

การประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบและงานวิเคราะห์ในการหาสภาวะ
เหมาะสมในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง
An Application of Computer Aided Design and Computer Aided Engineering
for the Optimized Condition on Rubber Injection Moulding

เสกสรรค์ วินยางค์กุล¹ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ¹ กิตตินันท์ อ้นนานนท์² ชนะ รัชศิริ³ และคุณยุต เอี่ยมสะอาด¹
¹ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และ
ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางแม่พิมพ์ยาง สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
²ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อ.คลองหลวง จ.ปทุมธานี 12120
³ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
โทร 0-2942-7188 โทรสาร 0-2942-7189 *อีเมล seksanwin@yahoo.com

Seksan Winyangkul¹, Supasit Rodkwan¹, Kittinan Unnanon², Chana Raksiri³ and Kunayut Eiamsa-ard¹
¹Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University and
Center of Excellence in Rubber Mould, Research and Development Institute of Industrial Production Technology
²National Metal and Material Technology Center (MTEC), National Science and Technology Development
Agency (NSTDA), Ministry of Science and Technology, Klongluang, Pathumthani 10210, Thailand,
³Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Jatujak, Bangkok 10900,
Thailand. Tel: 0-2942-7188, Fax 0-2942-7189, *E-mail: seksanwin@yahoo.com

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปแล้วการสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยกระบวนการฉีดขึ้นรูปของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมแปรรูปยางในประเทศไทยนั้นมักจะใช้ผู้รับจ้างจากภายนอกโรงงานซึ่งทำการออกแบบแม่พิมพ์โดยอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานปฏิบัติงานและการลองผิดลองถูก รวมถึงใช้เครื่องมือและเครื่องจักรในการผลิตต่างๆที่ต้องควบคุมด้วยพนักงาน จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยางที่ได้เช่น ชิ้นงานเกิดครีบที่มากเกินไปจนความจำเป็นชิ้นงานมีฟองอากาศ เป็นต้น ส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขแม่พิมพ์และสูญเสียต้นทุนด้านวัสดุยางโดยไม่จำเป็น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการนำคอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบและงานวิเคราะห์มาประยุกต์ใช้ในการหาสภาวะเหมาะสมในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง โดยทำการจำลองการไหลของยางที่ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ และกำหนดค่าคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับยางเช่น ความหนาแน่น ค่าความร้อนจำเพาะ ค่าการนำความร้อน อัตราการเนียน เวลาที่บ่มให้ยางสุก ซึ่งงานที่ใช้ในการวิจัยนี้คือยางธรรมชาติ (NR40) และค่าตัวแปรของเครื่องฉีดยางที่ใช้ เช่น อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความดันที่ใช้ในการฉีด เวลาที่ใช้ในการฉีด รวมถึงตัวแปรของตำแหน่งช่องทางไหล ช่องทางไหลเข้า จุดที่ให้

ความร้อนแก่แม่พิมพ์ ซึ่งผลการศึกษาที่ได้จากการจำลองการไหลของยางในแม่พิมพ์นี้ได้แก่ การกระจายตัวของความดันที่เกิดขึ้นงาน ความเร็วที่ตำแหน่งต่างๆ ทิศทางของการไหล เวลาที่ไปถึงของเนื้อยางภายในแม่พิมพ์ และการกระจายตัวของอุณหภูมิของชิ้นงานยางและแม่พิมพ์ นอกจากนี้เมื่อนำผลที่ได้จากการจำลองนี้มาเปรียบเทียบกับ การฉีดจริงจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์จริงก็พบว่าผลสอดคล้องกัน ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบและงานวิเคราะห์เป็นประโยชน์ต่อการหาสภาวะเหมาะสมในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

คำสำคัญ คอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบและงานวิเคราะห์
กระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

Abstract

Rubber moulds used in the injection moulding process in Thai rubber product industry are usually manufactured by the mould makers who often use skilled and experienced workers with trial-and-error method including conventional tools/ machines

in mould design and manufacturing processes. As a result, various defects of the rubber products such as excessive flash and air trap are occurred. This leads to several mould try-outs and loss of raw material used in the process. Therefore, this research aims to apply the Computer Aided Design/ Engineering (CAD/CAE) techniques for optimized injection conditions. The significant input variables include material properties of the natural rubber (NR40) like heat conductivity, viscosity and shear rate, curing time and operating conditions like mould temperature, injection pressure, injection time including the gating and runner positions. The numerical results are also correlated well with the empirical data using the rubber injection machine. This research provides rubber researchers the tools to seek the best operating conditions in injection moulding.

Keywords: Computer Aided Design/ Engineering (CAD/CAE), Rubber Injection Moulding.

1. บทนำ

โดยทั่วไปแล้วการสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ยางโดยกระบวนการฉีดขึ้นรูปของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมแปรรูปยางในประเทศไทยนั้นมักจะทำให้ผู้รับจ้างจากภายนอกโรงงานซึ่งทำการออกแบบแม่พิมพ์โดยอาศัยทักษะความชำนาญของพนักงานปฏิบัติงานและการลองผิดลองถูกรวมถึงใช้เครื่องมือและเครื่องจักรในการผลิตต่างๆที่ต้องควบคุมด้วยพนักงาน จึงทำให้เกิดปัญหาในด้านคุณภาพของผลิตภัณฑ์ยางที่ได้เช่น ชิ้นงานเกิดครีบที่มากเกินไปจนความจำเป็นชิ้นงานมีฟองอากาศ เป็นต้น ส่งผลให้ต้องมีการแก้ไขแม่พิมพ์และสูญเสียต้นทุนด้านวัสดุยางโดยไม่จำเป็น รวมทั้งการสูญเสียเวลาโอกาสทางการผลิตและแข่งขันทำให้ไม่สามารถสนองความต้องการของตลาดได้อย่างทันท่วงที ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาเบื้องต้นและเป็นส่วนหนึ่งในทางเลือกของการแก้ปัญหาดังกล่าวโดยนำคอมพิวเตอร์ช่วยงานออกแบบและงานวิเคราะห์ (Computer Aided Design/ Engineering, CAD/CAE) มาประยุกต์ใช้ในการหาสภาวะเหมาะสมในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

2. วัตถุประสงค์และขั้นตอนการวิจัย

2.1 วัตถุประสงค์และอุปกรณ์

ในการวิจัยได้ศึกษาชิ้นงานที่วางทำโดยใช้ยาง NR 40 ตัวอย่างของชิ้นงานวางทำจักรยานยนต์พร้อมทั้งแบบCAD ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ยางที่วางทำที่ใช้ในการเหยียบเบรกในรถจักรยานยนต์

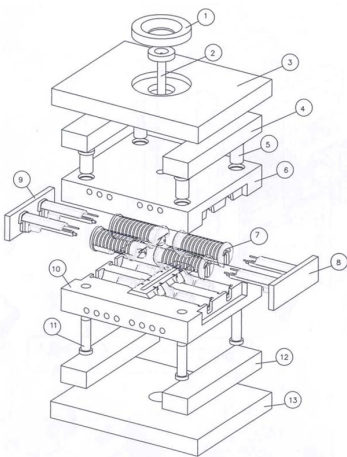
ในทดสอบใช้เครื่องฉีดยางแบบแนวตั้ง (Vertical Injection Machine) ยี่ห้อ NISSEI รุ่น TH100-25VSR ขนาด 100 ตันและมีปริมาตรกระบอกฉีด 254 ลูกบาศก์เซนติเมตร ของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 เครื่องฉีดยางแบบแนวตั้งขนาด 100 ตันและมีปริมาตรกระบอกฉีด 254 ลูกบาศก์เซนติเมตร

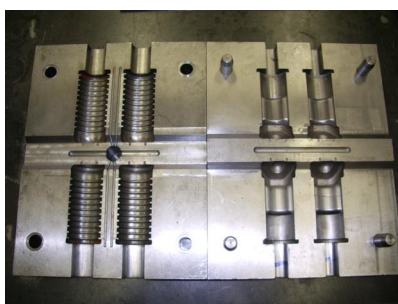
เมื่อทำการเขียนรูปชิ้นงานเสร็จดังแสดงในภาพที่ 1 จากนั้นทำการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดในการทดสอบกับเครื่องฉีดยางดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งจะมีจำนวนของชิ้นงานภายในแม่พิมพ์อยู่ 4 ชิ้นงานโดยมีชุดอินเสิร์ต (insert) อยู่ทั้งสองด้านของแม่พิมพ์ และจะทำการเลื่อนเข้าเมื่อแม่พิมพ์ได้ทำการปิดตัวลงโดยอาศัยแผ่นนำร่องในการเข้าประกบและจะเปิดตัวออกเมื่อแม่พิมพ์ได้ทำการยกตัวขึ้น และใช้พินในการนำร่อง [1] ในการประกบกันของแม่พิมพ์ตัวบนและตัวล่าง ส่วนการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์นั้น ได้ใช้แท่งให้ความร้อนจำนวน 4 แท่งแบ่งด้านบนและด้านล่างอย่างละสองแท่งซึ่งแท่งให้ความร้อนมีขนาด 10 มม. ส่วนช่องทางไหลเข้าไปในแม่พิมพ์นั้นจะเป็นช่องทางไหล (gate) เข้าแบบทวี ซึ่งจะทำให้เนื้อยางไหลเข้าบริเวณด้านข้างของแม่พิมพ์ จากนั้นนำมาจำลองการไหลโดยการใช้โปรแกรม 3D-SIGMA [2]

จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างแม่พิมพ์ดังแสดงในภาพที่ 4 และรูปที่ 5

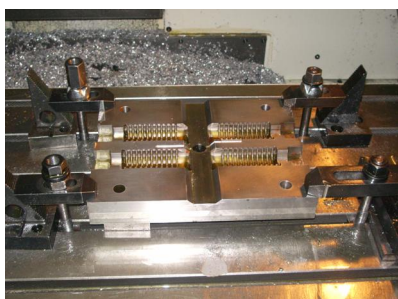


| ลำดับที่ | ชื่อชิ้นส่วน | จำนวนชิ้น |
|----------|----------------|-----------|
| 1 | Locating Ring | 1 |
| 2 | Spine Bush | 1 |
| 3 | Plate Cavity | 1 |
| 4 | Spacer Block | 2 |
| 5 | Guide Bush | 4 |
| 6 | Cavity Plate | 1 |
| 7 | Part Model | 4 |
| 8 | Slide Core (R) | 1 |
| 9 | Slide Core (L) | 1 |
| 10 | Core Plate | 1 |
| 11 | Guide Pin | 4 |
| 12 | Spacer Block 2 | 2 |
| 13 | Plate Core | 1 |

รูปที่ 3 แม่พิมพ์ฉีดที่ทำการออกแบบ



รูปที่ 4 แม่พิมพ์ฉีดตัวบน และตัวล่าง

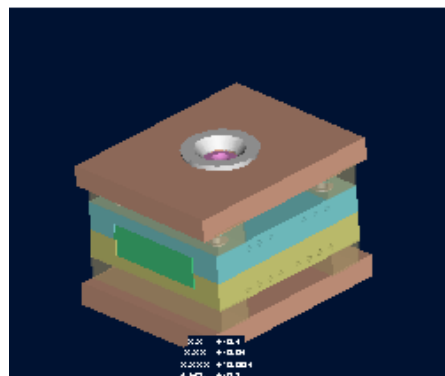


รูปที่ 5 การสร้างแม่พิมพ์ที่ได้ทำการออกแบบไว้

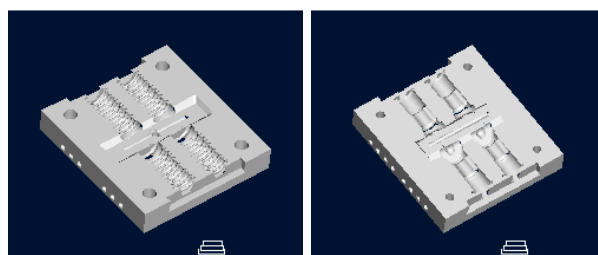
2.2 การวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม 3D-SIGMA

ขั้นตอนแรก คือ Preprocessor เป็นการเปิดไฟล์แบบชิ้นงานที่ได้จัดเก็บไว้ในรูปแบบ STL File ทำการสร้างส่วนประกอบต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 6 ซึ่งมีส่วนประกอบ ได้แก่ แผ่นแม่พิมพ์บน (Cavity

Plate) ดังแสดงในรูปที่ 7 แผ่นแม่พิมพ์ล่าง (Core Plate) แท่งความร้อน (Heater Rods) ช่องฉีด (Inlet) และอนุภาคยาง (Tracer) จากนั้นทำการกำหนดส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ให้โปรแกรมรับรู้



รูปที่ 6 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ทั้งหมดที่ออกแบบไว้



รูปที่ 7 รูปทรงของแม่พิมพ์ที่เขียนขึ้น

หลังจากเสร็จสิ้น Preprocessor ก็ทำการแบ่งอิลิเมนต์ (Elements) คือการแบ่งชิ้นงาน และแม่พิมพ์ออกเป็นลักษณะทรงลูกบาศก์เล็กๆ ขั้นตอนนี้เรียกว่า Enmeshment ซึ่งตัวโปรแกรมจะมีการแบ่งได้ 4 แบบ คือ 1) Automatic 2) Standard 3) Advanced และ 4) Advanced 2 ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เลือกการแบ่งอิลิเมนต์แบบ Advanced 2 เพราะสามารถเลือกแบ่งระดับความละเอียดให้แต่ละส่วนได้ทำให้ค่าการวิเคราะห์ที่ได้แม่นยำมากขึ้น เช่น ในส่วนของรูเข้าซึ่งมีขนาดเพียง 0.5 มม. ขนาดของอิลิเมนต์จึงต้องเล็กกว่าส่วนอื่นๆ เป็นต้น

ขั้นตอนต่อมาจะเป็นการกำหนดวัสดุ และค่าต่างๆ ของกระบวนการฉีด วัสดุที่เลือกใช้กับชิ้นงานจะเป็นวัสดุที่เข้ากับผลิตภัณฑ์จริง คือ ยางธรรมชาติ (NR-40) ซึ่งไม่มีในฐานข้อมูลของโปรแกรมจึงต้องนำยางไปทดสอบเพื่อหาค่าคุณสมบัติบางประการที่จำเป็นในการวิเคราะห์ของโปรแกรม ซึ่งค่าที่จำเป็นได้แก่ ค่าอุณหภูมิเริ่มต้นในการฉีด (Initial Temperature) และข้อมูลที่ต้องการของการสร้างฐานข้อมูลภายในโปรแกรมของยาง NR 40 ได้แก่

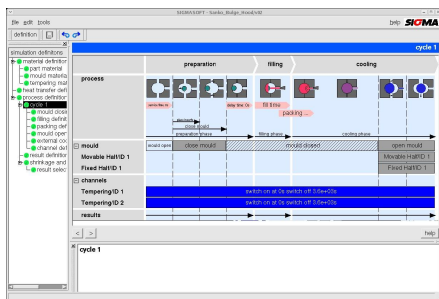
- ค่าการนำความร้อน (Heat Conductivity, Lambda)
- ค่าความถ่วงจำเพาะ (Density, Rho)

- ค่าความจุความร้อน (Heat Capacity, Cp)
- ค่าความหนืดที่ขึ้นกับอัตราการเฉือน (Viscosity as Function of Shear Rate)*
- อัตราการบ่มที่ขึ้นกับเวลา (Curing Rate as Funtion of Time)*

* ในการทดสอบนั้นควรจะทำที่อุณหภูมิอย่างน้อย 3 ค่าและในแต่ละช่วงของอุณหภูมิหนึ่งควรมีการเก็บข้อมูลไม่ควรมีน้อยกว่า 15 ค่า

ในกระบวนการกำหนดค่าเริ่มต้นก่อนทำการจำลองการไหลของกระบวนการนั้นจะต้องกำหนดค่าของวัสดุที่จะนำมาใช้ทำแม่พิมพ์ และต้องกำหนดค่าของอุณหภูมิเริ่มต้นของทั้งชิ้นงานและของแม่พิมพ์ ต่อจากนั้นทำการกำหนดค่าของการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นระหว่างชิ้นงานกับแม่พิมพ์ หรือแม่พิมพ์ตัวที่คงที่กับแม่พิมพ์ตัวที่เคลื่อนที่ (Part/Mould-350 (W/m2K), Mould/Mould-10,000 (W/m2K)) ในการกำหนดช่วงเวลาที่ใช้ในการจำลองการไหลนั้นจะแบ่งออกเป็น 5 ช่วงเวลาที่จะต้องกำหนดค่าลงไปโปรแกรมได้แก่ซึ่งเวลาทั้งหมดนี้จะรวมกันอยู่ในหนึ่งไซเคิลการทำงานซึ่งสามารถกำหนดค่าต่าง ๆ ลงไปได้ดังรูปที่ 8

- เวลาเริ่มต้นก่อนการฉีด (Lead Time)
- เวลาที่ใช้ในการฉีด (Filling time)
- เวลาที่แม่พิมพ์เคลื่อนตัวมาประกบ (Movable Part)
- เวลาที่แม่พิมพ์อยู่กับที่ขณะทำการฉีด (Fix Part)
- เวลาที่นำชิ้นงานออก (Part take out)



รูปที่ 8 แสดงการกำหนดรอบการทำงานที่ต้องการจำลองการไหล

จากนั้นทำการจำลองการไหลของยางที่ไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ โดยใช้โปรแกรม 3D-SIGMA และกำหนดค่าตัวแปรของเครื่องฉีดยางที่ใช้ เช่น อุณหภูมิของแม่พิมพ์ ความดันที่ใช้ในการฉีด เวลาที่ใช้ในการฉีด รวมถึงตัวแปรของตำแหน่งช่องทางไหล ช่องทางไหลเข้า จุดที่ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์

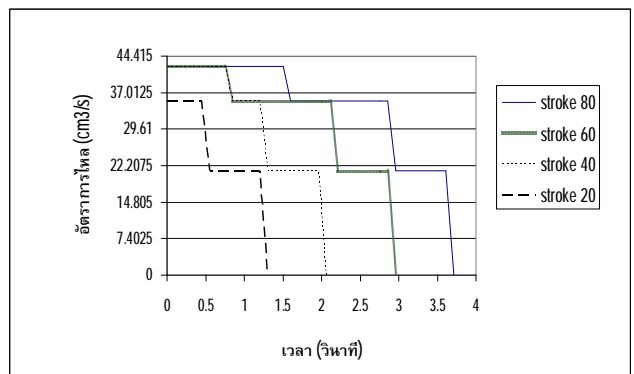
3. ผลและการวิเคราะห์

ผลการศึกษาที่ได้จากการจำลองการไหลของยางในแม่พิมพ์นี้ และการทดสอบจากแม่พิมพ์ฉีดที่ได้สร้างขึ้น ซึ่งในการทดสอบในการฉีดจริงโดยการเปลี่ยนแปลงระยะอัตราส่วนในการฉีด ผลในการทดสอบ

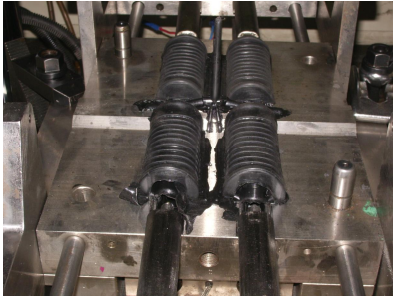
ในการเปลี่ยนแปลงดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ที่อัตราการฉีด 80 เปอร์เซ็นต์ นั้นชิ้นงานจะเต็มแม่พิมพ์ดังแสดงในรูป 11 เมื่อปรับอัตราส่วนของการฉีดลงมาต่ำกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ 60 เปอร์เซ็นต์ ชิ้นงานที่ได้จะไม่เต็มแม่พิมพ์ ดังแสดงรูปที่ 12 ซึ่งปริมาณการไหลของเนื้อยางที่เข้าไปภายในแม่พิมพ์มีน้อยเกินไป ซึ่งปริมาณการไหลเข้าไปในแม่พิมพ์ของเนื้อยางในแต่ละอัตราส่วนของการฉีดได้แสดงไว้ในรูปที่ 10 เมื่ออัตราส่วนในการฉีดยางน้อยลงจะทำให้ปริมาณการฉีดยางลดลงและความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นนั้นจะสูงสุดที่อัตราส่วนการฉีดที่ 100 เปอร์เซ็นต์ จนถึง 80 เปอร์เซ็นต์จะมีความดันสูงสุดที่อยู่ที่ 110 บาร์ และจะมีความดันลดลงมาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนในการฉีดลดลง ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนในการฉีดยาง เวลาในการฉีด และความดันสูงสุด

| Stroke (%) | Fill Time (s) | Max Injection Pressure (bar) |
|------------|---------------|------------------------------|
| 80 | 4.01 | 1,100 |
| 60 | 2.84 | 1,050 |
| 40 | 1.88 | 1,000 |
| 20 | 0.82 | 800 |

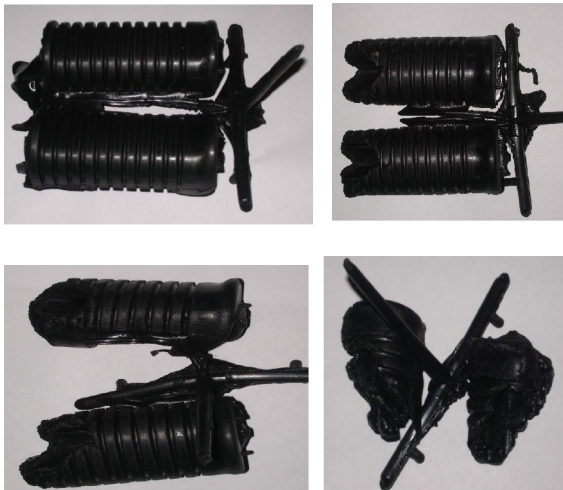


รูปที่ 10 อัตราการไหลของยางที่อัตราส่วนในการฉีดต่างๆ



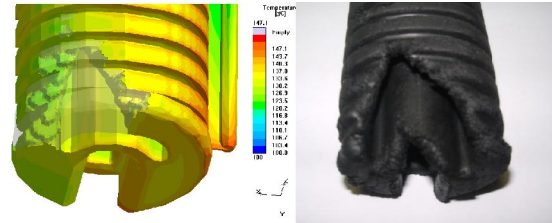
รูปที่ 11 ชิ้นงานยางรองที่วางเท้าจากรยานยนต์ที่ได้หลังจากการขึ้นรูปโดยการฉีด

เมื่อได้อัตราส่วนในการฉีดที่น้อยที่สุดจะทำให้ชิ้นงานเต็มแม่พิมพ์คือที่ 80 เปอร์เซ็นต์ จะใช้เวลาที่ใช้ในการฉีดยางเข้าไปในแม่พิมพ์ที่ 4.01 วินาที และได้เวลาที่ใช้ในการบ่มเนื้อยางให้สุกที่ 300 วินาที ความดันสูงสุด 1,100 บาร์ โดยจะควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ทั้งด้านบน และด้านล่างไว้ที่ 160 องศาเซลเซียส

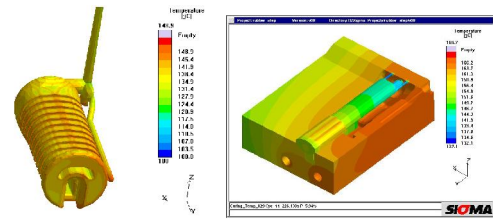


รูปที่ 12 ชิ้นงานที่อัตราส่วนการฉีด 80% 60% 40% และ 20% ตามลำดับ

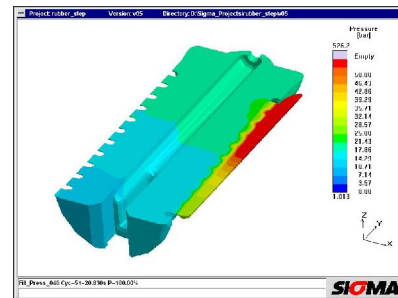
เมื่อได้ตัวแปรต่างๆ ที่ได้จากการฉีดจริงมาใส่โปรแกรมเพื่อทำการจำลองการไหล ผลที่จากโปรแกรม ได้แก่ ทิศทางของการไหลและเวลาที่ไปถึงของเนื้อยางภายในแม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 13 (อัตราส่วนในการฉีดที่ 60 เปอร์เซ็นต์) และการกระจายตัวของอุณหภูมิของชิ้นงานยางและแม่พิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 14 ซึ่งอุณหภูมิของแม่พิมพ์ในเวลาล่างๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการผลที่ได้มีค่าที่ใกล้เคียงกับอุณหภูมิจริงของแม่พิมพ์ทั้งด้านบน และด้านล่างของความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นที่ 1,246 บาร์ ซึ่งจากการฉีดจริงนั้นความดันสูงสุดอยู่ที่ 1,100 บาร์ และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการในการฉีดที่ 500 บาร์ ดังแสดงในรูปที่



รูปที่ 13 ชิ้นงานจริงเปรียบเทียบกับจำลองการไหลในโปรแกรม 3D-SIGMA



รูปที่ 14 การกระจายของอุณหภูมิของชิ้นงานยางและแม่พิมพ์

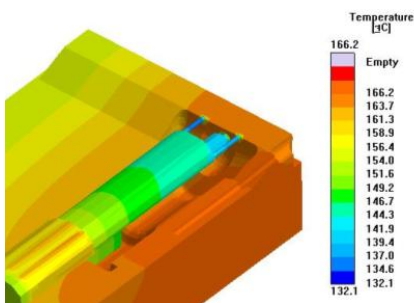


รูปที่ 15 แสดงค่าความดันของเนื้อยางที่จุดกึ่งกลางในตอนสิ้นสุด

เมื่อทำการผ่าชิ้นงานดูภายในจะเห็นว่าชิ้นงานที่ได้เกิดปัญหาในการติดชุด Insert ภายในนั้นชิ้นงานยังเกิดการสุกตัวไม่เต็มที่ดังแสดงในรูปที่ 16 โดยยังมีเหลือลักษณะของยางผสมที่ยังไม่สุกตัวอยู่ จึงทำให้เนื้อยางนั้นติดอยู่เมื่อทำการดึงชิ้นงานออกจะทำให้เกิดการติดขึ้นสาเหตุเนื่องมาจากแกนกลางซึ่งเป็นชุดแท่งเหล็กตัวกลางนั้นไม่ได้มีชุดให้ความร้อนและมีอุณหภูมิที่ต่ำ ซึ่งจะต้องอาศัยการให้ความร้อนจากแม่พิมพ์ด้านบนและด้านล่างเข้ามาจนถึงภายใน ซึ่งดูได้จากผลของการจำลองการไหลดังแสดงในรูปที่ 17 เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์และให้เวลาในการบ่มตัวนานขึ้นจะแก้ไขปัญหาของเนื้อยางไม่สุกดังแสดงในรูปที่ 18 จะเห็นว่าเนื้อยางนั้นสุกเท่าเทียมกันหมด ซึ่งเป็นลักษณะสำคัญที่ต้องการ



รูปที่ 16 ภายในของชิ้นงานที่เนื้อยางไม่สุกบริเวณที่ติดกับตัว Insert



ภาพที่ 17 แสดงอุณหภูมิของแท่งเหล็กตัวกลาง (insert) และแม่พิมพ์ตัวล่างขณะทำการบ่มเนื้อยางภายในแม่พิมพ์ฉีดเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ



รูปที่ 18 ภายในของชิ้นงานที่เนื้อยางสุกทั่วถึงกัน

4. สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยพบว่าเมื่อมีเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนการฉีดให้ลดลงจะทำให้ชิ้นงานไม่เต็มแม่พิมพ์และได้ค่าที่เหมาะสมสำหรับการฉีดและเมื่อนำตัวแปรต่างๆ ที่ได้มาทำการวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมจำลองการไหลโดยการเพิ่มความดันในการฉีดจะทำให้เวลาในการฉีดลดลงแต่จะทำให้อุณหภูมิในการฉีดสูงขึ้น ส่วนการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของแม่พิมพ์จะมีผลทำให้การสุกตัวของเนื้อยางภายในแม่พิมพ์เร็วขึ้นแต่อาจจะมีผลทำให้ผิวของชิ้นงานมีการไหม้เกิดขึ้นได้ และจากการวิเคราะห์การสมดุลของการไหลนั้นช่องทางไหลเข้าเป็นแบบหวี (Fan gate) จะทำให้เนื้อยางไหลเข้าไปภายในตัวรูปทรงของชิ้นงานได้สมดุลแต่จะมีข้อเสียที่ความเร็วและความดันในตำแหน่งทางเข้ามีค่าที่สูง นอกจากนี้เมื่อนำผลที่ได้จากการจำลองนี้มาเปรียบเทียบกับกรณีจริงจากเครื่องฉีดและแม่พิมพ์จริงก็พบว่ามีความสอดคล้องกัน จากงานวิจัยจะสามารถนำไปใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดผลิตภัณฑ์ยางได้ในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหน่วยงานที่ให้ทุนในการทำวิจัย

- ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช)

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สำหรับทุน TGIST ปีการศึกษา 2546

- สถาบันไทย-เยอรมัน (TGI) สำหรับทุนสนับสนุนผ่านโครงการ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ทางวิศวกรรมในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

- สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) สำหรับทุนสนับสนุนผ่านโครงการ การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยวิเคราะห์ทางวิศวกรรมในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

ขอขอบคุณ

- คุณรุ่งธรรม ปัญญาวิภาต, คุณวัชรพงษ์ ชูแก้ว และคุณสุชาดา เจริญโมรา จากศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางแม่พิมพ์ยาง (CERM)

สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDIP) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Wheelans, M. A., 1974. Injection Moulding of Rubber. London Butterworths.

[2] 3D-SIGMA User's Manual Version 4.4, 2005. SIGMA Engineering GmbH Aachen, Germany.