

การใช้โปรแกรม CAE ช่วยออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด

Design of Plastic Injection Mold by using Gas-Assisted Injection by CAE Program

ชาลี ตระการกุล¹, สถาพร ชาดาคม² และ ไพบุลย์ สิ้นพระยากุล³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเอาเทคโนโลยีด้านการจำลองทางวิศวกรรม (Computer Aided Engineering : CAE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อหาเงื่อนไขที่เหมาะสมสำหรับการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด และนำไปสู่การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบใช้ก๊าซช่วยฉีด การนำเทคโนโลยีแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดมาใช้ในการงานวิจัยนี้ เพื่อเป็นการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในชิ้นงาน เช่น รอยยุบตัว การโก่งตัว เป็นต้น ที่ในกระบวนการฉีดพลาสติกแบบปกติไม่เหมาะสมกับรูปทรงของชิ้นงาน หรือที่ไม่สามารถแก้ปัญหาดังกล่าวได้ ผลการวิเคราะห์และการทดลองฉีดชิ้นงานพบว่า เมื่อนำเทคโนโลยีการใช้ก๊าซช่วยฉีดมาใช้แก้ปัญหาโดยการฉีดก๊าซเข้าที่ชิ้นงานนั้น สามารถแก้ปัญหที่เกิดขึ้นในชิ้นงานได้ ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้ในการทดลองคือ พลาสติกชนิด Polystyrene, Gas delay = 1.5 s, Injection time 1.4 s, Gas pressure = 3.3 MPa, Injection pressure = 37 MPa, Melt Temperature = 260 °C, Mold Temperature = 50 °C, Gas pressure holding time 10 s, และสามารถลดปริมาณพลาสติกได้ 20-30 % ของน้ำหนักชิ้นงานทั้งหมด

คำสำคัญ : ก๊าซช่วยฉีด, การวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติก, รอยยุบตัว, การโก่ง, CAE

Abstract

This research is aimed to apply the technology in the area of computer aided engineering (CAE) as a tool for plastic melt flowed analysis in the mold. The result of analysis is useful to find out the optimal condition for plastic injection by using gas-assisting technique. The outcome of this analysis leads to design and construction the plastic injection mold by using gas-assisting technique. This research is applied this technique to solving problems happen in work piece such as sink and warpage behavior, improper with shape of work piece, and no solution to accomplishment. The result of analysis and experiment of injection is found that gas-assisting injection technique can solve the problem happen in work piece. Setup condition of experiment comprises of Polystyrene, Gas delay = 1.5 s, Injection time 1.4 s, Gas pressure = 3.3 MPa, Injection pressure = 37 MPa, Melt Temperature = 260 °C, Mold Temperature = 50 °C, Gas pressure holding time 10 s. By the result, the amount of plastic can be reduced to 20-30% of a total weight.

Keywords : Gas Assisted Injection, Melt Flow Analysis, Sink, Warpage, CAE

¹ ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

³ อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

1. บทนำ

ในปัจจุบัน การใช้ก๊าซช่วยในการฉีดพลาสติกมีแนวโน้มความต้องการที่เพิ่มมากขึ้นในอุตสาหกรรมพลาสติก เนื่องจากการใช้ก๊าซช่วยในการฉีดจะช่วยลดปริมาตรของพลาสติกทำให้ประหยัดต้นทุน และในการฉีดขึ้นงานที่มีความหนาแน่น มักพบกับปัญหา รอยยุบตัว (Sink mark) และการเกิดโพรงอากาศภายใน (Void) ซึ่งเป็นผลเสียต่อชิ้นงาน การใช้ก๊าซช่วยในการฉีดจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ในการใช้ก๊าซช่วยในการฉีดขึ้นงานนั้น ความยากอยู่ที่การออกแบบแม่พิมพ์ให้มีระบบเติมก๊าซเข้าไปภายในชิ้นงาน ซึ่งจะต้องคำนึงถึง ความหนาของผนังชิ้นงานและรูปร่างของโพรงก๊าซที่จะเกิดขึ้นภายใน รูปร่างของโพรงก๊าซจะขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของก๊าซซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมาะสมกับแต่ละชิ้น ถ้าการออกแบบแม่พิมพ์และระบบเติมก๊าซไม่เหมาะสมกับชิ้นงานแล้ว ก็อาจจะก่อให้เกิดผลเสียต่อชิ้นงานขณะทำการฉีดได้

นอกจากนี้ในกระบวนการฉีดยังต้องกำหนดปริมาตรการฉีด ของพลาสติกให้เหมาะสม และต้องกำหนดความเร็วของการฉีดก๊าซให้พอดีกับการเกิดขึ้นของแข็งภายในแม่พิมพ์ เพราะถ้าการกำหนดค่าดังกล่าวไม่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดโพรงก๊าซขึ้นภายในชิ้นงานไม่สมบูรณ์หรือไม่เป็นไปตามรูปร่างที่ต้องการ

ปัจจุบันแม่พิมพ์ฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด ยังคงเป็นการนำเข้าแม่พิมพ์จากต่างประเทศ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำการศึกษาถึงเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ชนิดนี้ และเผยแพร่ให้ภาคอุตสาหกรรม เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ชนิดนี้ขึ้นใช้เองภายในประเทศ

ในงานวิจัยชุดนี้ผู้วิจัยได้ใช้เทคโนโลยี CAE (Computer Aided Engineering) โดยเลือกใช้โปรแกรมโมลด์โฟลว์ (Moldflow : MF) มาช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์เพื่อหาระบบเติมก๊าซ และจำลองการไหลของพลาสติกและก๊าซในแม่พิมพ์ ซึ่งจะช่วยลดการสูญเสียชิ้นงานที่จะเกิดขึ้นจากการออกแบบที่ไม่เหมาะสม นอกจากนี้ยังใช้เทคโนโลยี CAE ในการหาค่าพารามิเตอร์และเงื่อนไขต่างๆ ที่เหมาะสมในการฉีดก๊าซเข้าไปในแม่พิมพ์เพื่อลดเวลาในการทดลองฉีด (Tryout) และเป็นแนวทางในการหาเงื่อนไขการฉีดที่เหมาะสมสำหรับแม่พิมพ์แบบใช้ก๊าซช่วยฉีด ซึ่งจะแตกต่างจากแม่พิมพ์ฉีดทั่วไป

2. วิธีการดำเนินการ

2.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำแม่พิมพ์

ทำการศึกษาวิธีการออกแบบและติดตั้งหัวฉีดก๊าซในแม่พิมพ์ เพื่อป้องกันการรั่วของก๊าซภายใต้ความดันสูง โดยในงานวิจัยนี้กำหนดให้ใช้การเติมก๊าซแบบเข็มฉีด (Gas Pin)

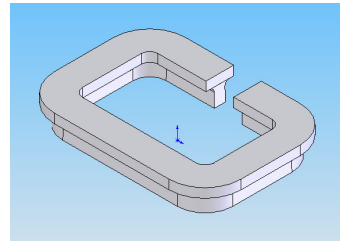
ทำการศึกษาลักษณะรูปร่างของช่องทางเดินก๊าซเพื่อให้ก๊าซสามารถไหลได้ตลอดทั้งชิ้นงาน โดยออกแบบให้ชิ้นงานมีความหนาแน่นลักษณะเป็นรัศมีเพื่อให้ก๊าซมีพื้นที่ในการแทรกตัวเข้าไปในพลาสติกเหลวได้สะดวก

ทำการศึกษาพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของพลาสติกและการเติมก๊าซ เช่น อุณหภูมิของพลาสติกเหลว, อุณหภูมิของแม่พิมพ์,

การหน่วงเวลาปล่อยก๊าซ, ความดันฉีดก๊าซ, ความดันฉีด, ปริมาณการเติมพลาสติก เป็นต้น

2.2 การออกแบบชิ้นงาน

การออกแบบชิ้นงานทดลองในงานวิจัยนี้ ได้ออกแบบชิ้นงานให้มีลักษณะที่มีสันเสริมความแข็งแรง(Rib) โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อเปรียบเทียบผลของชิ้นงานหลังการฉีดที่ได้จากการฉีดแบบปกติกับการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดในเรื่องของรอยยุบตัวที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานและคุณภาพชิ้นงาน รวมไปถึงการออกแบบให้มีช่องทางเดินก๊าซที่มีลักษณะให้สามารถเดินทางได้ง่ายขึ้น

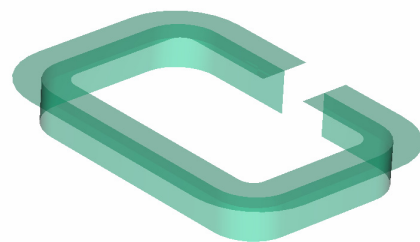


รูปที่ 1 รูปร่างชิ้นงานแบบ Solid Model

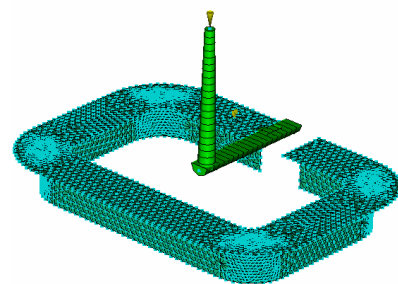
2.3 การวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกและการเติมก๊าซ

ด้วยโปรแกรม MoldFlow

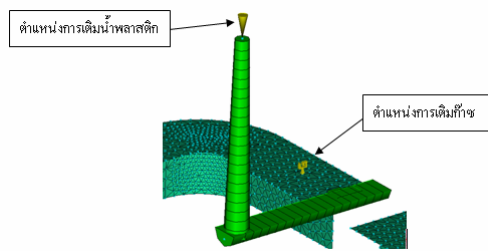
ในขั้นตอนนี้โมเดลของชิ้นงานที่จะนำมาทำการวิเคราะห์นั้นจะต้องอยู่ในลักษณะของ Midplane เนื่องจากเป็นเงื่อนไขของโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ดังแสดงในรูปที่ 2 หลังจากนั้นทำการแบ่งโครงสร้างผิวตาข่าย 6970 element 3630 node ดังแสดงในรูปที่ 3 กำหนดรูปร่างและรูเข้าน้ำพลาสติก กำหนดตำแหน่งทางเข้าของก๊าซห่างจากตำแหน่งทางเข้าของน้ำพลาสติก เท่ากับ 10 มิลลิเมตรดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 2 รูปร่างชิ้นงานแบบ Midplane Model

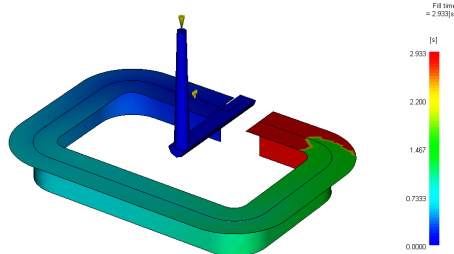


รูปที่ 3 การสร้าง Mesh

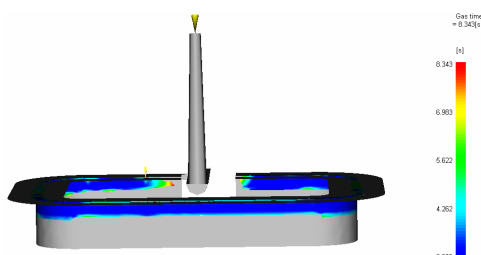


รูปที่ 4 ตำแหน่งการเติมน้ำพลาสติกและเติมก๊าซ

การวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกด้วยโปรแกรม MoldFlow โดยกำหนดค่าเงื่อนไขการฉีดในการวิเคราะห์ดังนี้ Mold temperature 50 °C, Melt temperature 260°C, Max. Injection Rate 30 cm³/s, Cooling time 30 sec, Gas delay time 1.5 sec, Gas pressure 3.3 MPa ได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในรูปที่ 3.5-3.6 นำผลดังกล่าวมาสรุป ดังนี้ ในรูปที่ 5 แสดงเวลาในการเติมเต็มของชิ้นงานโดยใช้เวลาทั้งหมด 2.933 sec แบ่งเป็น 2 ช่วงคือ ที่เวลา 0- 1.467 sec เป็นการเติมเต็มชิ้นงานที่เกิดจากการฉีดพลาสติกเพียงอย่างเดียวแต่หลังจากนั้นจนกระทั่งเวลา 2.933 sec เป็นการเติมเต็มที่เกิดจากการที่ก๊าซแทรกตัวมาตามใจกลางพลาสติกเหลวแล้วเกิดการพาพลาสติกเหลวที่ยังไม่เย็นตัวจนชิ้นงานเติมเต็มสมบูรณ์ที่เวลาดังกล่าว ในรูปที่ 6 แสดงเวลาการเติมก๊าซเข้าสู่ชิ้นงานซึ่งก๊าซสามารถเดินทางได้ตลอดทั้งชิ้นงานโดยใช้เวลาสูงสุดอยู่ที่ 8.343 sec เนื่องจากมีเนื้อพลาสติกเหลวไหลอยู่ด้านหน้าก๊าซและใช้ความดันก๊าซที่เหมาะสม



รูปที่ 5 เวลาในการเติมเต็มของชิ้นงาน

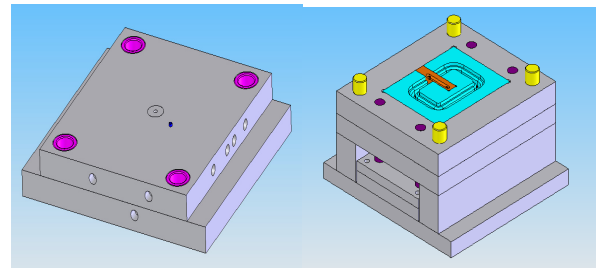


รูปที่ 6 เวลาการเติมก๊าซเข้าสู่ชิ้นงาน

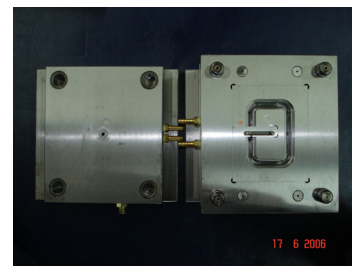
2.4 การสร้างแม่พิมพ์แบบใช้ก๊าซช่วยฉีด

หลังจากผ่านการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกและการเติมก๊าซในหัวข้อ 2.3 แล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดซึ่งจะอาศัยข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ดังกล่าว โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- การคำนวณต่างๆ ที่เกี่ยวกับการออกแบบแม่พิมพ์
- การกำหนด Parting line
- การกำหนดตำแหน่งการเติมก๊าซ
- การกำหนดตำแหน่งการปลดชิ้นงาน
- การกำหนดตำแหน่งทางน้ำหล่อเย็น



(ก)



(ข)

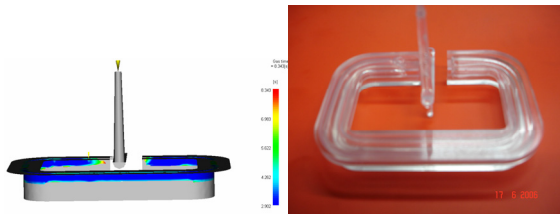
รูปที่ 7 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด

3. ผลการทดลอง

3.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับทดลองฉีด

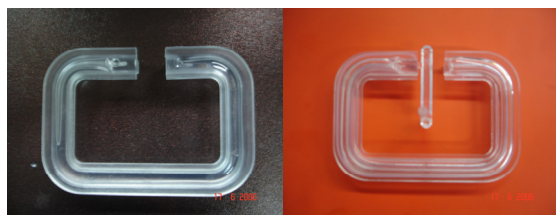
ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการวิเคราะห์กับการทดลองฉีดจริง

พารามิเตอร์	ค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์	ค่าที่ใช้ในการฉีดจริง
อุณหภูมิหลอมเหลว	260 °C	260 °C
อุณหภูมิแม่พิมพ์	50 °C	50 °C
ความดันฉีดก๊าซ	35 bar	33 bar
ความดันฉีดพลาสติก (ปลายกระบอกฉีด)	320 bar	370 bar
ความดันไฮดรอลิก	45 bar	50 bar
เวลาหน่วงก๊าซ	1.4 sec	1.5 sec
ปริมาณพลาสติกเหลว	30 cm ³ /s	30 cm ³ /s
เวลาหล่อเย็น	20 sec	30 sec
ระยะทางที่ก๊าซไหลตัว	245 mm	244.5 mm



รูปที่ 8 เปรียบเทียบชิ้นงานที่ได้จากการวิเคราะห์กับการทดลองฉีดจริง

จากตารางที่ 1 และรูปที่ 8 เป็นการเปรียบเทียบค่าต่างๆที่ใช้ในการวิเคราะห์กับการทดลองฉีดจริงและความสามารถในการไหลตัวของก๊าซในชิ้นงานทดลองตามลำดับ ดังรูปที่ 8 (ก) เป็นผลที่ได้จากการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกและการเติมก๊าซด้วยโปรแกรม MoldFlow ส่วนในรูปที่ 8 (ข) เป็นผลที่ได้จากการทดลองฉีดจริง จากผลการทดลองทั้ง 2 ดังกล่าวข้างต้นนั้น ก๊าซสามารถไหลเป็นโพรงอากาศภายในชิ้นงานได้ตลอดทั้งชิ้นงานตามที่ได้กำหนดไว้ แต่พฤติกรรมของการไหลของก๊าซบริเวณจุดปล่อยก๊าซเกิดลักษณะไหลย้อนกลับแต่ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน

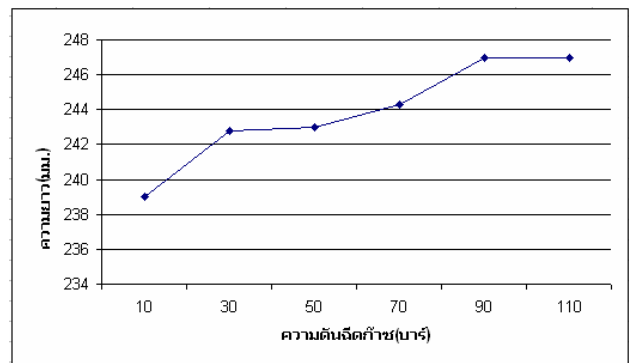


รูปที่ 9 เปรียบเทียบคุณภาพชิ้นงานที่ได้หลังการฉีดแบบไม่ใช้ก๊าซ(ก)และแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด(ข)

จากรูปที่ 9 และตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบค่าต่างๆของพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการวิเคราะห์และการทดลองฉีดจริงตามลำดับ ซึ่งชิ้นงานในรูปที่ 9 (ก) คือชิ้นงานที่ได้จากการฉีดแบบไม่ใช้ก๊าซช่วยฉีด คุณภาพของชิ้นงานที่ออกมาจะเกิดรอยยุบตัวบนผิวชิ้นงานเนื่องมาจากการเย็นตัวของชิ้นงานไม่เท่ากันและส่วนกลางชิ้นงานมีความหนามากกว่าส่วนอื่นจึงเกิดรอยยุบตัวขึ้น ส่วนชิ้นงานในรูปที่ 9 (ข) คือชิ้นงานที่ได้จากการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด คุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดจะไม่เกิดปัญหาก็บรอยยุบตัวบนผิวชิ้นงานเนื่องจากก๊าซแทรกตัวไปบริเวณที่หนาสุดของชิ้นงานและเกิดเป็นโพรงขึ้น จากการเกิดโพรงดังกล่าว ทำให้ความหนาของชิ้นงานมีความหนาเฉลี่ยใกล้เคียงกันมากขึ้น จึงทำให้การเย็นตัวของชิ้นงานเย็นลงภายใต้ระยะเวลาใกล้เคียงกัน และด้วยความดันของก๊าซที่ใช้ฉีดให้เป็นโพรงยังทำหน้าที่เป็นตัวอัดเนื้อพลาสติก(Packing)ให้แน่นขึ้นอีกด้วย จึงสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้เป็นอย่างดีและสามารถลดปริมาณเนื้อพลาสติกได้ประมาณ 20-30 %

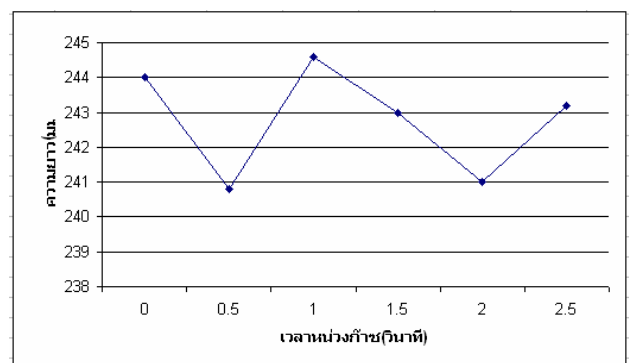
3.2 ผลการศึกษาตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อระยะทางการไหลตัวของก๊าซ

ในกระบวนการฉีดพลาสติกมีหลายตัวแปรและหลายปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานแต่ในงานวิจัยการฉีดชิ้นงานพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยในงานฉีดนี้ได้ศึกษาผลกระทบจากตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับงานฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด คือ ความดันฉีดก๊าซ, การหน่วงเวลาฉีดก๊าซ, อุณหภูมิหลอมเหลวพลาสติก และปริมาณการเติมพลาสติกเหลว ซึ่งระยะทางสูงสุดของชิ้นงานที่ก๊าซสามารถไหลผ่านได้คือ 247 มม.



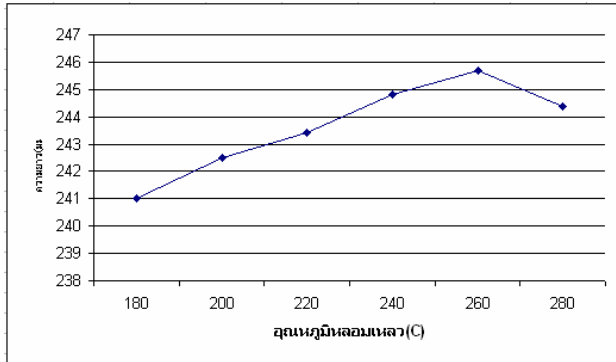
รูปที่ 10 อิทธิพลของความดันฉีดก๊าซที่มีผลต่อระยะทางการไหลของก๊าซ

จากรูปที่ 10 ได้ทดลองใช้ความดันในการฉีดก๊าซตั้งแต่ 10 bar จนถึง 110 bar ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้คือ ที่ความดันฉีดก๊าซต่ำทำให้ก๊าซสามารถเดินทางได้ระยะทางน้อยกว่าการใช้ความดันฉีดก๊าซที่สูงกว่าเนื่องจากความดันของก๊าซยิ่งสูงขึ้นเท่าไรก๊าซก็จะสามารถแทรกและไหลตัวผ่านพลาสติกเหลวไปได้ไกลมากยิ่งขึ้นแต่ถ้ามากเกินไปจนความจำเป็นก๊าซจะทะลุผ่านชิ้นงานได้



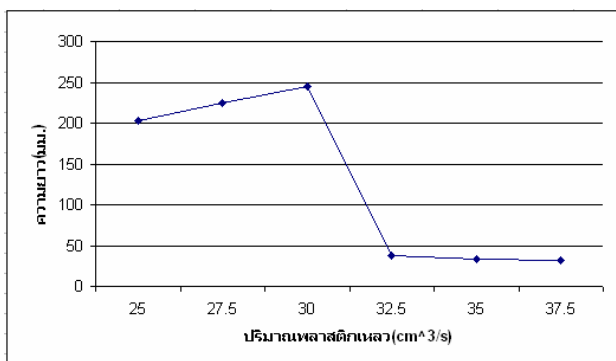
รูปที่ 11 อิทธิพลของเวลาการหน่วงฉีดก๊าซที่มีผลต่อระยะทางการไหลของก๊าซ

จากรูปที่ 11 เวลาของการหน่วงฉีดก๊าซไม่แสดงแนวโน้มที่ชัดเจนที่มีผลต่อระยะทางการไหลของก๊าซ ดังนั้นควรเลือกใช้เวลาการหน่วงฉีดก๊าซที่น้อยที่สุดในการฉีดและไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงาน



รูปที่ 12 อิทธิพลของอุณหภูมิของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่มีผลต่อระยะทาง
การไหลของก๊าซ

จากรูปที่ 12 อิทธิพลของอุณหภูมิของฟิล์มโพลีเอทิลีนที่มีผลต่อการไหลตัวของก๊าซกล่าวคือ ถ้าอุณหภูมิของฟิล์มโพลีเอทิลีนต่ำจะทำให้ก๊าซไหลตัวได้ระยะทางสั้น เนื่องจากความหนืดของฟิล์มโพลีเอทิลีนสูง และถ้าเพิ่มอุณหภูมิของฟิล์มโพลีเอทิลีนให้สูงขึ้นจะทำให้ก๊าซสามารถไหลตัวได้ระยะทางที่ไกลกว่าเนื่องจากความหนืดของฟิล์มโพลีเอทิลีนน้อยลง



รูปที่ 13 อิทธิพลของปริมาณพลาสติกเหลวที่มีผลต่อระยะทาง
การไหลของก๊าซ

จากรูปที่ 13 ปริมาณพลาสติกเหลวที่ถูกป้อนเข้าสู่เบ้าพิมพ์มีอิทธิพลต่อระยะทางการไหลของก๊าซเป็นอย่างมาก คือ ถ้าปริมาณพลาสติกเหลวถูกป้อนเข้าสู่เบ้าพิมพ์น้อยเกินไปจะทำให้ก๊าซภายในถังดันสูงไหลผ่านพลาสติกเหลวจนทะลุขึ้นงานออกมา และถ้าปริมาณพลาสติกเหลวถูกป้อนเข้าสู่เบ้าพิมพ์มากเกินไปจะทำให้ก๊าซไม่สามารถไหลได้ตลอดชิ้นงาน เนื่องจากพลาสติกปิดกั้นการไหลของก๊าซจึงไม่สามารถแทรกตัวไปได้

4. สรุป

1. การนำเทคโนโลยีด้าน Computer Aided Engineering (CAE) มาใช้ในการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกและการเติมก๊าซ เพื่อช่วยในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์แบบใช้ก๊าซช่วยฉีดนั้น ผลที่ได้รับคือ

ชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดแบบปกติได้เป็นอย่างดี สามารถลดเวลาในการปรับตั้งค่าการฉีดในการทดลองฉีด ลดเวลาการหาตำแหน่งการปล่อยก๊าซที่เหมาะสม เป็นต้น

2. พารามิเตอร์ที่ใช้ในการปรับตั้งการฉีดที่เหมาะสม

2.1 อุณหภูมิของฟิล์มโพลีเอทิลีน ไม่ควรสูงเกินไป เนื่องจากจะทำให้คุณสมบัติของพลาสติกเปลี่ยนแปลง และยังส่งผลกระทบต่อความหนาของฟิล์ม ซึ่งจะส่งผลให้ก๊าซไหลทะลุขึ้นงาน ส่วนหนึ่งอาจเกิดจากการเติมเนื้อพลาสติกน้อยเกินไปและก๊าซสามารถไหลได้ง่ายขึ้น ก๊าซจึงสามารถไหลทะลุผ่านไปได้ง่ายโดยไม่เกิดการดันเนื้อพลาสติกเหลวไปด้วย

2.2 อุณหภูมิแม่พิมพ์ ไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพชิ้นงานและการไหลตัวของก๊าซมากนักเมื่อเปรียบเทียบกับพารามิเตอร์ตัวอื่น ๆ ที่ใช้ในการฉีดชิ้นงานแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด

2.3 ปริมาณการเติมเนื้อพลาสติกเหลว ถ้าเนื้อพลาสติกเหลวถูกเติมเข้าไปในเบ้าพิมพ์มากเกินไป จะทำให้ก๊าซไม่สามารถไหลแทรกตัวไปได้ตลอดทั้งชิ้นงาน เนื่องจากการปิดกั้นการไหลจากปริมาณเนื้อพลาสติกในเบ้าพิมพ์

2.4 การหน่วงเวลาปล่อยก๊าซ ยังใช้เวลาเพื่อหน่วงเวลาการปล่อยก๊าซหลังการฉีดพลาสติกเหลวเข้าสู่เบ้าพิมพ์มากเกินไปก็จะสามารถไหลไปได้ไกลมากขึ้นแต่ขนาดของช่องทางเดินก๊าซก็จะมีขนาดเล็กกว่าการหน่วงเวลาที่น้อยกว่า

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Hans Dominig, Plastics for Engineering Materials, Properties, Application VDI-Verlag GmbH, Dusseldorf (1988)
- [2] Ibrahim Zeid, CAD/CAM Theory and Practice, McGraw-Hill (1991)
- [3] Jack Avery, Gas-Assist Injection Moulding, Principle and Applications, Hanser (2001)
- [4] Peter Kennedy, Flow Analysis Reference Manual, Moldflow Pty. Ltd., Australia (1993)
- [5] ชลิต ธรรมการกุล, การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด 1, พิมพ์ครั้งที่ 3, กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2536
- [6] บรรณ ธรรม, ประเสริฐ กัญจนบุรณ. ตารางงานโลหะ, กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2524
- [7] พิชิต เสี่ยมพิพัฒน์, พลาสติก, พิมพ์ครั้งที่ 15, กรุงเทพมหานคร : ป.สัมพันธ์พาณิชย์, 2542