

การออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเพื่อผลิตคลิปหนีบกระดาษ

Design and Manufacture on plastic for paper clip

นายกิตติการ อรุณศิริ¹⁾, นายพัศพล สมนึก¹⁾, นายโยธิน นามจันทร์¹⁾

และ อาจารย์สมโชค สนธิแก้ว^{*2)}

ชื่อผู้วิจัย¹⁾ และ ชื่อหัวหน้าโครงการ^{*2)}

- 1) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- 2) ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องมือและวัสดุ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

ธนบุรี* Email address: Somchoke.son@Kmutt.ac.th

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้กล่าวถึงหลักการออกแบบและการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มี วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาขั้นตอนการออกแบบ ขั้นตอนและวิธีการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและหาทางแก้ไข ตลอดจนหาประสบการณ์และทักษะในการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ทำการออกแบบและผลิตเป็นแม่พิมพ์เป็นแม่พิมพ์แบบสองแผ่น (Two Plate Mold) มีจำนวน 8 ใบ ชิ้นงานที่ทำการผลิตคือ คลิปหนีบกระดาษ ซึ่งความหนาของชิ้นงานที่มากที่สุดเท่ากับ มิลลิเมตร วัสดุที่ใช้ฉีดขึ้นงานเป็น ABS โดยในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ฉีดคลิปหนีบกระดาษนี้มี 3 ขั้นตอน โดยในขั้นตอนที่ 1 จะประกอบด้วย การศึกษาทฤษฎี การออกแบบชิ้นงาน การออกแบบแม่พิมพ์ การเลือกชนิดและขนาดของแม่พิมพ์ การเลือกส่วนประกอบของแม่พิมพ์ การออกแบบระบบหล่อเย็น ระบบปลดชิ้นงาน ตลอดจนการวางแผนการผลิต ในส่วนของขั้นตอนที่ 2 จะประกอบด้วยขั้นตอนการผลิตแม่พิมพ์ตามที่ได้ออกแบบไว้ โดยในขั้นตอนนี้จะมีการใช้เครื่องจักรชนิดต่างๆ ดังนี้ คือ เครื่องเจียร , เครื่องกลึง , เครื่องกลึง CNC , เครื่องเจาะอัตโนมัติ และ เครื่องกัด CNC ในขั้นตอนสุดท้ายคือขั้นตอนที่ 3 จะเป็นขั้นตอนการทดลองฉีดและปรับค่าสภาพการฉีดให้เหมาะสม รวมถึงการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นในระหว่างการทดลองฉีด

เมื่อนำแม่พิมพ์ไปทำการทดลองฉีด โดยใช้ค่าสภาพการฉีดจากการออกแบบดังนี้คือ อุณหภูมิหลอมเหลว 220 °C อุณหภูมิของแม่พิมพ์ 40 °C อุณหภูมิของชิ้นงานขณะทำการปลดออกจากแม่พิมพ์ 15 °C แรงดันที่ใช้ในการฉีด 200 บาร์ แรงประกบแม่พิมพ์ 220 kN ความเร็วในการฉีด 110 mm/s เวลาที่ใช้ในการฉีด 1 รอบ 30 วินาที และเวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น 15 วินาที จะทำให้ได้ชิ้นงานที่เต็มแบบ ผิวเรียบ สวยงาม และไม่มีครีบลบ

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ

ต้องยอมรับว่าในปัจจุบันพลาสติกเข้ามา มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมรูปแบบต่างๆ ซึ่งมีแนวโน้มสูงขึ้นในการนำพลาสติกมาใช้แทนโลหะชนิดต่างๆ ซึ่งเหตุที่ทำให้พลาสติกเป็นที่นิยมใช้

กันอาจเป็นเพราะว่า พลาสติกมีน้ำหนักเบากว่า ต่อการใช้งาน รวมถึงคุณสมบัติทางด้านต่างๆ เทียบเท่ากับโลหะและ บางอย่างมีคุณสมบัติดีกว่า โลหะเช่น คุณสมบัติด้านความยืดหยุ่น ความอ่อนตัวและเนื่องจากนักศึกษาได้เข้าไปดูงานช่วงเดือน

มีนาคม 2546 ที่บริษัท สมุทรวานิช อุตสาหกรรม จำกัด ปัจจุบันทางบริษัทได้ทำการผลิตขวดชนิดต่างๆรวมถึงงานฉีดพลาสติกในรูปแบบอื่น โดยใช้วัสดุหลัก คือ พลาสติกทางนักศึกษาได้พบปัญหาเกี่ยวกับลูกค้าต้องการให้ทางบริษัท ผลิตชิ้นงานเป็นคลิปปหนีบกระดาดขึ้น โดยทั่วไปแล้วคลิปปหนีบกระดาดจะสร้างขึ้นโดยโลหะ หรือเหล็กเป็นวัสดุ ซึ่งคลิปปหนีบกระดาดที่เป็นเหล็กจะเกิดปัญหากับผู้ใช้คือ เป็นรอยขีดข่วนกระดาด การที่จะนำเข้าแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคลิปปหนีบกระดาด จะมีราคาตัวหนึ่งไม่ต่ำกว่า 1 แสนบาท ถ้าสามารถผลิตเองได้ในประเทศไทย จะเป็นการสร้างเทคโนโลยีใหม่ รวมถึงลดการเสียดุลการค้าและสามารถจะผลิตเป็นสินค้าขายในเมืองไทยและส่งออกต่างประเทศได้ เพราะฉะนั้นทางบริษัทและนักศึกษา มีความเห็นร่วมกันที่จะสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคลิปปหนีบกระดาดขึ้น ชิ้นงานที่เป็นคลิปปหนีบกระดาดที่มีอยู่ตามท้องตลาด ส่วนใหญ่ทำจากเหล็กหรือพวกโลหะ การสำรวจงานวิจัยภายในและต่างประเทศ มีงานวิจัยที่ทำคลิปปหนีบกระดาดด้วยพลาสติก แต่มีลักษณะรูปร่างขนาดและชนิดวัสดุที่ใช้ต่างชนิดกัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและสร้างแม่พิมพ์พลาสติกคลิปปหนีบกระดาดให้ได้ตามความต้องการของท้องตลาด
2. เพื่อศึกษาตัวแปรของเครื่องฉีดพลาสติกที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน
3. เพื่อศึกษาต้นทุนการผลิตและจุดคุ้มทุนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคลิปปหนีบกระดาด
4. เพื่อศึกษาความแตกต่างระหว่างคลิปปหนีบกระดาดที่ทำจากพลาสติกมีข้อดีข้อเสียต่างกับคลิปปหนีบกระดาดที่ทำจากเหล็กอย่างไร
5. สร้างประสบการณ์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและทำงานร่วมกับผู้อื่นใน

โรงงานอุตสาหกรรมให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงการ

การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีด

พลาสติกคลิปปหนีบกระดาดจะสร้างเป็นแบบTwo plate molds มี 8 โพรงแบบ ซึ่งการฉีดพลาสติกที่มีจำนวนโพรงแบบของแม่พิมพ์จำนวนมากจะส่งผลทำให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น น้ำหนักทั้ง 8 โพรงแบบไม่เท่ากัน เกิดครีบเนื่องจากเกิด Over packing รวมทั้งมี Stress ตกค้างในชิ้นงาน สำหรับการแนวทางการแก้ปัญหา จะดำเนินการออกแบบชิ้นงานที่เป็นคลิปปหนีบกระดาดที่มีความยาว 50 มิลลิเมตร ความกว้าง 25 มิลลิเมตร และความหนา 1.8 มิลลิเมตร ซึ่งการออกแบบให้มีความหนา 1.8 มิลลิเมตร จะช่วยลดปัญหาการเกิด Stress ตกค้าง และการเกิด Over packing ส่วนการฉีดพลาสติกที่มี 8 โพรงแบบ ให้มีน้ำหนักเท่ากันหรือพลาสติกเต็มทั้ง 8 โพรงแบบ โดยใช้วิธี Balance Runner เป็นวิธีการปรับขนาดทางวิ่ง (Runner) ให้เหมาะสมและสมดุลเพื่อให้พลาสติกไหลผ่าน Runner เต็มทุกๆโพรงแบบ หลังจากนั้นจะวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นจากกรรมวิธีการฉีดพลาสติกและศึกษาความแตกต่างทางด้านคุณสมบัติของชิ้นงานสำเร็จรูปที่ได้จากพลาสติกกับเหล็ก และค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการฉีดพลาสติก

1.4 ผลที่คาดว่าจะได้รับโดยตรง

1. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคลิปปหนีบกระดาดที่มี 8 โพรงแบบ 1 ชุด
2. สามารถนำชิ้นงานที่ผลิตไปใช้และขายได้ตรงตามความต้องการของลูกค้า
3. นำเทคโนโลยีการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกคลิปปหนีบกระดาดไปใช้พัฒนาปรับปรุงการผลิตชิ้นงานอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

4. ได้รับประสบการณ์ทำงานจริง

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์

1. เครื่องเจียรในราบ
2. เครื่องกลึง
3. เครื่อง CNC มิลลิ่ง
4. เครื่อง CNC วาย คัท
5. เวอร์เนียร์
6. ไดอัล เกจ
7. ดอกสว่าน และ End mill ขนาดต่างๆ

วัสดุที่ใช้ผลิตแม่พิมพ์

Mold Base รหัส ISA 2025 A50 B60 C70

ขั้นตอนการดำเนินงาน มี 2 ขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบและการนำเสนอโครงการ
1.1 พบอาจารย์ที่ปรึกษาประจำโครงการเพื่อทำการเลือกโครงการ
1.2 ทำการเลือกชิ้นงานที่จะนำมาออกแบบ ได้แก่ คลิปหนีบกระดาษ
1.3 ทำการเขียนแบบชิ้นงานคลิปหนีบกระดาษ ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามขั้นตอนการออกแบบ
1.4 ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และความเป็นไปได้ของแม่พิมพ์ที่ออกแบบ
1.5 จัดตารางเวลาในการผลิตชิ้นส่วน และการใช้เครื่องจักรในโรงฝึกปฏิบัติงาน
1.6 ทำการสั่งซื้อแม่พิมพ์ฉีดมาตรฐานและชิ้นส่วนประกอบที่ต้องใช้ทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. การสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2.1 ทำการสั่งซื้อ mold base , อุปกรณ์ และ tool ที่ต้องใช้
2.2 นำ mold base มาแยกออกเป็นชิ้นส่วนต่างๆ
2.3 นำชิ้นส่วนทุกชิ้นไปเจียรในออกทั้งด้านบน และด้านล่าง แผ่นละ 10 – 15 μm แล้วแต่ความหยาบของผิวแม่พิมพ์แต่ละแผ่น
2.4 ทำการเจาะรู bottom plate ตามแบบ โดยใช้เครื่องเจาะ

2.5 ทำการเจาะรู top clamping plate ให้ได้ตามแบบ โดยใช้เครื่องเจาะและฐานแบบหมุนได้

2.6 ทำการเจาะรูน้ำหล่อเย็นบนแผ่น cavity และ core plate พร้อมทั้ง tap เกลียวให้ได้ตามแบบที่ออกแบบไว้

2.7 เจาะ ejector และ returner plate พร้อมทั้ง bore หัว ให้ได้ตามขนาดของ ejector ที่ออกแบบไว้ โดยใช้เครื่องเจาะ

2.8 ทำการสร้าง G-Code โดยใช้โปรแกรม Unigraphics เข้ามาช่วยในการทำงาน

2.9 ทำการ transfer งานไปสู่เครื่อง milling เพื่อทำการกัดงาน

2.10 ทำการประกอบแม่พิมพ์ทุกชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน

2.11 ทำการติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องฉีดพลาสติก

2.12 ทำการทดลองฉีดชิ้นงาน

ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อทำการออกแบบและทำการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก แล้วทำการทดลองฉีดชิ้นงานตามการออกแบบ โดยกำหนดค่าที่ใช้ในการฉีด ดังนี้

อุณหภูมิหลอมเหลวของพลาสติก	220 °C
อุณหภูมิของแม่พิมพ์	40 °C
อุณหภูมิของแม่พิมพ์ขณะทำการปลดออกจากแม่พิมพ์	60 °C
แรงดันที่ใช้ในการฉีด	200 bar
แรงปิดแม่พิมพ์	200 kN
Injection Speed	110 mm/s
เวลาที่ใช้ในการฉีด 1 รอบ	30 s
Cooling Time	15 s

ผลการฉีดจากสภาพการฉีดที่ออกแบบ

ชิ้นงานคลิปหนีบกระดาษ ที่ฉีดได้เต็มแบบ เนื้อพลาสติกมีลวดลาย แต่จะมีครีบลบที่บริเวณปลายและด้านข้างเล็กน้อย ซึ่งเมื่อทำการปรับปรุงแก้ไข คาดว่าชิ้นงานจะไม่มีครีบลบและเนื้อพลาสติกจะเรียบ

สรุปผลการทดลอง

จากการที่ผู้จัดทำโครงงานได้มีความสนใจในงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอยู่แล้ว จึงได้ทำการศึกษาถึงหลักการออกแบบและ ลักษณะของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบสองแผ่น ตลอดจนหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นส่วน และความแตกต่าง ของการทำงานของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแต่ละชนิด ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ให้ถูกต้องเหมาะสมได้ ทำให้ทราบถึงขั้นตอน วิธีการสังเคราะห์วัสดุ และเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์ ได้ใช้โปรแกรม Unigraphics ช่วยในการออกแบบและการ generate G-Code ในการกัดงาน การเลือกเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต เวลาที่ใช้ในการผลิต ความเที่ยงตรงของชิ้นงานที่ทำการผลิต การติดตั้งและการกำหนดตำแหน่งของชิ้นงานบนเครื่องจักรเพื่อทำการผลิตชิ้นงาน เมื่อทำการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเสร็จแล้ว ได้นำมาทำการทดลองฉีด โดยวัสดุที่ใช้ในการทดลองฉีด คือ ABS จึงทำให้ทราบถึงวิธีการปรับตั้งพารามิเตอร์ของเครื่องฉีดพลาสติก รวมไปถึงระบบการทำงานและจุดบกพร่องของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ทำการผลิตขึ้น และเมื่อทราบถึงจุดบกพร่อง จึงทำการหาสาเหตุ และวิธีการแก้ไขปรับปรุงให้แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผ่านการออกแบบ และทำการผลิตไปทดลองฉีด ผลที่ได้คือ ชิ้นงานคลิปหนีบกระดาษ แต่มีความผิดพลาดทางด้านขนาดของชิ้นงาน และความเรียบของผิวชิ้นงานเพียงเล็กน้อย

ข้อเสนอแนะในการผลิต

1. ควรตรวจสอบความหนา ความฉาก และความถูกต้องของขนาดของชิ้นงานก่อนทำการผลิต อีกทั้งควรเจียรในหน้าทั้งสองหน้าของชิ้นงานก่อนทำการแปรรูป เพื่อให้การติดตั้งชิ้นงานบนเครื่องจักรที่จะทำการผลิตมีความถูกต้องมากขึ้น
2. ในการเลือกจุดอ้างอิงของชิ้นงาน ควรกำหนดจุดอ้างอิงจากรูคว้านแทนการอ้างอิงจากรูเจาะหรือขอบของชิ้นงาน
3. ควรศึกษาถึงการใช้งานของเครื่องมือตัดแต่ละชนิด เพื่อให้การกำหนดค่าความเร็วตัด อัตราป้อน และระยะกินลึกได้ถูกต้องเหมาะสม รวมถึงอายุการใช้งานของเครื่องมือตัดที่นำมาใช้ด้วย
4. ควรมีการสอบเทียบเครื่องจักรก่อนการใช้ เพราะหากเครื่องจักรมีค่าความผิดพลาด จะทำให้ชิ้นงานที่ผลิตได้นั้นมีขนาดผิดพลาดด้วย
5. ควรสอบเทียบเครื่องมือวัดก่อนนำมาใช้งาน ซึ่งรวมไปถึงการเลือกใช้เครื่องมือวัดแต่ละประเภทให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่จะทำการวัดด้วย
6. การวางแผนการใช้เครื่องมือตัด เพื่อช่วยลดเวลาในการผลิตและเวลาในการใช้เครื่องจักรให้สั้นลง
7. ในขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนั้น ควรคำนึงถึงองค์ประกอบต่างๆด้วย เช่น ขนาดของเครื่องฉีดพลาสติก ขนาดของหัวฉีดของเครื่องฉีดพลาสติก และขนาดของเครื่องจักรที่ใช้แปรรูปชิ้นงาน เป็นต้น
8. ควรทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบแล้วทำการวัดขนาดของรูต่างๆ ก่อนลงมือทำการทำงานอย่าเชื่อแบบ เพราะอาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นได้
9. การใช้ tool ทุกครั้งต้องลงมือวัดก่อนการใช้งานทุกครั้ง อย่าเชื่อกล้องที่ใส่ เพราะอาจมีการเก็บหลังการใช้ครั้งที่แล้วผิดพลาดไว้

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณสำนักงาน
กองทุนสนับสนุนการวิจัย ฝ่ายอุตสาหกรรม
โครงการโครงการอุตสาหกรรมสำหรับปริญญาดุษฎี
ประจำปี 2546 ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนวิจัยในการทำ
โครงการนี้, อาจารย์สมโชค สนธิแก้ว อาจารย์ที่
ปรึกษาโครงการวิจัย ที่ได้ให้คำปรึกษาและ
คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ ตลอดจนช่วย
ตรวจทานแก้ไขโครงการวิจัยสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี
รวมทั้งขอขอบพระคุณ รศ. ดิลก ศรีประไพ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม, อาจารย์สุรพันธ์ สุวรรณภูมิ
อาจารย์กรรมการ ที่ได้คำแนะนำและข้อคิดเห็น
อันเป็นประโยชน์ อีกทั้งขอขอบพระคุณ ดร.พี
ระวัฒน์ สมนึก อาจารย์พิเศษ จาก กรม
วิทยาศาสตร์บริการ กระทรวงวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี ที่ได้ให้ความรู้ ข้อมูลต่าง ๆ ที่สำคัญ
ต่อโครงการอุตสาหกรรมนี้เป็นอย่างดี และ
ขอขอบคุณ บริษัท สมุทรวานิช จำกัด เป็นอย่าง
สูงที่ให้ความร่วมมือในการทำโครงการครั้งนี้

หนังสืออ้างอิง

1. วิวัฒน์ ตันติขจรโกศล และ ชัยรัตน์ แก้ว
ดวง (2538) “แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก”
พิมพ์ครั้งที่ 1 , สถาบันพัฒนา
อุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ
2. ดร.พีระวัฒน์ สมนึก (2544) “เอกสาร
ประกอบการสอนวิชา TME 334 : การ
ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (Mold
Design) ” ภาควิชาเครื่องมือและวัสดุ ,
คณะวิศวกรรมศาสตร์ , มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
3. ธนชัย กาญจนรัตน์ และคณะ (2539)
“แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก” ปริญญานิพนธ์
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต , ภาควิชา
เครื่องมือและวัสดุ , มหาวิทยาลัย
เทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
4. Georg Menges and Paul Mohren (1991)
“ How to Make Injection Molds ” 2nd
editor , Hanser Publishers
5. รศ.บรรเลง ศรีนิล และ ผศ.ประเสริฐ
ก๊วยสมบุญ , 2524 , ตารางงานโลหะ ,
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระ
นครเหนือ
6. คู่มือแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมาตรฐาน
REVELL PRECISION MOULD BASE ,
โรงงาน วี.เค.เมทอล จำกัด