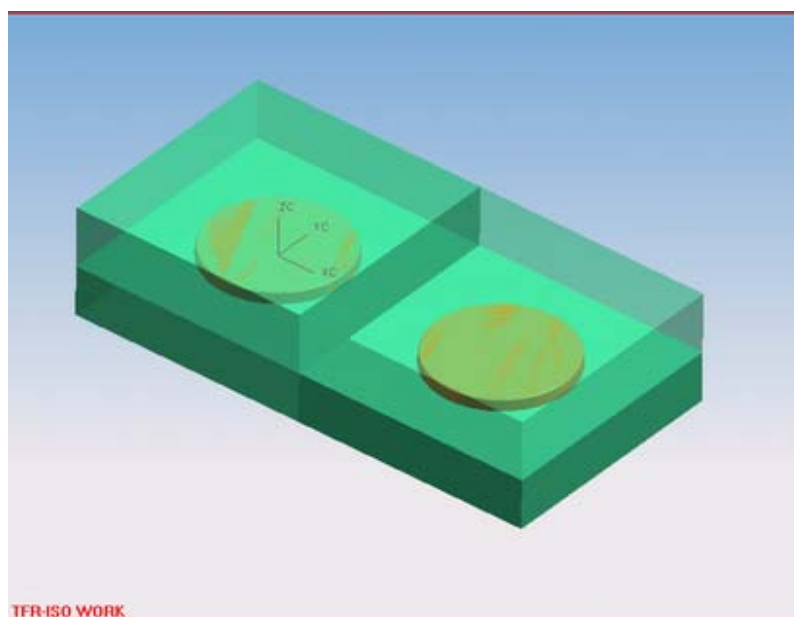
ภาพที่ 48 เส้นแบ่งแม่พิมพ์ชิ้นงานแยกตามขอบสี

1.4.5 ทำการแยกแม่พิมพ์ (ภาพที่ 49)



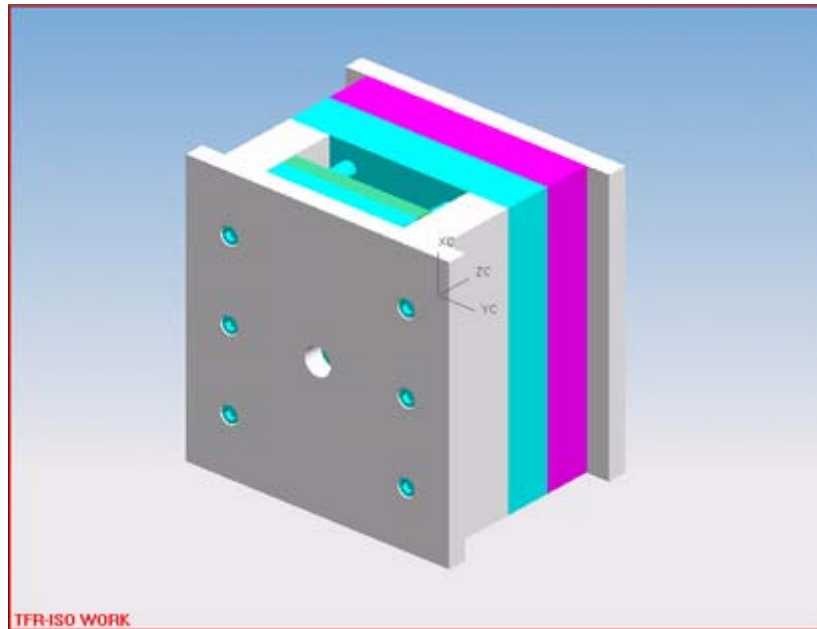
ภาพที่ 49 แยกแม่พิมพ์ตามเส้นแบ่ง

1.4.6 กำหนดจำนวนชิ้นงานต่อ 1 แม่พิมพ์หรือจำนวนอิมเพรสชัน (impression's number) (ภาพที่ 50)



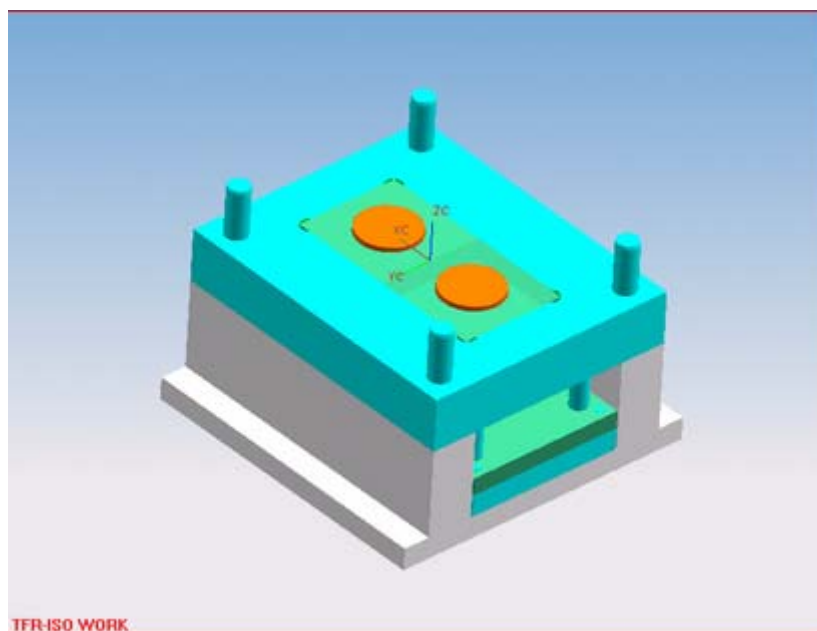
ภาพที่ 50 จำนวนชิ้นงานต่อ 1 แม่พิมพ์เท่ากับ 2 อิมเพรสชัน

1.4.7 เลือก mold base โดยสามารถกำหนดค่าความหนาของแผ่นงานต่าง ๆ ได้ตามต้องการ (ภาพที่ 51)



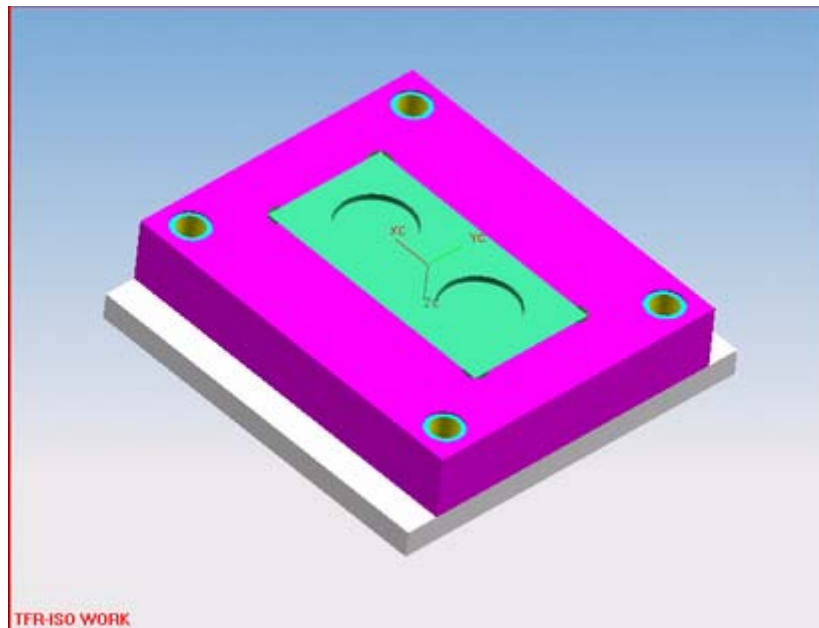
ภาพที่ 51 ขนาด mold base ที่ต้องการ

1.4.8 สร้างช่องสำหรับใส่อินเสิร์ตแม่พิมพ์ด้านคอร์ (ภาพที่ 52)



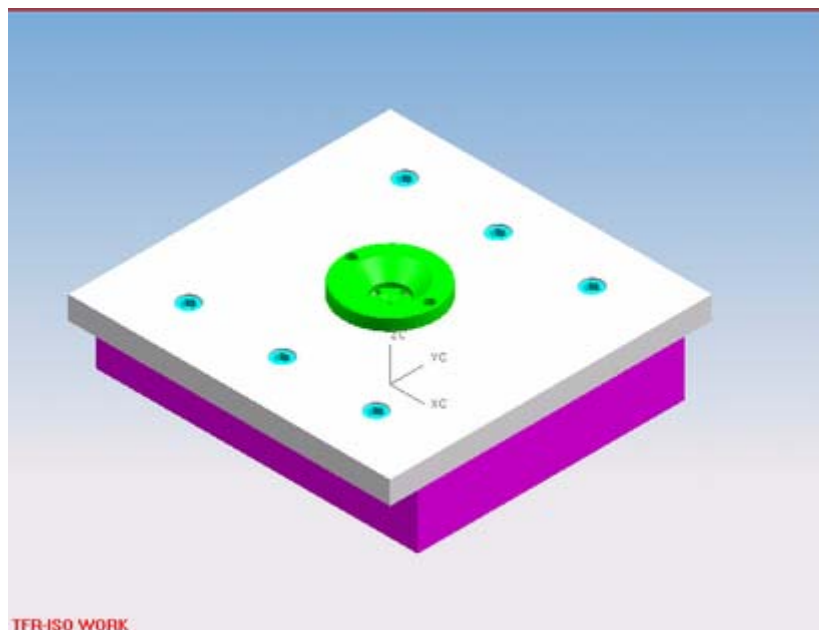
ภาพที่ 52 ช่องอินเสิร์ตแม่พิมพ์ด้านคอร์

1.4.9 สร้างช่องสำหรับใส่อินเสิร์ตแม่พิมพ์ด้านควิต (ภาพที่ 53)

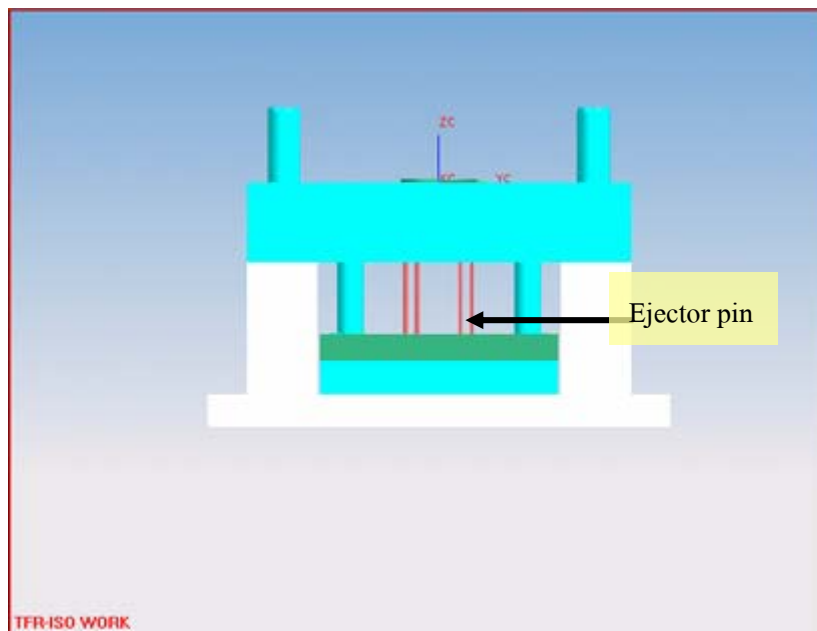


ภาพที่ 53 ช่องอินเสิร์ตแม่พิมพ์ด้านควิต

1.4.10 เลือกชิ้นส่วนที่เป็นมาตรฐานและนำมาใส่ในแม่พิมพ์ (ภาพที่ 54 และภาพที่ 55)

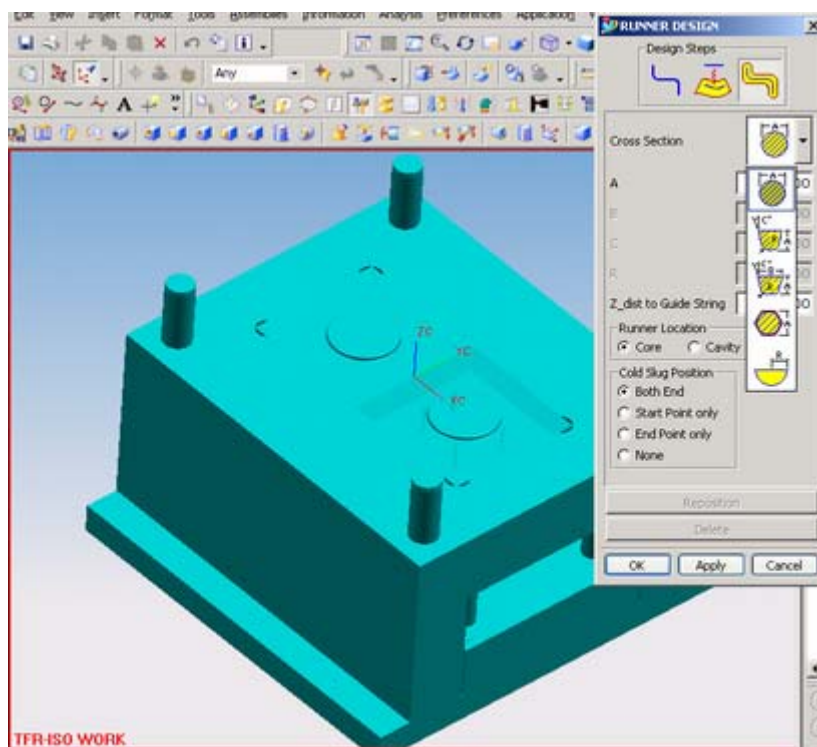


ภาพที่ 54 แหวนประคอง (locating ring) และ sprue bush

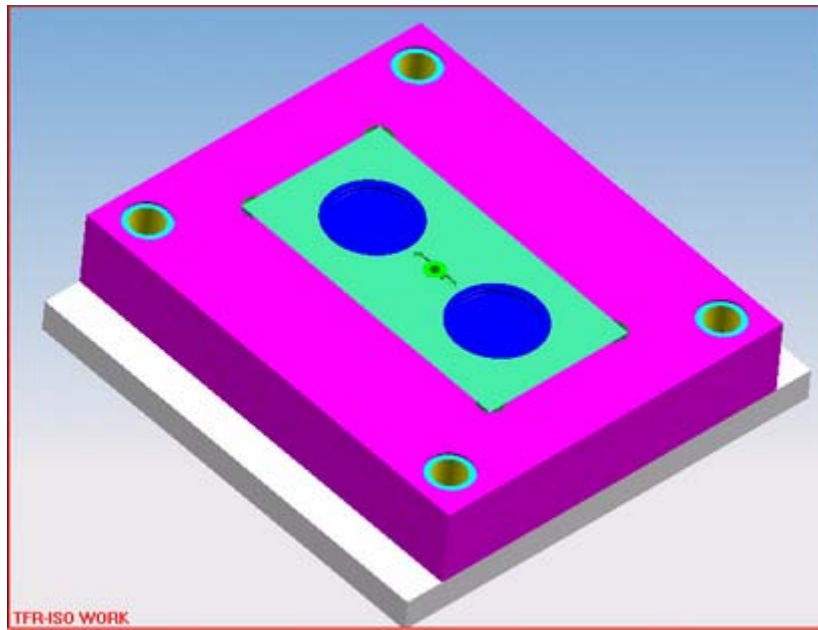


ภาพที่ 55 เข็มกระทุ้ง (Ejector pin)

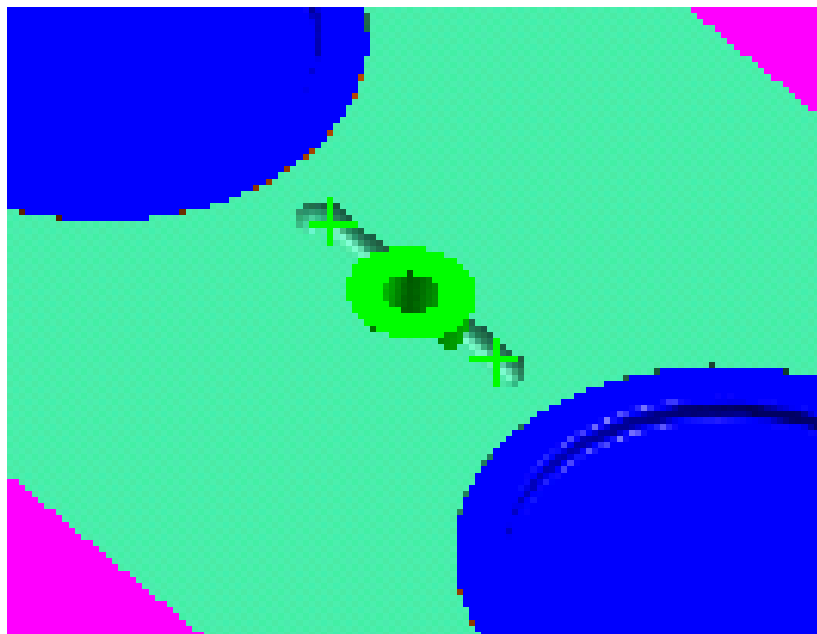
1.4.11 ใส่ขนาดทางวิ่งตามที่ได้ออกแบบไว้ (ภาพที่ 56 ถึงภาพที่ 58)



ภาพที่ 56 เลือกแบบทางวิ่งตามที่ได้ออกแบบไว้

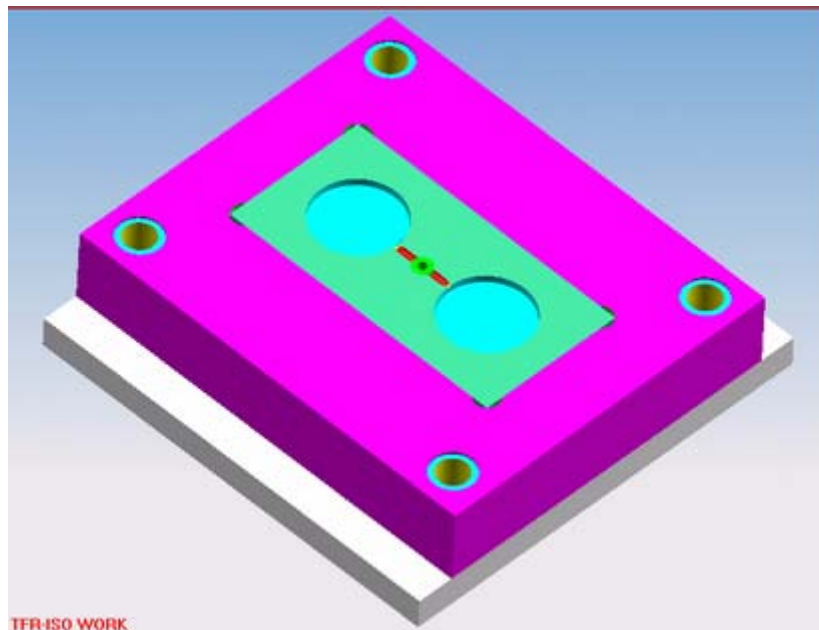


ภาพที่ 57 แบบทางวิ่งตามที่ได้ออกแบบไว้

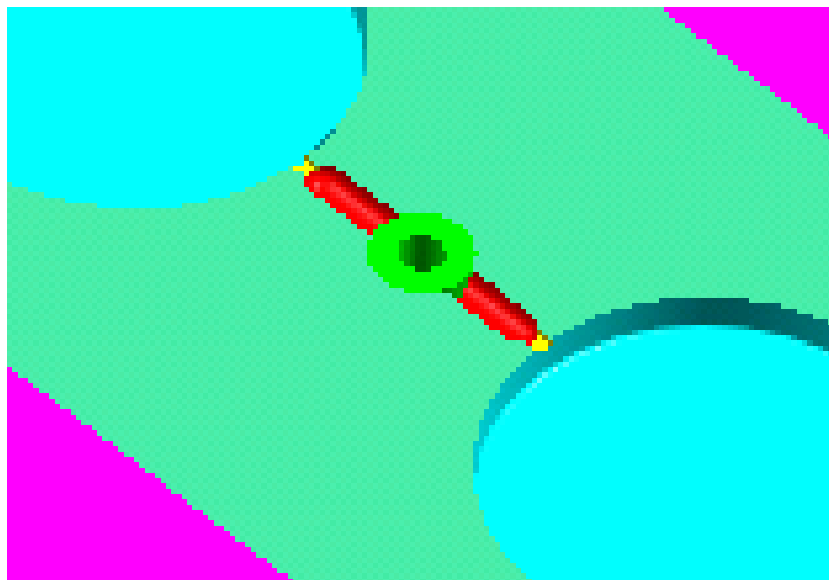


ภาพที่ 58 แบบทางวิ่งตามที่ได้ออกแบบไว้ ภาพขยายบริเวณทางวิ่ง

1.4.12 ใส่ขนาดทางเข้าตามที่ได้ออกแบบไว้ (ภาพที่ 59 และภาพที่ 60)

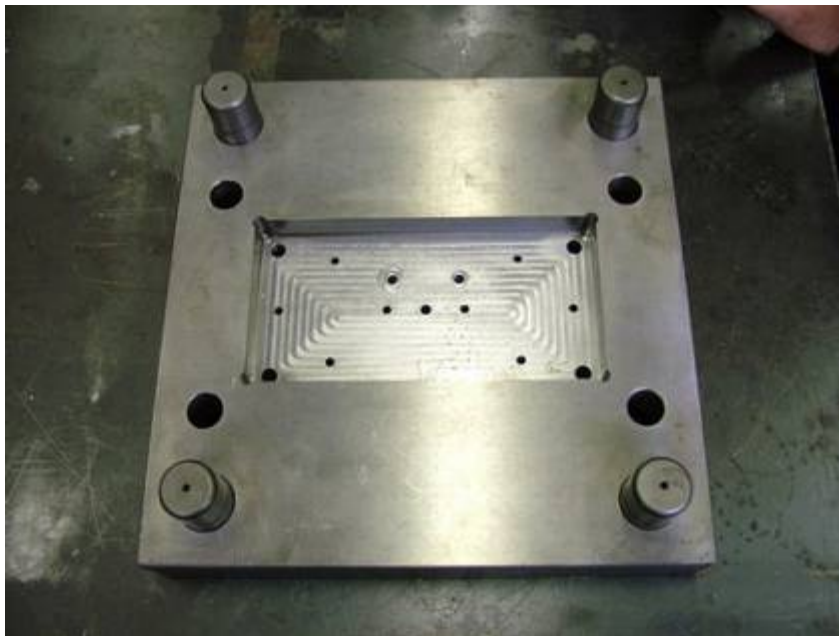


ภาพที่ 59 แบบทางเข้าตามที่ได้ออกแบบไว้



ภาพที่ 60 แบบทางเข้าตามที่ได้ออกแบบไว้ ภาพขยายทางเข้า

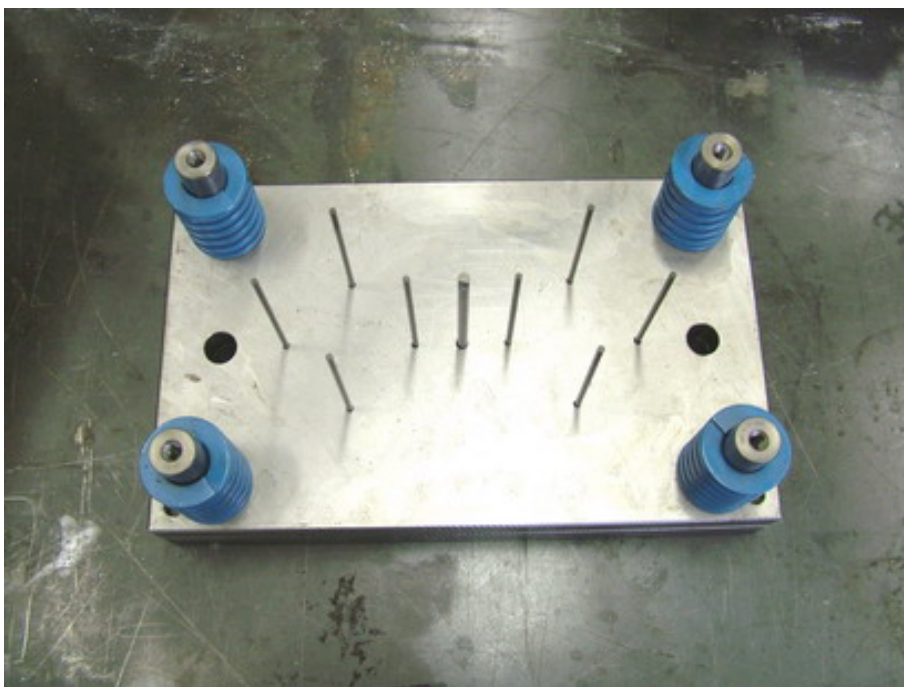
1.5 ผลการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังภาพที่ 61 ถึง
ภาพที่ 67



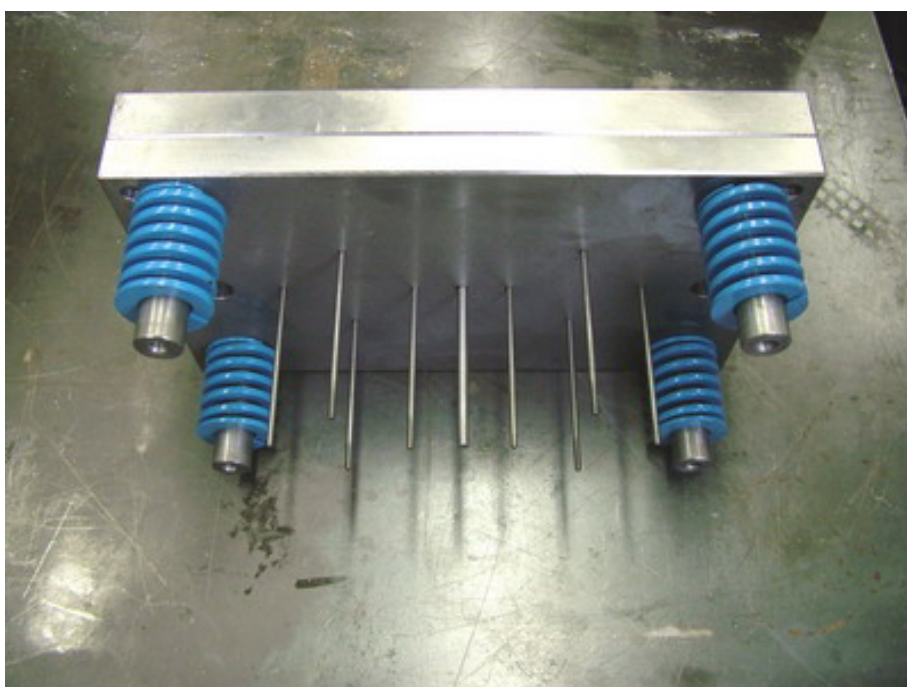
ภาพที่ 61 แม่พิมพ์ด้านคอร์ฝั่งที่มีช่องอินเสิร์ต



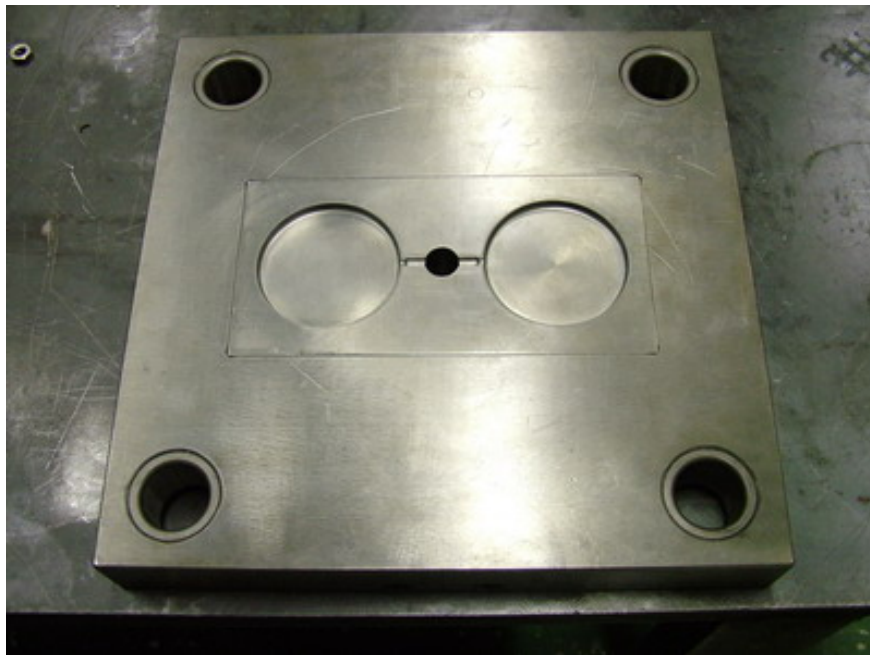
ภาพที่ 62 แม่พิมพ์ด้านคอร์



ภาพที่ 63 เข็มกระทุ้งและสปริง (ภาพมุมมองบน)



ภาพที่ 64 เข็มกระทุ้งและสปริง



ภาพที่ 65 แม่พิมพ์ ด้านควิตีใส่อินเสิร์ทแล้ว

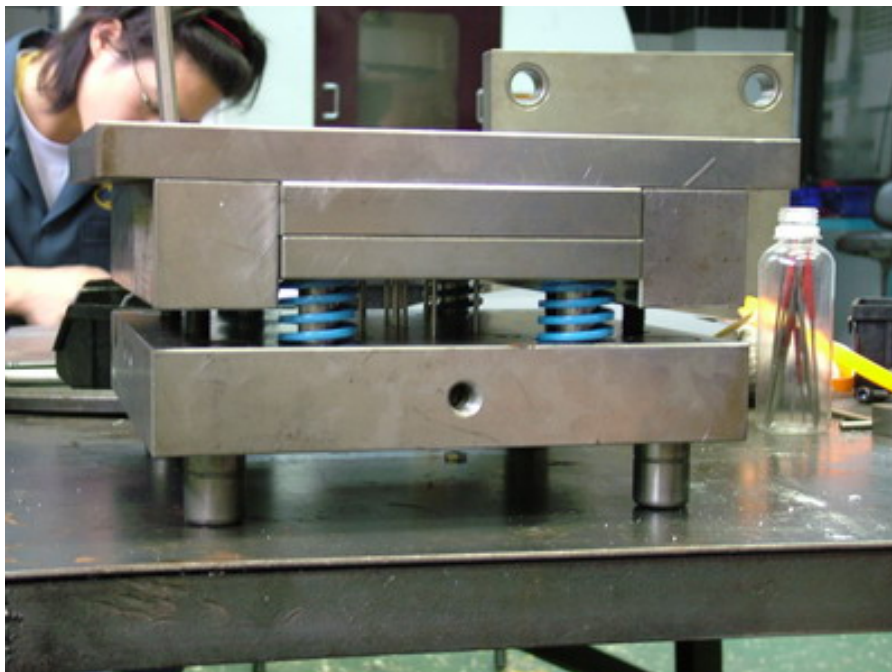


ภาพที่ 66 แม่พิมพ์ ด้านควิตีด้านหลัง



ภาพที่ 67 แผ่นล่างสุดของแม่พิมพ์ (bottom plate)

1.6 ทำการประกอบแม่พิมพ์และฉีดชิ้นงาน ดังภาพที่ 68 ถึงภาพที่ 77



ภาพที่ 68 ประกอบแม่พิมพ์



ภาพที่ 69 ประกอบแม่พิมพ์เรียบร้อย เตรียมขึ้นเครื่องฉีดพลาสติก



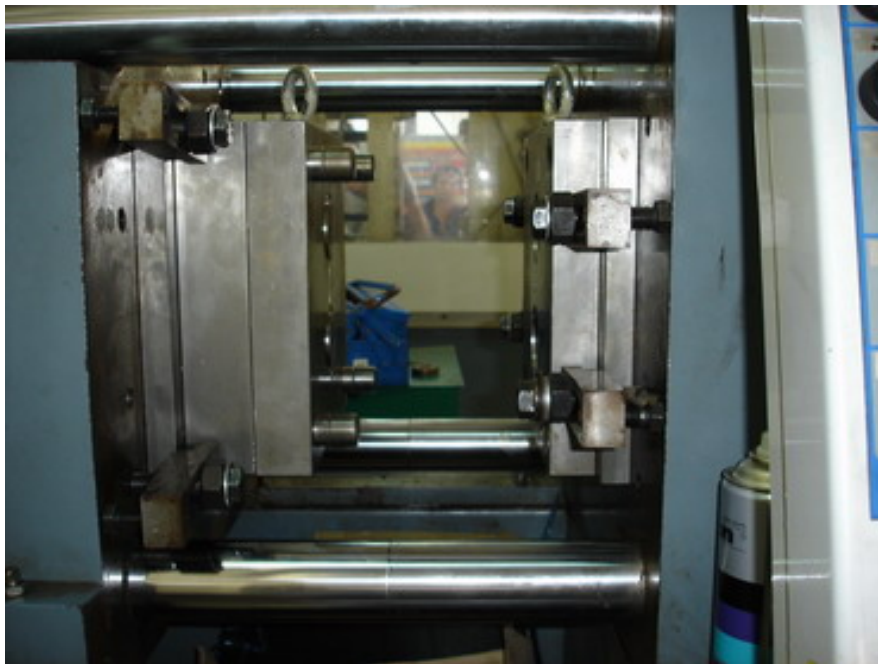
ภาพที่ 70 เคลื่อนย้ายแม่พิมพ์เข้าเครื่องฉีดพลาสติก



ภาพที่ 71 ปิดแม่พิมพ์เข้ากับเครื่องฉีดพลาสติกที่แรงดันสูง (High pressure)



ภาพที่ 72 ยึดแม่พิมพ์ (clamp mold) เข้ากับเครื่องฉีดพลาสติก



ภาพที่ 73 ยึดแม่พิมพ์เรียบร้อยเตรียมฉีดขึ้นงาน



ภาพที่ 74 แม่พิมพ์ด้านคอร์ (ยึดแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติกเรียบร้อยแล้ว)



ภาพที่ 75 แม่พิมพ์ด้านควาตี (ยึดแม่พิมพ์กับเครื่องฉีดพลาสติกเรียบร้อยแล้ว)



ภาพที่ 76 ชิ้นงานพลาสติกโพลีพรอพิลีน (Polypropylene, PP) ที่ฉีดขึ้นรูป



ภาพที่ 77 ชิ้นงานพลาสติกโพลีสไตรีน (Polystyrene, PS) ที่ฉีดขึ้นรูป

จากภาพที่ 76 และ 77 ชิ้นงานพลาสติกโพลีพรอพิลีน (PP) และ โพลีสไตรีน (PS) เห็นได้ว่า มีครีบเล็กน้อยและจากการปรับค่าต่าง ๆ ของเครื่องฉีดแล้วแต่ยังคงมีครีบเหลืออยู่จึงสรุปได้ว่าครีบ เกิดจากการที่ไม่ได้ติดตั้งระบบหล่อเย็นให้กับแม่พิมพ์ทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงขึ้น การไหลที่ น้ำพลาสติกก็จะเหลวมากขึ้นเป็นเหตุให้เกิดครีบได้หรือการที่ไม่มีระบบระบายอากาศให้กับชิ้นงาน ทำให้อากาศอัดแน่นอยู่ภายในเบ้าและคอร์ตันเนื้อพลาสติกไหลออกมาเกิดเป็นครีบได้

2. การทำวิศวกรรมย้อนรอยแม่พิมพ์ฉีดยาง

มีขั้นตอนการทำงานดังต่อไปนี้

2.1 ผลการเก็บกลุ่มจุดด้วยเครื่องเลเซอร์สแกนและ โปรแกรม Polygonia v.5

2.1.1 ผลการเตรียมผิวอินเลิร์ทแม่พิมพ์ที่ต้องการ โดยการพ่นสเปรย์แป้งเคลือบผิว เพื่อไม่ให้เกิดความมันวาวที่ผิวแม่พิมพ์ (ภาพที่ 78 และภาพที่ 79)

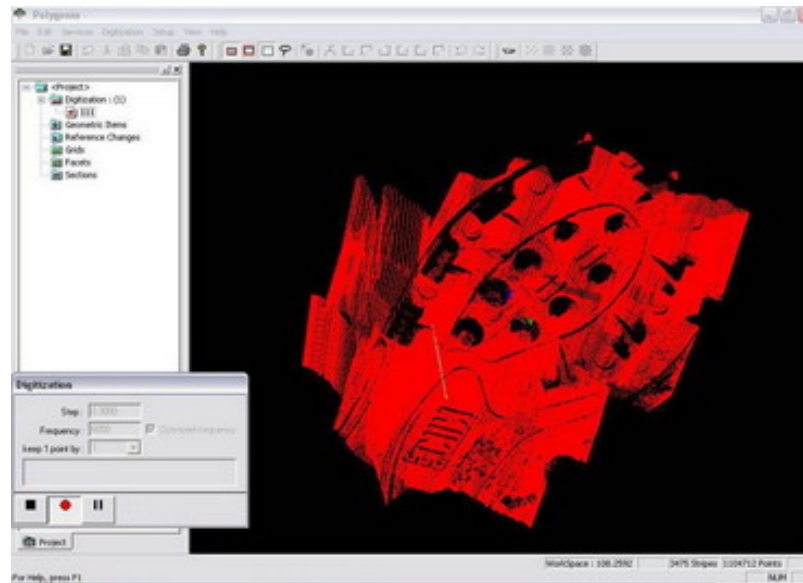


ภาพที่ 78 อินเสิร์ทแม่พิมพ์ฉีดยาง รองเท้า NIKE



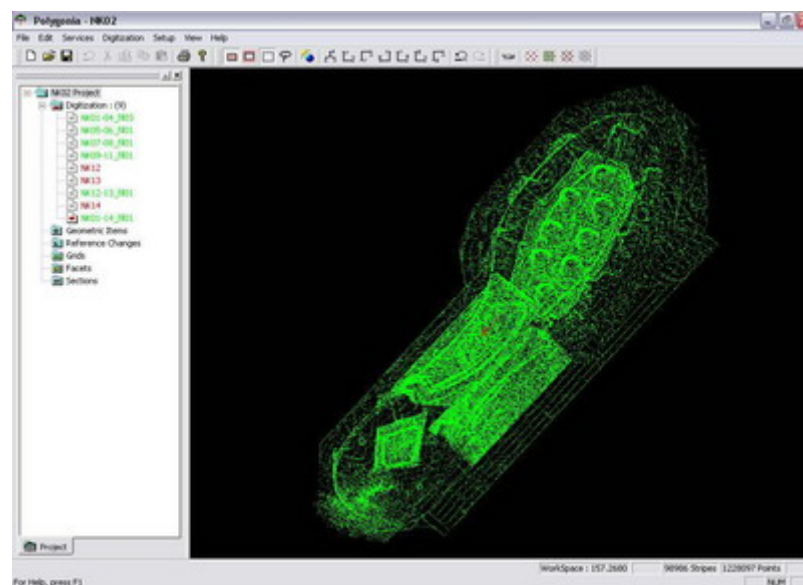
ภาพที่ 79 อินเสิร์ทแม่พิมพ์ฉีดยาง รองเท้า NIKE ฟันสเปร์ย์แปรงเคลือบผิว

2.1.2 ผลการสแกนผิวอินเสิร์ตแม่พิมพ์ยาง (ภาพที่ 80)



ภาพที่ 80 กลุ่มจุดจากการสแกนผิวชิ้นงานผ่านโปรแกรม Polygonia v.5

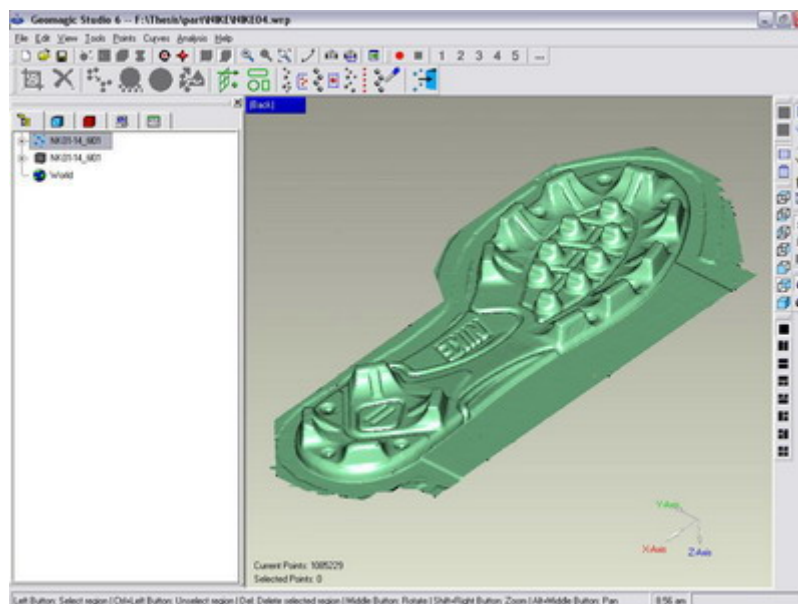
2.1.3 เมื่อสแกนได้กลุ่มจุดชิ้นงานตามต้องการแล้ว ทำการจัดเรียงกลุ่มจุดนั้นให้มีการเรียงตัวที่สมบูรณ์พร้อมจัดเก็บไฟล์งาน ซึ่งจะอยู่ในรูปไฟล์ .cwk (ภาพที่ 81)



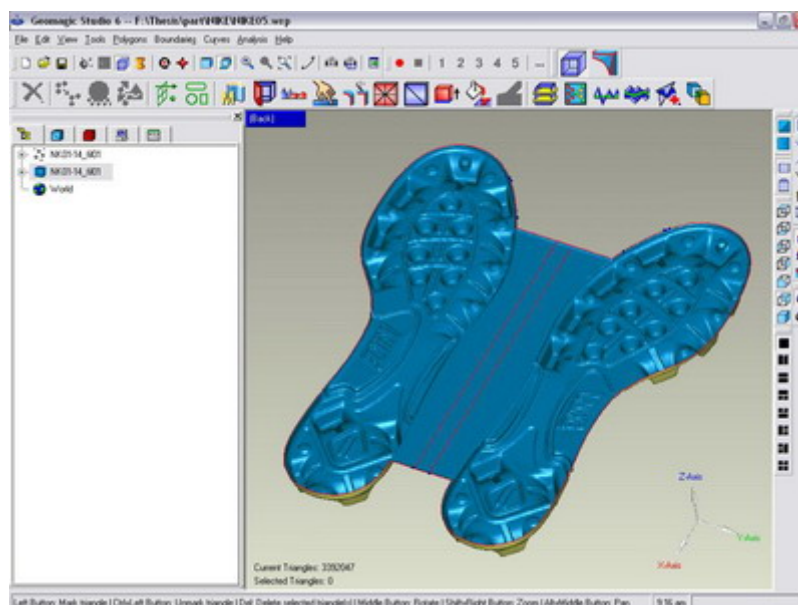
ภาพที่ 81 กลุ่มจุดที่มีการเรียงตัวที่สมบูรณ์แล้ว

2.2 ผลการปรับแต่งผิวชิ้นงานด้วยโปรแกรม Geomagic Studio v.6

2.2.1 ผลการนำไฟล์ที่มีการเรียงตัวของกลุ่มจุดที่สมบูรณ์แล้วมาผ่านกระบวนการตกแต่งผิวชิ้นงานให้สมบูรณ์พร้อมจัดเก็บไฟล์งานอยู่ในรูปไฟล์ .wrp (ภาพที่ 82 และภาพที่ 83)

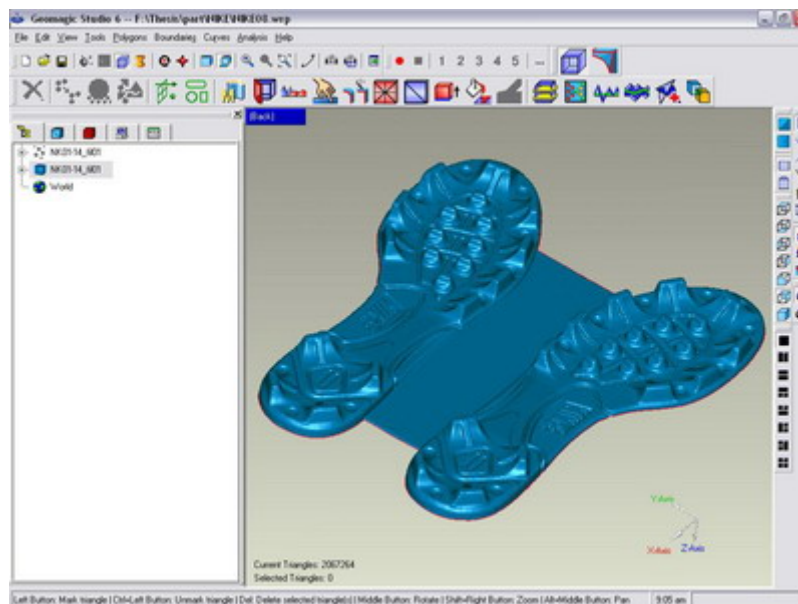


ภาพที่ 82 ชิ้นงานที่เป็นกลุ่มจุดในโปรแกรม Geomagic studio v.6

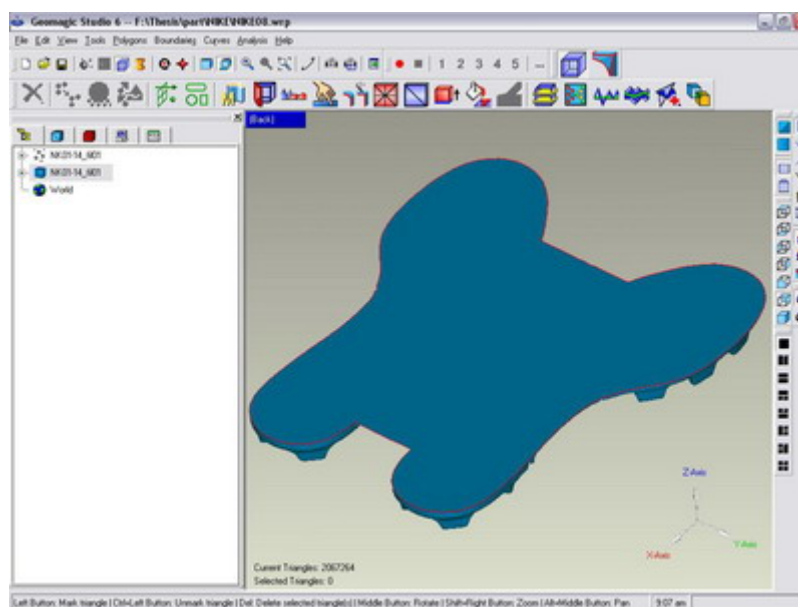


ภาพที่ 83 ชิ้นงานที่ผ่านการตกแต่งผิวบางส่วนแล้ว

2.2.2 ผลการนำไฟล์ที่มีการเรียงตัวของกลุ่มจุดที่สมบูรณ์แล้วมาผ่านกระบวนการ ตกแต่งผิวชิ้นงานให้สมบูรณ์พร้อมจัดเก็บไฟล์งานอยู่ในรูปไฟล์ .wrp (ภาพที่ 84 และภาพที่ 85)



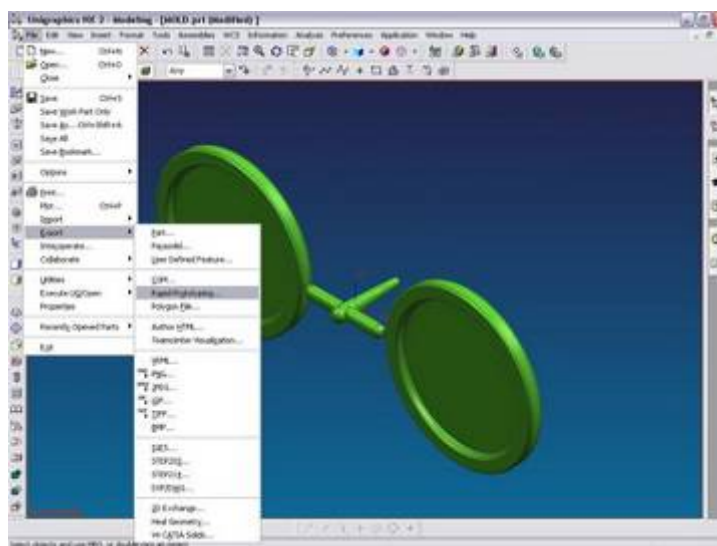
ภาพที่ 84 ชิ้นงานที่ผ่านการตกแต่งผิวเรียบร้อยแล้วด้านคอร์



ภาพที่ 85 ชิ้นงานที่ผ่านการตกแต่งผิวเรียบร้อยแล้วด้านคาวิตี้

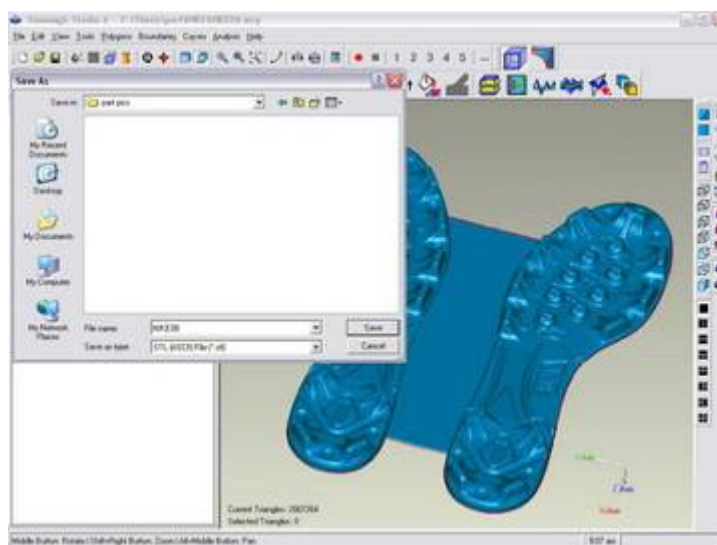
3. กระบวนการสร้างไฟล์ .stl เพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบ 3 มิติ

3.1 การจัดเก็บไฟล์ชิ้นงานชนิดพลาสติกจาก CAD file เปลี่ยนจากไฟล์ .prt เป็นไฟล์ .stl (ภาพที่ 86)



ภาพที่ 86 การเปลี่ยนนามสกุลไฟล์จาก .prt เป็น .stl

3.2 การจัดเก็บไฟล์ชิ้นงานจากโปรแกรม Geomagic Studio v.6 เปลี่ยนจากไฟล์ .wrp เป็นไฟล์ .stl (ภาพที่ 87)



ภาพที่ 87 การเปลี่ยนนามสกุลไฟล์จาก .wrp เป็น .stl

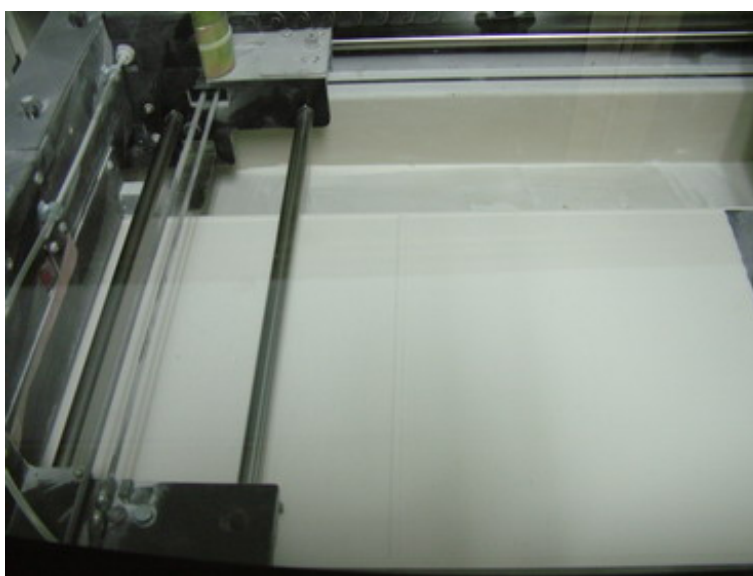
4. สร้างต้นแบบชิ้นงาน 3 มิติ

4.1 การสร้างต้นแบบจากวัสดุผงแป้งพลาสติก (Plaster Powder) ใช้เครื่องสร้างต้นแบบซีพรีนทีเตอร์ ดังนี้

4.1.1 เตรียมวัสดุผงแป้งพลาสติกลงในเครื่องสร้างต้นแบบโดยเกลี่ยให้ผิวหน้าของผงแป้งเรียบเสมอกันทั้งด้านฐานขึ้นรูปต้นแบบและด้านฐานใส่วัสดุผงแป้ง (ภาพที่ 88 และภาพที่ 89)

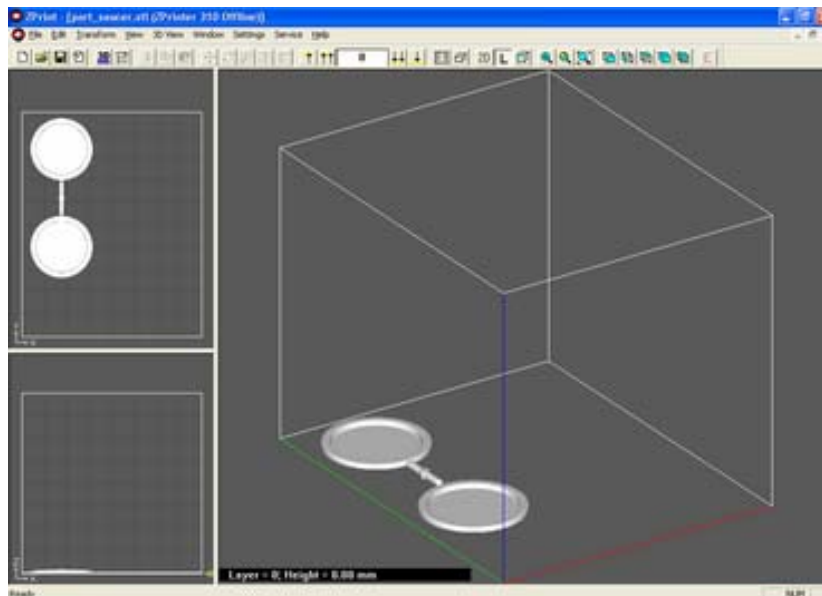


ภาพที่ 88 เตรียมเครื่องสร้างต้นแบบและวัสดุผงแป้งพลาสติก



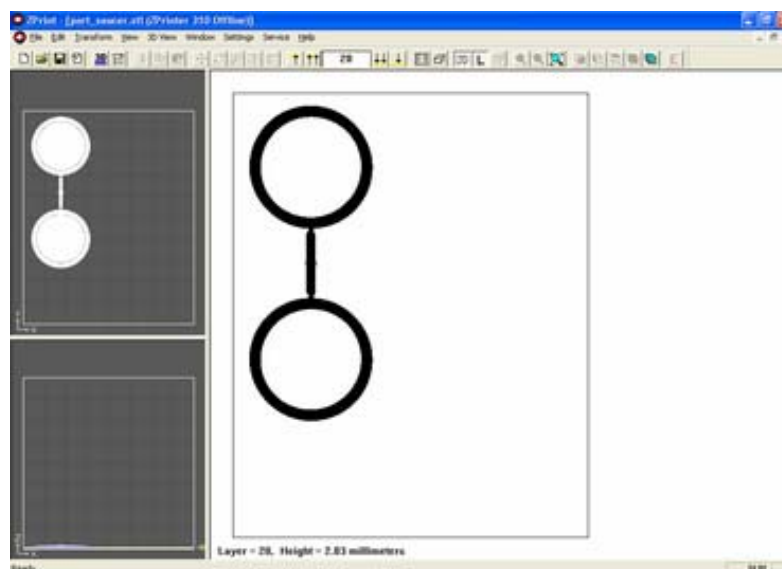
ภาพที่ 89 เครื่องสร้างต้นแบบเกลี่ยวัสดุผงแป้งพลาสติกให้เรียบ

4.1.2 นำไฟล์ .stl ที่ได้จากการจัดเก็บจากโปรแกรม UG NX2 มาเข้าโปรแกรม Zprint 7.3 สำหรับสร้างต้นแบบ (ภาพที่ 90)



ภาพที่ 90 โปรแกรม Zprint 7.3 นำไฟล์ .stl เข้ามาเพื่อเตรียมสร้างชิ้นงานต้นแบบ

4.1.3 ใช้โปรแกรม Zprint 7.3 ร่วมกับเครื่องซีพริ้นท์เตอร์สร้างต้นแบบ (ภาพที่ 91)



ภาพที่ 91 โปรแกรม Zprint 7.3 ร่วมกับเครื่องซีพริ้นท์เตอร์สร้างต้นแบบ

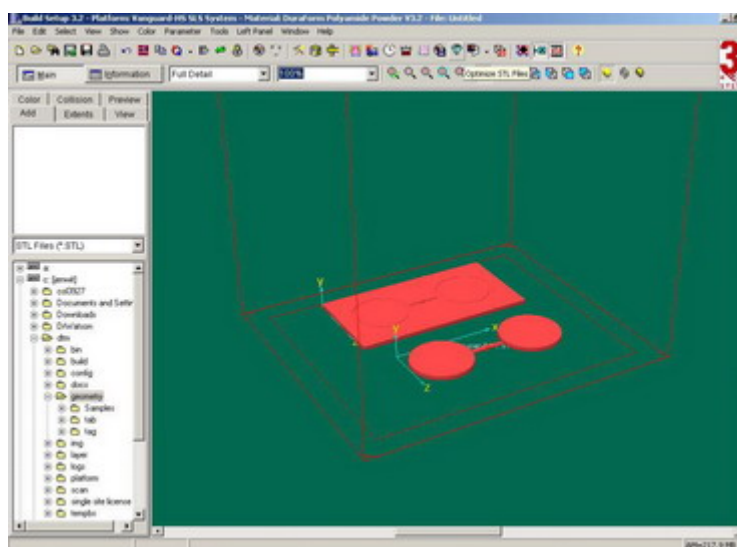
4.2 สร้างต้นแบบจากวัสดุผงไนลอน (Nylon) ใช้เครื่องสร้างต้นแบบซินเทอร์สเตชัน ไฮคิว จากเทคโนโลยี SLS ดังนี้

4.2.1 เตรียมวัสดุผงไนลอน (ภาพที่ 92)



ภาพที่ 92 เตรียมวัสดุผงไนลอน

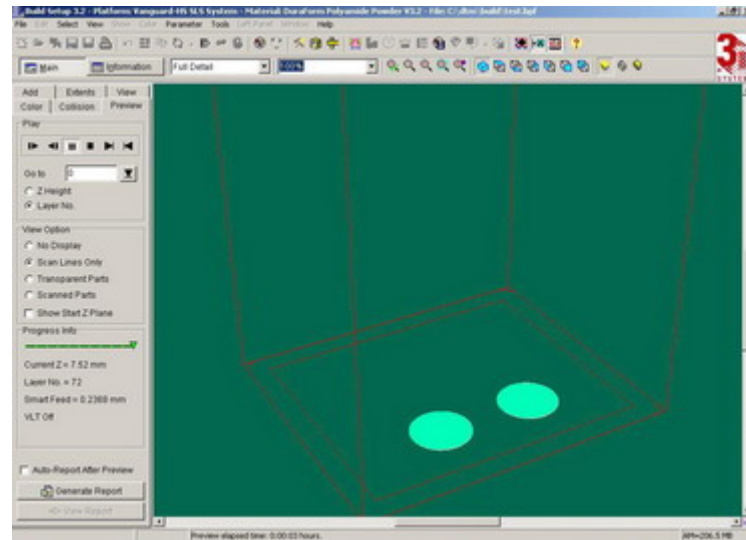
4.2.2 นำไฟล์ .stl ที่ได้จากการจัดเก็บจาก โปรแกรม Geomagic Studio v.6 มาเข้าโปรแกรม LS 3.3 สำหรับสร้างต้นแบบ (ภาพที่ 93)



ภาพที่ 93 โปรแกรม LS 3.3 นำไฟล์ .stl เข้ามาเพื่อเตรียมสร้างชิ้นงานต้นแบบ

4.2.3 ใช้โปรแกรม LS 3.3 ร่วมกับเครื่องซินเทอร์สเตชัน ไฮคิว สร้างต้นแบบ (ภาพที่

94)



ภาพที่ 94 โปรแกรม LS 3.3 ร่วมกับเครื่องซินเทอร์สเตชัน ไฮคิว สร้างต้นแบบ

5. ทำการวัดค่าอุณหภูมิของส่วนผสมในการเทหล่อ

- 5.1 เตรียมภาชนะที่จะทำการเทหล่อ
- 5.2 เตรียมส่วนผสมสารทั้งหมดตามปริมาณที่ต้องการ
- 5.3 ทำการผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกัน เเทลงในแม่แบบ ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 95)



ภาพที่ 95 สารประกอบเมื่อตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

5.4 ทำการวัดอุณหภูมิและบันทึกผลตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลการวัดอุณหภูมิการเทหล่อที่อุณหภูมิห้อง ณ เวลาต่าง ๆ

| หน่วย: องศาเซลเซียส | | | | | |
|---------------------|-------------------|------------------|-----------------|-------------------|------------------|
| เวลา (นาทีก) | อุณหภูมิงานเทหล่อ | อุณหภูมิ ห้อง | เวลา (นาทีก) | อุณหภูมิงานเทหล่อ | อุณหภูมิ ห้อง |
| 0 | 34.0 | 32.5 | 115 | 35.5 | 33.0 |
| 5 | 35.0 | 32.5 | 120 | 35.0 | 33.0 |
| 10 | 35.5 | 32.5 | 125 | 34.5 | 33.0 |
| 15 | 35.5 | 32.5 | 130 | 34.5 | 33.0 |
| 20 | 36.0 | 32.5 | 135 | 34.5 | 33.0 |
| 25 | 36.5 | 32.5 | 140 | 35.5 | 33.0 |
| 30 | 37.5 | 32.5 | 145 | 34.0 | 33.0 |
| 35 | 40.0 | 32.5 | 150 | 34.0 | 33.0 |
| 40 | 45.5 | 32.5 | 155 | 34.5 | 33.5 |
| 45 | 78.0 | 32.5 | 160 | 33.5 | 33.5 |
| 50 | 73.5 | 32.5 | 165 | 33.5 | 33.5 |
| 55 | 54.0 | 32.5 | 170 | 33.5 | 33.5 |
| 60 | 68.0 | 32.5 | 175 | 35.0 | 33.5 |
| 65 | 67.0 | 32.5 | 180 | 34.5 | 33.5 |
| 70 | 60.5 | 32.5 | 185 | 34.5 | 33.5 |
| 75 | 53.5 | 32.5 | 190 | 34.5 | 34.0 |
| 80 | 50.5 | 32.5 | 195 | 34.0 | 34.0 |
| 85 | 41.0 | 33.0 | 200 | 34.0 | 34.0 |
| 90 | 40.0 | 33.0 | 210 | 34.0 | 34.0 |
| 95 | 38.0 | 33.0 | 220 | 34.0 | 34.0 |
| 100 | 37.5 | 33.0 | 235 | 34.0 | 34.0 |
| 105 | 37.0 | 33.0 | 250 | 34.0 | 34.0 |
| 110 | 35.5 | 33.0 | 270 | 34.0 | 34.0 |

6. ผลการทดลองวัสดุเพื่อทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมที่จะใช้เป็นวัสดุแม่พิมพ์

6.1 ชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบ

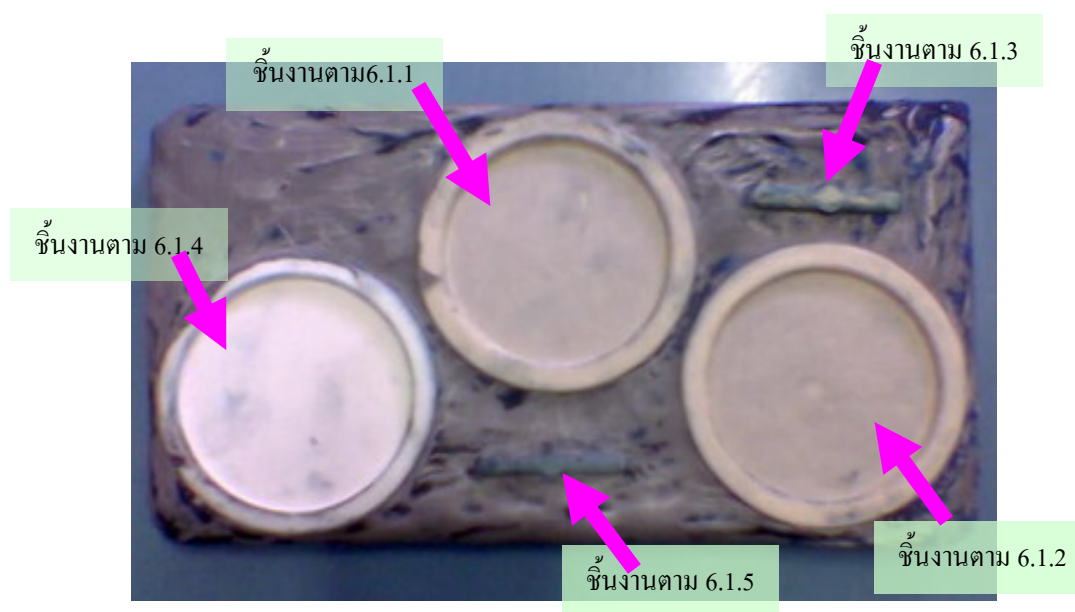
6.1.1 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยัดประสาน (ภาพที่ 96)

6.1.2 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยัดประสาน ทำการขัดผิวด้วยกระดาษทรายและพ่นสเปรย์เคลือบผิวเพื่อเพิ่มความมันให้ผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 96)

6.1.3 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยัดประสานและทาสารด์เดนเนอร์เคลือบผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 96)

6.1.4 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากไพลอน ทำการพ่นสเปรย์เคลือบผิวเพื่อเพิ่มความมันให้ผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 96)

6.1.5 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากไพลอน ทาสารด์เดนเนอร์เคลือบผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 96)

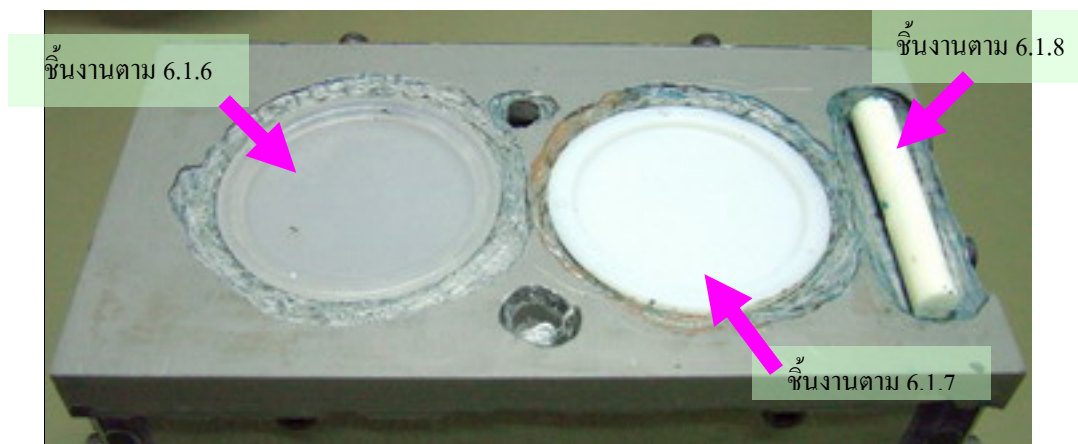


ภาพที่ 96 ชิ้นงานตาม 6.1.1 ถึง 6.1.5

6.1.6 ชิ้นงานพลาสติกโพลีพรอพิลีน (PP) ที่ฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ภาพที่ 97)

6.1.7 ชิ้นงานพลาสติกโพลีสไตรีน (PS) ที่ฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ภาพที่ 97)

6.1.8 เทียนไข (ภาพที่ 97)



ภาพที่ 97 ขั้นตอนตาม 6.1.6 ถึง 6.1.8

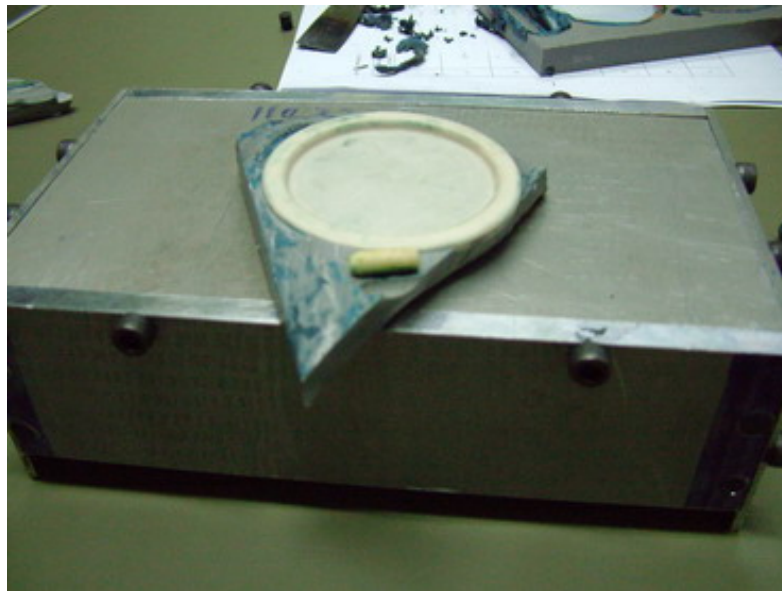
6.1.9 ขั้นตอนที่ได้ทำการฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดยาง (ภาพที่ 98)



ภาพที่ 98 ขั้นตอนตาม 6.1.9

6.2 จากการทดลองเทหล่อสารประกอบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมบนขั้นตอนที่ 6.1.1 ถึง 6.1.9 ได้ผลดังนี้

6.2.1 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยึดประสาน (ภาพที่ 99) ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้



ภาพที่ 99 ชิ้นงานตาม 6.2.1

6.2.2 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยึดประสาน ทำการขัดผิวด้วยกระดาษทรายและฟองสเปร์ยเคลือบผิวเพื่อเพิ่มความมันให้ผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 100) ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้



ภาพที่ 100 ชิ้นงานตาม 6.2.2

6.2.3 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากผงแป้ง ทากาวยัดประสานและทาสีคาร์บอนเนอร์ เคลือบผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 101) ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อ็อกซี่เรซินเดิมอุณหภูมิต่ำได้



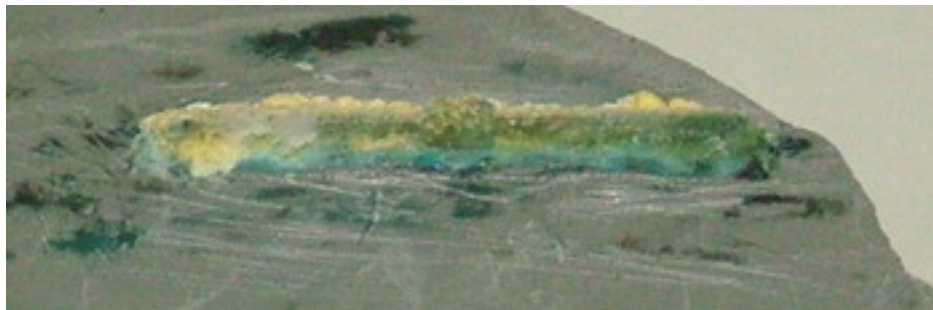
ภาพที่ 101 ชิ้นงานตาม 6.2.3

6.2.4 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากไพลอน ทำการพ่นสเปรย์เคลือบผิวเพื่อเพิ่มความมัน ให้ผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 102) ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อ็อกซี่เรซินเดิมอุณหภูมิต่ำได้



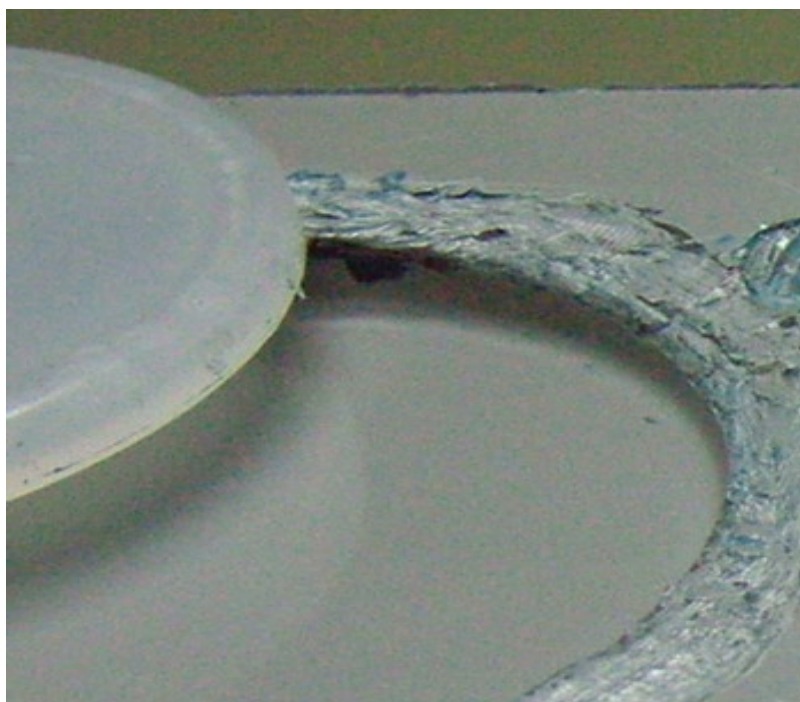
ภาพที่ 102 ชิ้นงานตาม 6.2.4

6.2.5 ชิ้นงานต้นแบบที่ขึ้นรูปจากไนลอน ทหารัดเคนเนอร์เคลือบผิวชิ้นงาน (ภาพที่ 103) ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อพอกซีเรซินเดิมอลูมิเนียมได้



ภาพที่ 103 ชิ้นงานตาม 6.2.5

6.2.6 ชิ้นงานพลาสติกโพลีพรอพิลีนที่ฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ภาพที่ 104) สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อพอกซีเรซินเดิมอลูมิเนียมได้



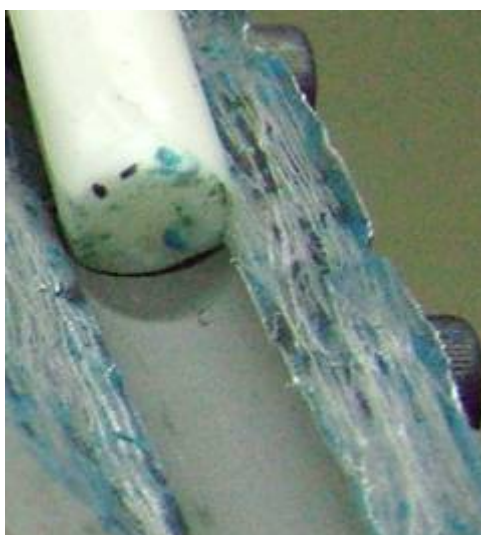
ภาพที่ 104 ชิ้นงานตาม 6.2.6

6.2.7 ชิ้นงานพลาสติกโพลีสไตรีนที่ฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ภาพที่ 105) สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อ็อกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้



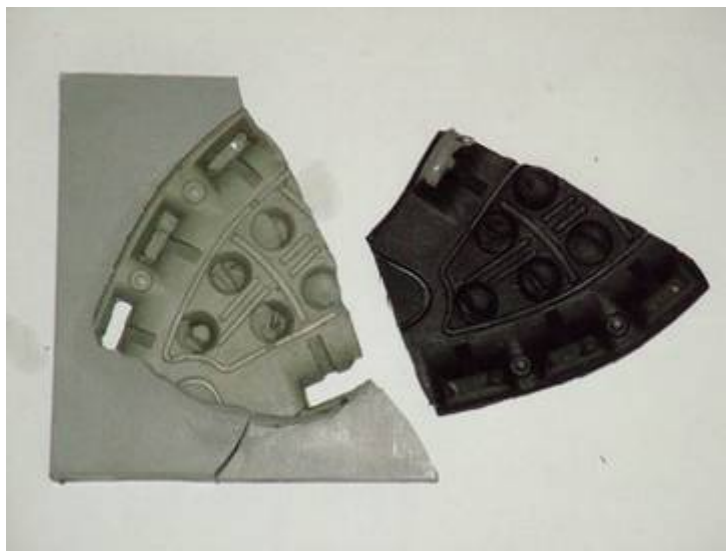
ภาพที่ 105 ชิ้นงานตาม 6.2.7

6.2.8 เทียนไข (ภาพที่ 106) สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อ็อกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้



ภาพที่ 106 ชิ้นงานตาม 6.2.8

6.2.9 ชิ้นงานยางที่ได้ทำการฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดยาง (ภาพที่ 107) สามารถแกะชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้



ภาพที่ 107 ชิ้นงานตาม 6.2.9

จากผลการทดลองในหัวข้อ 6.2.1 ถึง 6.2.9 ทำให้ทราบว่าลักษณะชิ้นงานที่เหมาะสมจะนำมาทำมาสเตอร์โมเดลสำหรับแม่พิมพ์ประเภทอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม นั้น ควรมีผิวชิ้นงานที่เรียบเนียน และชิ้นงานสามารถให้ตัวได้เล็กน้อยเพื่อสามารถแกะชิ้นงานออกจากงานเทหล่อได้ ในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกชิ้นงานพลาสติกโพลีพรอพิลีนที่ฉีดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมาเป็นมาสเตอร์โมเดล เนื่องจากมีผิวชิ้นงานที่เรียบเนียนและชิ้นงานให้ตัวได้เล็กน้อย

7. กระบวนการหล่อชิ้นงาน

7.1 สร้างแม่แบบเพื่อหล่อชิ้นงานจากแผ่นอลูมิเนียมให้มีขนาดแม่แบบที่ใหญ่กว่าอินเสิร์ตที่ต้องการเล็กน้อยสำหรับการเก็บรายละเอียดผิวชิ้นงานหล่อในภายหลังการหล่อ และทำการขีดผิวแม่แบบด้านที่จะเป็นหน้าแม่พิมพ์ให้มีความเรียบเพื่อให้ชิ้นงานที่หล่อได้มีผิวหน้าแม่พิมพ์ที่เรียบ

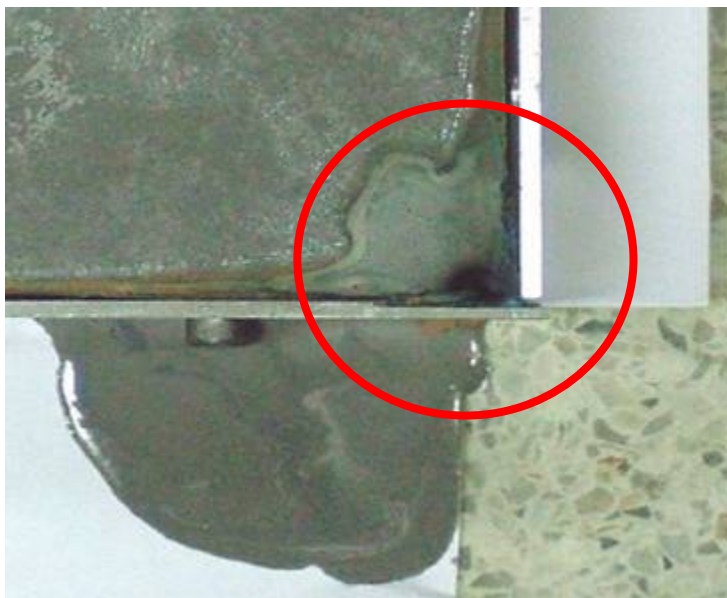
7.2 เตรียมชิ้นงานต้นแบบที่ต้องการหล่อแม่พิมพ์ลงในแม่แบบ โดยจำเป็นต้องคำนึงถึงเส้นแบ่งชิ้นงาน (parting line) ด้วยซึ่งชิ้นงานต้นแบบสำหรับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกกับแม่พิมพ์ฉีดยางที่เลือกมานั้นมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในการเตรียมชิ้นงานต้นแบบ ดังนี้

7.2.1 การเตรียมชิ้นงานต้นแบบสำหรับหล่ออินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยการเตรียมชิ้นงานเทหล่อครั้งแรก (platen) เพื่อให้ได้เส้นแบ่งโดยใช้วัสดุต่าง ๆ กันดังนี้

ก. เลือกดินน้ำมันเป็นชิ้นงานเทหล่อครั้งแรก (ภาพที่ 108 และ 109)



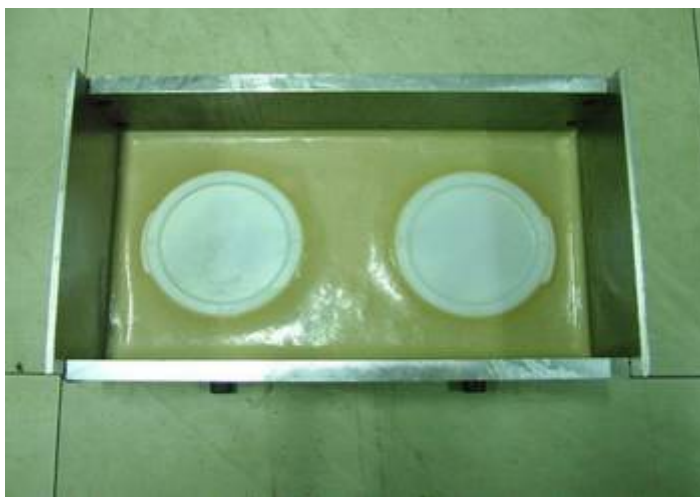
ภาพที่ 108 ผลงานจาก platen ดินน้ำมัน โดยใช้อิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเทหล่อหนา 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 109 ผลงานจาก platen ดินน้ำมัน โดยใช้อิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเทหล่อหนา 35 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 108 และ 109 ผลของอุณหภูมิในการเทหล่อสารประกอบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมในการเทหล่อที่ความหนาแตกต่างกันจะมีอุณหภูมิในการแข็งตัวที่แตกต่างกันด้วย โดยหากเทหล่อชิ้นงานที่ความหนา 10 มม. อุณหภูมิจะไม่สูงมากนัก ดินน้ำมันจึงไม่ละลาย แต่หากเทหล่อที่ความหนา 25 ถึง 35 มม. อุณหภูมิในการแข็งตัวจะสูงถึง 100°C หรือมากกว่า ซึ่งทำให้ดินน้ำมันหลอมละลายไปกับเนื้อสารที่ทำการเทหล่อ ดินน้ำมันจึงไม่เหมาะในการทำ platen ในงานเทหล่อสารประกอบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม

ข. เลือกยางพาราเป็นชิ้นงานเทหล่อครั้งแรก (ภาพที่ 110 ถึงภาพที่ 112)



ภาพที่ 110 งาน platen ยางพารากับชิ้นงานพลาสติก PS



ภาพที่ 111 งาน platen ยางพารากับชิ้นงานพลาสติก PS และงานหล่อที่ได้



ภาพที่ 112 ผลงานจาก platen ยางพาราทำกับชิ้นงานพลาสติก PS โดยใช้อิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม เทหล่อหนา 5 มิลลิเมตร

จากภาพที่ 110 ถึง 112 ผลของผิวยางพาราที่ทำ platen มีฟองอากาศมากทำให้ผิวของชิ้นงานที่ได้จากการเทหล่อสารประกอบอิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมบนยางพารามีฟองอากาศมากเช่นกัน และยางพารายังไม่สามารถนำมาตกแต่งผิวและเส้นแบ่งได้อีกด้วยเนื่องจากยางพารามีความยืดหยุ่นสูง และมีการหดตัวค่อนข้างมาก ทำให้ควบคุมความหนาของการทำ platen ไม่ได้อีกด้วย ยางพาราจึงไม่เหมาะในการทำ platen ในงานเทหล่อสารประกอบอิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม

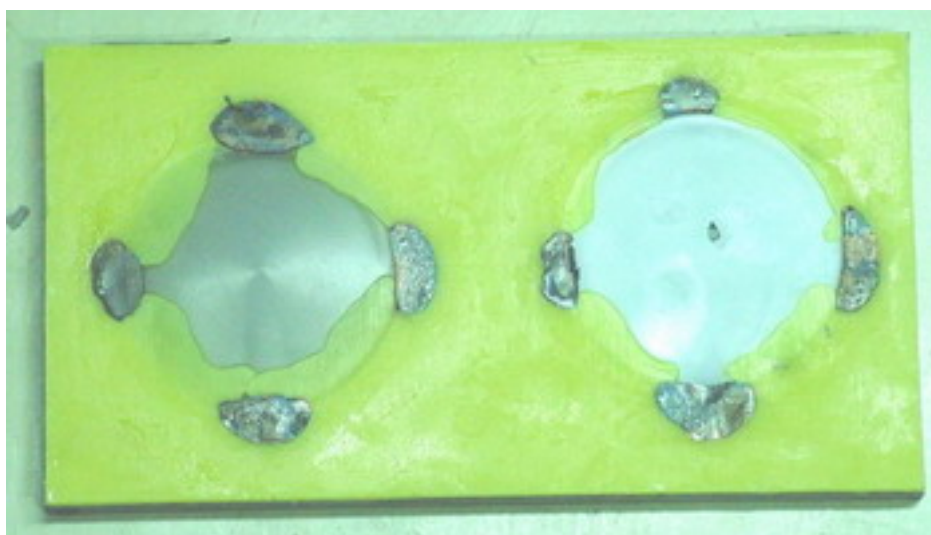
ค. เลือกเทียนไขเป็นชิ้นงาน platen (ภาพที่ 113 ถึงภาพที่ 117)



ภาพที่ 113 งาน platen เทียนไขกับชิ้นงานพลาสติก PP และ PS



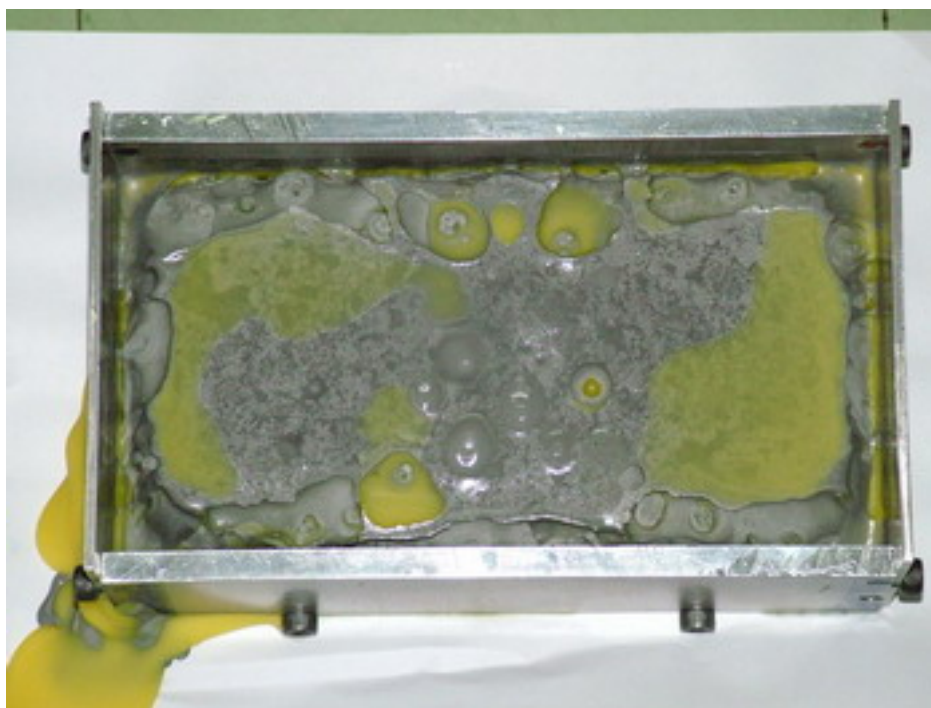
ภาพที่ 114 งาน platen เทียนไขกับชิ้นงานพลาสติก PP และ PS ที่ทำการตกแต่งเก็บรายละเอียด ก่อนเทหล่อเรียบร้อย



ภาพที่ 115 ผลงานจาก platen เทียนไขกับชิ้นงานพลาสติก PP และ PS โดยใช้โฟคซี่เรชั่นเดิม อลูมิเนียมเทหล่อหนา 10 มิลลิเมตร



ภาพที่ 116 ผลงานจาก platen เทียนไขกับชิ้นงานพลาสติก PP และ PS โดยใช้อิพอกซีเรซินเดิม อลูมิเนียมเทหล่อหนา 10 มิลลิเมตร เมื่อแกะเทียนไขและชิ้นงานออกแล้ว



ภาพที่ 117 ผลงานจาก platen เทียนไขกับชิ้นงานพลาสติก PP และ PS โดยใช้อิพอกซีเรซินเดิม อลูมิเนียมเทหล่อหนา 25 มิลลิเมตร

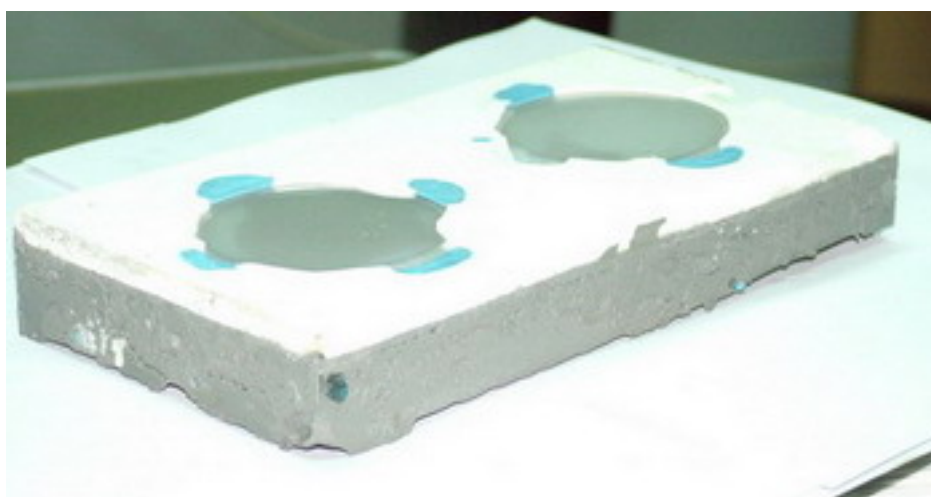
จากภาพที่ 113 ถึง 117 การเทหล่อสารประกอบอิพอกซีเรซินเดิมอลูมิเนียมบน เทียนไขให้ผลใกล้เคียงกับการเทหล่อบนดินน้ำมัน เนื่องจากอุณหภูมิในการเทหล่อสารประกอบ

อพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่มีความหนาแตกต่างกันจะมีอุณหภูมิในการแข็งตัวที่แตกต่างกัน โดยหากเทหล่อชิ้นงานที่ความหนา 10 มม. อุณหภูมิจะไม่สูงมากนัก เทียนไขจึงไม่ละลาย แต่หากเทหล่อที่ความหนา 25 ถึง 35 มม. อุณหภูมิในการแข็งตัวจะสูงถึง 100°C หรือมากกว่า ซึ่งทำให้เทียนไขหลอมละลายไปกับเนื้อสารที่ทำการเทหล่อ เทียนไขจึงไม่เหมาะในการทำ platen ในงานเทหล่อสารประกอบอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม

ง. เลือกปูนพลาสติกเป็นชิ้นงานเทหล่อครั้งแรก (ภาพที่ 118 ถึง 120)



ภาพที่ 118 งาน platen ปูนพลาสติกกับชิ้นงานพลาสติก PP



ภาพที่ 119 ผลการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมทับปูนพลาสติก โดยใช้อพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเทหล่อหนา 25 มิลลิเมตร



ภาพที่ 120 ผลการเทหล่ออิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมทับปูนพลาสติก โดยใช้อิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเทหล่อหนา 25 มิลลิเมตร เมื่อแกะปูนพลาสติกและชิ้นงานออกแล้ว

จากผลการทดลองในหัวข้อ 7.2.1 ข้อ ก ถึง ง ทำให้ทราบว่าลักษณะชิ้นงานที่เหมาะสมจะนำมาทำ platen สำหรับแม่พิมพ์ประเภทอิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม นั้น ต้องสามารถทำการตกแต่งผิวชิ้นงานให้เรียบเนียน และสามารถตกแต่งเส้นแบ่งได้ เพื่อให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากงานเทหล่อได้โดยไม่เกิด undercut ในการทดลองครั้งนี้จึงเลือกปูนพลาสติกมาทำ platen เนื่องจากสามารถตกแต่งผิวให้เรียบเนียนได้และตกแต่งเส้นแบ่งได้อีกด้วย

7.2.2 การเตรียมชิ้นงานต้นแบบสำหรับหล่ออินเล็ตแม่พิมพ์ฉีดยางทำดังนี้ เนื่องจากชิ้นงานต้นแบบสำหรับหล่อแม่พิมพ์ฉีดยางนั้นด้านฝั่งควิตี้ของแม่พิมพ์เป็นพื้นเรียบ ดังนั้นเส้นแบ่งชิ้นงานจึงเป็นบริเวณขอบของชิ้นงานต้นแบบเอง จึงสามารถวางชิ้นงานลงบนแผ่นอลูมิเนียมที่เป็นแม่แบบได้โดยตรง (ภาพที่ 121)



ภาพที่ 121 การเตรียมชิ้นงานต้นแบบสำหรับหล่ออินเลอร์แม่พิมพ์ฉีดยาง

เนื่องจากการเลือกชิ้นงานที่เหมาะสมในการเป็นมาสเตอร์โมเดลนั้น ชิ้นงานต้องมีผิวที่เรียบเนียนและให้ตัวได้ และเนื่องจากราคาในการทำ RP ที่ค่อนข้างสูงและจากการทดลองกับชิ้นงานจานรองแก้ว ทำให้ทราบว่า RP ไม่เหมาะเป็นมาสเตอร์โมเดล ดังนั้นในการเลือกชิ้นงานมาสเตอร์โมเดลของแม่พิมพ์ฉีดยางจึงได้ทำการเลือกชิ้นงานที่ฉีดจากแม่พิมพ์ฉีดยางมาเป็นมาสเตอร์โมเดล เนื่องจากสามารถให้ตัวได้ ทำให้แกะชิ้นงานมาสเตอร์โมเดลออกจากงานเทหล่อได้

7.3 กำหนดปริมาณสารที่เป็นส่วนผสมในการหล่อแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเคมิคอลโมดิฟายด์ โดยคำนวณจากปริมาตรที่ต้องการคูณด้วยค่าความหนาแน่นของสารเพื่อให้ได้น้ำหนักที่ต้องการแล้วนำไปคำนวณหาปริมาณสารที่ต้องใช้ตามปริมาณสัดส่วนที่คุณสมบัติ นิสิตปริญญาเอกภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลได้ทำการคำนวณและทดสอบสัดส่วนที่เหมาะสมไว้ดังนี้ น้ำหนักสาร 100 % ใช้ผงอลูมิเนียมเท่ากับ 45 % ของน้ำหนักทั้งหมด ใช้เรซินเหลวและฮาร์ดเดนเนอร์เท่ากับ 55 % ของน้ำหนักทั้งหมด โดยแยกว่าใช้ฮาร์ดเดนเนอร์เท่ากับ 20 % ของเรซินเหลว ซึ่งสามารถคำนวณได้ว่าใช้เรซินเหลว 44 % ของน้ำหนักทั้งหมด และใช้ฮาร์ดเดนเนอร์ 11 % ของน้ำหนักทั้งหมด และจากการสำรวจเอกสาร ความหนาแน่นของสารประกอบ เท่ากับ 1.60 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร สามารถคำนวณน้ำหนักได้ดังนี้

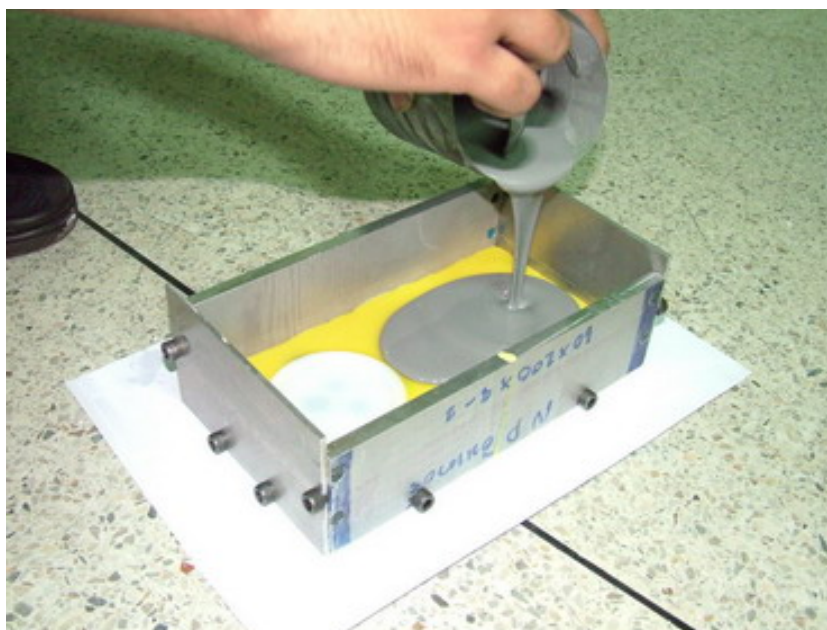
7.3.1 สำหรับอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแต่ละชิ้น ต้องการหล่อชิ้นงานที่ขนาด $11 \times 22 \times 2.5 = 605$ ลูกบาศก์เซนติเมตร คิดเป็นน้ำหนักต่อชิ้นเท่ากับ $605 \times 1.6 = 968$ กรัม ดังนั้นจะใช้ผงอลูมิเนียมเท่ากับ $968 \times 0.45 = 435.6$ กรัม ใช้อีพอกซีเรซินเท่ากับ $968 \times 0.44 = 425.92$ กรัม และใช้ฮาร์ดเดนเนอร์เท่ากับ $968 \times 0.11 = 106.48$ กรัม

7.3.2 สำหรับอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางต้องการหล่อชิ้นงานที่ขนาด $28 \times 32 \times 3.5 = 3,136$ ลูกบาศก์เซนติเมตร คิดเป็นน้ำหนักต่อชิ้นเท่ากับ $3,136 \times 1.6 = 5,017.6$ กรัม ดังนั้นจะใช้ผงอลูมิเนียมเท่ากับ $5,017.6 \times 0.45 = 2,257.92$ กรัม ใช้อีพอกซีเรซินเท่ากับ $5,017.6 \times 0.44 = 2,207.744$ กรัม และใช้ฮาร์ดเดนเนอร์เท่ากับ $5,017.6 \times 0.11 = 551.936$ กรัม

7.4 ชั่งสารทั้ง 3 ชนิดตามน้ำหนักที่ต้องการ

7.5 เทส่วนผสมทั้งหมดเข้าด้วยกัน จากนั้นทำการผสมสารทั้งหมดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

7.6 เทส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วลงในแม่แบบที่ได้เตรียมต้นแบบเอาไว้ (ภาพที่ 122)



ภาพที่ 122 ผสมและเทส่วนผสมที่เข้ากันดีแล้วลงในแม่แบบที่ได้เตรียมต้นแบบเอาไว้

7.7 ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง จึงทำการแกะแบบและชิ้นงานออกจากแม่แบบ

7.8 กลับด้านชิ้นงานอินเสิร์ตสำหรับแผ่นควิต์ขึ้นและทาวาสลินเคลือบผิวบาง ๆ เพื่อให้ผิวหน้าอินเสิร์ตสำหรับแผ่นควิต์ติดกับผิวหน้าชิ้นงานที่หล่อใหม่

7.9 ทำการหล่อชิ้นงานด้านคอร์ตามกระบวนการหล่อชิ้นงานที่ 8.3 ถึง 8.8 อีกครั้ง จะได้ชิ้นงานอินเสิร์ตทั้งด้านควิต์และด้านคอร์ดังภาพที่ 123 ถึง 125



ภาพที่ 123 ชิ้นงานที่เทหล่อเรียบร้อยแล้วสำหรับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



ภาพที่ 124 ชิ้นงานที่เทหล่อเรียบร้อยแล้วด้านควิตีและด้านคอร์สำหรับฉีดชิ้นงานพลาสติก



ภาพที่ 125 ชิ้นงานที่เทหล่อเรียบร้อยแล้วด้านคอร์สำหรับชิ้นงานฉีดพื้นยางรองเท้า NIKE

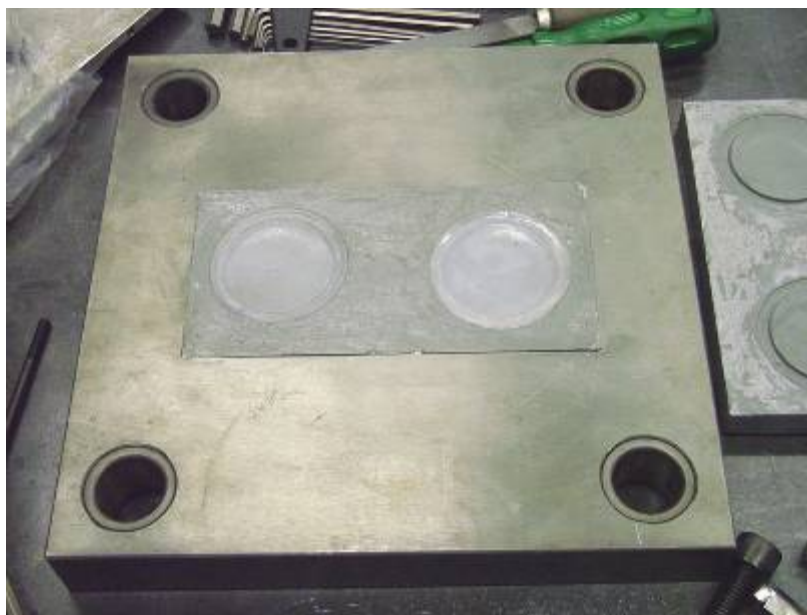
7.10 นำชิ้นงานอินเสิร์ตทั้ง 2 ชิ้นที่หล่อได้มาทำการเก็บรายละเอียดผิวด้านข้างเพื่อให้ได้ขนาดที่สามารถนำไปใส่ในช่องอินเสิร์ตของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์ฉีดยางได้พอดี (ภาพที่ 126 ถึง 129)



ภาพที่ 126 เก็บรายละเอียดผิวชิ้นงานที่เทหล่ออินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



ภาพที่ 127 เก็บรายละเอียดผิวชิ้นงานที่เทหล่ออินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยาง

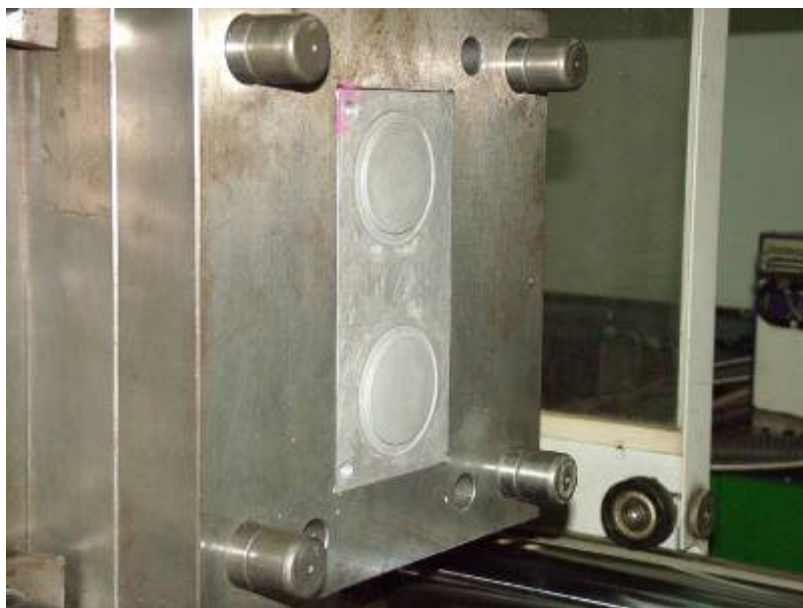


ภาพที่ 128 ประกอบอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่หล่อได้กับพิมพ์แผ่นคอร์

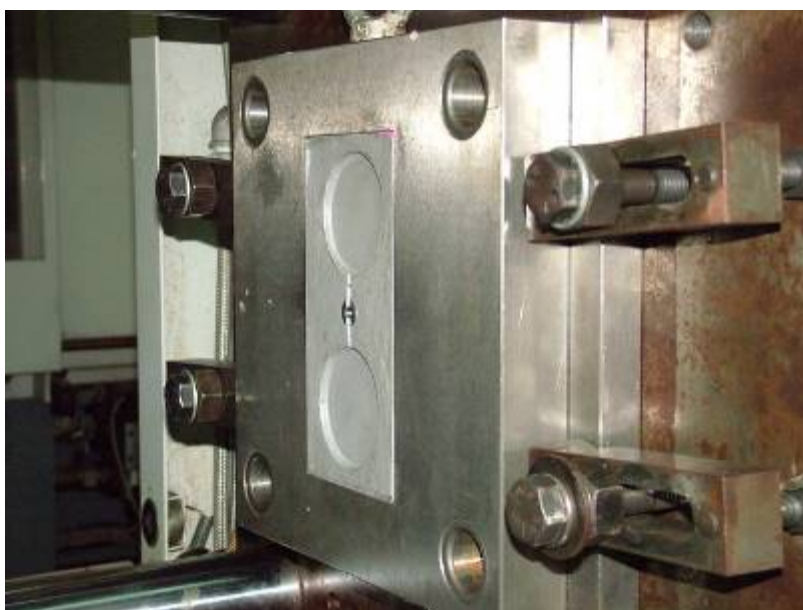


ภาพที่ 129 ประกอบอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางที่หล่อได้กับพิมพ์แผ่นคอร์

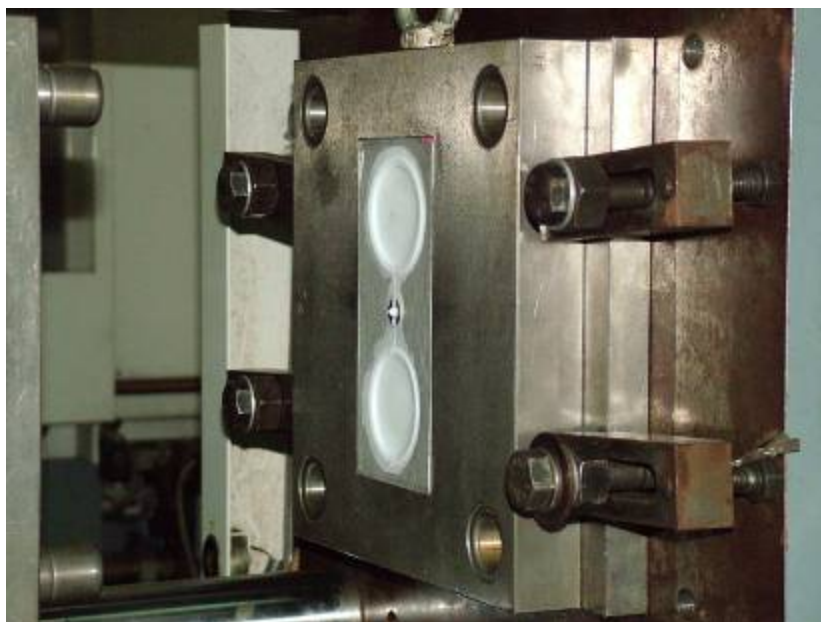
7.11 ทำการเจาะรูทางวิ่ง (runner) และ รูฉีด (sprue) ที่อินเสิร์ตสำหรับแผ่นควิตี้แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จากนั้นนำอินเสิร์ตที่หล่อได้ไปประกอบแม่พิมพ์เพื่อทดลองฉีดชิ้นงาน (ภาพที่ 130 ถึง ภาพที่ 134)



ภาพที่ 130 ประกอบอินเสิร์ตที่หล่อได้กับแม่พิมพ์แผ่นคาร์บอนเครื่องฉีดพลาสติก



ภาพที่ 131 ประกอบอินเสิร์ตที่หล่อได้กับแม่พิมพ์แผ่นควิต์บนเครื่องฉีดพลาสติก



ภาพที่ 132 ชิ้นงานฉีดบนแม่พิมพ์อินเสิร์ตที่หล่อได้



ภาพที่ 133 ชิ้นงานฉีดจากแม่พิมพ์อินเสิร์ตที่หล่อได้โดยใช้เม็ดพลาสติก PP



ภาพที่ 134 ชิ้นงานฉีดจากแม่พิมพ์อินเสิร์ตที่หล่อได้โดยใช้เม็ดพลาสติก PS

ชิ้นงานที่ฉีดได้นั้นมีครีบค่อนข้างมากเนื่องจากการถ่ายเทอุณหภูมิของอินเสิร์ตที่หล่อได้ไม่ดีนัก ไม่สามารถถ่ายเทความร้อนได้ดีเท่าอินเสิร์ตแม่พิมพ์เหล็ก และจากการปรับค่าต่าง ๆ ของเครื่องฉีดแล้วแต่ยังคงมีครีบเหลืออยู่จึงสรุปได้ว่าครีบเกิดจากการที่ไม่ได้ติดตั้งระบบหล่อเย็นให้กับแม่พิมพ์ทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงขึ้น การถ่ายเทอุณหภูมิของอินเสิร์ตที่หล่อได้ไม่ดีนัก ทำให้การไหลของเนื้อพลาสติกเหลวมากขึ้นเป็นเหตุให้เกิดครีบได้หรือการที่ไม่มีระบบระบายอากาศให้กับชิ้นงานทำให้อากาศอัดแน่นอยู่ภายในเบ้าและคอร์ซึ่งดันเนื้อพลาสติกไหลออกมาเกิดเป็นครีบได้ และระหว่างการฉีดชิ้นงาน วัสดุอุณหภูมิอินเสิร์ตได้ที่ 55°C ถึง 56°C

8. ผลการวัดอุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีดยางที่ทำการหล่อ

เนื่องจากเครื่องฉีดยางไม่อยู่ในสภาพพร้อมใช้งานจึงไม่สามารถนำอินเสิร์ตที่หล่อได้มาทำการทดลองฉีดชิ้นงานได้และจากการขึ้นรูปชิ้นงานฉีดยางนั้น อินเสิร์ตจำเป็นต้องมีอุณหภูมิสูงถึงจุดที่ทำให้ยางสุกและคงรูปอยู่ได้ จึงได้ทำการทดสอบวัดอุณหภูมิเพื่อดูการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอินเสิร์ตที่ทำการหล่อได้เปรียบเทียบกับอินเสิร์ตเหล็กของแม่พิมพ์เดิมเพื่อดูความสามารถในการนำความร้อนของอินเสิร์ตที่หล่อได้ โดยผลการวัดอุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีดยางที่ทำการหล่อดังตารางที่ 12 และ 13 และภาพที่ 135 ถึงภาพที่ 137

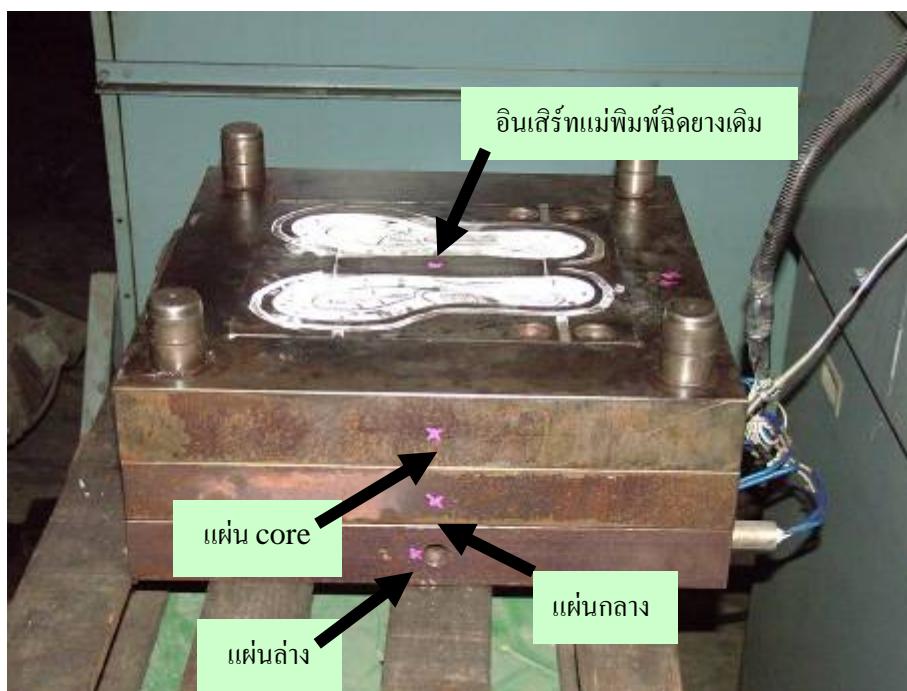
ตารางที่ 12 อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีดยางเค็มที่ทำการวัดที่อุณหภูมิห้อง 32.0°C ทุก 5 นาที

หน่วย: องศาเซลเซียส

| เวลา (นาที) | แผ่นแม่พิมพ์ที่ทำการวัดอุณหภูมิ | | | |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|-----------|
| | แผ่นล่าง | แผ่นกลาง | แผ่นคอร์ | อินเสิร์ต |
| 0 | 32.0 | 34.0 | 31.5 | 31.5 |
| 5 | 38.0 | 40.5 | 39.5 | 33.0 |
| 10 | 45.0 | 48.5 | 42.5 | 34.5 |
| 15 | 50.0 | 53.5 | 44.5 | 35.0 |
| 20 | 65.5 | 69.0 | 46.0 | 36.0 |
| 25 | 77.5 | 84.5 | 47.0 | 37.5 |
| 30 | 90.0 | 95.0 | 53.5 | 39.5 |
| 35 | 86.0 | 103.5 | 63.5 | 44.5 |
| 40 | 95.0 | 115.5 | 70.5 | 48.5 |
| 45 | 113.0 | 126.0 | 78.0 | 57.0 |
| 50 | 105.5 | 133.5 | 89.0 | 63.0 |
| 55 | 108.0 | 135.5 | 93.5 | 69.0 |
| 60 | 104.5 | 135.5 | 97.5 | 75.0 |
| 65 | 113.5 | 137.0 | 99.5 | 80.0 |
| 70 | 113.0 | 137.0 | 104.5 | 85.5 |
| 75 | 107.5 | 137.0 | 108.0 | 88.5 |
| 80 | 105.5 | 138.5 | 108.5 | 91.5 |
| 85 | 104.0 | 140.5 | 111.5 | 96.0 |
| 90 | 112.0 | 140.5 | 113.5 | 99.5 |
| 95 | 115.0 | 140.0 | 114.0 | 102.0 |
| 100 | 113.5 | 142.5 | 115.0 | 103.5 |
| 105 | 119.5 | 142.5 | 116.0 | 106.0 |
| 110 | 114.0 | 142.5 | 117.0 | 106.5 |
| 115 | 124.5 | 145.5 | 117.0 | 112.0 |
| 120 | 119.0 | 144.5 | 119.0 | 113.5 |
| 125 | 124.0 | 146.0 | 119.0 | 111.5 |

ตารางที่ 12 (ต่อ)

| เวลา (นาที) | แผ่นแม่พิมพ์ที่ทำการวัดอุณหภูมิ | | | |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|-----------|
| | แผ่นล่าง | แผ่นกลาง | แผ่นคอร์ | อินเสิร์ท |
| 130 | 127.0 | 146.0 | 118.5 | 112.0 |
| 135 | 117.5 | 146.5 | 119.5 | 113.0 |
| 140 | 124.5 | 145.0 | 118.5 | 112.0 |
| 145 | 124.0 | 144.5 | 119.0 | 114.5 |
| 150 | 124.5 | 145.0 | 120.5 | 116.5 |



ภาพที่ 135 แม่พิมพ์ฉีดยางพร้อมอินเสิร์ทแม่พิมพ์เดิมที่ประกอบกับแท่งนำความร้อนเพื่อวัดอุณหภูมิ

ตารางที่ 13 อุณหภูมิแม่พิมพ์ฉีดยางที่หล่อด้วยอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ทำการวัดที่
อุณหภูมิห้อง 34.0 °c ทุก 5 นาที

หน่วย: องศาเซลเซียส

| เวลา (นาที) | แผ่นแม่พิมพ์ที่ทำการวัดอุณหภูมิ | | | |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|-----------|
| | แผ่นล่าง | แผ่นกลาง | แผ่นคอร์ | อินเสิร์ต |
| 0 | 39.5 | 41.0 | 40.0 | 37.5 |
| 5 | 42.5 | 46.5 | 39.5 | 38.0 |
| 10 | 54.5 | 63.5 | 42.5 | 38.5 |
| 15 | 69.5 | 78.5 | 46.5 | 39.0 |
| 20 | 80.5 | 89.5 | 52.5 | 40.5 |
| 25 | 91.5 | 100.0 | 60.0 | 43.0 |
| 30 | 101.5 | 111.5 | 67.5 | 44.0 |
| 35 | 112.5 | 125.5 | 78.0 | 51.0 |
| 40 | 116.5 | 132.5 | 83.5 | 53.0 |
| 45 | 120.5 | 134.0 | 90.0 | 57.5 |
| 50 | 121.5 | 135.5 | 96.5 | 62.5 |
| 55 | 122.5 | 137.5 | 101.0 | 68.5 |
| 60 | 124.5 | 141.5 | 104.5 | 68.5 |
| 65 | 125.0 | 140.0 | 108.5 | 75.5 |
| 70 | 125.5 | 144.0 | 109.5 | 79.5 |
| 75 | 126.5 | 141.5 | 113.0 | 81.0 |
| 80 | 125.5 | 146.5 | 115.0 | 84.0 |
| 85 | 126.5 | 146.0 | 116.0 | 87.5 |
| 90 | 127.0 | 146.0 | 117.5 | 89.0 |
| 95 | 126.5 | 145.0 | 120.0 | 90.0 |
| 100 | 125.5 | 142.5 | 120.0 | 91.0 |
| 105 | 126.0 | 146.5 | 121.0 | 92.0 |
| 110 | 126.5 | 145.5 | 121.5 | 92.5 |
| 115 | 124.5 | 144.5 | 119.5 | 92.5 |
| 120 | 123.5 | 143.0 | 119.5 | 93.0 |

ตารางที่ 13 (ต่อ)

| เวลา (นาที) | แผ่นแม่พิมพ์ที่ทำการวัดอุณหภูมิ | | | |
|-------------|---------------------------------|----------|----------|-----------|
| | แผ่นล่าง | แผ่นกลาง | แผ่นคอร์ | อินเสิร์ท |
| 125 | 121.5 | 142.0 | 119.5 | 93.5 |
| 130 | 121.0 | 142.0 | 119.0 | 95.0 |
| 135 | 124.0 | 142.0 | 119.0 | 96.0 |
| 140 | 127.0 | 142.0 | 120.0 | 96.0 |
| 145 | 124.0 | 142.0 | 121.0 | 96.5 |
| 150 | 121.5 | 140.0 | 120.5 | 96.5 |

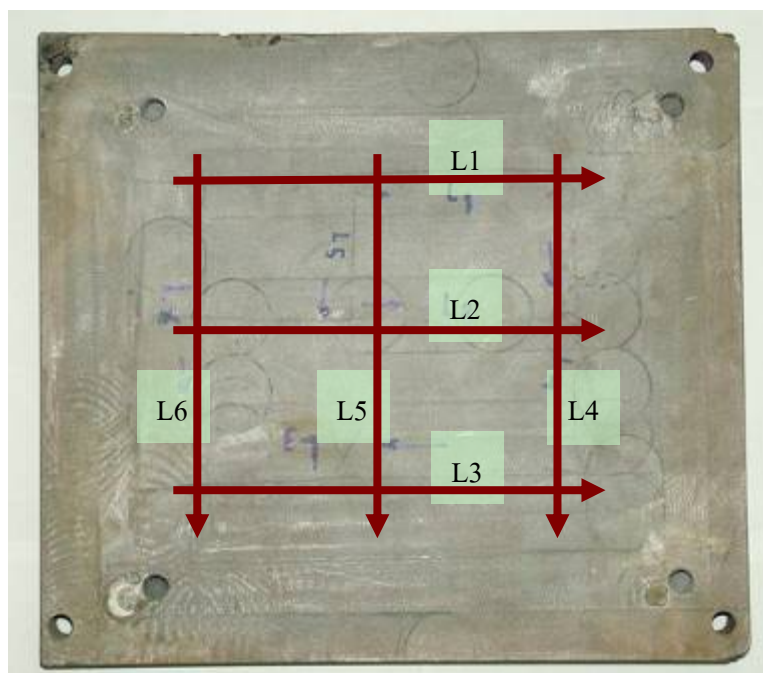


ภาพที่ 136 แม่พิมพ์ฉีดยางพร้อมอินเสิร์ทแม่พิมพ์ที่ทำการหล่อขึ้นที่ประกอบด้วยแท่งนำความร้อนเพื่อวัดอุณหภูมิ



ภาพที่ 137 ชิ้นงานแม่พิมพ์อินเซิร์ตชนิดยางที่หล่อได้หลังการวัดอุณหภูมิเกิดการ โกงงอขึ้น

ภายหลังการวัดอุณหภูมิอินเซิร์ตแม่พิมพ์ชนิดยางปรากฏว่า ชิ้นงานมีการ โกงงอขึ้นเล็กน้อย ได้ทำการวัดค่าความ โกงงอบนชิ้นงานตามแนวดังภาพที่ 138 ได้ค่าดังตารางที่ 14 ถึงตารางที่ 19 เนื่องจากการให้ความร้อนแก่อินเซิร์ตแม่พิมพ์ชนิดยางนั้นเป็นการให้ความร้อนจากด้านล่างและ ด้านข้าง ทำให้เมื่อเย็นตัวลงจะเกิดการขยายตัวที่ผิวชิ้นงานทำให้ชิ้นงาน โกงงอตัวขึ้น แต่ในขณะที่การ นิดชิ้นงานจากอินเซิร์ตแม่พิมพ์ชนิดพลาสติกไม่เกิดการ โกงงอของชิ้นงาน ซึ่งมีความเป็นไปได้ว่า ชิ้นงานจะเกิดการ โกงงอแต่การ โกงงอเกิดในทิศทางตรงกันข้ามกับแม่พิมพ์ชนิดยางเนื่องจากความ ร้อนที่เกิดในขณะนิตชิ้นงานนั้นเป็นทิศทางตรงกันข้ามคือเกิดจากความร้อนของเนื้อพลาสติกที่ไหล เข้าไปภายในตัวเบ้าของอินเซิร์ต ดังนั้นการ โกงงอจะเป็นทางด้านที่ติดกับเหล็ก (ด้านหลังอินเซิร์ต) และเมื่อยึดอินเซิร์ตแนบติดกับเหล็กจึงทำให้อินเซิร์ตไม่สามารถ โกงงอได้ แต่ควรระวังหากเกิดการ โกงงอมาก อาจทำให้สกรูที่ยึดอินเซิร์ตเข้ากับแม่พิมพ์เกิดการแตกเสียหายได้



ภาพที่ 138 พื้นด้านหลังอินเสิร์ทแม่พิมพ์ฉีดยางพร้อมแนวการวัดค่าความโก่งงอ

ตารางที่ 14 ค่าความโก่งงอของอินเสิร์ทแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L1

หน่วย: มิลลิเมตร

| ระยะในแนวราบ (X) | 105 | 125 | 145 | 165 | 185 | 195 | 205 |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.1441 | -0.2154 | -0.1778 | -0.0832 | 0.0074 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านบนตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

ตารางที่ 15 ค่าความโก่งงอของอินเสิร์ทแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L2

หน่วย: มิลลิเมตร

| ระยะในแนวราบ (X) | 105 | 125 | 145 | 165 | 185 | 195 | 205 |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.1438 | -0.2268 | -0.2091 | -0.1063 | 0.0133 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านบนตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

ตารางที่ 16 ค่าความโค้งงอของอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L3

หน่วย: มิลลิเมตร

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| ระยะในแนวราบ (X) | 105 | 125 | 145 | 165 | 185 | 195 | 205 |
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.1478 | -0.2269 | -0.1614 | -0.1182 | -0.0290 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านบนตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

ตารางที่ 17 ค่าความโค้งงอของอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L4

หน่วย: มิลลิเมตร

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
| ระยะในแนวราบ (X) | 90 | 110 | 130 | 150 | 170 | 180 | 190 |
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.0931 | -0.1135 | -0.1084 | -0.0896 | -0.0162 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านซ้ายตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

ตารางที่ 18 ค่าความโค้งงอของอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L5

หน่วย: มิลลิเมตร

| | | | | | | | |
|-------------------|--------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| ระยะในแนวราบ (X) | 90 | 110 | 130 | 150 | 170 | 180 | 190 |
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.0963 | -0.1033 | -0.0965 | -0.0361 | 0.0014 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านซ้ายตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

ตารางที่ 19 ค่าความโค้งงอของอินเสิร์ตแม่พิมพ์ฉีดยางหลังการวัดอุณหภูมิ ตามแนว L6

| | หน่วย: มิลลิเมตร | | | | | | |
|-------------------|------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| ระยะในแนวราบ (X) | 90 | 110 | 130 | 150 | 170 | 180 | 190 |
| ระยะในแนวตั้ง (Z) | 0.0000 | -0.0960 | -0.1032 | -0.1070 | -0.0483 | 0.0170 | 0.0000 |

หมายเหตุ: 1) ระยะในแนวราบเริ่มต้นวัดค่าจากขอบชิ้นงานด้านซ้ายตามภาพที่ 138

2) ระยะในแนวตั้งเป็นระยะเปรียบเทียบกับจุดเริ่มต้นที่ทำการวัดค่า

เนื่องจากเครื่องมือที่ทำการวัดค่าความโค้งงอของชิ้นงานสามารถวัดค่าในแนวราบได้สูงสุดที่ระยะ 100 ม.ม. เท่านั้นไม่สามารถวัดได้ตลอดความยาวผิวชิ้นงาน ผลการวัดค่าความโค้งงอของชิ้นงานจึงได้ค่าสูงสุดในแนว L3 ที่ค่า -0.2269 ม.ม.

วิจารณ์

หลังจากที่ได้ผลการทดลองมาเรียบร้อยแล้ว สามารถนำมาวิจารณ์ได้ดังนี้

1. การสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ปัญหาที่พบจะเกี่ยวกับการวิเคราะห์ชิ้นงานใน โปรแกรม Mold flow mpa 7.2 เนื่องจากโปรแกรมนี้เป็นเพียงส่วนแนะนำการใช้ ทำให้ไม่สามารถทำการวิเคราะห์ขนาดทางวิ่งและทางเข้าได้จึงต้องทำการเลือกขนาดทางวิ่งและทางเข้าจากตาราง แต่ค่าที่ได้ก็สามารถนำมาวิเคราะห์และสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้ และชิ้นงานที่ฉีดได้จากแม่พิมพ์เกิดครีบขึ้นแม้ว่าจะมีการปรับค่าต่างๆ ของเครื่องฉีดแล้วแต่ยังคงมีครีบเหลืออยู่ จึงสรุปได้ว่าครีบเกิดจากการที่ไม่ได้ติดตั้งระบบหล่อเย็นให้กับแม่พิมพ์ทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงขึ้น การไหลก็น้ำพลาสติกก็จะเหลวมากขึ้นเป็นเหตุให้เกิดครีบได้หรือการที่ไม่มีระบบระบายอากาศให้กับชิ้นงานทำให้อากาศอัดแน่นอยู่ภายในคาวีตี้และคอร์ดันเนื้อพลาสติกไหลออกมาเกิดเป็นครีบได้

2. การทำวิศวกรรมย้อนรอยแม่พิมพ์นียาง

การทำวิศวกรรมย้อนรอยแม่พิมพ์นียางพื้นรองเท้า NIKE นั้น ปัญหาที่พบจะเป็นช่วงที่ทำการสแกนชิ้นงาน เนื่องจากมีผิวชิ้นงานบางจุดที่มีความละเอียดมากทำให้ต้องใช้เงื่อนงำในการสแกนที่มีความละเอียดสูง ทำให้ใช้เวลาในการสแกนนาน ไฟล์ที่ได้มีขนาดไฟล์ใหญ่และเมื่อนำไปตกแต่งผิวด้วยโปรแกรม Geomagic studio v.6 ต้องใช้เวลานานในการปรับแต่งผิวชิ้นงาน ทั้ง ๆ ที่จุดที่ต้องทำการตกแต่งผิวนั้นมีไม่มากนัก

3. กระบวนการสร้างไฟล์ .st เพื่อสร้างชิ้นงานต้นแบบ 3 มิติ

สำหรับกระบวนการสร้างไฟล์ .st นั้นจะเสียเวลาในการสร้างไฟล์กับชิ้นงานพื้นรองเท้า NIKE ค่อนข้างมาก และไฟล์ .st ที่ได้มีขนาดไฟล์ใหญ่มากและมีปัญหาในการนำไฟล์ไปสร้างต้นแบบ 3 มิติอีกด้วย

4. การสร้างต้นแบบชิ้นงาน 3 มิติ

การสร้างต้นแบบจากเครื่องซีพรีนเตอร์นั้น เนื่องจากไฟล์ชิ้นงานที่ต้องการมีจุดที่บางมากตรงทางเข้าทำให้เมื่อสร้างต้นแบบเรียบร้อย ก่อนนำต้นแบบออกจากเครื่องต้องใช้ความระมัดระวังค่อนข้างมากเนื่องจากต้นแบบที่สร้างได้นั้นมีความเปราะค่อนข้างมากทำให้หักเสียหายได้ง่ายและต้องทากาวประสานก่อนนำไปใช้งาน ชิ้นงานที่ได้จึงมีความคิดเห็นได้ และผิวชิ้นงานที่ได้ไม่เรียบอีกด้วยเนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างต้นแบบมีลักษณะเหมือนผงแป้ง

ส่วนการสร้างต้นแบบจากเครื่องซินเทอร์สเตชัน ไฮคิวนั้นจะเกิดปัญหาเกี่ยวกับการโค้งงอของชิ้นงานเห็นได้อย่างชัดเจน (ภาพที่ 109) ทำให้ไม่สามารถนำไปสร้างต้นแบบชิ้นงานพื้นรองเท้า NIKE ได้และผิวชิ้นงานที่ได้ก็ไม่เรียบอีกด้วยเนื่องจากวัสดุที่ใช้ในการสร้างต้นแบบมีลักษณะเหมือนผงแป้ง ซึ่งคล้ายกับชิ้นงานที่ได้จากเครื่องซีพรีนเตอร์แต่ชิ้นงานมีความยืดหยุ่นกว่าเล็กน้อยเนื่องจากวัสดุเป็นคอนกรีต



ภาพที่ 139 ชิ้นงานต้นแบบจากเครื่องซินเทอร์สแตชัน ไฮคิวที่เกิดการโค้งงอ

5. การทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมในการสร้างมาสเตอร์โมเดล

จากการทดสอบหาวัสดุที่เหมาะสมทำให้ทราบว่าชิ้นงานที่เหมาะสมควรจะเป็นวัสดุที่มีผิวเรียบและให้ตัวได้เช่น ชิ้นงานฉนวนพลาสติก PP และทราบว่าชิ้นงาน RP ทั้ง 2 แบบไม่เหมาะสมเนื่องจากการให้ตัวของ RP ทั้ง 2 ชนิดมีน้อย ทำให้ไม่สามารถแกะชิ้นงานออกจากชิ้นงานหล่อได้ แต่จากการตรวจสอบเอกสารพอสรุปได้ว่าหากมีการเคลือบผิวชิ้นงานที่ดีพอและสามารถคงรูปชิ้นงานเดิมไว้ได้โดยทำให้มีการเปลี่ยนแปลงสภาพผิวชิ้นงานน้อยที่สุดก็อาจทำให้สามารถแกะชิ้นงานออกจากงานหล่อได้ และจากการทดลองยังทำให้ทราบอีกว่า หากจะทำการหล่อชิ้นงานควรมีการทำผิวมาสเตอร์โมเดลด้วยวัสดุที่ทำให้เป็นมันเงาและลื่นเพื่อช่วยให้แกะชิ้นงานออกจากงานหล่อได้ง่ายขึ้นแต่ควรระวังไม่ทามากเกินไปและไม่ควรทำให้เกิดรอยอีกด้วยเนื่องจากผิวงานหล่อที่ได้จะเหมือนกับผิวที่เตรียมไว้เกือบทุกประการ

6. ทำการวัดค่าอุณหภูมิของส่วนผสมในการเทหล่อ

เนื่องจากอุปกรณ์วัดอุณหภูมิมีค่าความละเอียดน้อย (ค่าการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องมือเท่ากับ 0.5 องศาเซลเซียส) และชิ้นงานที่เตรียมในการวัดมีขนาดค่อนข้างเล็ก ทำให้ค่าที่ได้อยู่ในช่วงเวลาที่แคบคือประมาณ 5 ชั่วโมงเท่านั้น ซึ่งแตกต่างจากการเทหล่อจริงค่อนข้างมาก แสดงว่าช่วงเวลาในการบ่มตัวของงานหล่อขึ้นอยู่กับขนาดงานที่เทหล่อด้วย

7. กระบวนการหล่อชิ้นงาน

ประสบปัญหาเรื่องเส้นแบ่ง (parting line) เป็นอย่างมาก เนื่องจากวัสดุที่จะทำการเทหล่อครั้งแรก (platen) เพื่อให้ได้เส้นแบ่งมีการหดตัวค่อนข้างมาก สำหรับวัสดุที่เลือกมาทำ platen นั้นมี

ดินน้ำมัน ขางพารา เทียนไขและปูนปลาสเตอร์ ผลของชิ้นงานหล่อที่ได้ platen ต่าง ๆ โดยการเทหล่อชิ้นงานอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนาประมาณ 5 ถึง 35 มิลลิเมตรมีดังนี้

7.1 ดินน้ำมัน สามารถตกแต่งผิวดินน้ำมันได้และตกแต่งเส้นแบ่งได้ เมื่อทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 10 มิลลิเมตร ผิวอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ได้มีลักษณะเหมือนผิวดินน้ำมันที่ได้ตกแต่งไว้เกือบทุกประการ แต่เมื่อทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 25 ถึง 35 มิลลิเมตรกลับพบว่า ดินน้ำมันละลายเนื่องจากความร้อนในการบ่มตัวของอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม จึงไม่สามารถนำดินน้ำมันมาใช้เป็น platen ได้

7.2 ขางพารา ไม่สามารถตกแต่งผิวได้เนื่องจากขางพารามีความยืดหยุ่นสูงและเนื่องจากขางพารามีฟองอากาศมากและเมื่อแห้งแล้วฟองอากาศนั้นก็ยังคงอยู่ ทำให้ผิวการหล่องานอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมมีฟองอากาศเหมือนผิวขางพาราที่ได้ (ทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 5 มิลลิเมตร

7.3 เทียนไข สามารถตกแต่งผิวเทียนไขได้แม้เทียนไขจะมีการหดตัวไปบ้างแต่ผิวชิ้นงานไม่มีฟองอากาศหรือมีน้อยไม่มากเท่าขางพารา เมื่อทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 10 มิลลิเมตร ผิวอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ได้มีลักษณะเหมือนผิวเทียนไขที่ได้ตกแต่งไว้เกือบทุกประการ แต่เมื่อทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 25 มิลลิเมตรกลับพบว่า เทียนไขละลายเนื่องจากความร้อนในการบ่มตัวของอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม จึงไม่สามารถนำดินน้ำมันมาใช้เป็น platen ได้

7.4 ปูนปลาสเตอร์ สามารถตกแต่งผิวปูนปลาสเตอร์และเส้นแบ่งได้ เมื่อทำการเทหล่ออพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ความหนา 25 มิลลิเมตร ผิวอพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมที่ได้มีลักษณะเหมือนผิวดินน้ำมันที่ได้ตกแต่งไว้เกือบทุกประการ

ชิ้นงานที่ทำการหล่อได้นั้นควรทิ้งไว้ให้ชิ้นงานแข็งตัวและแห้งสนิทก่อนทำการเก็บรายละเอียดผิวชิ้นงานประมาณ 2 ถึง 3 วัน แต่หากต้องการให้ชิ้นงานแข็งตัวและแห้งสนิทเร็วกว่านั้นก็สามารถทำได้โดยการอบชิ้นงานที่อุณหภูมิ 60 °c ถึง 80 °c เป็นเวลา 1 ถึง 2 ชั่วโมง ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นงาน เนื่องจากหากชิ้นงานยังไม่แห้งสนิทการนำชิ้นงานไปเก็บรายละเอียดอาจเกิดการกะเทาะเสียหายของผิวชิ้นงานได้ง่าย การเก็บรายละเอียดผิวชิ้นงานเทหล่อสามารถทำได้โดยการนำมากัดด้วยเครื่องจักร CNC ขัดด้วยกระดาษทราย และเจาะรูด้วยเครื่องเจาะ ซึ่งสามารถทำได้ง่ายเนื่องจากผิวชิ้นงานมีความแข็งน้อยกว่าเหล็ก แต่ในระหว่างการกัดชิ้นงานจะเกิดกลิ่นไหม้ของสารประกอบอยู่บ้างเนื่องจากความร้อนในการเสียดสีระหว่างชิ้นงานกับมีดกัด

เมื่อทำการฉีดขึ้นงานจากแม่พิมพ์อินเสิร์ตฉีดพลาสติกสามารถฉีดขึ้นงานได้ทั้งขึ้นงาน PP และ PS แต่เนื่องจากอินเสิร์ตที่หล่อได้มีรูพรุนของฟองอากาศเนื่องจากในกระบวนการหล่ออินเสิร์ตไม่ได้ทำการไล่อากาศ ทำให้ผิวขึ้นงานที่ได้ไม่เรียบเนียนและเนื่องจากไม่สามารถติดตั้งระบบปลดขึ้นงานได้ทำให้ไม่สามารถฉีดขึ้นงานแบบอัตโนมัติได้ และแกะขึ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ยากอีกด้วย และขึ้นงานยังเกิดครีบเนื่องจากแม่พิมพ์ไม่ได้ติดตั้งระบบหล่อเย็นและไม่มีรูระบายอากาศที่ตัวเบ้าและคอร์อีกด้วย

8. วัตถุประสงค์แม่พิมพ์ฉีดยางที่ทำการหล่อขึ้นมา

จากผลการวัตถุประสงค์ที่ได้ทำให้ทราบว่าอินเสิร์ตที่สร้างจากอิพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้แต่ไม่มากเท่าอินเสิร์ตที่ทำจากเหล็กและหลังจากให้ความร้อนแล้วขึ้นงานมีการโก่งงออย่างเห็นได้ชัดทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการประกอบแม่พิมพ์ไม่ได้ทำการยึดสกรูด้านหลังอินเสิร์ตไว้ก่อนและไม่ได้ถูกประกบจากแม่พิมพ์ด้านควาวิคี้ดังนั้นหากต้องการฉีดขึ้นงานยางจำเป็นต้องให้ความร้อนนานกว่าแม่พิมพ์อินเสิร์ตที่ทำจากเหล็ก และต้องระวังเรื่องการโก่งงอของแผ่นอินเสิร์ตด้วย