

การสร้างแม่พิมพ์ด้วยอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมสำหรับการฉีดพลาสติก Aluminium Filled Epoxy Resin Moulding for Plastic Injection

ชัชพล ชังชู^{1*} และ ภรภัทร วรินทร์ไพ²

¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

²โครงการเปิดสอนหลักสูตรปริญญาโทเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 ถ. พหลโยธิน เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0-2942-8555 โทรสาร 0-2579-4576 *อีเมลล์ fengcpc@ku.ac.th

Chatchapol Chungchoo^{1*} and Pornpat Warinrumpai²

¹Department of Mechanical Engineering

²Master Degree in Industrial Production Technology Program

Faculty of Engineering, Kasetsart University

50 Phahonyothin Rd., Chatujak, Bangkok 10900, Thailand

Tel: 0-2942-8555, Fax: 0-2579-4576, *E-mail: fengcpc@ku.ac.th

บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ในประเทศไทยประสบปัญหาด้านการผลิตที่มีต้นทุนสูงและใช้เวลาในการผลิตค่อนข้างนานจนทำให้ขีดความสามารถในการแข่งขันลดลง ดังนั้นการผลิตแม่พิมพ์ที่รวดเร็ว ราคาไม่สูง และตรงความต้องการของลูกค้าจึงเป็นเรื่องที่มีความสำคัญ ซึ่งในการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเพื่อหา (1) วิธีการในสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยวัสดุอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม (2) วัสดุสำหรับมาสเตอร์โมเดลและ (3) เส้นแบ่งแม่พิมพ์ที่เหมาะสม โดยผลการทดลองพบว่าการสร้างแม่พิมพ์ด้วยวัสดุอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมสามารถลดเวลาในการสร้างแม่พิมพ์ลงเหลือไม่เกิน 15 วัน และมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าการสร้างแม่พิมพ์แบบเดิม

Abstract

Currently, mould industry in Thailand is facing problem in the mould production due to the higher cost and longer moulding time resulting in the decrease of a business competition performance. Therefore, the shorter time and lower cost for moulding which meets the customer requirement are a major concern. In this research, researchers did many experiments in order to find (1) a procedure for making the aluminium filled

epoxy resin mould, (2) materials for master model, and (3) a suitable parting line. Experimental results indicated that the aluminium filled epoxy resin moulding could be completed within 15 days with lower production cost comparing with the conventional moulding method.

1. บทนำ

ในปัจจุบันงานผลิตชิ้นส่วนในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในงานอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องอุปโภคบริโภค ฯลฯ ส่วนใหญ่นิยมขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยกระบวนการทางแม่พิมพ์ ซึ่งโดยปกติแล้วจะใช้ระยะเวลาในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ค่อนข้างนานอาจถึง 3 เดือนหรือมากกว่า แต่หากมีการเปลี่ยนแปลงทางตลาดสูงโดยเฉพาะอย่างยิ่งผลิตภัณฑ์ที่ต้องตามแฟชั่น เช่น หน้ากากโทรศัพท์มือถือ ก็จำเป็นต้องมีการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์เพื่อการใช้งานได้อย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการของอุตสาหกรรมดังกล่าว จึงมีความจำเป็นต้องลดระยะเวลาในการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ให้เร็วขึ้น เพื่อขยายขีดความสามารถในการผลิตแม่พิมพ์ในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ให้สูงขึ้นกว่าในปัจจุบัน การผลิตขึ้นรูปแม่พิมพ์ทำได้หลายวิธี หนึ่งในวิธีเหล่านั้นคือการหล่อขึ้นรูปแม่พิมพ์โดยใช้สารประกอบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเป็น

วัตถุประสงค์ในการหล่อ ซึ่งสารประกอบดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติคล้ายอลูมิเนียมคือสามารถนำมาผ่านกระบวนการกัด กลึงและตกแต่งผิวชิ้นงานได้ ซึ่งทำให้สามารถลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ได้ส่วนหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการเทหล่อแม่พิมพ์ด้วยสารประกอบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมนี้จะใช้เวลาน้อยกว่า อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้เทคนิคในการหล่อแม่พิมพ์แบบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมและเทคนิคในการสร้างมาสเตอร์โมเดลที่เหมาะสมได้มีการเผยแพร่ในเชิงวิชาการ (เป็นความลับเชิงการค้า)

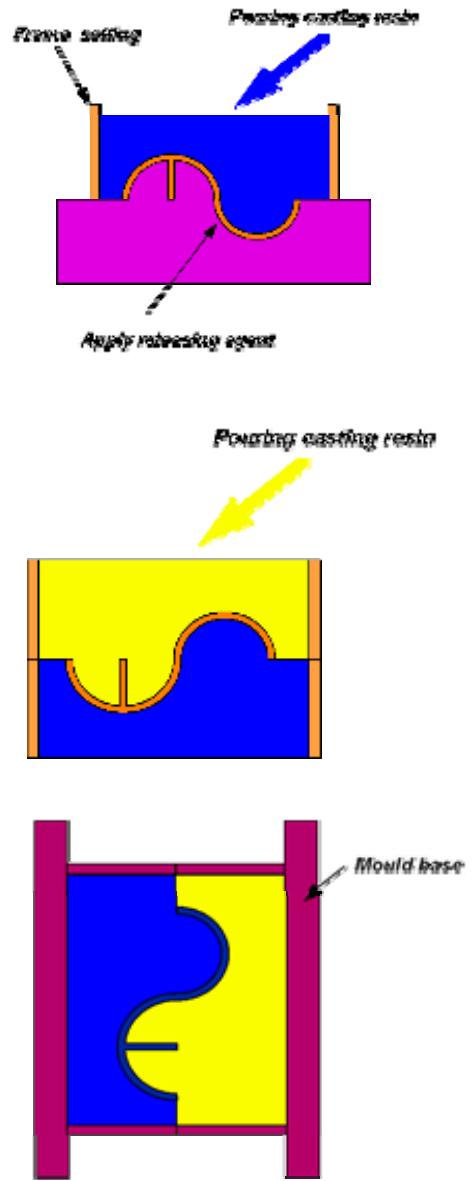
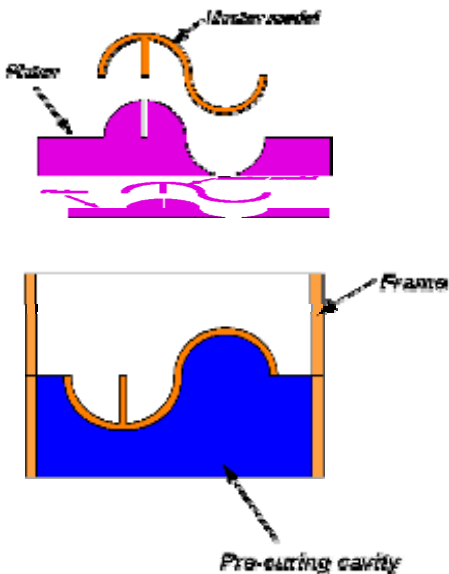
2. แม่พิมพ์แบบอีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม

เนื่องจากการสร้างแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมเป็นเทคนิคเฉพาะทางการค้าของแต่ละบริษัท ทำให้คณะผู้วิจัยมีข้อจำกัดในการสำรวจเอกสารที่มีเผยแพร่ทั้งในลักษณะความรู้ทั่วไปบนอินเทอร์เน็ตฐานข้อมูลทางวิชาการและฐานข้อมูลสิทธิบัตรต่างๆ แต่อย่างไรก็ตามเอกสารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการสร้างแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมสามารถสรุปและนำเสนอโดยย่อได้ดังต่อไปนี้คือ

2.1 การสร้างคอร์ (Core) และคาร์วิต (Cavity)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นว่าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมนั้นมีน้อยมากแต่อย่างไรก็ตามเอกสารที่มีอยู่สามารถสรุปขั้นตอนการสร้างคอร์และคาร์วิตของแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้โดยสังเขปดังนี้

การสร้างแม่พิมพ์อีพอกซีเรซินเติมอลูมิเนียมนี้กระทำโดยการหล่อ special epoxy resins (ซึ่งมีการผสมผงอลูมิเนียมลงในเรซินเพื่อเพิ่มคุณสมบัติด้านการถ่ายเทความร้อนและความแข็งแรงของเรซิน) ลงในเบ้าที่บรรจุ RP master model อยู่ ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้เหมาะสำหรับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกประเภท ABS และ POM เป็นต้น [1] โดยขั้นตอนและวิธีการต่างได้แสดงไว้ในภาพด้านล่าง (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์เร็ว [1]

อย่างไรก็ตามเนื่องจากคอร์และคาร์วิตที่สร้างจากเรซินผสมอาจรับแรงกดในกระบวนการฉีดพลาสติกได้ไม่ดีนักดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องใช้ clamp frame เข้ามาช่วยเสริมความแข็งแรง [2]

2.2 วัสดุสำหรับการสร้างคอร์และคาร์วิต

จากข้อมูลเบื้องต้นในเอกสาร [1] ทราบว่าวัสดุที่ใช้ในการสร้างคอร์และคาร์วิตคือ เรซินที่มีการผสมสารทำให้แข็งตัวและผงอลูมิเนียม โดยวัสดุดังกล่าวจะใช้ทำแม่พิมพ์ให้สามารถใช้งานได้ไม่เกิน 3,000 shot อย่างไรก็ตามพบว่าในปัจจุบันผู้จำหน่ายเรซินหลายรายมีการ

กล่าวอ้างว่ามีเรซินผสมบางประเภทสามารถนำมาสร้างแม่พิมพ์เร็วและใช้งานมากกว่า 100,000 shot

2.3 การออกแบบระบบต่าง ๆ ที่จำเป็นสำหรับแม่พิมพ์เร็ว

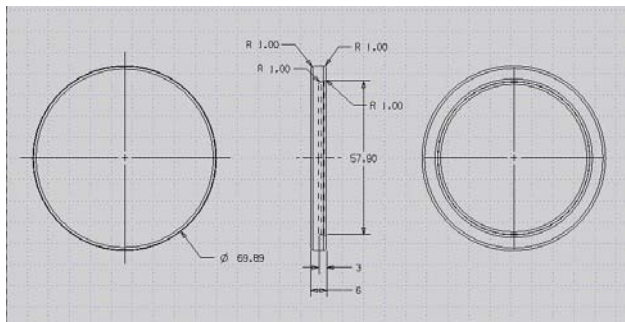
จากการสำรวจเอกสารไม่พบเนื้อหาเกี่ยวกับการออกแบบระบบต่าง ๆ ของแม่พิมพ์อ็อกซีเรซินเติมอลูมิเนียม เช่น ระบบรูฉีดและรูวิ่งระบบรูเข้า ระบบน้ำหล่อเย็น ระบบปลดชิ้นงาน ระบบบังคับศูนย์ และระบบระบายอากาศ แต่อย่างไรก็ตามคณะผู้วิจัยสามารถสำรวจพบเอกสารเกี่ยวกับระบบดังกล่าวจำนวนมากในเอกสารเกี่ยวกับการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก [3-6] ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถนำมาประยุกต์ใช้งานกับการออกแบบแม่พิมพ์อ็อกซีเรซินเติมอลูมิเนียมได้

3. วิธีการทดลอง

สำหรับการศึกษาวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้ทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 4 ส่วน โดยการทดลองแต่ละส่วนมีรายละเอียดที่สำคัญดังนี้คือ

3.1 การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นงานต้นแบบ

ในการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้กำหนดให้จานรองแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 mm (รูปที่ 2) เป็นชิ้นงานต้นแบบ ซึ่งในกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนั้นคณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบแม่พิมพ์ในลักษณะที่เป็นอินเสิร์ท (insert) โดยระหว่างกระบวนการออกแบบนั้นคณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรม UG NXII © และ Moldflow © ช่วยในการออกแบบ และเมื่อการออกแบบเสร็จสมบูรณ์จึงว่าจ้างสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (ม. เกษตรศาสตร์) ให้เป็นผู้ผลิตแม่พิมพ์



รูปที่ 2 ภาพร่างของจานรองแก้วซึ่งใช้เป็นชิ้นงานต้นแบบ

3.2 การศึกษาหาคุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นแม่พิมพ์โมเดล

จากการสำรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องพบว่า โดยทั่วไปแล้วแม่พิมพ์โมเดลนั้นจะต้องเป็นชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นให้มีขนาดใกล้เคียงกับชิ้นงานจริงมากที่สุด โดยค่าความแตกต่างที่เกิดขึ้นนั้นจะเป็นค่าที่สามารถคำนวณได้จากการเปลี่ยนแปลงทั้งของตัวโมเดลเอง สารเรซิน

ผสมอลูมิเนียม และการตกแต่งผิวแม่พิมพ์ขั้นสุดท้าย (บางกรณี) ซึ่งในต่างประเทศแม่พิมพ์โมเดลนั้นนิยมขึ้นรูปด้วยกระบวนการต้นแบบรวดเร็ว (rapid prototyping - rp) [1-2] แต่เนื่องจากการขึ้นรูปแม่พิมพ์โมเดลด้วยกระบวนการต้นแบบรวดเร็วนั้นสามารถทำได้หลายวิธี และแต่ละวิธีจะใช้วัสดุที่แตกต่างกัน รวมถึงมีต้นทุนที่แตกต่างกันด้วย ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ตัดสินใจทำการวิจัยเสียก่อนว่าวัสดุประเภทใดสามารถนำมาใช้เป็นแม่พิมพ์โมเดลได้บ้าง ซึ่งขั้นตอนการทดลองโดยสังเขปมีดังต่อไปนี้คือ

1. สร้างแม่พิมพ์โมเดลรูปจานรองแก้วขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 70 mm (รูปที่ 2) ด้วยวัสดุ 4 ประเภทคือ พอลิโพรพิลีน (Polypropylene, PP) พอลิสไตรีน (Polystyrene, PS) ผงแป้งพลาสติก (Plaster Powder ประเภท High Performance Composite Material) และผงไนลอน (DuraForm PA polyamide nylon) จำนวนประเภทละ 6 ชิ้น
2. วางชิ้นแม่พิมพ์โมเดลจำนวน 1 ชิ้นลงในเบ้าหล่อที่ประกอบขึ้นจากการยึดแผ่นโลหะเข้าด้วยกัน จากนั้นเทของเหลวเรซิน (ซึ่งผสมสารทำให้แข็งตัว - hardener) และเติมผงอลูมิเนียมในสัดส่วน 10:4.5 ลงในเบ้าหล่อให้มีความหนา 5 mm จากนั้นทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงเพื่อให้ของเหลวที่เป็นเรซินแข็งตัว
3. ระหว่างการแข็งตัวนั้นจะมีการวัดอุณหภูมิพื้นผิวของเรซินบริเวณตรงกลางเบ้าหล่อทุกๆ 5 นาที
4. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 - 3 โดยเปลี่ยนชั้นความหนาของเรซินเป็น 10 และ 25 mm ตามลำดับ
5. เมื่อครบ 24 ชั่วโมงแล้วจึงทำการถอดแยกเบ้าหล่อออกโดยการคลายน็อตที่ยึดแผ่นโลหะออกจากกัน จากนั้นจึงทำการแกะแม่พิมพ์โมเดลออกจากเรซินผสมอลูมิเนียมที่แข็งตัวแล้ว
6. ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 - 5 โดยการใส่แม่พิมพ์โมเดลที่ทำจากวัสดุที่แตกต่างกัน
7. ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 - 6 แต่ในขั้นตอนที่ 5 นั้นก่อนทำการแกะแม่พิมพ์โมเดลออกให้นำไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C ก่อนเป็นเวลาประมาณ 1/2 ชั่วโมง

3.3 การสร้างแม่พิมพ์ประเภทอ็อกซีเรซินเติมอลูมิเนียม

ขั้นตอนการทดลองโดยสรุปสำหรับการทดลองในหัวข้อที่ 3.3 คือ

1. คัดเลือกประเภทของวัสดุที่เหมาะสมในการใช้งานในฐานะแม่พิมพ์โมเดลมา 1 ประเภท (จากหัวข้อ 3.2)
2. ทำการประกอบเบ้าหล่อจากแผ่นโลหะ
3. เทปูนพลาสติกให้มีความหนาตามต้องการ จากนั้นวางแม่พิมพ์โมเดลลงในเบ้าหล่อและเทปูนพลาสติกลงในเบ้าหล่ออีกครั้งให้มีความหนาเท่ากับแนวเส้นแบ่งแม่พิมพ์

- เมื่อปูนพลาสติกแข็งตัวแล้วให้ทำการตกแต่งผิวหน้าของปูนพลาสติกให้เรียบด้วยกระบวนการเครื่องจักร (machining) จากนั้นจึงเทเรซินผสมผงอลูมิเนียมลงไปใ้ในเบ้าให้มีความหนาตามต้องการ จากนั้นให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- ทำการถอดเบ้าหล่อออกจากกัน และจึงแกะแผ่น platen (ปูนพลาสติก) ออก แล้วจึงทำการพลิกแม่พิมพ์ขึ้น
- เทเรซินผสมผงอลูมิเนียมลงไปใ้ในเบ้าให้มีความหนาตามต้องการ จากนั้นให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง
- ถอดเบ้าหล่อออกจากกัน จากนั้นนำแม่พิมพ์ที่ได้ไปอบที่อุณหภูมิ 70 °C เป็นเวลาประมาณ ½ ชั่วโมง จากนั้นจึงทำการแกะมาสเตอร์โมเดลออกจากแม่พิมพ์
- ทำการตกแต่งแม่พิมพ์ให้ได้ขนาดและผิวตามต้องการ
- ทำการกัดแม่พิมพ์ตามตำแหน่งที่ต้องการเพื่อสร้าง runner และ gate

หมายเหตุ ในขั้นตอนนี้วัสดุพ็อคซีเรซินเติมอลูมิเนียมจะใช้ในส่วนการสร้างอินเสิร์ตสำหรับคอร์และคาร์วีดี (เบ้า) เท่านั้น ดังนั้นขนาดของชิ้นงานเรซินเติมอลูมิเนียมคือขนาดของอินเสิร์ตนั่นเอง

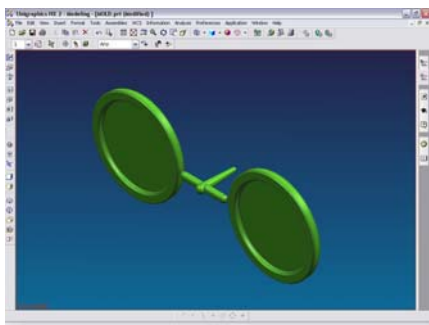
3.4 การทดสอบการใช้งานจริงของแม่พิมพ์ประเภทพ็อคซีเรซินเติมอลูมิเนียม

ในขั้นตอนนี้จะมุ่งเน้นที่การทดลองฉีดชิ้นงานจริงจากแม่พิมพ์ประเภทพ็อคซีเรซินที่พัฒนาขึ้น โดยวัสดุที่นำมาใช้ในการฉีดจะเป็นวัสดุประเภท PP ซึ่งในการวิจัยนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองฉีดแม่พิมพ์ดังกล่าวกับเครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อ Battenfeld ขนาด 40 ton

4. ผลการทดลองและการวิจารณ์

4.1 ผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นงานต้นแบบ

ในขั้นตอนของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนั้น คณะผู้วิจัยได้กำหนดให้จานรองแก้วที่ผลิตจากวัสดุประเภท PP เป็นชิ้นงานกรณีศึกษา (รูปที่ 1) โดยแม่พิมพ์กรณีศึกษานั้นจะเป็นแม่พิมพ์แบบ 2-plate แบบมีอินเสิร์ต ซึ่งตัวอย่างการออกแบบได้แสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 Solid model ของจานรองแก้วพร้อม runner และ gate

และเมื่อนำ solid model ที่ได้มาทำการจำลองการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์จนได้ผลเป็นที่น่าพอใจแล้ว คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการว่าจ้างให้สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) เป็นผู้ผลิตและทดสอบแม่พิมพ์ให้ ซึ่งผลการทดลองฉีดพลาสติกกับเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 40 ton (รูปที่ 4) พบว่าแม่พิมพ์ดังกล่าวสามารถใช้ในการฉีดชิ้นงานจากวัสดุ PP ได้เป็นอย่างดี ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวเป็นการยืนยันว่าคณะผู้วิจัยได้ออกแบบแม่พิมพ์ได้อย่างถูกต้อง

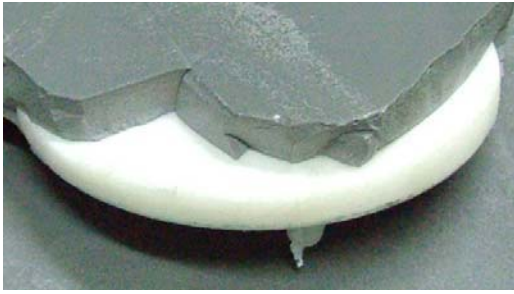


รูปที่ 4 การติดตั้งแม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นกับเครื่องฉีดพลาสติกขนาด 40 ton

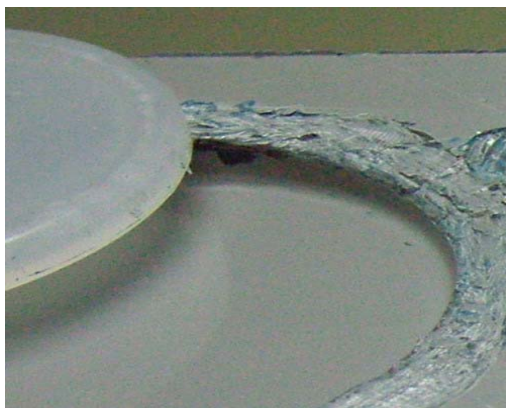
4.2 ผลการศึกษาหาคุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสมเพื่อนำมาใช้เป็นมาสเตอร์โมเดล

จากผลการทดลองซึ่งดำเนินการตามข้อ 3.2 พบว่าในกรณีที่แกะมาสเตอร์โมเดลออกจากแม่พิมพ์เรซินเติมอลูมิเนียมที่อุณหภูมิห้องนั้น หากมาสเตอร์โมเดลสร้างมาจากวัสดุประเภทเบงพลาสติกหรือผงไนลอนแล้วจะไม่สามารถแกะออกมาได้ (ทุกความหนาของเรซิน) ดังแสดงในรูปที่ 5 แต่หากวัสดุในการสร้างมาสเตอร์โมเดลเป็น PP หรือ PS ในขั้นตอนการแกะมาสเตอร์โมเดลจะทำได้ง่าย (โดยเฉพาะอย่างยิ่งวัสดุประเภท PP) ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุประเภท PP หรือ PS นั้นจะมีผิวที่เรียบและมีลักษณะให้ตัวได้เล็กน้อยจึงทำให้การแกะชิ้นมาสเตอร์โมเดลออกทำได้ง่ายดังแสดงในรูปที่ 6

อย่างไรก็ตามหากดำเนินการอบเรซินที่อุณหภูมิ 70 °C ก่อนเป็นเวลาประมาณ ½ ชั่วโมง คณะผู้วิจัยพบว่ามาสเตอร์โมเดลที่ทำจากวัสดุทั้ง 4 ประเภทสามารถแกะออกมาได้ (มาสเตอร์โมเดลจากวัสดุ PP จะถูกแกะออกได้ง่ายที่สุด) ทั้งนี้เนื่องมาจากเมื่อให้ความร้อนแก่เรซิน (ซึ่งเป็นวัสดุประเภท thermosetting) ด้วยการอบจึงทำให้เรซินขยายตัวและเกิดช่องว่างระหว่างเนื้อเรซินกับมาสเตอร์โมเดลขึ้น



รูปที่ 5 แม่พิมพ์โมเดลจากวัสดุผงไนลอนที่ไม่สามารถแกะออกได้



รูปที่ 6 แม่พิมพ์โมเดลจากวัสดุ PP ที่สามารถแกะออกได้สะดวก

นอกจากนี้ระหว่างการเซตตัวของเรซินคณะผู้ทำการวิจัยได้ทำการวัดอุณหภูมิที่ผิวเรซินทุกๆ 5 นาที ซึ่งผลการทดลองปรากฏว่าอุณหภูมิที่ผิวเรซินนั้นจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงค่าหนึ่ง (อุณหภูมิเซตตัวของเรซิน) จากนั้นจะคงที่และลดลงในที่สุด อย่างไรก็ตามจากการสังเกตยังพบอีกว่าอุณหภูมิเซตตัวของเรซินจะเพิ่มขึ้นตามความหนาของเรซิน

4.3 ผลการสร้างแม่พิมพ์ประเภทอิพอดซีเรซินเติมอลูมิเนียม

ผลการทดลองตามข้อที่ 3.3 แสดงให้เห็นว่าสารเนื้อผสมเรซินและอลูมิเนียมผงเมื่อทำการแกะแม่พิมพ์โมเดลออกไปแล้วผิวด้านในของทั้งชิ้นที่เป็นคอร์และคาร์วีตี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับลักษณะผิวของแม่พิมพ์โมเดล (รูปที่ 7) และจากการสังเกตยังพบว่าที่พื้นผิวของเรซินจะมีฟองอากาศปรากฏอยู่บ้างเล็กน้อย ซึ่งฟองอากาศดังกล่าวสามารถกำจัดให้หมดไปได้หากในระหว่างขั้นตอนการหล่อแม่พิมพ์กระทำภายในตู้สูญญากาศ [2] อนึ่งสำหรับการทดลองในส่วนนี้คณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกใช้แม่พิมพ์โมเดลรูปจานรองแก้วซึ่งสร้างขึ้นจากวัสดุประเภท PP

สำหรับขั้นตอนต่อไปนั้นแผ่นคอร์และคาร์วีตี้ที่ได้จะถูกนำไปผ่านกระบวนการเครื่องจักร (รูปที่ 8) เพื่อปรับพื้นผิวให้มีความเรียบและปรับแต่งขนาดให้เท่ากับขนาดของอินเสิร์ตโลหะที่กล่าวถึงในหัวข้อที่

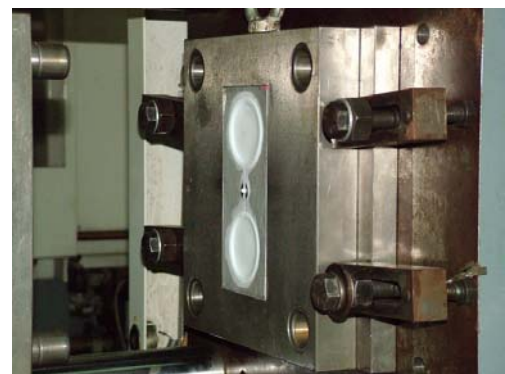
3.1 จากนั้นจึงทำการประกอบเข้ากับตัวแม่พิมพ์ดังแสดงในภาพตัวอย่าง (รูปที่ 9)



รูปที่ 7 ผิวของแผ่นคอร์และคาร์วีตี้เมื่อนำแม่พิมพ์โมเดลออกแล้ว



รูปที่ 8 กระบวนการเครื่องจักรสำหรับปรับแต่งแผ่นคอร์และคาร์วีตี้



รูปที่ 9 ตัวอย่างการฉีดขึ้นงานพลาสติกโดยใช้แม่พิมพ์กรณีศึกษา

อนึ่งระหว่างการดำเนินการตามขั้นตอนที่ 3.3 นั้น คณะผู้วิจัยยังพบว่าวัสดุที่ถูกเลือกใช้เป็น platen นั้นจะต้องมีคุณสมบัติที่สามารถ

นำมาตกแต่งผิวเพื่อใช้กำหนดเป็นเส้นแบ่งแม่พิมพ์ได้ดีและวัสดุ
ดังกล่าวจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับ เรซินที่ใช้ทำแม่พิมพ์อีกด้วย

สำหรับระยะเวลาในการสร้างแม่พิมพ์จากวัสดุประเภทเรซินเติม
อลูมิเนียม นั้น คณะผู้วิจัยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการ
สร้างแม่พิมพ์ชนิดนี้กับระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ปกติพบว่า
ระยะเวลาที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์จากวัสดุประเภทเรซินเติมอลูมิเนียม
(เวลาหลังจากการออกแบบเสร็จสิ้นจนถึงการสร้างแม่พิมพ์จนเสร็จ
สมบูรณ์) : ระยะเวลาในการสร้างแม่พิมพ์แบบดั้งเดิม คิดเป็น 1 : 2
โดยประมาณ (36 : 74 ชั่วโมงทำงาน)

4.4 ผลการทดสอบการใช้งานจริงของแม่พิมพ์ประเภทอีพอกซีเร- ซินเติมอลูมิเนียม

สำหรับการทดลองฉีดพลาสติกประเภท PP ด้วยเครื่องฉีด
พลาสติกขนาด 40 ton พบว่าแม่พิมพ์ดังกล่าวสามารถนำไปใช้ฉีด
ชิ้นงานพลาสติกประเภท PP ได้เป็นอย่างดี ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่
10 อย่างไรก็ตามในระหว่างการทดลองฉีดพลาสติกเบื้องต้นพบว่า
ชิ้นงานพลาสติกที่ได้มีครึ่งส่วนเกินเล็กน้อยและชิ้นงานไม่ค่อยสมบูรณ์
นัก แต่เหตุการณ์ดังกล่าวสามารถแก้ไขได้ด้วยการเปลี่ยนค่าตัวแปร
บางตัวในการฉีดชิ้นงาน



รูปที่ 10 ตัวอย่างชิ้นงานที่ได้จากการฉีดชิ้นงานพลาสติกประเภท PP

5. สรุป

จากผลการทดลองที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่าวัสดุประเภทอีพอกซี
เรซินผสมผงอลูมิเนียมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์
ฉีดพลาสติกได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ตามประเภทของวัสดุสำหรับ
สร้างมาสเตอร์โมเดลและ platen รวมถึงขั้นตอนต่างๆ ในการหล่ออี-
พอกซีเรซินเติมอลูมิเนียม นั้น (โดยเฉพาะอย่างยิ่งการนำมาใช้ในส่วนของ
คอร์และคาร์วีตี) จะส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแผ่นคอร์และคาร์วีตีอย่าง
มาก นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังพบอีกว่าในกระบวนการสร้างแม่พิมพ์อี-
พอกซีเรซินผสมผงอลูมิเนียม นั้นใช้เวลาในการสร้างแม่พิมพ์น้อยกว่า

กระบวนการปกติประมาณ 50% (ทั้งนี้ตัวเลขดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชนิด
และประเภทของแม่พิมพ์ รวมถึงลักษณะชิ้นงานด้วย)

6. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่ง-
ชาติ (MTEC) และสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทาง
อุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ ม. เกษตรศาสตร์ (RDiPT) ที่ให้
ความอนุเคราะห์ด้านเครื่องมือและอุปกรณ์ทดสอบที่จำเป็นในการ
ดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] http://www.rpdrc.ic.polyu.edu.hk/content/epoxy_tool_introduction.html (accessed on November 2004)
- [2] <http://www.crclarke.co.th> (accessed on November 2004)
- [3] R. S. Lee, Y. M. Chen and C. Z. Lee, Development of Concurrent Mold Design System: A Knowledge-Based Approach, *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 10, No. 4, pp. 287-307 (1997).
- [4] Beaumont / Nagel / Sherman, *Successful Injection Molding: Process, Design and Simulation*, Hanser, 2002.
- [5] D. J. Jeavons, *Injection Moulding Technology – Course Manual*, Injection Moulding Training Manual PolyBridge Training Ltd., 2004.
- [6] รายงานฉบับสมบูรณ์ โครงการพัฒนาการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นส่วน Damper Gear ด้วยคอมพิวเตอร์ (ร่วมกับบริษัท ยูเนี่ยนนิฟโก้ จำกัด) ภายใต้โครงการพัฒนาขีดความสามารถในการออกแบบและผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ สถาบันยานยนต์ โดย สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2546