

กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยอาศัยการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์

COMPUTER-AIDED ENGINEERING IN THE PLASTIC INJECTION MOLD PROCESS

กิตติพัฒน์ วิชญวิเชียร *

จิระศักดิ์ สาสูงเนิน *

วิชัย ชาญยุทธศาสตร์ *

ผศ.พรศักดิ์ อรรกวานิช **

กวิน สนิธิเพิ่มพูน **

บทคัดย่อ

โปรแกรมการออกแบบและการวิเคราะห์บนคอมพิวเตอร์สามารถช่วยในการวิเคราะห์และออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การวิจัยและพัฒนาดังกล่าว สามารถแสดงดังตัวอย่างและกระบวนการผลิตเพื่อเป็นแนวทางสำหรับอุตสาหกรรม ซึ่งแนวทางดังกล่าวอาศัยคอมพิวเตอร์ในการออกแบบและวิเคราะห์ (Computer-Aided Design and Computer-Aided Engineering) จนสามารถเข้าสู่กระบวนการอัตโนมัติเพื่อประหยัดเวลา อัตราการสูญเสีย ระยะเวลาในการทดลอง และการผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก พร้อมกันนี้ แนวทางดังกล่าวสามารถจะกำหนดตัวแปรต่างๆ สำหรับการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและเป็นประโยชน์สำหรับการกำหนดตัวแปรต่างๆ ของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

Abstract

The Computer-Aided Design and Computer-Aided Engineering software were employed for the analysis and design of a plastic injection mold. This was an application example, and the product in the exercise is to be on the market shortly. This exercise shows that by using suitable computer-aided engineering software, and approached in a systematic way, a lot of time and money can be saved. The traditional method of trial and error approach in mold making can be reduced to its minimum. In addition, The program also recommends conditions for the molding of the part which are useful guidelines for the selection and initial setting of the molding machine.

-
- * นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 - ** อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1) บทนำ

กระบวนการที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานออกสู่ตลาดนั้น ต้องใช้กระบวนการ การออกแบบ,ทำต้นแบบ,ออกแบบแม่พิมพ์,สร้างแม่พิมพ์ และผลิตชิ้นงานออกมา[1] รวมทั้งต้องทำการตลาดด้วย แต่ละขั้นตอนดังกล่าว ทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านเวลา ถ้าสามารถลดเวลาลงได้จะเพิ่มประสิทธิภาพการทำงาน และทำให้ผลิตภัณฑ์ผลิตออกสู่ท้องตลาดได้เร็วขึ้น การลดระยะเวลาทำงานลงเป็นปัจจัยสำคัญสำหรับผลตอบแทนที่จะได้รับ ดังนั้นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ มาช่วยในการวิเคราะห์คำนวณ จึงตอบสนองความต้องการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี โดยปัจจุบันใช้การจำลองเหตุการณ์ การเติมเนื้อพลาสติกจนเต็มแม่พิมพ์ (Filling Image) ด้วยภาพ 3 มิติ

พื้นฐานของการคำนวณจะอาศัยไฟไนท์อีลิเมนต์ (Finite Element) ซึ่งประกอบรวมกันเข้าเป็น 3D Shell Model หรือการมองวัตถุที่จะทำการวิเคราะห์คำนวณให้เหลือเพียงแค่โครงสร้างที่ไม่มีความหนาและเป็นรูปทรง 3 มิติ ข้อกำหนดดังกล่าวทำให้คอมพิวเตอร์สามารถที่จะจำลองภาพสถานการณ์ (Simulate) ของ Finite Element ด้วยสมการ 2 มิติ ได้[2]

การสร้าง Finite-Element Mesh สามารถสร้างได้โดยใช้ซอฟต์แวร์ (Software) ที่อาศัย

- มุมมองรูปทรงต่าง ๆ ถูกกำหนดค่าลงไปเป็นค่าโคออร์ดิเนต x,y,z ณ ค่าหนึ่ง ๆ
- มุมสองมุมคูใด ๆ ถูกเชื่อมต่อกันด้วยเส้นตรงจนครบ
- ชุดของเส้นที่ปิดหรือเชื่อมต่อกันเป็นวง จะล้อมรอบจนเกิดเป็นพื้นที่ขึ้น

และในที่สุด Finite Element จะถูกสร้างขึ้นภายในบริเวณพื้นที่ดังกล่าวภายหลังจากที่จำนวนของจุด (Node),อีลิเมนต์ (Element) หรือขนาดของ Element ที่ต้องการ ได้ถูกป้อนค่าลงไปภายในซอฟต์แวร์ ซึ่งการสร้าง Mesh ของ Finite Element จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับความละเอียด และประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์

การใช้ Finite Element แบบ 3D-Shell Model สามารถเลือกตำแหน่งทางเข้าของพลาสติกที่หลอมเหลว (Gate) เพื่อทำการจำลองสถานการณ์(Simulate) การจัดพลาสติก และผลจากการคำนวณการเติมเต็มของพลาสติกเหลวจนเต็มแม่พิมพ์ (Filling Image) จะดำเนินการไปโดยอัตโนมัติ ด้วยตัวของซอฟต์แวร์เอง และยังสามารถที่จะใช้ซอฟต์แวร์ CAD (Computer Aided Engineering) อื่นๆ เช่น IGES, VDAFS เป็นต้น ส่งถ่ายข้อมูลของ Mesh เข้าสู่ CAE (Computer Aided Engineering) ได้ด้วย

เมื่อได้ Finite Element Mesh มาเรียบร้อยแล้ว จึงทำการคำนวณโดยอาศัยคอมพิวเตอร์ หัวข้อที่ทำการวิเคราะห์ก็คือ ค่าที่สถานะภาพ (Condition) ต่างๆ ของวัสดุที่ใช้ในการฉีดพลาสติก (Plastic Injection) โดยจะวิเคราะห์หาส่วนที่เป็นข้อบกพร่องหรือจุดด้อยของคุณสมบัติวัสดุ เช่น จุดที่เกิดรอยการเชื่อมประสานของพลาสติกเหลว (Weld Line),บริเวณที่เกิดค่าแรงเฉือนสูงๆ, ค่าจุดที่เกิดอุณหภูมิสูงเกินกว่า จุดที่พลาสติกจะเสื่อมคุณภาพ (Degrade) เป็นต้น ถ้าการวิเคราะห์ตามเงื่อนไขต่างๆ ไม่เกิดข้อบกพร่องหรือข้อบกพร่องน้อย ก็ย่อมที่จะสรุปได้ว่าเงื่อนไขดังกล่าวเป็นเงื่อนไขที่เหมาะสมกับการนำไป ออกแบบสร้างแม่พิมพ์[1]

ค่าที่ต้องใช้ในการกำหนดเงื่อนไขเพื่อการวิเคราะห์ ก็คือ

1. ตัวแปรในการผลิต เช่น อุณหภูมิ,ความดัน,เวลา
2. วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการฉีด เช่น พลาสติกประเภทใด
3. ลักษณะรูปแบบของชิ้นงานที่จะทำการวิเคราะห์

เมื่อทำการวิเคราะห์จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว อาจจะต้องทำการทดลองแบบลองผิดลองถูก (Trial-Error) หลายครั้ง กว่าจะได้ค่าที่ดี

ค่าตัวแปรต่างๆ เช่น ตำแหน่งทางเข้าของพลาสติกเหลวสู่แม่พิมพ์ (Gate) เป็นต้น จะถูกนำเอาไปใช้จริงๆ กับการออกแบบแม่พิมพ์ และใช้สำหรับการฉีดจริงๆ ภายหลังจากที่ทำการผลิตแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว ซึ่งจะเห็นได้ว่าเป็นการประหยัดเวลาการลองผิดลองถูกลงไปมาก และลดความสิ้นเปลืองจากการทำผิดพลาดได้

2) ขั้นตอนการวิเคราะห์ [3]

การทดลองวิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกบน Moldflow จะเป็นไปตามบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 1 เริ่มจาก

1. IGES File เปิด file ที่ได้สร้าง Midsurface จาก UGII พร้อมทั้งจะนำมาทำการวิเคราะห์บน Moldflow
2. 3D Surface Modeling เปลี่ยนโมเดลให้ file display แต่ 3D Surface Modeling
3. Remesh ทำการ Remesh ซึ่ง Moldflow จะทำการสร้าง Node และ Element โดยอัตโนมัติ โดยใช้หลักในการสร้าง Node และ Element ให้เหมาะสมกับการวิเคราะห์
4. Thickness กำหนดค่าความหนาของชิ้นงาน จากที่ได้ทำการออกแบบบน CAD โดยให้ Thickness เท่ากับ 2 มม.
5. Injection Node จะเป็น Tool ในการกำหนดจุดฉีดพลาสติกเข้าชิ้นงาน
6. Boundary Condition จะเป็นการกำหนดสภาวะขอบเขตของชิ้นงานตั้งแต่จุดเริ่มต้นจนถึง จุดสิ้นสุดของการฉีดบนชิ้นงาน
7. Method of Analysis โดยในการวิเคราะห์ในขั้นนี้ จะใช้วิธี Fast Filling
8. Material จะใช้วัตถุดิบ ซึ่งก็คือ พลาสติก ในการใช้พลาสติกในการวิเคราะห์ได้มาจากโรงงาน โดยจะใช้พลาสติกชนิด PS10 ABS TAFLEX 450N-B MITSUBISHI-MONSANTO VI(240)136 JAN82 ซึ่งคุณสมบัติต่าง ๆ ของพลาสติกนี้จะได้จาก Database ของ Moldflow กล่าวคือ จะมีคุณสมบัติดังนี้

สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Conductivity) 0.0984 W/m/°C

ค่าความร้อนจำเพาะ (Specific Heat) 2015.0 J/Kg/°C

ความหนาแน่นเมื่อหลอมเหลว (Melt Density) 901.0 Kg/m³

อุณหภูมิในการฉีดพลาสติก (Injection Temperature) 120.0 °C

อุณหภูมิเมื่อไม่มีการไหล (No Flow Temperature) 140.0 °C

9. Injection Time กำหนดช่วงเวลาในการฉีดให้เป็นอัตโนมัติ เพื่อว่าจะทราบถึงการใช้เวลาทั้งหมด ตั้งแต่เริ่มต้นทำการฉีดพลาสติกจนกระทั่งสิ้นสุดหรือไม่มีการไหลของพลาสติกอีกต่อไป

10. Run/Analysis ทำการวิเคราะห์การฉีดพลาสติกในชิ้นงานโดย Moldflow จะทำการวิเคราะห์ให้ได้ผล ณ เวลาต่างๆ เมื่อพลาสติกไหลเข้าชิ้นงาน

11. Result File เมื่อสิ้นสุดการวิเคราะห์ จะได้ Result File จะเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่เป็นผลจากการวิเคราะห์ เช่น ความดัน (Pressure), อุณหภูมิ (Temperature), ความเค้นเฉือน (Shear Stress), อัตราแรงเฉือน (Shear Rate), อากาศที่ค้างอยู่ (Air Trap), รอยเชื่อมประสานพลาสติก (Weld Line), ความหนืด (Viscosity), ทิศทางการไหล เป็นต้น

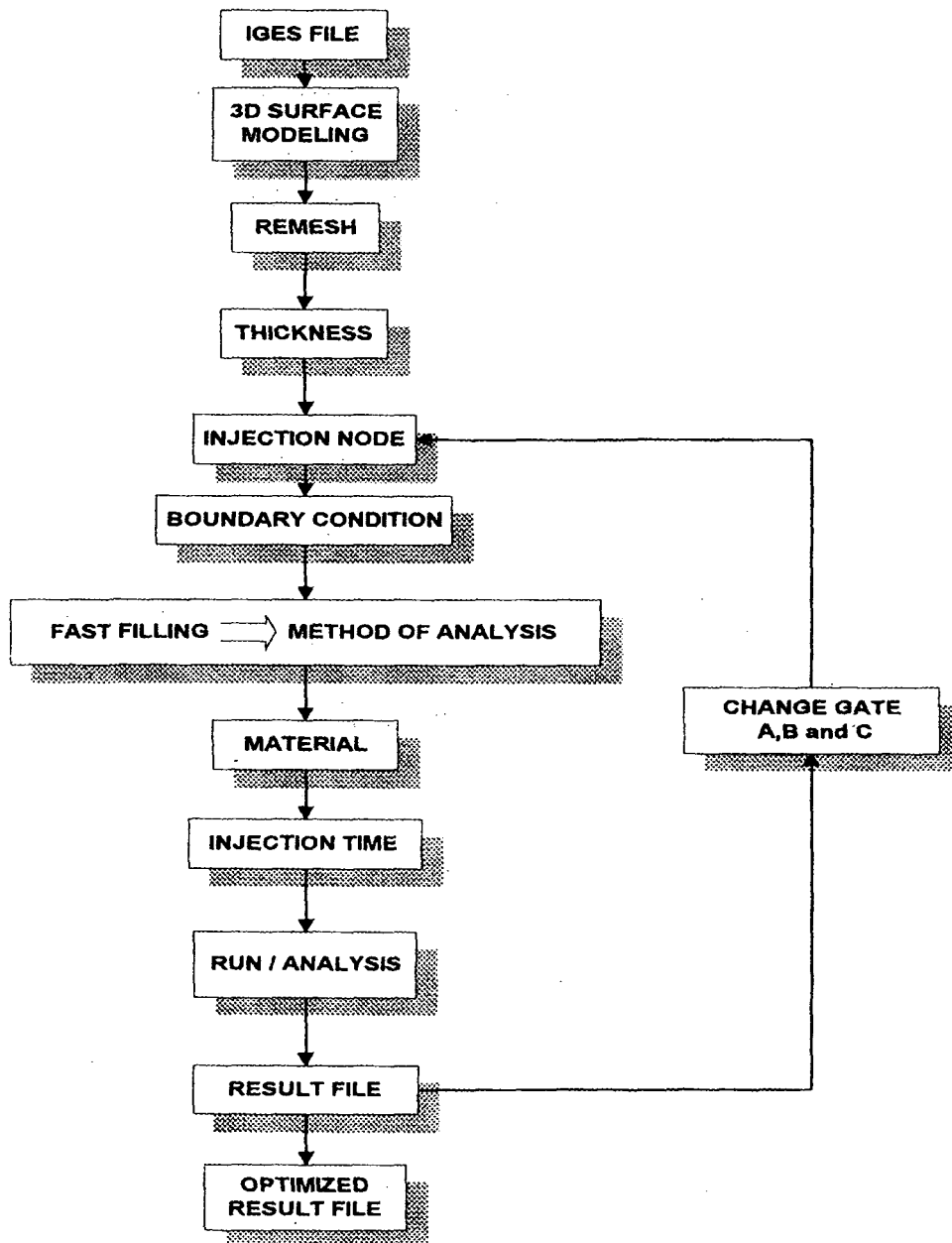
12. Change Gate (A,B,C)โดยการทดลองนี้จะให้ขั้นตอนทุกขั้นตอนเป็นไปตามบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 1 และจะให้ตัวแปรต้น เป็นการเปลี่ยนจุดฉีด (Inject Node) ส่วนตัวแปรตามคือผลซึ่งได้จากการวิเคราะห์บน Moldflow

A - จุดศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงาน

B - จุดศูนย์กลางวงกลมใหญ่

C - จุดศูนย์กลางวงกลมเล็ก

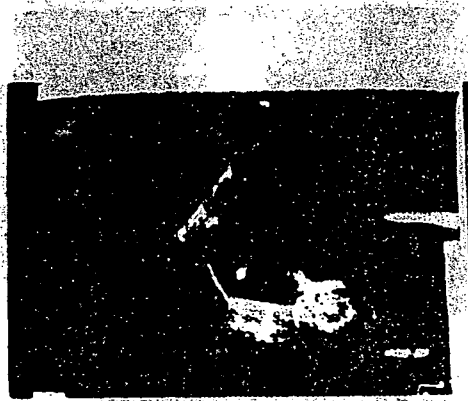
13. Optimized Result File ทำการเปลี่ยน Injection Node ในลักษณะต่างๆ แล้วทำการวิเคราะห์ใหม่ทั้งหมด ก็จะได้ Result File ที่จะนำไปใช้ ในการพิจารณาออกแบบต่อไป



รูปที่ 1 บล็อกไดอะแกรมแสดงขั้นตอนการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกด้วยซอฟต์แวร์ Moldflow

3) ผลการวิเคราะห์และการเปรียบเทียบ

ผลการวิเคราะห์จะได้ดังรูปที่ 2,3 และ 4 ดังนี้



A1) แสดงตำแหน่งจุดฉีดบนชิ้นงาน



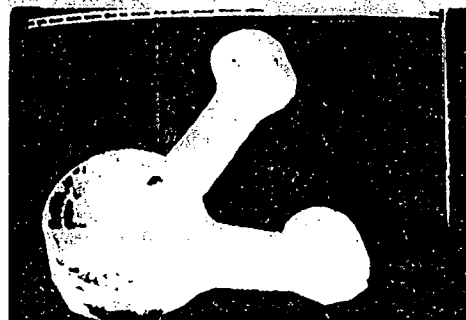
A2) แสดงการกระจายความดัน



A3) แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Air Trap, Weld Line

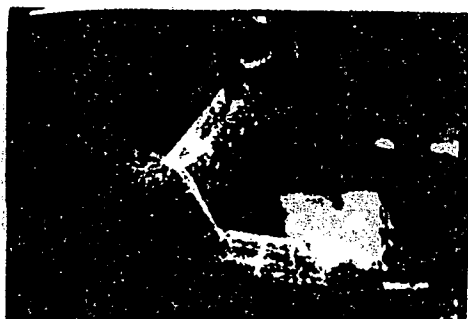


A4) แสดงทิศทางการไหล



A5) แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

รูปที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด A ด้วยซอฟต์แวร์ Moldflow



B1) แสดงตำแหน่งจุดฉีดบนชิ้นงาน



B2) แสดงการกระจายความดัน



B3) แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Air Trap, Weld Line

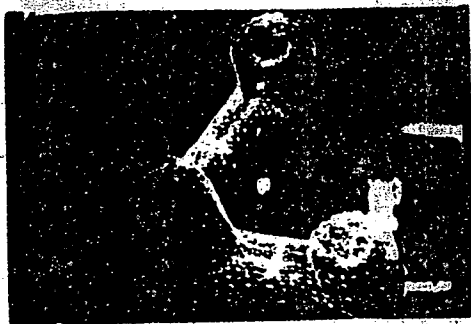


B4) แสดงทิศทางการไหล



B5) แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

รูปที่ 3 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด B ด้วยซอฟต์แวร์ Moldflow



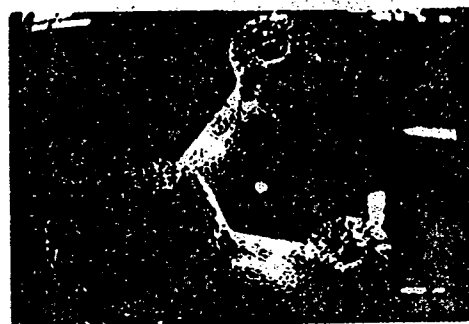
C1) แสดงตำแหน่งจุดฉีดบนชิ้นงาน



C2) แสดงการกระจายความดัน



C3) แสดงการกระจายอุณหภูมิ, Air Trap, Weld Line



C4) แสดงทิศทางการไหล



C5) แสดงการกระจายความเค้นเฉือน

รูปที่ 4 แสดงผลการวิเคราะห์ที่จุดฉีด C ด้วยซอฟต์แวร์ Moldflow

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ การฉีดพลาสติกที่จุดฉีดต่างๆ (A,B,C)

ปัจจัยการวิเคราะห์	จุดฉีด A	จุดฉีด B	จุดฉีด C
การเติมเต็มแม่พิมพ์			
- เวลาการฉีดอัดในมิติ (sec)	1.4	1.4	1.6
- เวลาการฉีดจริง (sec)	1.4045	1.4047	1.6096
- สมดุลการไหล	ค่อนข้างสมดุล	ค่อนข้างสมดุล	ไม่สมดุล
- อัตราการไหล (cm ³ /sec)	11.83	11.83	10.35
- รอยเชื่อมประสาน	รูปที่ 2	รูปที่ 3	รูปที่ 4
- อากาศที่ค้างอยู่	รูปที่ 2	รูปที่ 3	รูปที่ 4
การกระจายความดัน			
- ความดันสูงสุดเมื่อเติมแม่พิมพ์ (MPa)	16.1571	16.7795	23.6441
- ความดันสูงสุดระหว่าง cycle (MPa)	16.1572	16.7795	23.6441
การกระจายอุณหภูมิ			
- อุณหภูมิต่ำสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (°C)	221.47	220.9968	217.4139
- อุณหภูมิสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (°C)	234.5677	234.6136	236.9761
- อุณหภูมิต่ำสุดก่อนไหล (°C)	224.9003	225.6271	227.2979
- อุณหภูมิสูงสุดก่อนไหล (°C)	230.7761	230.7444	233.942
- การลดคุณภาพของพลาสติก	ไม่เกิดขึ้น	ไม่เกิดขึ้น	ไม่เกิดขึ้น
การกระจายความดันเฉือน			
- ความดันเฉือนสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (MPa)	0.3771	0.3810	0.3183
- ความดันเฉือนสูงสุดระหว่าง cycle (MPa)	0.4001	0.4017	0.3299
- อัตราแรงเฉือนสูงสุดขณะเติมแม่พิมพ์ (MPa)	3076.6567	3844.3274	2043.4668
- อัตราแรงเฉือนสูงสุดระหว่าง cycle (1/s)	4535.2925	4603.4888	2307.7556
- เวลาการแข็งตัวสูงสุด (sec)	12.47	12.47	12.63
- เวลาการแข็งตัวต่ำสุด (sec)	11.60	11.57	11.29
- แรงประกบแม่พิมพ์สูงสุด (ton)	4.423	4.4965	4.8121

จากรูปที่ 2,3,4 และ ตารางที่ 1 สามารถสรุปได้เป็นข้อๆ ดังนี้

1. พิจารณาดัง ตำแหน่งที่เกิดการตกค้างของอากาศที่อยู่ภายในแม่พิมพ์ (Air Trap) และตำแหน่งที่เกิดรอยเชื่อมต่อของพลาสติก (Weld Line) จุดฉีด B จะเกิด Weld Line จำนวนสองรอย และตำแหน่งการเกิด Air Trap จะอยู่ติดกับแนวประกบแม่พิมพ์ (Parting Line) ทำให้เราสามารถเปิดช่องบางๆ (Air Vent) เพื่อให้อากาศที่ตกค้างให้ออกจากแม่พิมพ์ได้ ส่วนที่จุดฉีด A และจุดฉีด C จะเกิด Weld Line จำนวนสามรอย และมีบางจุดที่ตำแหน่งการเกิด Air Trap อยู่ภายในแม่พิมพ์ ไม่ได้ติดกับ Parting Line จึงอาจส่งผลให้อากาศตกค้างอยู่ภายในแม่พิมพ์ได้

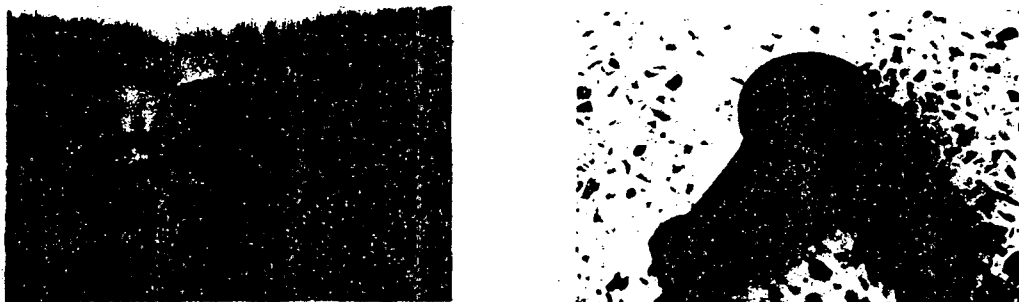
2. พิจารณาที่จุดฉีด C โดยเปรียบเทียบกับจุดฉีด A และจุดฉีด B จากการวิเคราะห์โดยให้เวลาในการฉีดเป็นแบบอัตราในมิติ จุดฉีด C ให้เวลาในการฉีดจริงสูงกว่าจุดฉีด A และจุดฉีด B ประมาณ 0.2 sec ส่วนอัตราการไหลที่จุดฉีด C จะน้อยกว่าจุดฉีด A และจุดฉีด B ประมาณ $1.48 \text{ cm}^3/\text{sec}$ ทำให้ต้องใช้ระยะเวลาในการฉีดพลาสติกให้เต็มแม่พิมพ์ ข้อดีของจุดฉีด C อีกประการคือ ต้องใช้ความดันสูงกว่า เพราะจากรูปผลการทดลองที่จุดฉีด C จะเห็นว่าจุดฉีด C จะไม่สมดุลการไหลเมื่อเข้าสู่แม่พิมพ์ และเกิดการสูญเสียความดัน จึงจำเป็นต้องใช้ความดันในการฉีดสูงกว่า เป็นผลเกิดความสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นเมื่อพิจารณาจุดฉีด C แล้ว จะเห็นได้ว่าไม่ควรนำจุดฉีด C มาทำเป็นแบบในการผลิตแม่พิมพ์

3. พิจารณาจุดฉีด A และจุดฉีด B เปรียบเทียบกันโดยที่จุดฉีดทั้งสอง จะใช้เวลาในการฉีดจริงใกล้เคียงกันมาก ต่างกันเพียง 0.0002 วินาที ซึ่งถือว่าน้อยมาก สมดุลการไหลจากรูปทั้งสอง ก่อนเข้าจะสมดุล ความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในกระบวนการฉีดที่จุด B จะมากกว่าจุดฉีด A ประมาณ 0.622 MPa. แต่จุดฉีด B จะมีการกระจายความดันที่ราบเรียบกว่า ในส่วนของอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของทั้งจุดฉีดทั้ง 2 จะแตกต่างกันไม่เกิน 1°C ซึ่งถือว่าน้อยมาก เวลาในการเย็นตัวจะใกล้เคียงกันมาก

จากการเปรียบเทียบดังกล่าว ที่จุดฉีด B มีความเหมาะสมน้อยกว่า จุดฉีด A เพียงเล็กน้อย แต่เมื่อพิจารณาในเรื่องความยากง่ายในขั้นตอนการผลิต จุดฉีด B จะทำง่ายกว่า เพราะตั้งอยู่จุดที่ศูนย์กลางของวงกลมพอดี แต่จุดฉีด A เป็นจุดศูนย์กลางเฉลี่ยของชิ้นงานซึ่งอยู่บนผิวที่ลาดเอียง ซึ่งยากต่อการเจาะรู เพราะผิวลาดเอียงจะทำให้การเจาะรูเกิดการหนีศูนย์ และมีความสวยงามน้อยกว่า ดังนั้นจึงนำจุดฉีด B มาพิจารณาในการออกแบบแม่พิมพ์ ด้วยเหตุผลที่กล่าวมา

4) ผลการฉีดพลาสติกจริงและการเปรียบเทียบ

เมื่อทำการผลิตแม่พิมพ์ทุกชิ้นแล้ว จากนั้นนำมาประกอบกัน แล้วนำชิ้นขึ้นบนเครื่องฉีดพลาสติก โดยปรับสภาวะต่างๆ (Condition) ในการฉีดให้เหมาะสม จะได้ชิ้นงานที่ออกมาโดยสมบูรณ์ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 แสดงชิ้นงานสมบูรณ์ที่ได้จากการฉีดพลาสติกจริง

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบผล จากการวิเคราะห์กับผลการฉีดพลาสติกจริง ที่จุดฉีด B

ผลที่ได้	จากการวิเคราะห์ด้วย Moldflow	จากการฉีดพลาสติกจริง
อุณหภูมิที่ควบคุม ($^\circ\text{C}$)	230	215-230
เวลาของวัฏจักร (sec)	14	24
ความดันที่ฉีด (MPa)	16.78	5.5
รอยเชื่อมประสาน	เหมือนกัน	เหมือนกัน

จากผลการฉีดพลาสติกจริง และตารางที่ 2 สามารถสรุปได้ว่า

1. ในการฉีดพลาสติกจริงได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ออกมานั้น ไม่สามารถใช้ความดันตามที่ไดวิเคราะห์ไว้โดย Moldflow ซึ่งค่าที่ได้แตกต่างกัน 11.28 MPa แต่ถ้าปรับให้เครื่องฉีดพลาสติกใช้ความดันในการฉีดเท่ากับที่ วิเคราะห์ได้บน Moldflow จำเป็นจะต้องเพิ่ม Clamping Force ซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายที่ตัวแม่พิมพ์ได้
2. ในส่วนของเวลาการฉีดทั้งหมดจะใช้เวลา การฉีดจริงนานกว่าที่ไดวิเคราะห์ไว้ถึง 10 วินาที ซึ่งจุดนี้ น่าจะขึ้นอยู่กับ การถ่ายเทความร้อนในตัวแม่พิมพ์ จำเป็นต้องศึกษาต่อไป
3. แต่ที่ให้ค่าตรงกันคือ อุณหภูมิที่ควบคุมไว้ในการวิเคราะห์และการฉีดจริง จะอยู่ในช่วง 215 - 230 °C เพื่อป้องกันการลดคุณภาพของพลาสติก (Degrade) และการแข็งตัวก่อนที่จะเต็มแม่พิมพ์ และในส่วนของรอย เชื่อมประสาน เมื่อดูจากชิ้นงานจริงจะเห็นได้ว่า เกิดรอยเชื่อมประสานตรงกับที่ไดวิเคราะห์ไว้ และชิ้นงานที่ได้มีการเติมเต็มเหมือนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Moldflow

5) บทสรุป

ปัจจุบันนี้ เทคโนโลยีทาง CAD/CAM/CAE ได้เข้ามามีผลต่อกระบวนการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ซึ่งเห็นได้จากการทดลองดังกล่าว จะช่วยในการออกแบบ และการวิเคราะห์ชิ้นงานก่อนที่จะผลิตจริง โดยในอดีตจะอาศัยความชำนาญของช่างทำแม่พิมพ์ และออกแบบโดยอาศัยประสบการณ์ในการทำแม่พิมพ์

UGII เป็นซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD/CAM ตัวหนึ่ง ซึ่งในการออกแบบชิ้นงานและแม่พิมพ์จะสามารถแก้ไข ได้ทันทีทางคอมพิวเตอร์ และทำการจำลองการกัด (Milling) โดยสามารถที่จะทราบถึงวิธีการกัดที่ดีที่สุด ประหยัด เวลาในการกัดน้อยที่สุด ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการผลิตและลดต้นทุนได้

Moldflow ก็เป็นหนึ่งในซอฟต์แวร์ทางด้าน CAE ซึ่ง Moldflow จะใช้วิธี Finite Element ในการคำนวณ เพื่อจำลองภาพการฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ โปรแกรมนี้จะช่วยให้ออกแบบได้รวดเร็ว สามารถวิเคราะห์แก้ไขแบบ ได้ก่อนที่จะนำแบบที่ออกแบบไว้ไปทำการผลิตแม่พิมพ์จริง

ผลจากการออกแบบโดย UGII และการวิเคราะห์โดย Moldflow จะสามารถเป็นแนวทางในการตัดสินใจ ที่จะเลือกการออกแบบแม่พิมพ์และเครื่องจักรต่างๆ ในการผลิตชิ้นงานได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามในการใช้ ซอฟต์แวร์ทางด้าน CAD/CAM/CAE นั้นจะต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญสูง จึงจะสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6) เอกสารอ้างอิง

[1] George menges and Pual Mohen. " How to make injection molds ", Second Edition. Newyork Hanser Publishers, 1993.

[2] Unigraphics II," Unigraphics II Manual Version 10.5 "

[3] Moldflow," Moldflow Manual Release 7 "