

การเพิ่มประสิทธิภาพแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกฝากระป๋องสเปรย์ โดยใช้ระบบทางวิ่งร้อนและทองแดงผสมแบริเลียมในการทำ แม่พิมพ์

EFFICIENCY ENHANCEMENT OF PLASTIC INJECTION MOLD OF SPRAY CAP BY USING HOT RUNNER SYSTEM AND BERYLLIUM COPPER (BeCu) INSERT

อุเทน คณะวาปี

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Email : ukp@kmutnb.ac.th

วัชร ปลายลักษณ์

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
Email : vatcharal@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก วิธีหนึ่งสามารถทำได้ด้วยการลดเวลาต่อรอบการฉีด (Cycle time) และการลดปริมาณการสูญเสียเนื้อวัสดุ ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้ระบบทางวิ่งร้อน (Hot runner system) ในการลดการสูญเสียเนื้อวัสดุไปกับทางวิ่งและใช้ทองแดงผสมแบริเลียม (Beryllium copper) ในการทำอินเสิร์ท (Insert) ด้านคอร์ (Core) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหล่อเย็นและเป็นการลดเวลาต่อรอบการฉีดลง โดยใช้ชิ้นงานต้นแบบเป็นฝากระป๋องสเปรย์ซึ่งเป็นชิ้นงานที่มีความบางและต้องการปริมาณกำลังการผลิตสูง ซึ่งจากการทดลองพบว่า ระบบทางวิ่งร้อนจะช่วยลดการสูญเสียเนื้อวัสดุจากระบบป้อนได้มากถึง 17% และเมื่อใช้วัสดุทองแดงผสมในการทำแม่พิมพ์ สามารถลดเวลาหล่อเย็นลงได้ถึง 46% และส่งผลให้ลดเวลาต่อรอบการฉีดลงได้มากถึง 35% ซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตและเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เวลาหล่อเย็น ทองแดงผสมแบริเลียม ระบบทางวิ่งร้อน เวลาต่อรอบการฉีด

ABSTRACT

For plastic injection process, hot runner system was applied in the order of cycle time and plastic feeding system deduction. In this research, hot runner system and beryllium copper (BeCu) mold insert were used for increasing of the injection process efficiency. Plastic part in this study was spray cap which had thin shape and high quantity requirement. From the results, hot runner system decreased plastic material from feeding system by approximately 17%. In case of BeCu insert, the cooling time was reduced by approximately 46% when compared with convention insert material. Injection cycle time was reduced by 35% when compared with the previous process.

KEYWORDS: Injection Mold, Cooling time, Beryllium Copper, Hot runner system, Cycle time

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การเพิ่มความสามารถในการผลิต (Productivity) ของชิ้นงาน ที่ได้จากขบวนการฉีดพลาสติก เป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนพลาสติกเป็นอย่างมาก และการลดเวลาของวัฏจักรการฉีด (Cycle time) เป็นอีกวิธีในการเพิ่มความสามารถในการผลิตแต่ยังคงต้องคำนึงถึงคุณภาพชิ้นงานเป็นหลักด้วย สถาพรและคณะ (2006) ได้นำเสนอไว้ว่า โดยปกติใน 1 รอบเวลาของการฉีด จะประกอบไปด้วยเวลา ปิด - เปิด แม่พิมพ์, เวลาฉีด, เวลาฉีดย้ำและเวลาที่ใช้งานการหล่อเย็น ชิ้นงาน ซึ่งกว่า 50% จะเป็นเวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นชิ้นงาน ดังนั้นการเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหล่อเย็นในแม่พิมพ์ฉีดจะสามารถช่วยลดเวลาต่อวัฏจักรการฉีดลงได้ ซึ่งจะส่งผลให้เราสามารถลดต้นทุนการผลิตในส่วนของกระบวนการฉีดลงได้ การเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการหล่อเย็นนั้น สามารถทำได้ โดยออกแบบระบบหล่อเย็นให้สามารถนำพาความร้อนออกจากแม่พิมพ์ให้ได้มากและทั่วถึงที่สุด ดังนั้นจึงต้องทำการเจาะรูระบบหล่อเย็นให้ผ่านบริเวณที่ความร้อนกระจายออกจากตัวชิ้นงาน ขณะทำการฉีดให้ได้มากที่สุดเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการหล่อเย็นสูงสุด แต่ในความเป็นจริงการเจาะรูระบบหล่อเย็น โดยเฉพาะในชิ้นงานที่มีความซับซ้อน จะไม่สามารถทำได้โดยง่าย เนื่องจากต้องออกแบบระบบหล่อเย็น ไม่ให้มีผลกับระบบปลดชิ้นงาน และระบบงานสวมต่างๆ ซึ่งจะพบได้บ่อยในแม่พิมพ์ที่มีความซับซ้อนมากๆ ในปัจจุบันได้มีการพัฒนานำวัสดุที่มีค่าความนำความร้อนสูง (High thermal conductivity) มาใช้สร้างชิ้นส่วนแม่พิมพ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวซึ่งวัสดุดังกล่าวส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มโลหะผสม (Non-ferrous Alloy) เช่น กลุ่มอลูมิเนียมผสม (Aluminum Alloy) และกลุ่มทองแดงผสม (Copper Alloy) ซึ่งวัสดุดังกล่าวได้จากการนำอลูมิเนียมและทองแดงไปผสมกับธาตุอื่นๆ เพื่อเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว ความแข็งแรง และคุณสมบัติอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการนำไปผลิตเป็นชิ้นส่วน แม่พิมพ์นอกจากการใช้ทองแดงช่วยในการหล่อเย็นแล้ว ทางทีมวิจัยจะใช้ระบบทางวิ่งร้อน (Hot runner) เพื่อช่วยในการลดเวลาการฉีดและช่วยลดการสูญเสียเนื้อวัสดุที่ต้องหมดไปกับระบบป้อน หากเราสามารถออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกให้สามารถลดปริมาณของระบบป้อนลงให้เหลือน้อยที่สุดหรือทำให้ไม่มีระบบป้อนเลย จะเป็นการช่วยเพิ่มผลผลิตและลดเวลา

ในการผลิตชิ้นงาน ทำให้ประสิทธิภาพในการผลิตเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานฝากระป๋องสเปรย์
2. เพื่อลดเวลาต่อวัฏจักรในการผลิตชิ้นงานฝากระป๋องสเปรย์
3. เพื่อลดปริมาณการใช้เนื้อวัสดุในการขึ้นรูปชิ้นงาน
4. เพื่อลดต้นทุนในการผลิตชิ้นงาน

ขอบเขตของการวิจัย

1. ศึกษาและวิเคราะห์ข้อบกพร่องของแม่พิมพ์เดิมที่ใช้ในการผลิต
2. ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ใหม่โดยใช้ระบบทางวิ่งร้อน (Hot Runner)
3. ใช้ทองแดงผสมเบริเลียม (BeCu) ในการทำก่อนอินเสิร์ตฝั่งคอร์
4. ใช้โปรแกรม Moldex 3D ในการวิเคราะห์และจำลองการไหลในแม่พิมพ์

งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Natraj (2000) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างอลูมิเนียมผสมกับเหล็กโดยการจำลองการไหลตัวในโปรแกรม C-MoldTM เพื่อใช้ในการหาทำนายการเกิดการยุบตัวและหาเงื่อนไขการฉีดที่เหมาะสม นอกจากนั้นเขายังใช้โปรแกรม ANSYS เป็นตัวช่วยในการหาความแข็งแรงของแม่พิมพ์ที่ทำจากอลูมิเนียม ในการทดลอง ใช้ทั้งการจำลองในคอมพิวเตอร์และการทำแม่พิมพ์จริงเพื่อเปรียบเทียบผลวิเคราะห์และเขาพบว่าในแม่พิมพ์ที่ใช้อลูมิเนียมทำเบ้าพิมพ์ จะใช้เวลาหล่อเย็นน้อยกว่าแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กแต่ความแข็งแรงของแม่พิมพ์จะน้อยกว่า ซึ่งในการฉีดจะใช้แรงดันฉีดสูงมากไม่ได้ Mellinger (1997) ศึกษาเปรียบเทียบอัตราการถ่ายเทความร้อนระหว่างอลูมิเนียมผสม (Aluminum Alloy) กับเหล็กโดยการจำลองในโปรแกรม C-MoldTM ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้

ในการจำลองการไหลตัวของพลาสติก และเขาพบว่าการใช้
อลูมิเนียมทำเบ้าพิมพ์ สามารถลดเวลาหล่อเย็นในแม่พิมพ์
(Cooling time) ลงได้ Isaias (1991) ศึกษาเปรียบเทียบอัตรา
การถ่ายเทความร้อน ระหว่างทองแดงผสม (Copper Alloy)
กับเหล็ก โดยการนำทองแดงมาทำเป็นเบ้าพิมพ์โดยตรง และทำ
การทดลองโดยการทำแม่พิมพ์และทดลองฉีดเพื่อเปรียบเทียบ
ซึ่งพบว่าสามารถลดเวลาต่อวัฏจักร (Cycle time) ลงได้ประมาณ
25% และพบว่าความลึกของรอยยุบตัวในชิ้นงาน (Sink Mark)
จะเพิ่มมากขึ้นในแม่พิมพ์ที่ใช้ทองแดงแต่การบิดตัวและโก่งตัว
(Warpage) จะลดลง Demirer และคณะ (2006) ได้ศึกษา
เปรียบเทียบระหว่างชิ้นงานที่ผลิตด้วยระบบทางวิ่งร้อนและทาง
วิ่งปกติโดยศึกษาถึงผลกระทบของแรงดันฉีดที่ส่งผลต่อการหดตัว
(Shrinkage) ความหนาแน่น (Density) และการบิดตัว (Warpage)
โดยใช้พลาสติก Polypropylene (PP) และ Acrylonitrile
butadiene styrene (ABS) ทดลองฉีดที่อุณหภูมิแตกต่างกัน
และพบว่าการใช้ระบบทางวิ่งร้อนจะช่วยลดแรงดันฉีดและ
การหดตัวของชิ้นงานได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับอุณหภูมิฉีดเดียวกัน

2. ระบบการถ่ายเทความร้อนในแม่พิมพ์

โดยปกติแล้วในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดจะต้องมี
การออกแบบระบบหล่อเย็น เพื่อช่วยในการระบายความร้อน
ออกจากเนื้อพลาสติกที่เข้าสู่เบ้าพิมพ์ในสภาพหลอมเหลว ซึ่งใน
สภาวะดังกล่าวพลาสติกจะมีอุณหภูมิสูงมาก และต้องใช้เวลา
นานกว่าจะกลับสู่สภาวะของแข็งอีกครั้งหนึ่ง เราจึงต้องมี
การออกแบบระบบหล่อเย็นเพื่อช่วยให้การระบายความร้อนเร็วขึ้น
ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้วิธีการ สร้างรูหรือร่องที่แม่พิมพ์แล้วให้
น้ำไหลผ่านเพื่อให้ความร้อนถ่ายเทจากแม่พิมพ์สู่น้ำที่ใช้หล่อเย็น
แต่ในบางครั้งการสร้างระบบหล่อเย็นมักจะประสบกับปัญหา
เนื่องจากในแม่พิมพ์ จะประกอบไปด้วยระบบปลดและระบบ
จับยึดชิ้นส่วนต่างๆ มากมาย ทำให้ไม่สามารถสร้างระบบหล่อเย็น
ให้เข้าถึงในบางจุดได้ ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนสะสมในแม่พิมพ์
และเกิดปัญหากับคุณภาพของชิ้นงานตามมา

3. เวลาหล่อเย็น

กระบวนการหล่อเย็นในแม่พิมพ์ จะเกิดขึ้นทันทีที่น้ำ
พลาสติกถูกเติมเข้าสู่เบ้าพิมพ์จนกระทั่งทำการเปิดแม่พิมพ์และ
ปลดชิ้นงาน ซึ่งจะต้องรอจนกว่าอุณหภูมิชิ้นงานลดลงจนถึง
อุณหภูมิปลดชิ้นงาน เวลาในการหล่อเย็นสามารถคำนวณได้จาก

สมการด้านล่าง

$$t_c = \frac{s^2}{\pi^2 \cdot \alpha} \cdot \ln \left(\frac{8}{\pi^2} \cdot \frac{T_M - T_W}{T_E - T_W} \right) \quad (1)$$

เมื่อ

$$\alpha = \frac{k}{\rho \cdot c_p} \quad (2)$$

กำหนดให้

t_c	= เวลาหล่อเย็น
s	= ความหนาของชิ้นงาน
α	= ความสามารถในการกระจายความร้อน
T_M	= อุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก
T_W	= อุณหภูมิแม่พิมพ์
T_E	= อุณหภูมิปลดชิ้นงาน
k	= ค่าการนำความร้อน
ρ	= ความหนาแน่นของพลาสติกชิ้นงาน
c_p	= ค่าความจุความร้อนจำเพาะ

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. การศึกษาแม่พิมพ์เก่า

ในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ จะเริ่มจากการศึกษา
การทำงานและการออกแบบแม่พิมพ์แบบเดิมซึ่งทางบริษัทที่
เข้าร่วมได้ทำการผลิตอยู่ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าแม่พิมพ์เดิม
ที่ใช้ในการผลิตอยู่ เป็นแม่พิมพ์ 4 เบ้าพิมพ์โดยใช้ระบบป้อนแบบ
Hot sprue ซึ่งพบว่ามีปัญหาและข้อสังเกตดังนี้

1.1 มีการสูญเสียเนื้อวัสดุ ไปกับระบบป้อน
ประมาณ 20% ใช้เวลาหล่อเย็นประมาณ 8 วินาที และเวลา
ต่อรอบวัฏจักรประมาณ 14 วินาที

1.2 ระบบหล่อเย็นฝั่งคอร์ เป็นแบบรูสั้น รูเดียว
แต่ขนาดคอร์มีขนาดใหญ่อาจทำให้ประสิทธิภาพหล่อเย็นไม่เพียงพอ
และเกิดความร้อนสะสมที่ฝั่งคอร์ได้

1.3 ชิ้นงานมีขนาดบางมาก ซึ่งถ้าใช้อุณหภูมิ
แม่พิมพ์ที่ต่ำ เพื่อลดเวลาหล่อเย็นก็อาจทำให้เกิดปัญหา
การฉีดไม่เต็มเบ้าพิมพ์ได้

1.4 ต้องใช้แรงดันในการฉีดและฉีดช้าก่อนข้างสูง เพื่อให้ชิ้นงานเต็มเต็มเข้าพิมพ์ได้ทัน

2. การออกแบบแม่พิมพ์ใหม่

หลังจากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อบกพร่องแม่พิมพ์ตัวเก่าแล้วทางผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางในการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อแก้ปัญหา ดังนี้

2.1 ออกแบบแม่พิมพ์ชุดใหม่โดยใช้ระบบทางวิ่งร้อนทั้งหมดเพื่อลดการสูญเสียวัสดุ ลดแรงดันที่ใช้การฉีด และลดเวลาที่ใช้ในการฉีดและฉีดช้า

2.2 ใช้ทองแดงผสมแบริเลียม 2% (2%Be Cu) ซึ่งมีค่าคุณสมบัติดังแสดงในตารางที่ 1 ในการสร้างชุดคอร์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการหล่อเย็น ลดความร้อนสะสม และลดเวลาในการหล่อเย็นชิ้นงาน

2.3 ปรับปรุงค่าเงื่อนไขการฉีดโดยใช้โปรแกรม Moldex 3D ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

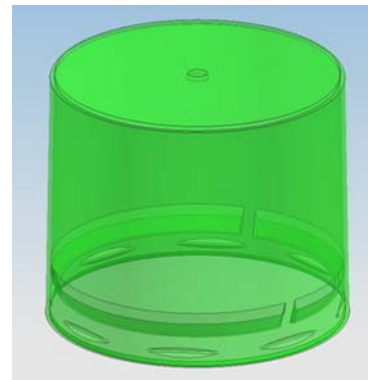
จากแนวทางในเบื้องต้น จึงนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบแม่พิมพ์และทดลองการไหลตัวใน โปรแกรม Moldex 3D

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของวัสดุแม่พิมพ์

วัสดุ	Thermal Conductivity	Hardness
P20	17 BTU/ft.hr °F	30 HRC
H13	15 BTU/ft.hr °F	45 HRC
0.5% BeCu	145 BTU/ft.hr °F	20 HRC
2% BeCu	75 BTU/ft.hr °F	38 HRC

3. การขึ้นรูปชิ้นงานเป็น 3D โมเดล

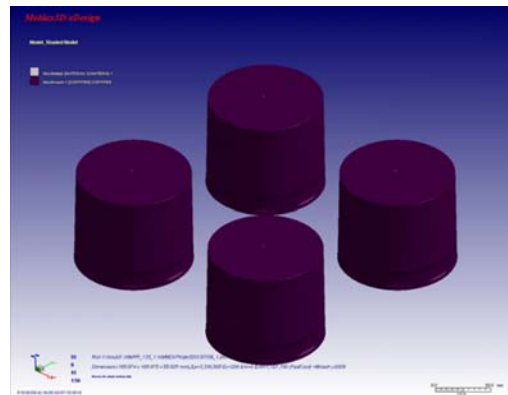
ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Moldex 3D จำเป็นจะต้องทำการสร้างชิ้นงานให้เป็น 3D โมเดลเสียก่อน เพื่อที่จะนำโมเดลที่ได้ไปแบ่งเป็นเอลิเมนต์ย่อย (Mesh) และสร้างระบบอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 1 โมเดลชิ้นงานแบบ 3D

4. การวิเคราะห์การไหลของแม่พิมพ์ใหม่ด้วย CAE (โปรแกรม Moldex 3D)

ในการวิเคราะห์การไหลตัวของแม่พิมพ์ใหม่เบื้องต้น จะทำการวิเคราะห์ที่เปลี่ยนอินเลอร์ตึงคอร์เป็นวัสดุทองแดงผสมแบริเลียม และเปลี่ยนระบบป้อนเป็นระบบวิ่งร้อนทั้งหมด

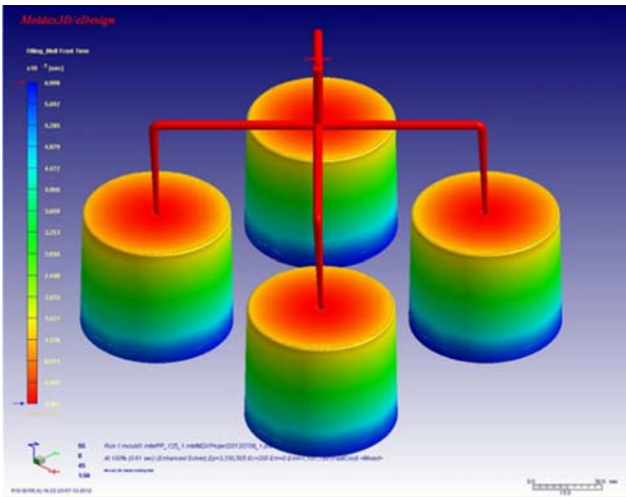


ภาพที่ 2 อินเลอร์ตึงคอร์ที่เป็นวัสดุทองแดงผสมแบริเลียม

ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Moldex 3D มีการกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เงื่อนไขในการวิเคราะห์

ตัวแปร/ข้อกำหนด	ค่าที่กำหนด
วัสดุฉีด	Polypropylene (PP)
อุณหภูมิฉีด	230 °C
อุณหภูมิแม่พิมพ์	35 °C
แรงดันฉีดสูงสุด	173 MPa
อุณหภูมิปลดชิ้นงาน	97 °C



ภาพที่ 3 ผลวิเคราะห์การไหลตัวของชิ้นงาน

ซึ่งจากการวิเคราะห์จะได้ผลวิเคราะห์ที่สำคัญดังแสดงในตารางที่ 3

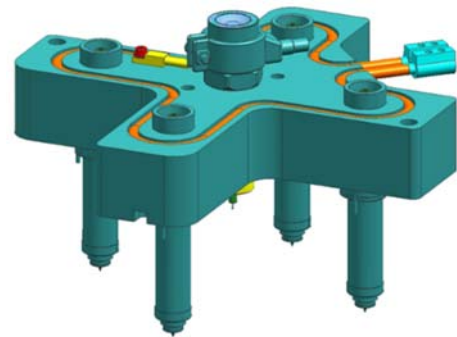
ตารางที่ 3 ผลที่ได้จากการวิเคราะห์

ผลวิเคราะห์	ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์
เวลาฉีด	0.8 s
เวลาหล่อเย็น	5.1 s
แรงดันฉีด	44 MPa
แรงดันฉีดย้ำ	35 MPa

5. การออกแบบระบบต่างๆ ของแม่พิมพ์ใหม่

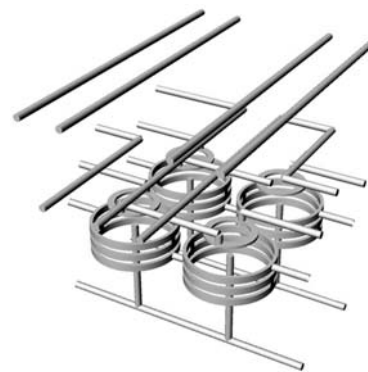
ภายหลังจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Moldex 3D จะนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบแม่พิมพ์ด้วยโปรแกรม CAD เพื่อกำหนดระบบต่างๆ ที่จำเป็นดังนี้

5.1 การออกแบบระบบวงรีร้อน ในการออกแบบจะกำหนดให้ทำการผลิตชิ้นงานครั้งละ 4 เบ้าพิมพ์ และทำการออกแบบเป็นชุดแมนิโฟลด์ (Manifold) เพื่อเป็นระบบทางวงรีร้อนในการเติมเนื้อวัสดุเข้าสู่เบ้าพิมพ์ทั้ง 4 เบ้าพิมพ์ และออกแบบให้มีระบบให้ความร้อนทั้งหมด 6 จุด คือ บริเวณแกนรูฉีดหลัก, ขดลวดความร้อนรอบชุด แมนิโฟลด์และบริเวณแกนรูฉีดรองอีก 4 จุดตามจำนวนเบ้าพิมพ์



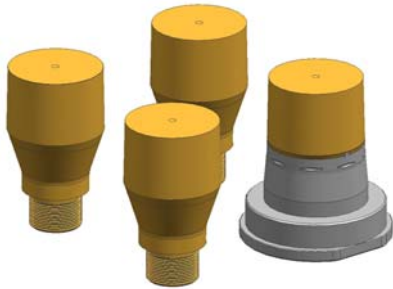
ภาพที่ 4 ระบบทางวงรีร้อนที่ได้จากการออกแบบ

5.2 การออกแบบระบบหล่อเย็น ในการออกแบบระบบหล่อเย็นจะคำนึงถึงการนำความร้อนออกจากแม่พิมพ์ โดยในฝั่งเบ้าพิมพ์จะใช้การทำเป็นร่องรอบก้อนอินเสิร์ท เพื่อให้ชิ้นงานเย็นลงในอัตราเท่าๆ กันรอบตัว ส่วนฝั่งคอร์ซึ่งเป็นก้อนอินเสิร์ทที่ทำจากทองแดงผสม จะใช้การหล่อเย็นแบบรูลัน (Bubbler) เพื่อนำความร้อนออกจากก้อนทองแดง ซึ่งก้อนทองแดงจะทำหน้าที่หลักในการนำความร้อนออกจากชิ้นงานเพื่อลดอุณหภูมิของชิ้นงานให้เข้าสู่อุณหภูมิปลด



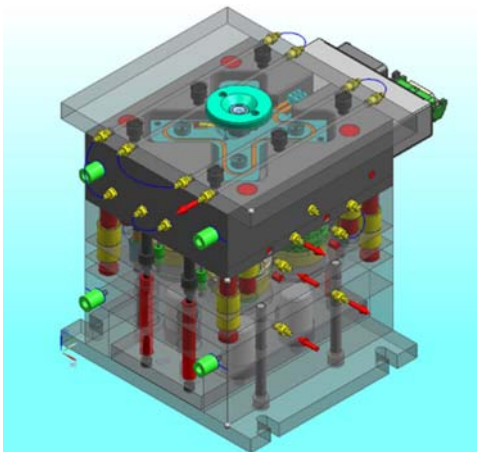
ภาพที่ 5 ระบบหล่อเย็นที่ได้จากการออกแบบ

5.3 การออกแบบอินเสิร์ตคอร์ ในการออกแบบแม่พิมพ์ฝังคอร์ จะใช้ทองแดงผสมในการทำก้อนอินเสิร์ตคอร์ ซึ่งจะออกแบบให้สามารถถอดเปลี่ยนได้โดยทำเป็นเกลียวยึดเข้ากับชิ้นฐาน เนื่องจากทองแดงมีความแข็งต่ำอาจเกิดความเสียหายจากการใช้งานได้ง่ายจึงอาจต้องทำการซ่อมบำรุงโดยการถอดเปลี่ยนและทองแดงที่ใช้มีราคาค่อนข้างสูงจึงออกแบบให้ใช้ทองแดงเฉพาะส่วนที่สัมผัสกับเนื้อวัสดุเพื่อลดต้นทุนในการผลิตแม่พิมพ์



ภาพที่ 6 อินเสิร์ตคอร์ที่ทำจากทองแดงผสมแบริเลียม

5.4 การออกแบบแม่พิมพ์ทั้งหมด จากนั้นจะทำการออกแบบแม่พิมพ์ส่วนที่เหลือโดยคำนึงถึงความแข็งแรงและขนาดของเครื่องฉีดที่ใช้ซึ่งจะใช้เครื่องฉีดขนาด 120 ตันในการฉีดเพื่อผลิตชิ้นงาน



ภาพที่ 7 แม่พิมพ์ที่ได้จากการออกแบบ

ผลการวิจัย

ภายหลังจากการออกแบบจะเป็นการสร้างแม่พิมพ์ตามแบบที่กำหนดและทำการทดลองฉีดซึ่งจากการทดลองได้ผลเปรียบเทียบ ระหว่างแม่พิมพ์แบบเก่าและแบบใหม่ดังแสดงในตารางที่ 4



ภาพที่ 8 แม่พิมพ์ขณะทำการทดลองฉีด

จากการทดลองจะเห็นได้ชัดว่าเวลาหล่อเย็นจะลดลงไปเกือบ 50% ซึ่งเป็นผลจากการถ่ายเทความร้อนอย่างรวดเร็วไปยังทองแดงผสมแบริเลียมและอาศัยระบบหล่อเย็นที่ดีในการนำความร้อนสะสมออกจากแม่พิมพ์ เพราะหากขาดระบบการนำความร้อนออกจากแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพ ถึงแม้จะใช้แม่พิมพ์ที่ทำจากทองแดงผสมแบริเลียม ก็จะมีปัญหาความร้อนสะสมในแม่พิมพ์ซึ่งก็จะส่งผลต่อคุณภาพชิ้นงานและประสิทธิภาพการหล่อเย็น ซึ่งก็อาจจะทำให้ไม่บรรลุวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาอีกส่วนที่สำคัญคือเมื่อเราปรับปรุงแม่พิมพ์ให้เป็นแบบทางวิ่งร้อน จะสามารถลดการสูญเสียเนื้อวัสดุที่จะหมดไปกับระบบทางวิ่งได้เป็นอย่างมากดังแสดงเปรียบเทียบในรูปที่ 9 และ 10 อีกทั้งยังสามารถช่วยประหยัดพลังงานและแรงงานคนในการนำเศษทางวิ่งไปบดเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เป็นการช่วยด้านสิ่งแวดล้อมอีกทางหนึ่งด้วย แต่ก็ยังคงต้องคำนึงถึงต้นทุนราคาและค่าไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นของการใช้ชุดทางวิ่งร้อน ซึ่งหากเป็นชิ้นงานที่มียอดกำลังการผลิตไม่สูงเพียงพออาจไม่คุ้มกับการลงทุนได้

ตารางที่ 4 สรุปผลการเปรียบเทียบระหว่างแม่พิมพ์ก่อนและหลังการปรับปรุง

	แม่พิมพ์ระบบเก่า	แม่พิมพ์ระบบใหม่	ความต่าง	ร้อยละ
ปริมาตรการฉีด				
- ชิ้นงาน	55 cm ³	55 cm ³	0 cm ³	0
- ระบบทางวิ่ง	11 cm ³	0 cm ³	11 cm ³	100
รวม	66 cm ³	55 cm ³	11 cm ³	17
เวลาฉีด	1.3 s	1 s	0.4 s	30
เวลาหล่อเย็น	8 s	4.3 s	3.7 s	46
เวลาต่อรอบการฉีด	14 s	9 s	5 s	35



ภาพที่ 9 ชิ้นงานและระบบทางวิ่งก่อนการปรับปรุง



ภาพที่ 10 ชิ้นงานหลังการปรับปรุง

สรุป

จากผลการทดลองจะพบว่าเมื่อเราเปลี่ยนระบบป้อนเป็นแบบระบบทางวิ่งร้อนจะลดการสูญเสียเนื้อวัสดุจากระบบป้อนได้มากถึง 17% และเมื่อใช้วัสดุทองแดงผสมในการทำเบ้าพิมพ์ สามารถลดเวลาหล่อเย็นลงได้ถึง 46% และส่งผลให้ลดเวลาต่อรอบการฉีดลงได้มากถึง 35% อีกทั้งยังเป็นการช่วยด้านสิ่งแวดล้อม ลดปริมาณขยะและของเสียประหยัดพลังงานและแรงงานคนลงได้เป็นอย่างมาก

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจาก โครงการยกระดับขีดความสามารถอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ยุทธศาสตร์ที่ 2 การยกระดับความสามารถด้านเทคโนโลยีการผลิตแม่พิมพ์ ความเที่ยงตรงและความซับซ้อนสูง ภายใต้ความร่วมมือของ

บริษัทซีพีโมลดิ้ง จำกัด และคณะวิจัยจากศูนย์วิจัยและพัฒนาแม่พิมพ์และด้ายพลาสติก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เอกสารอ้างอิง

- สถาพร ขาตาคมและคณะ. 2549. "การศึกษาการใช้ทองแดงฝังในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สำหรับเทอร์โมพลาสติกกลุ่ม Semi Crystalline" วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, 2 (ฉบับพิเศษ): 21-26.
- Demirer, A. et al. 2006. "An Experimental Investigation of the Effects of Hot Runner System on Injection Moulding Process in Comparison with Conventional Runner System." *Journal of Materials and Design*, 28: 1467-1476.

- Isaias, S. 1991. "A study of Heat Transfer Characteristics of Copper Alloy Material for use in Injection Molding" Master's Thesis, Ohio State University.
- Mellinger, D.C. 1997. "Heat Transfer Analysis of an Injection Molding System." Master's Thesis, University of Kentucky.
- Natraj, L. 2000. "A study of the Use of Aluminium Alloy Molds on Heat Transfer Rate and Sink Marks in Plastic Injection Molding." Master's Thesis, Purdue University.



>> อุเทน คณะวาปี

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (ว.ศม.) สาขาวิศวกรรมการผลิต พ.ศ. 2550 ปริญญาตรี (อ.สบ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2545 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



>> วีชระ ลายลักษณ์

สำเร็จการศึกษาปริญญาโท (ว.ทม.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2551 ปริญญาตรี (อ.สบ.) สาขาเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2547 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ