

การศึกษาการใช้ CAE เพื่อลดน้ำหนักชิ้นงานในการฉีดพลาสติกทรง 3 มิติ โดยใช้ก๊าซช่วยฉีด

THE STUDY OF USING CAE FOR PART WEIGHT REDUCING IN 3 DIMENSIONAL PLASTICS INJECTION MOLDING WITH GAS-ASSISTED

วัชระ ปลายลักษณ์

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : vatcharal@kmutnb.ac.th

รองศาสตราจารย์ชาติ ตระการกุล

ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : tchadie@kmutnb.ac.th

อุเทน คณะวาปี

อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
E-mail : ukp@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการลดปริมาณพลาสติกที่ใช้ในการฉีดขึ้นงาน และศึกษาขั้นตอนวิธีการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขึ้นงานรูปทรง 3 มิติ ด้วยการใช้ระบบ CAD/CAM/CAE ตลอดจนการใช้เครื่องฉีดพลาสติกในการผลิต การดำเนินงานเริ่มจากการเขียนแบบชิ้นงานต้นแบบของผู้ประกอบการที่ร่วมโครงการวิจัย จากนั้นทำการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกเหลวชนิด Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) เพื่อหาเงื่อนไขต่างๆ ในกระบวนการฉีดก่อนที่จะนำไปออกแบบแม่พิมพ์จริงจนได้ผลลัพธ์ที่สมบูรณ์แล้ว นำไปเขียนแบบแม่พิมพ์และสร้างแม่พิมพ์ด้วยเครื่องจักรอัตโนมัติ (CNC) โดยในการทดลองเลือกใช้แม่พิมพ์แบบสองแผ่น ใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซช่วยฉีด(Gas-assisted) และกำหนดให้ก๊าซไนโตรเจนไหลผ่านทางเข็มฉีดก๊าซเข้าที่ชิ้นงานโดยตรง ซึ่งผลการฉีดขึ้นงานใช้เครื่องฉีดขนาด 200 ตัน ชิ้นงานมีความสมบูรณ์ที่สุดเมื่อมีการตั้งค่าพารามิเตอร์ของเครื่องฉีด ความดันปลายกระบอกฉีดที่ใช้ 600 บาร์ ความดันก๊าซ 150 บาร์ หน่วงเวลาฉีดก๊าซ 1.5 วินาที อุณหภูมิฉีดพลาสติก 215 องศาเซลเซียส อุณหภูมิแม่พิมพ์ 40 องศาเซลเซียส โดยมีเวลาที่ใช้ในการฉีดต่อวัฏจักร 92.5 วินาที ชิ้นงานมีน้ำหนัก 317.123 กรัม สามารถลดปริมาณพลาสติกลงได้ 15 เปอร์เซ็นต์ต่อการฉีดขึ้นงานในแต่ละครั้ง

คำสำคัญ : แม่พิมพ์แบบใช้ก๊าซช่วยฉีด เข็มฉีดก๊าซ ความดันฉีดก๊าซ เวลาหน่วงฉีดก๊าซ

ABSTRACT

The aims of this research work were to reduce weight of plastic injection parts and to study plastic injection mold design for gas assisted technique. CAD/CAM/CAE were used for plastic parts and mold design including mold manufacturer. Plastic parts for this research were equipment for vehicle roof. Plastic material for injection process was ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene). In order of plastic flow simulation, the Moldex 3D R10.0 which is computer program was applied for analysis of plastic flow behavior and initial injection condition. Type of mold in this research was the two plates type. Nitrogen gas was used for plastic injection trial due to lower cost and inflammability. The position of gas pin was at the part surface and nitrogen was injected during plastic injection process at the plastic part directly. The size of injection machine was 200 tons. Gas pressure and gas delay time were 150 bar and 1.5 sec. The melt temperature of plastic was 215 °C and initial mold temperature was 40 °C. For plastic injection trial results, cycle time of each injection cycle was 92.5 sec and the average weight of the plastic parts was 317.12 g. The gas assisted technique could reduce part weight by approximately 15%.

KEYWORDS : Gas assisted injection mold, Gas pin, Gas pressure, Gas delay time

บทนำ

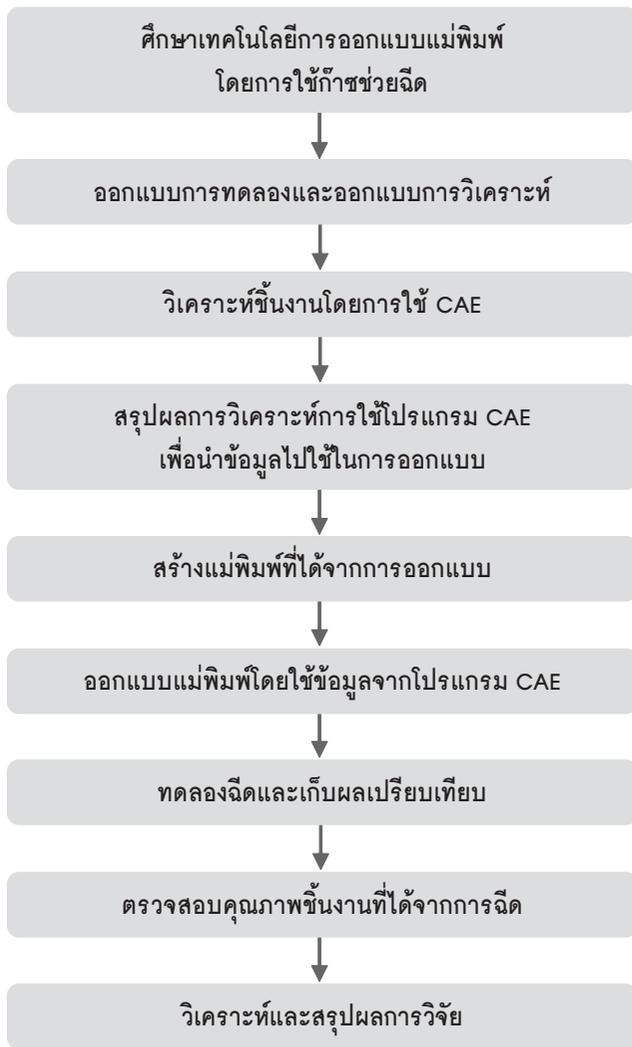
การประยุกต์เอาเทคโนโลยีแบบใช้ก๊าซช่วยในงานฉีดพลาสติกเพื่อมาใช้ในการแก้ปัญหา เรื่องรอยยุบตัว การลดน้ำหนักชิ้นงาน เป็นต้น กับอุตสาหกรรมพลาสติกของประเทศไทย ยังไม่เป็นที่แพร่หลายอาจมีเหตุผล เช่น เครื่องมือและอุปกรณ์มีราคาค่อนข้างสูง ปัญหาในการปรับตั้งพารามิเตอร์งานฉีด ความยากในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ อาจจะรวมไปถึงข้อมูลหรือผู้เชี่ยวชาญที่ยังไม่เพียงพอต่อการให้คำแนะนำ ถ่ายทอดข้อมูลของเทคโนโลยีการฉีดพลาสติกแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดไปยังภาคอุตสาหกรรม

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นน่าจะเป็นเงื่อนไขในการตัดสินใจในการลงทุนของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนพลาสติกที่จะนำเอาเทคโนโลยีดังกล่าวมาใช้ในกระบวนการผลิตซึ่งจะต้องคำนึงถึงความคุ้มค่าในการลงทุน คุณภาพของชิ้นงาน ความปลอดภัยของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้เนื่องจากเป็นการทำงานภายใต้ความดันก๊าซที่สูง เพื่อเป็นแนวทางประกอบการตัดสินใจอีกทางหนึ่งซึ่งได้มีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในประเด็นดังกล่าวข้างต้น โดย ชาลี ตระการกุล สถาพร ขาตามคม และไพบุลย์ สิ้นพระยากุล

(2549) ได้นำเอาเทคโนโลยี CAE เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติกเหลวและก๊าซโดยใช้เทคนิคการเติมก๊าซผ่านเข็มฉีดก๊าซ (Gas pin) มีการศึกษาแนวโน้ม เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง คือ ความดันฉีดก๊าซ เวลาหน่วงฉีดก๊าซ อุณหภูมิหลอมเหลว ปริมาณของพลาสติกเหลว ที่มีผลต่อระยะทางการไหลของก๊าซ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน เช่น รอยยุบตัวของชิ้นงาน และจากการศึกษาดังกล่าวสามารถลดปริมาณพลาสติกกลงได้เฉลี่ยอยู่ที่ 20-30% ของน้ำหนักชิ้นงานทั้งหมด

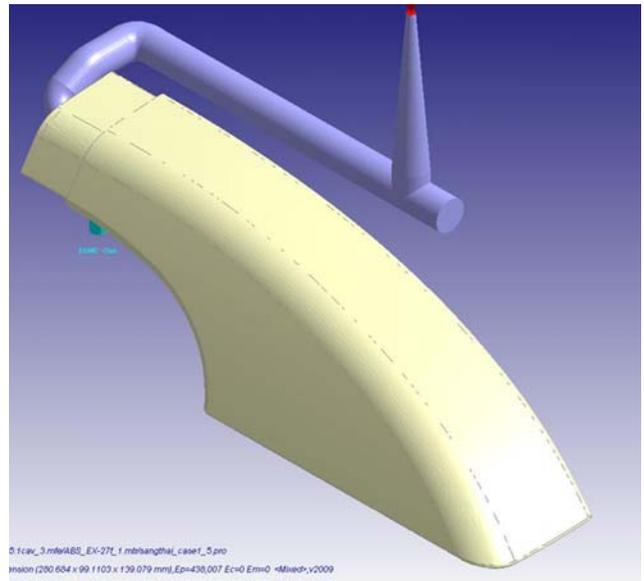
วิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานวิจัยการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ (ชาลี ตระการกุล, 2536; บรรณเลข ศรีนิล, ประเสริฐ กวีสมนุญณ์, 2524) โดยใช้เทคโนโลยี CAD/CAM (Ibchim, 1991) เข้ามาช่วยในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ลำดับขั้นตอนการทำงานไว้ดังต่อไปนี้



การออกแบบชิ้นงาน

จากรูปที่ 1 เป็นการออกแบบชิ้นงานสำหรับการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีด เราสามารถออกแบบชิ้นงานให้มีความหนาหลายๆ ได้ ซึ่งจะแตกต่างจากการฉีดแบบทั่วไปที่มีข้อจำกัดในการออกแบบชิ้นงานที่มีความหนาหลายๆ (Jack, 2001 ; Paul) ด้วยเหตุผลการควบคุมคุณภาพชิ้นงาน การสลับเปลี่ยนวัสดุฉีดเป็นต้น ซึ่งชิ้นงานที่ใช้ในการทดลองมีขนาด 65 x 250 x 55 มิลลิเมตร



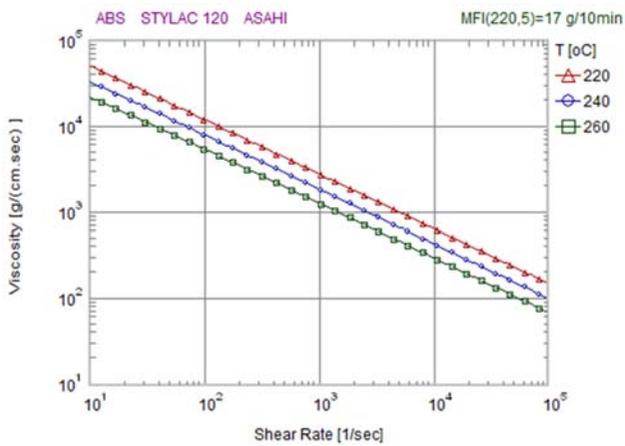
รูปที่ 1 ชิ้นงานรูปทรง 3 มิติที่ใช้ในการศึกษา

การวิเคราะห์ชิ้นงานด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การไหลตัวของน้ำพลาสติก

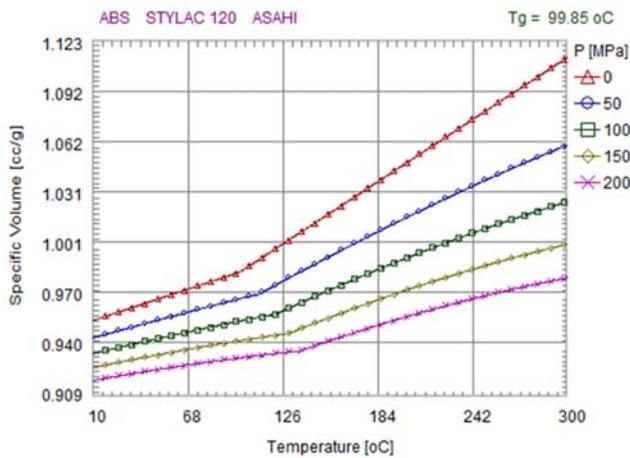
ในขั้นตอนการวิเคราะห์การไหลตัวของน้ำพลาสติกด้วยโปรแกรม CAE (Peter, 1993) ชิ้นงานที่จะใช้ในการวิเคราะห์เป็นชิ้นงานที่ได้มาจากการเขียนด้วยวิธี Solid Model โดยมีการกำหนดตำแหน่งทางเข้าของพลาสติกเหลวและทางเข้าของก๊าซดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นก็ทำการแปลงไฟล์ข้อมูล ออกมาเป็น File นามสกุล .IGES จากนั้นก็นำ File นามสกุล .IGES ไปทำการสร้างเป็น Mesh Model ด้วยโปรแกรม Rhinocero จากนั้นทำการกำหนดเงื่อนไขเบื้องต้น ดังรูปที่ 5 แล้วจึงทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CAE

- การกำหนดค่าเงื่อนไขต่างๆ ในการวิเคราะห์การไหลของพลาสติกและสมบัติของพลาสติก (พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์, 2542; Hans, 1988)
 - พลาสติก ABS (STYLAC 120) ของบริษัท ASAHI
 - อุณหภูมิหลอมเหลว (Melt temperature) = 220 °C
 - อุณหภูมิในการปลดชิ้นงาน (Ejection temperature) = 100 °C

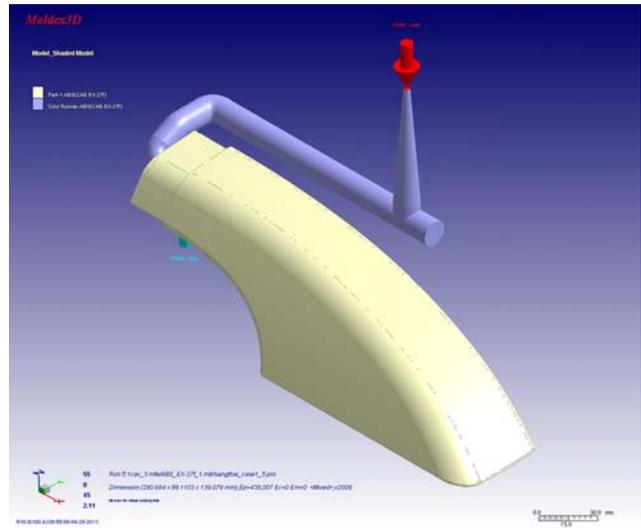
- อุณหภูมิหยุดไหลของพลาสติก (Freeze temperature) = 120 °C
- ความหนาแน่นของพลาสติก = 1.06 g/cm³
- ค่าดัชนีในการไหลของพลาสติก (Melt Flow Index) 220.5 = 17 g/10 min
- อุณหภูมิเริ่มต้นของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก = 80 °C



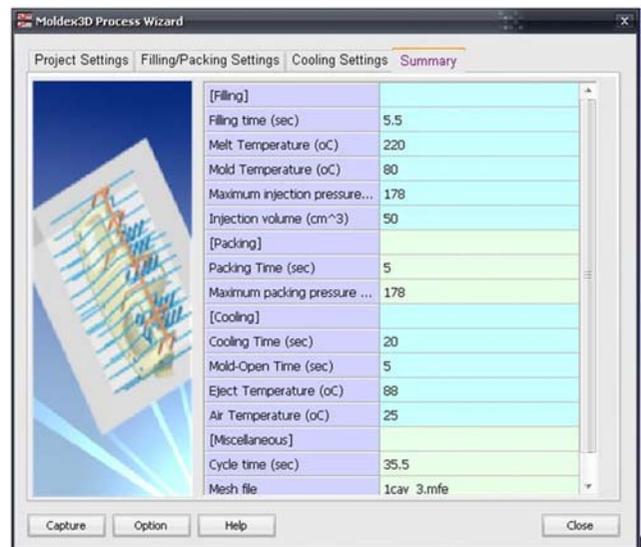
รูปที่ 2 ดัชนีในการไหลของ ABS (STYLAC 120)



รูปที่ 3 PVT Diagram ของ ABS (STYLAC 120)



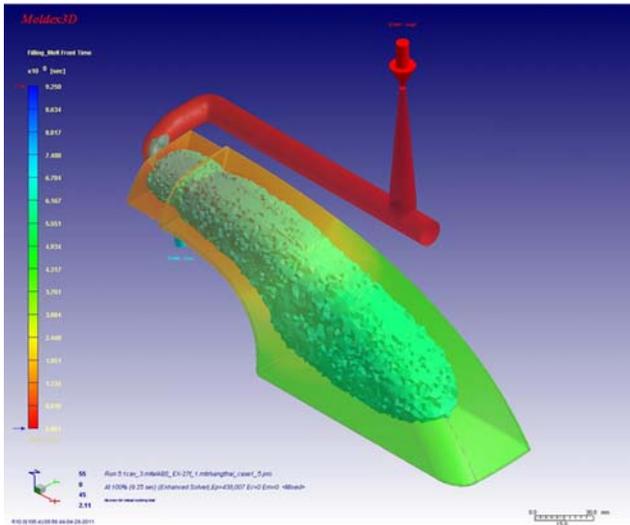
รูปที่ 4 ตำแหน่งทางเข้าพลาสติกเหลวและทางเข้าก๊าซ



รูปที่ 5 การกำหนดเงื่อนไขต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์

2.2.1 ผลการทดลองการวิเคราะห์

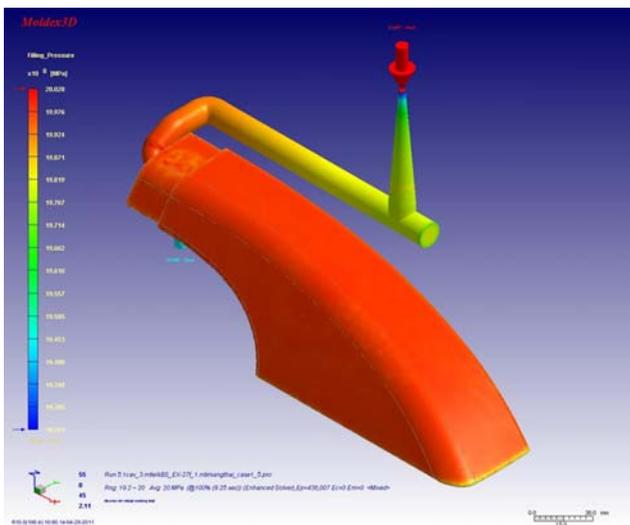
- เวลาเติมเต็มพลาสติก (Filling Melt Front Time)



รูปที่ 6 ผลการวิเคราะห์เวลาเติมเต็มพลาสติก

จากรูปที่ 6 เวลาในการเติมเต็มของพลาสติกจะเห็นว่าการวิเคราะห์ชิ้นงานชิ้นนี้จะต้องใช้เวลาในการเติมพลาสติกทั้งสิ้น 9.25 วินาที โดยแถบสีด้านข้างที่แสดงถึงช่วงเวลาต่างๆ ที่ใช้ในการเติมพลาสติกของแต่ละส่วนของชิ้นงาน

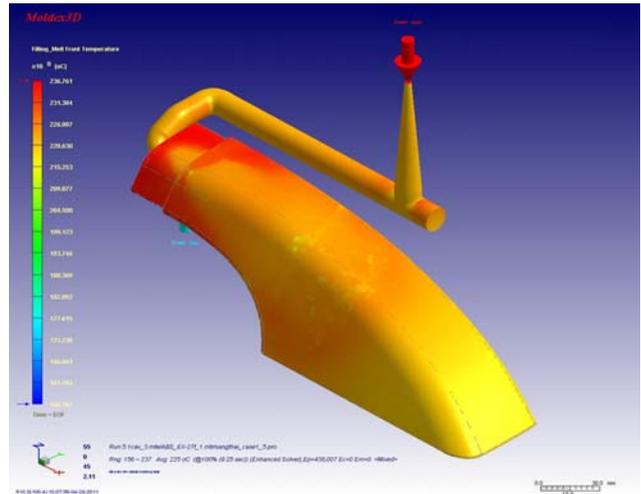
- ความดันฉีด (Filling Pressure)



รูปที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความดันฉีด

จากรูปที่ 7 ความดันในชิ้นงานจากการวิเคราะห์ในช่วงของ Filling ความดันที่เกิดประมาณ 200 บาร์ ซึ่งทำให้ชิ้นงานมีความดันที่สม่ำเสมอและสามารถฉีดพลาสติกเข้าสู่เบ้าพิมพ์ได้

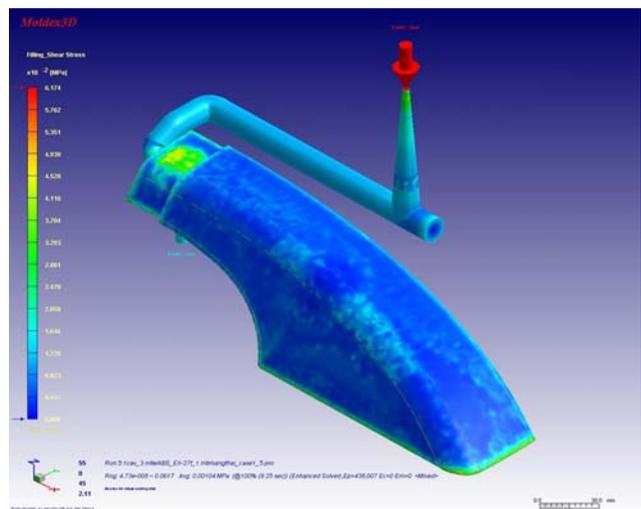
- อุณหภูมิในการฉีด (Melt Temperature)



รูปที่ 8 ผลการวิเคราะห์อุณหภูมิในการฉีด

จากรูปที่ 8 อุณหภูมิในการฉีดชิ้นงาน จากการวิเคราะห์สามารถแสดงค่าความร้อนที่เกิดบนชิ้นงานดูจากแถบสีจุดที่มีความร้อนสูงสุดประมาณ 236.384 °C และจุดที่มีอุณหภูมิต่ำสุดประมาณ 215.253 °C จากผลที่ได้จะเห็นว่าค่าความร้อนต่ำสุดและสูงสุด สามารถนำไปใช้งานได้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคุณสมบัติของพลาสติกที่กำหนดค่าเสื่อมสภาพไว้ไม่เกิน 260 °C

- ความเค้นเฉือน (Shear Stress)



รูปที่ 9 ผลการวิเคราะห์ความเค้นเฉือนที่ผนังชิ้นงาน

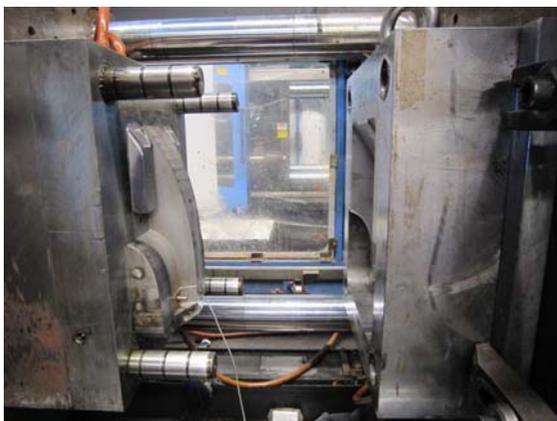
จากรูปที่ 9 ความเค้นเฉือนที่เกิดขึ้นที่ผนังชิ้นงาน โดยสูงที่สุดนั้นมีค่าเท่ากับ 0.6 บาร์ โดยที่คุณสมบัติของพลาสติกคือ 3 บาร์ จากการเกิดความเค้นเฉือนที่ผนังชิ้นงานนั้นเนื่องมาจากการไหลตัวของพลาสติกที่สัมพันธ์กับผนังแม่พิมพ์ ซึ่งไม่มีการกระทบต่อชิ้นงานดังนั้นผลการทดลองนี้ จึงสามารถนำไปใช้งานได้ ในกรณีที่มีความเค้นเฉือนมากเกินไปจะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งแรงลดลงหรือทำให้ชิ้นงานบริเวณที่มีความเค้นเฉือนเปราะได้

ผลการทดลองฉีด

หลังจากที่ได้มีการจำลองการวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติก (CAE) เข้ามาช่วยในการวิเคราะห์แล้วทำให้รู้ค่าต่างๆที่จะนำไปกำหนดเป็นค่าเริ่มต้น ที่จะใช้ในการปรับตั้งเครื่องฉีด โดยในรูปที่ 10 และรูปที่ 11 เป็นการติดตั้งชุดแม่พิมพ์และอุปกรณ์ต่างๆ ของชุดฉีดก๊าซ



รูปที่ 10 เครื่องฉีดพลาสติกยี่ห้อ HAITIAN ขนาด 200 ตัน



รูปที่ 11 การติดตั้งชุดแม่พิมพ์และหัวฉีดก๊าซ



รูปที่ 12 ชิ้นงานที่ฉีดได้ตามเงื่อนไขตามผลวิเคราะห์



รูปที่ 13 ชิ้นงานหลังการปรับฉีดที่มีความสมบูรณ์ที่สุดที่ได้จากการทดลอง



รูปที่ 14 การชั่งชิ้นงานเพื่อหาน้ำหนักก่อนใช้ก๊าซช่วยฉีด (372.258 กรัม)



รูปที่ 15 การชั่งชิ้นงานเพื่อหาน้ำหนักหลังใช้ก๊าซช่วยฉีด (317.123 กรัม)



รูปที่ 16 แสดงลักษณะการไหลของก๊าซภายในชิ้นงาน

เมื่อทำการทดลองฉีดแล้ว ค่าที่ทำให้ชิ้นงานมีความสมบูรณ์มากที่สุดและนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม CAE อาจจะไม่คลาดเคลื่อนไปบ้าง ดังตารางที่ 1 และได้ลักษณะชิ้นงานที่ยังเต็มเต็มไม่สมบูรณ์ มีรอยยุบตัว และยังมีรอยทะลุบนชิ้นงาน ดังรูปที่ 12 ทั้งนี้เนื่องจากการใช้ก๊าซช่วยฉีดนั้นมีค่าพารามิเตอร์หลายค่าที่แปรผันกัน ซึ่งค่าที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นสามารถนำมาเป็นค่าอ้างอิงในการเริ่มต้นทดลองปรับฉีดจริงได้ จนกระทั่งได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์ ดังรูปที่ 13

ตารางที่ 1 แสดงค่าจากผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับ การทดลองฉีดจริง

พารามิเตอร์	ผลวิเคราะห์	ผลฉีดจริง
อุณหภูมิพลาสติก	220 °C	215 °C
ความดันฉีด	20 MPa	60 MPa
เวลาในการฉีด	9.25 s	7 s
เวลาหล่อเย็น	20 s	75 s
ความดันก๊าซ	18 MPa	15 MPa
เวลาดำเนินการฉีดก๊าซ	1 s	1.5 s
เวลาต่อวัฏจักร	35.5 s	92.5 s

ผลการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ไม่ใช้ก๊าซช่วยฉีดกับ ชิ้นงานที่ใช้ก๊าซช่วยฉีด

ในกรณีที่ใช้ก๊าซช่วยฉีดได้ตั้งเป้าหมายของการลดเนื้อพลาสติกลง 20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณการฉีดพลาสติกทั้งหมด ดังรูปที่ 14 เพราะฉะนั้นเมื่อลดปริมาณพลาสติกลง 20 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณพลาสติกที่ต้องฉีดจะต้องหนักไม่เกิน 297.8 กรัม แต่เมื่อทำการทดลองฉีดชิ้นงานจริงโดยใช้ก๊าซช่วยฉีดแล้วทำการชั่งชิ้นงานเพื่อหาน้ำหนักชิ้นงานจริงเปรียบเทียบหาเปอร์เซ็นต์การลดปริมาณพลาสติก โดยชั่งน้ำหนักได้ 317.123 กรัม ดังรูปที่ 15 ดังนั้นสามารถลดปริมาณเนื้อพลาสติกจากการใช้ก๊าซช่วยฉีดได้จริง 15 เปอร์เซ็นต์

สรุปผลการวิจัย

ในการทำวิจัยได้นำระบบ CAD/CAM/CAE เข้ามาใช้ในการดำเนินงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตให้ดีขึ้นซึ่งสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังนี้

1. ลักษณะชิ้นงานเป็นชิ้นงานที่มีความหนามาก จึงเกิดปัญหาการยุบตัวขึ้นบนชิ้นงาน เพราะฉะนั้นในงานวิจัยได้นำเทคโนโลยีการฉีดแบบใช้ก๊าซช่วยฉีดเข้ามาแก้ปัญหา จากผลการทดลองที่ได้ชิ้นงานเกิดการยุบตัวน้อยมาก จากการทดลองนี้สามารถสรุปได้ว่าการฉีดแบบ ใช้ก๊าซช่วยฉีดสามารถแก้ไขปัญหการยุบตัวในงานฉีดพลาสติกที่มีความหนาหลายๆ ได้เป็นอย่างดี
2. จากเป้าหมายที่ตั้งไว้ใน การทดลองวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์การไหลตัวของพลาสติก Moldex3D ต้องการ

ลดปริมาณพลาสติกที่ใช้ฉีดด้วยก๊าซ 20 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณ การฉีดทั้งหมด แต่จากการทดลองนี้พบว่า สามารถลดปริมาณ การฉีดได้ 15 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการฉีดแบบไม่ใช้ก๊าซช่วยฉีด

3. การออกแบบแม่พิมพ์สำหรับการใช้ก๊าซช่วยในงาน ฉีดสิ่งที่สำคัญ คือ ต้องรู้ว่าชิ้นงานนั้นจะฉีดก๊าซเข้าชิ้นงานด้วย วิธีการใด คือ การฉีดก๊าซเข้าทางหัวฉีด ฉีดก๊าซเข้าทางรูฉี ฉีดก๊าซ เข้าชิ้นงานโดยตรง สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกวิธีการฉีดก๊าซ เข้าที่ชิ้นงาน โดยตรงซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุด เนื่องจากชิ้นงาน มีความหนาแน่นมากเพื่อที่ก๊าซจะได้สะดวกต่อการไหลตัวในชิ้นงาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของศูนย์วิจัยและพัฒนาแม่พิมพ์ และตายพลาสติก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ ภายใต้โครงการยกระดับขีดความสามารถ อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ ยุทธศาสตร์ การยกระดับความสามารถ ด้านเทคโนโลยีการผลิตแม่พิมพ์ความเที่ยงตรงและความซับซ้อนสูง ซึ่งได้รับการสนับสนุนโดยสถาบันไทย-เยอรมัน กระทรวง อุตสาหกรรม

บรรณานุกรม

ชาติ ตระการกุล สถาพร ขาตากม และไพบุลย์ สิ้นพระยากุล. 2549. การใช้โปรแกรม CAE ช่วยออกแบบแม่พิมพ์ ฉีดพลาสติก แบบใช้ก๊าซช่วยฉีด. **วารสารวิชาการ เทคโนโลยีอุตสาหกรรม**, ปีที่ 2 ฉบับพิเศษ (ฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี).

ชาติ ตระการกุล. 2536. **การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

บรรเลง ศรีนิล ประเสริฐ ก๊วยสมบุญ. 2524. **ตารางงานโลหะ**. กรุงเทพมหานคร : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ.

พิชิต เลี่ยมพิพัฒน์. 2542. **พลาสติก**. พิมพ์ครั้งที่ 15. กรุงเทพมหานคร : ป.สัมพันธ์พาณิชย์.

Ibrahim Zeid. 1991. **CAD/CAM Theory and Practice**. McGraw-Hill.

Jack Avery. 2001. **Gas-Assist Injection Moulding, Principle and Applications** : Hanser

Paul Dier & Richard Goralski. **GAS ASSIST INJECTION MOLDING**. Bauer Compressors, Inc.

Peter Kennedy. 1993. **Flow Analysis Reference Manual**. Moldflow Pty. Ltd., Australia

Hans Domininghaus. 1988. **Plastics for Engineering Materials**. Properties, Application VDI-Verlag GmbH.



>> **วีชระ ลายลักษณ์**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (ว.ทม.) สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2551 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปริญญาตรี (อ.สบ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2547 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



>> **รองศาสตราจารย์ชาติ ตระการกุล**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (ค.อม.) สาขาเครื่องกล พ.ศ. 2533 ปริญญาตรี (ค.อบ.) สาขาเครื่องกล พ.ศ. 2523 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งรองศาสตราจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



>> **อุเทน คณะวาปี**

สำเร็จการศึกษา ปริญญาโท (ว.ทม.) สาขาวิศวกรรมการผลิต พ.ศ. 2550 ปริญญาตรี (อ.สบ.) สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบแม่พิมพ์) พ.ศ. 2545 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ