บทที่2
เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญ

เนื้อหาเหตุผลและทฤษฎีที่สำคัญของโครงการวิจัย

2.1 ความสำคัญของดัชนีการไหลของพลาสติก(Melt Flow Index)

2.2 ความสำคัญของการหดตัวของพลาสติก(Shrinkage)

2.3 การออกแบบผลิตภัณฑ์

2.4 หลักเกณฑ์ในการออกแบบชิ้นงานฉีดพลาสติก

2.5 สมบัติของพลาสติก

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

2.7 เครื่องฉีดพลาสติก

2.8 หลักในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2.9 การใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม

2.1 ความสำคัญของดัชนีการไหลของพลาสติก(Melt Flow Index)

ดัชนีการไหลของพลาสติกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักอยู่ 4 ข้อได้แก่

1. ความดันการฉีด
2. เวลาในการฉีด
3. อุณหภูมิในการฉีด
4. ความหนืดของพลาสติก

2.2 ความสำคัญของการหดตัวของพลาสติก(Shrinkage)

การหดตัวของพลาสติกนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลักอยู่ 3 ข้อได้แก่

1. ความดันการฉีดแช่ ถ้าหากเพิ่มความดันในการฉีดแช่ให้สูงขึ้น ทำให้การหดตัวลดลง

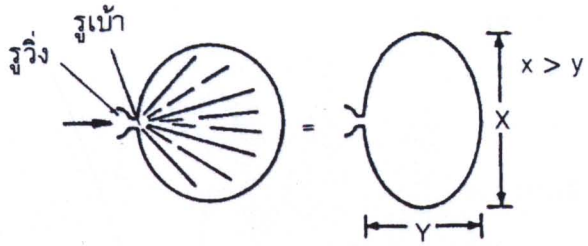
2. เวลาในการฉีด ถ้าหากใช้เวลาในการฉีดนานขึ้นพลาสติกจะหดตัวน้อยลง แต่อย่างไรก็ตามย่อมมีข้อจำกัดคือ เมื่อเนื้อพลาสติกเต็มพิมพ์แล้วจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าการหดตัวได้อีก

3. อุณหภูมิแม่พิมพ์ ถ้าหากอุณหภูมิแม่พิมพ์สูงขึ้น จะทำให้การหดตัวเพิ่มมากขึ้น แต่จะทำให้ชิ้นงานมีผิวที่สวย ถ้าหากใช้อุณหภูมิแม่พิมพ์ที่ต่ำ จะทำให้การหดตัวน้อยลง แต่อาจจะเกิดการหดตัวหลังการฉีด Post Shrinkage ได้เนื่องจากภายในชิ้นงาน อาจจะยังไม่เย็นตัวลง โดยเฉพาะชิ้นงานที่หนา ดังนั้นเมื่อถอดออกจากพิมพ์ แล้วนำไปแช่น้ำทันทีอาจจะช่วยลดการหดตัวได้

การหดตัว – มุมเรียวและพิกัดความเผื่อของแม่พิมพ์ (Mold shrinkage – Taper and Tolerances)

การคำนวณเกี่ยวกับการหดตัว (Shrinkage Calculations) พลาสติกหลอมที่ถูกฉีดเข้าไปในอิมเพรสชั่นเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและหดตัว ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของแม่พิมพ์ที่ทำไว้ ดังนั้นเมื่อออกแบบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จากแบบชิ้นงานที่กำหนดให้ จะต้องเพิ่มค่าอัตราการหดตัวของวัสดุชิ้นงานไว้ด้วยเพื่อแก้ไขให้ได้ขนาดชิ้นงานที่ถูกต้อง พลาสติกชนิดต่างกันจะมีอัตราการหดตัวที่แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสอบถามหรือหารายละเอียดได้จากบริษัทผู้ผลิตพลาสติก ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ค่าอัตราการหดตัวที่กำหนดไว้ในตารางนี้เป็นค่าที่ได้จากการทดลองของบริษัทผู้ผลิตพลาสติกภายใต้เงื่อนไขในการทดลองที่กำหนดแต่อัตราการหดตัวของพลาสติกเมื่อนำไปใช้ในโรงงานที่มีเงื่อนไขในการผลิตที่แตกต่างออกไปค่าอัตราการหดตัวก็จะแตกต่างไปด้วย เงื่อนไขเหล่านี้ได้แก่ อุณหภูมิของกระบอกฉีด อุณหภูมิของหัวฉีด อุณหภูมิของแม่พิมพ์ เป็นต้น ดังนั้นผู้ออกแบบแม่พิมพ์จึงควรจะบันทึกค่าอัตราการหดตัวของพลาสติกหลอมที่ได้จากการนำแม่พิมพ์ขึ้นทดลองฉีดในโรงงานทุกครั้งที่มีโอกาส และเปรียบเทียบค่าที่ได้กับตารางที่ได้จากโรงงานผู้ผลิตพลาสติก ค่าอัตราการหดตัวที่บันทึกในโรงงานจะมีความน่าเชื่อถือได้มากกว่าและสามารถนำไปใช้ออกแบบในครั้งต่อไปได้

ภายในชิ้นงานเดียวกันที่ทำจากพลาสติกชนิดเดียวกันอาจจะเกิดการหดตัวในแต่ละจุดไม่เท่ากันทั้งนี้เนื่องจากการหดตัวในแนวขนานกับทิศทางการไหลของพลาสติกจะแตกต่างกับการหดตัวในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของพลาสติก กล่าวคือการหดตัวในทิศทางการไหลจะมีการหดตัวมากกว่าในทิศทางที่ตั้งฉากกับการไหลของพลาสติก (ดังภาพที่ 2.1) และการหดตัวของชิ้นงานส่วนที่หนาจะมากกว่าส่วนที่บาง ทั้งนี้เพราะอัตราการหดตัวของพลาสติกจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดความหนาของชิ้นงาน



X = การหดตัวในทิศทางตั้งฉากกับการไหล

Y = การหดตัวในทิศทางการไหล

ภาพที่ 2-1 การหดตัวเนื่องจากทิศทางการไหลของพลาสติกหลอม

การหดตัวของชิ้นงานเป็นการหดตัวตามปริมาตรคือ เกิดการหดตัวทั้งขนาดด้านกว้าง ด้านยาวและด้านความหนาหรือความสูง ดังนั้นขนาดต่าง ๆ เหล่านี้จะต้องเพิ่มค่าอัตราการหดตัวไว้ทุกด้าน อัตราการหดตัวของพลาสติกจะกำหนดเป็น “มิลลิเมตร / มิลลิเมตร” (นิ้ว / นิ้ว) หรือ

กำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ วิธีการคำนวณหาขนาดของแม่พิมพ์ที่เพิ่มค่าอัตราการหดตัวที่นิยมใช้กันมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธีคือ

1. คำนวณหาขนาดต่าง ๆ ของแม่พิมพ์จากแบบชิ้นงานที่กำหนดให้เสียก่อนในขั้นแรก แล้วคำนวณหาค่าอัตราการหดตัว จากนั้นจึงนำมารวมเข้าด้วยกันเป็นขนาดของชิ้นส่วนแม่พิมพ์

2. ในขั้นแรกจะคำนวณหาขนาดหดตัวจากขนาดที่กำหนดในแบบชิ้นงาน และเพิ่มขนาดหดตัวไว้ในแบบชิ้นงาน จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ในภายหลัง

การคำนวณทั้งสองวิธีดังกล่าว ให้ผลแตกต่างกันเล็กน้อย ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 ค่าอัตราการหดตัวของพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของวัสดุ	อัตราการหดตัว ม.ม/ม.ม(นิ้ว/นิ้ว)	อัตราการหดตัว (%)
ABS		
Hight impact	0.005-0.007	0.5-0.7
Heat resistant	0.004-0.005	0.4-0.5
Acrylic		
Easy flow	0.002-0.007	0.2-0.7
General purpose	0.002-0.009	0.2-0.9
Heat resistant	0.003-0.010	0.3-1.0
High impact	0.004-0.008	0.4-.08
Nylon		
Type 6-6	0.010-0.025	1.0-2.5
Type 6	0.007-0.015	0.7-1.5
Polyethylene		
Low density	0.015-0.035	1.5-3.5
High density	0.015-0.030	1.5-3.0
Polypropylene	0.010-0.030	1.0-3.0
Polystyrene		
general purpose	0.002-0.008	0.2-0.8
heat resistant	0.002-0.008	0.2-0.8

หมายเหตุ :อัตราการหดตัวค่าน้อยใช้สำหรับชิ้นงานที่มีความหนา=17.78มิลลิเมตรหรือน้อยกว่า

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 03 ต.ค. 2555
เลขทะเบียน 248182
เลขเรียกหนังสือ

2.2.1 พิกัดความเผื่อของชิ้นงาน (Component Tolerances) พิกัดความเผื่อที่แสดงในชิ้นงาน ไม่ใช่จะแสดงแต่เพียงพิกัดความเผื่อเพื่อการใช้งานของชิ้นส่วนนั้นเท่านั้น แต่ควรจะสัมพันธ์กับแฟกเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้วย คือ

(1) ความผันแปรของการหดตัว อัตราการหดตัวของพลาสติกที่กำหนดไว้ในคู่มือของบริษัทผู้ผลิตนั้นได้จากผลของชิ้นงานทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเฉพาะ แต่ในทางปฏิบัติเมื่อนำมาใช้ในโรงงานผลิตอัตราการหดตัวที่เกิดขึ้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดและรูปทรงหน้าตัดของชิ้นงานเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับสภาวะของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในขณะนั้นด้วย ดังนั้นอัตราการหดตัวที่กำหนดไว้ในตารางการหดตัวที่เกิดขึ้นจริงจึงมีค่าแตกต่างกัน

(2) มุมเอียงของแม่พิมพ์ มุมเอียงในที่นี้เป็นมุมที่จัดเตรียมไว้บนชิ้นส่วนของแม่พิมพ์เพื่อให้การปลดชิ้นงานกระทำได้ง่าย

(3) พิกัดความเผื่อของงานตัดเฉือน สิ่งที่ควรระลึกถึงอีกประการหนึ่งก็คือ ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์จะทำให้ได้ขนาดถูกต้องตามกำหนดนั้นกระทำได้ยาก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องกำหนดพิกัดความเผื่อสำหรับงานตัดเฉือนไว้ด้วย เพื่อให้ช่างทำแม่พิมพ์ผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น

เมื่อเป็นเช่นนี้หากชิ้นงานที่ต้องการผลิตที่พิกัดความเผื่อน้อยมาก แล้วยังต้องรวมขนาดเผื่อสำหรับแฟกเตอร์เหล่านี้เข้าไว้ด้วย วิธีหนึ่งทำกันคือ การเผื่อเนื้อวัสดุของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ให้เหลือมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ด้วยวิธีนี้เมื่อนำแม่พิมพ์ฉีดขึ้นทดลองฉีด และตรวจสอบขนาดของชิ้นงานแล้วจะสามารถแก้ไขและปรับแต่งให้ได้ขนาดพิกัดตามต้องการได้ และปรับแต่งโดยการลดขนาดเนื้อโลหะออกจากชิ้นส่วนแม่พิมพ์จะกระทำได้ง่ายกว่าการพอกเติมเนื้อโลหะบนชิ้นส่วนแม่พิมพ์

ชิ้นส่วนแม่พิมพ์ส่วนที่เป็นตัวผู้หรือส่วนคอร์จะทำให้มีขนาดโตที่สุดเท่าที่จะทำได้ และทำชิ้นส่วนแม่พิมพ์ส่วนที่เป็นตัวเมียหรือส่วนเบ้า ให้มีขนาดเล็กที่สุดเท่าที่จะทำได้ภายในพิกัดที่ยอมให้ได้ วิธีการหนึ่งที่ใช้กันในบางครั้งได้แก่การ เพิ่มอัตราการหดตัวที่มีค่ามากกับชิ้นส่วนตัวผู้และเพิ่มอัตราการหดตัวที่มีค่าน้อยกับชิ้นส่วนตัวเมียของแม่พิมพ์ ในกรณีที่ชิ้นงานทำด้วยวัดสุที่มีอัตราการหดตัวสูง เช่น โพลิทินชนิดความหนาแน่นสูง (High-density Polythene) ซึ่งเป็นวัสดุที่มีการหดตัวในแนวขนานกับทิศทางการไหลของพลาสติกแตกต่างกับการหดตัวในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของพลาสติก ซึ่งจำเป็นจะต้องเลือกใช้พิกัดความเผื่อที่พอเหมาะ หากชิ้นงานมีความเที่ยงขนาดสูงและโดยเฉพาะที่ทำด้วยวัสดุที่มีอัตราการหดตัวสูง เช่น ไนลอน จะต้องเผื่อเนื้อวัสดุของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ให้มากที่สุดเพื่อให้สามารถปรับแต่งได้หลังจากการทดลองฉีด หรือทดลองฉีดโดยการทำเป็นแม่พิมพ์แบบอิมเพรสชั่นเดี่ยวแบบง่าย ๆ เพื่อทดสอบหาค่าอัตราการหดตัวที่แท้จริง

พิกัดความเผื่อสำหรับงานตัดเฉือนเพื่อสร้างชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ของแต่ละบริษัทจะแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไปสำหรับชิ้นงานที่มีพิกัดความเผื่อ $\pm$ 0.150 มิลลิเมตร ($\pm$ 0.006″) หรือมากกว่า จะเลือกใช้พิกัดความเผื่อสำหรับงานตัดเฉือนเท่ากับ $\pm$ 0.05 มิลลิเมตร ($\pm$ 0.002″) ส่วน

ขนาดชิ้นงานที่มีพิกัดความเผื่อแคบกว่านี้จะใช้พิกัดความเผื่อของงานตัดเฉือนเท่ากับ ± 0.012 มิลลิเมตร (+ 0.0005″) ค่าพิกัดความเผื่อที่กล่ามานี้ส่วนมากนิยมใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดไม่เกิน 300 มิลลิเมตร (12″) สำหรับชิ้นงานที่มีขนาดโตกว่านี้มีแฟกเตอร์อื่น ๆ ที่มีอิทธิพลต่อขนาดของชิ้นงาน โดยเฉพาะเกี่ยวกับกรรมวิธีในการฉีดพลาสติก ทำให้การผลิตชิ้นงานที่มีพิกัดแคบกระทำได้ยาก ในแม่พิมพ์ขนาดใหญ่การขยายตัวของแม่พิมพ์เนื่องจาก ความเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ จากอุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิในขณะฉีดพลาสติก เป็นแฟกเตอร์หนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา ตัวอย่างเช่น แม่พิมพ์ขนาดยาว 508 มิลลิเมตร (20″) ทำด้วยวัสดุเหล็กนิเกิล - โครเมี่ยม ที่มีสัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนเท่ากับ 0.000012/ °C หากขณะตัดเฉือนขึ้นรูป ณ อุณหภูมิห้องเท่ากับ 20 °C และนำไปใช้ในงานฉีดพลาสติกที่อุณหภูมิของแม่พิมพ์เท่ากับ 70 °C จะมีการขยายตัวของแม่พิมพ์เท่ากับ 508 x (70-20) x 0.000012 = 0.3048 มิลลิเมตร ดังนั้นชิ้นงานที่ค่าพิกัดความเผื่อแคบ ๆ การขยายตัวของแม่พิมพ์ในขณะใช้งาน ก็เป็นแฟกเตอร์ที่สำคัญประการหนึ่งที่ต้องนำมาพิจารณา

ดังนั้นในการทำชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับชิ้นงานที่มีพิกัดความเผื่อแคบหรือชิ้นงานทำด้วยพลาสติกที่ไม่ทรายค่าอัตราการหดตัว จึงควรเผื่อเนื้อวัสดุของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ให้เหลือมากที่สุดภายในขอบเขตของพิกัดความเผื่อที่กำหนด เพื่อให้สามารถปรับแต่งได้หลังจากการนำแม่พิมพ์ขึ้นทดลองฉีดและตรวจสอบขนาดชิ้นงานแล้ว

ส่วนของแม่พิมพ์ที่เป็นตัวเมีย คือ ส่วนเบ้า จะกำหนดขนาดจากก้นหรือด้านล่างของเบ้า และทำให้มีขนาดเล็กสุดของค่าพิกัดความเผื่อที่กำหนด

ส่วนของแม่พิมพ์ที่เป็นตัวผู้คือ ส่วนคอร์ สลักคอร์ (Core pin) ที่ขึ้นรูปภายในของชิ้นงาน เช่น รูจะกำหนดขนาดจากตัวโคน หรือ ด้านที่อยู่ติดกับแผ่นยึด และทำให้มีขนาดโตสุดของค่าพิกัดความเผื่อที่กำหนด

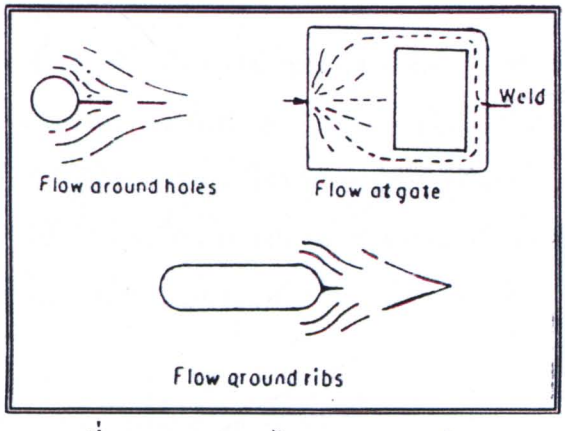
2.3 การออกแบบผลิตภัณฑ์

ในการออกแบบเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติก จะต้องคำนึงถึงตัวแปรจำนวนมากที่อาจจะเกิดขึ้นโดยไม่อาจคาดหมายได้ล่วงหน้าไว้เสมอ ตัวอย่าง เช่น ค่าความแข็งแรงของวัสดุพลาสติกชนิดเทอร์โมเซทที่ทนแรงกระแทกสูง (High Impact Thermoset) ที่เสริมความแข็งแรงด้วยใยแก้วยาวโดยทั่วไปจะมีค่าความแข็งแรงสูง เมื่อใช้การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์อัด อย่างไรก็ตามค่าความแข็งแรงนี้อาจลดลงได้มากถึง 50 % หากเปลี่ยนเป็นใช้การขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์อัดส่ง (Transfer or Plunger Mold) ทั้งนี้เพราะว่าแม่พิมพ์อัดส่งจะทำให้ใยแก้วฉีกขาด และยอมให้ใยแก้วสั้น ๆ ไหล

ไปพร้อมกับเรซินเข้าไปในส่วนที่บางและซับซ้อนได้เท่านั้น เป็นผลให้ผนังชิ้นงานส่วนที่บางมีความแข็งแรงตามความหนาน้อยกว่าผนังส่วนที่หนามากกว่า

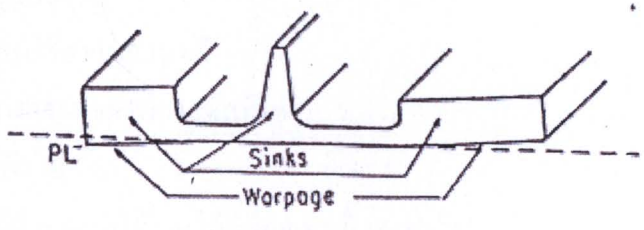
ข้อแนะนำที่สำคัญเกี่ยวกับการออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติก

2.3.1 ในการออกแบบผลิตภัณฑ์เกี่ยวกับพลาสติกจะต้องคำนึงถึงรูปแบบการไหล (Flowpatterns) ของพลาสติกหลอมไว้เสมอ วิธีนี้จะช่วยให้สามารถลดรอยเส้นการไหล (Flow Patterns) ที่มักจะเกิดขึ้นเสมอในบริเวณรอบๆ รู, ครีบ (Ribs) และบริเวณรูเข้าให้มีน้อยที่สุดได้



ภาพที่ 2-2 แสดงการไหลของพลาสติกเหลว

2.3.2 ควรออกแบบผนังชิ้นงานให้มีขนาดความหนารัศมี และมุมเอียงที่เหมาะสมโดยควรหลีกเลี่ยงชิ้นงานที่มีความหนาของผนังชิ้นงานที่แตกต่างกันหรือมีความหนาไม่สม่ำเสมอ เพราะจะทำให้เกิดการบิดเบี้ยว (Distortion) การบิดงอ และการแตกร้าว (Cracks) การยุบหรือรอยบุ๋ม (Sinks) และเกิดความเครียด (Strain) ในชิ้นงาน ทั้งนี้เนื่องจากความหนาของผนังชิ้นงานที่แตกต่างกันทำให้เกิดการเย็นตัวที่แตกต่างกัน เป็นผลให้เกิดการหดตัว (Shrinkage) ที่แตกต่างกันของผนังชิ้นงานด้านหนึ่งกับผนังชิ้นงานอีกด้านหนึ่ง



ภาพที่ 2-3 แสดงการหลีกเลี่ยงการออกแบบชิ้นงานที่มีความหนาไม่เท่ากัน

2.4หลักเกณฑ์ในการออกแบบชิ้นงานฉีดพลาสติก

การออกแบบผลิตภัณฑ์พลาสติกจำเป็นจะต้องพิจารณาถึงการหดตัว ซึ่งจะมีการหดตัวเกิดขึ้น 2 ครั้งด้วยกัน

2.4.1 การหดตัวครั้งแรก เป็นการหดตัวที่เกิดขึ้นในขณะที่พลาสติกหลอมถูกทำให้เย็นตัวลงโดยระบบหล่อเย็นเรียกว่าการหดตัวในแม่พิมพ์ (Mold Shinkage)

2.4.2 การหดตัวภายหลัง เป็นการหดตัวที่เกิดขึ้นภายหลังที่ชิ้นงานถูกดันปลดจากแม่พิมพ์ ซึ่งมีช่วงเวลาเกิดการหดตัวได้นานถึง 24 ชั่วโมง

ดังนั้นในการออกแบบชิ้นงานควรกำหนดค่าพิกัดความเผื่อให้กว้างหรือมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในการออกแบบจะต้องพิจารณาถึงรอยเชื่อม และรอยเส้นการไหลที่เกิดขึ้นบนผิวชิ้นงานด้วย ผนังชิ้นงานควรออกแบบให้หนา มีรัศมี และมุมเอียงที่เหมาะสม หลีกเหลี่ยงชิ้นงานที่มีความหนาไม่สม่ำเสมอเพราะอาจจะทำให้เกิดการเบี้ยว การบิดงอและการแตกร้าว การยุบหรือรอยปุ่ม การเกิดความเครียด (Strain) ในชิ้นงานเนื่องจากความหนาของผนังชิ้นงานที่แตกต่างกันจะเป็นผลให้เกิดการหดตัว

2.5 สมบัติของพลาสติก

การเริ่มที่จะทำผลิตภัณฑ์ประการแรกที่จะต้องรู้คือ หน้าที่การใช้งานของผลิตภัณฑ์เพื่อนำมาพิจารณาเลือกใช้วัสดุให้ถูกต้อง ก่อนที่จะตัดสินใจทำผลิตภัณฑ์ด้วยพลาสติกแทนโลหะควรพิจารณาถึงคุณสมบัติของพลาสติกเสียก่อน

- พลาสติกทั่วไปเมื่อเปรียบเทียบกับโลหะแล้วจะมีความแข็งแรงน้อยกว่า
- คุณสมบัติของพลาสติกจะเปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น พลาสติกโดยทั่วไปจะทนความร้อนได้ประมาณ 60-70°C เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นความแข็งแรงของพลาสติกจะลดลง
- พลาสติกจะได้รับผลกระทบจากความชื้นซึ่งจะทำให้คุณสมบัติบางประการของ
- พลาสติกเปลี่ยนแปลงไป
- พลาสติกจะทำปฏิกิริยากับสารเคมี

2.5.1 ลักษณะทางกายภาพของพลาสติกที่ใช้

HDPE คุณสมบัติทั่วไป

- ทนความร้อนได้ดี สามรถใช้งานได้ดีที่อุณหภูมิ 60-80 °C
- ทนต่อการแปรรูปด้วยความร้อน เหนียว ทนต่อแรงดึง แรงกระแทก และทรงตัวดี ไม่มีสิ่งเป็นพิษตกค้าง
- ฆ่าเชื้อโรคที่อุณหภูมิ 120 °C ไม่ดูดซึมน้ำ
- จะเปราะที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C

ตารางที่ 2-2 แสดงปริมาณความร้อนของพลาสติกบางชนิด

ชนิดของพลาสติก	อุณหภูมิหลอม °C	อุณหภูมิแม่พิมพ์ °C	อุณหภูมิที่แตกต่าง°C	ความร้อนจำเพาะ J/kg.K	ความร้อนที่ระบาย J/g	ความหนาแน่น g/cm^3
ABS	240	60	180	2050	369	1.07
AS/AAS	260	60	200	2010	402	1.07
CA	210	50	160	1700	272	1.26-1.30
CAB	210	50	160	1700	272	1.15-1.21
CP-CAP	210	50	160	1700	272	1.18-1.23
FEP	350	220	130	1600	240	2.12
HDPE	240	20	220	3640	801	0.94-0.965
HIPS	240	20	220	1970	433	1.05-1.08
LDPE	210	30	180	3180	572	0.92
PA 6	250	80	170	3060	520	1.13
PA 11/22	260	60	200	2440	488	1.04/1.02
PA 66	280	80	200	3075	615	1.15
PC	300	90	210	1750	368	1.21
PEEK	370	165	205	1340	275	1.3
PES	360	150	210	1150	242	1.37
PET	240	60	180	1570	283	1.29-1.4
PMMA	240	60	180	1900	342	1.18
POM	205	90	115	3000	345	1.41
PP	240	50	190	2790	670	0.9
PPO	280	80	200	2170	434	-
PPS	320	135	185	2080	385	-
PS	220	20	200	1970	394	1.01-1.09

ตารางที่ 2-3 แสดงความดันปิดของพลาสติกชนิดต่างๆ

ชนิดของพลาสติก	ความดันปิด(MN/m^2)	ชนิดของพลาสติก	ความดันปิด (MN/m^2)
ASA	38.6-61.8	PES	92.6-154.4
ABS	38.6-61.8	PES (ไหลง่าย)	61.8-92.6
BDS	30.9-46.3	PET Amorphous	30.9-38.6
BDS (ผนังบาง)	46.3-61.8	PET Crystalline	61.8-92.6
CA	15.4-30.9	PMMA	30.9-61.8
CAB	15.3-30.9	POM-H	46.3-77.2
CAP	15.3-30.9	POM-CO	46.3-77.2
FEP	77.2	PPO-M(ไม่เสริมแรง)	30.9-46.3
HIPS	15.4-30.9	PPO-M (เสริมแรง)	61.8-77.2
HIPS (ผนังบาง)	38.6-54.0	PPS	30.9-46.3
PPVC	23.2-38.6	PP-H	23.2-38.6
PA6	61.8-77.2	PP-CO	23.2-38.6
PA66	61.8-77.2	PP-H/CO(ทางไหลยาว)	38.6-54.0
PA11	23.2-30.9	PS(GPPS)	15.4-30.9
PA12	23.2-30.9	PS(GPPS) (ผนังบาง)	46.3-61.8
PBT	46.3-69.5	PSU	92.6-154.4
PC	46.3-77.2	PSU(ไหลง่าย)	61.8-92.6
PEBA (เกรดแข็ง)	30.9	PVDF	30.9
PEBA (เกรดอ่อน)	23.-30.9	SAN(ทางไหลยาว)	38.6-46.3
PEEK (ไม่เสริมแรง)	30.9-61.8	TPU/PUR	7.7-23.2
PEEK (เสริมแรง)	61.8-92.6	TPU/PUR	23.2-38.6
PE-HD	23.2-38.6	UPVC	30.9-46.3
PE-HD(ทางไหลยาว)	38.6-54.0	PP	23.2-38.6

2.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

จุดมุ่งหมายของงานฉีดพลาสติก Injection Molding (IM) เพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนและการผลิตจำนวนมากในการฉีดแต่ละครั้ง การขึ้นรูปพลาสติกโดยขบวนการฉีดนั้นจะใช้พลาสติกที่เป็นเม็ดหรือผง ซึ่งอาจจะเป็นเทอร์โมพลาสติก(Thermoplastic) เทอร์โมเซ็ตติ้ง (Thermosetting) และ อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

2.6.1 กรรมวิธีฉีดพลาสติก

พลาสติกซึ่งอาจจะเป็นเม็ดหรือผงในกรวยเติม (Hopper) จะถูกเกลียวหนอนหมุนส่งไปยังด้านหน้าของกระบอกสูบ ซึ่งมีแผ่นความร้อนหรือน้ำมันร้อนหุ้มอยู่ จะทำให้พลาสติกหลอมเหลว หลังจากนั้นจะเคลื่อนเกลียวหนอนให้ดันพลาสติกผ่านหัวฉีดไปเข้าแม่พิมพ์ซึ่งปิดอยู่ แม่พิมพ์หล่อเย็นอย่างดีจะทำให้ชิ้นงานเย็นและแข็งตัว สามารถถอดออกจากแบบได้ในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งขณะที่พลาสติกแข็งตัวก่อนเปิดแม่พิมพ์จะทำการหมุนเกลียวหนอนพร้อมทั้งถอยหลังเพื่อหลอมพลาสติกไว้สำหรับการฉีดครั้งต่อไป

2.6.2 วัตถุดิบสำหรับงานฉีดพลาสติก

วัสดุ 3 กลุ่มพื้นฐาน ที่สามารถนำมาฉีดงานพลาสติก

2.6.2.1 เทอร์โมพลาสติก มีคุณสมบัติที่นำไปหลอมเหลว แล้วปล่อยให้แข็งตัว ยังสามารถนำกลับมาหลอมได้อีก เช่น โพลีสไตรีน (PS), โพลีคาร์บอเนต (PC), โพลีโพรไพรีน (PP)

2.6.2.2 เทอร์โมเซต มีคุณสมบัติที่นำไปหลอมเหลว และจะแข็งตัวโดยปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห (Molecular Crosslinking) ภายใต้อิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น และไม่สามารถนำกลับมาหลอมเหลวได้อีกเช่น ยูเรียเรซิน(UF), ฟีโนลิค เรซิน(PE)

2.6.2.3 อีลาสโตเมอร์ (กลุ่มยางสังเคราะห์) เมื่อนำไปหลอมเหลวและทำให้แข็งตัวโดยกรรมวิธีวูลคาไนเซชั่น (Vulcanisation) ซึ่งเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่ทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห (Molecular Crosslinking) ภายใต้ อิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น และไม่สามารถนำกลับมาหลอมเหลวได้

2.6.3 พารามิเตอร์ที่สำคัญในการฉีดพลาสติก

หลังจากที่เราทราบถึงหลักการทำงานของการฉีดพลาสติกแล้ว เราก็ต้องมาทำความเข้าใจกับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในงานฉีดพลาสติกด้วย เพื่อที่จะได้แก้ปัญหาที่ซับซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ไม่ถูกต้องหรือไม่เหมาะสมกับลักษณะงาน ซึ่งพารามิเตอร์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในงานฉีดพลาสติกและมีอิทธิพลต่อเวลาการทำงาน ตลอดจนคุณภาพของชิ้นงานนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

2.6.3.1 อุณหภูมิ (พลาสติกเหลว แม่พิมพ์)

2.6.3.2 เวลา (ฉีด ย้ำ หล่อเย็น และวงจรการทำงาน)

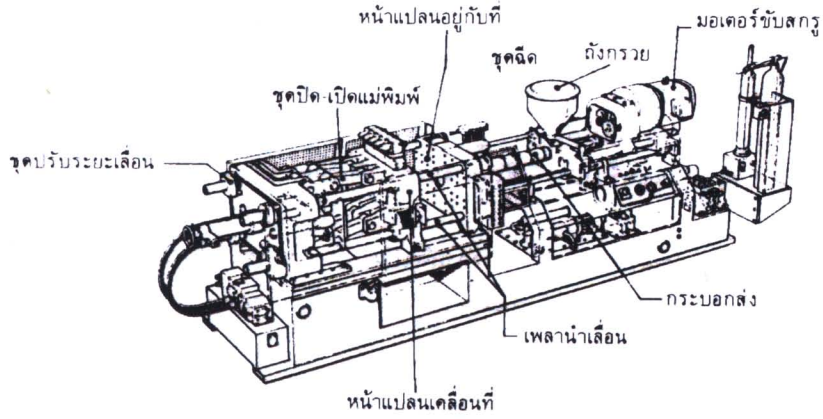
2.6.3.3 ความดัน (ฉีด ย้ำ ต้านการถอยของเกลียวหนอนและในแม่พิมพ์)

2.6.3.4 ความเร็ว (ฉีดปิด - เปิดแม่พิมพ์ชุด ฉีดเคลื่อนเข้า - ออกและรอบเกลียวหนอน)

2.7 เครื่องฉีดพลาสติก

ส่วนประกอบของเครื่องฉีดพลาสติก

ในกระบวนการฉีดพลาสติกจะประกอบด้วยเครื่องมือและเครื่องจักรที่สำคัญ คือ แม่พิมพ์ฉีด และเครื่องฉีดพลาสติกเม็ดพลาสติกจะถูกป้อนเข้าไปในกรวยสกรูส่ง หรือก้านส่งจะพาให้เม็ดพลาสติกเคลื่อนที่ผ่านกระบอกส่งไปยังแม่พิมพ์โดยผ่านตัวทำความร้อน ทำให้พลาสติกหลอมผ่านหัวฉีดและฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์จากนั้นปล่อยให้เย็นและปลดออกจากแม่พิมพ์



ภาพที่ 2-4 แสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องฉีด

ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกและขีดความสามารถในการผลิตของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ ซึ่งได้แก่ความสามารถในการผลิตพลาสติกหลอมในแต่ละครั้งและขนาดของแม่พิมพ์ฉีดที่สามารถจับยึดกับชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ได้

ช่องเนื้อที่ที่ใช้จับยึดแม่พิมพ์จะอยู่ระหว่างแผ่นยึดแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่และเคลื่อนที่ของ เครื่องฉีดพลาสติก และอยู่ระหว่างเพลานำเลื่อนทั้งในแนวระดับและแนวตั้งของเครื่องพลาสติกขนาดความกว้างและความยาวของแม่พิมพ์โตสุดจะถูกกำหนดด้วยระยะห่างของเพลานำเลื่อนในแนวระดับ (ระยะ a) และในแนวตั้ง (ระยะ b) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงระยะห่างของสกรูและขนาดของสกรูที่ใช้ขันยึดแม่พิมพ์ฉีดเข้ากับเครื่องฉีดพลาสติกอีกด้วย ซึ่งในที่นี้คือระยะ c1 และ c2 ในส่วนของแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่จะอยู่ทางด้านชุดฉีดของเครื่องฉีดพลาสติกจะมีรูบังคับศูนย์ของเครื่องฉีดพลาสติก (d) ซึ่งผู้ออกแบบแม่พิมพ์ฉีดจะต้องออกแบบให้แหวนบังคับศูนย์มีขนาดที่พอดีกับขนาดของรูบังคับศูนย์นี้ เพื่อความรวดเร็วในการจับยึดแม่พิมพ์

a = ระยะห่างของเพลานำเลื่อนในแนวระดับ

b = ระยะห่างของเพลานำเลื่อนในแนวตั้ง

c_1 = ระยะห่างของรูสกรูในแนวระดับ

c_2 = ระยะห่างของรูสกรูในแนวตั้ง

d = ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูบังคับศูนย์

E_1 = ระยะห่างของรูประกอบเพลากระทุ้งในแนวระดับ

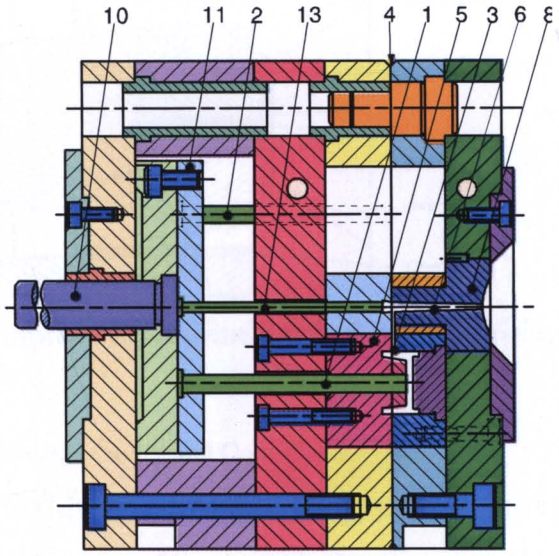
E_2 = ระยะห่างของรูประกอบเพลากระทุ้งในแนวตั้ง

F_1 = ขนาดความกว้างของแผ่นแม่พิมพ์

F_2 = ขนาดความยาวของแผ่นแม่พิมพ์

2.8 หลักเกณฑ์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แม่พิมพ์ฉีดแบบ 2 แผ่น (Two Plate Injection Mould) เป็นแม่พิมพ์แบบง่ายๆที่ใช้ผลิตชิ้นงานที่ปราศจากร่องหรือบ่า ลักษณะของแม่พิมพ์แบบนี้จะมีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เพียงเส้นเดียว หรือมีช่องเปิดสำหลับปลดชิ้นงานแกนรูวิ่งและแกนรูฉีดเพียงช่องเดียวเท่านั้น ดังแสดงดังรูป



ภาพที่ 2-5 แสดงภาพของแม่พิมพ์แบบ 2 แผ่น

จากภาพที่ 2-5 แสดงลักษณะของแม่พิมพ์ฉีดแบบสองแผ่น ซึ่งออกแบบให้มีรูเขาแบบเข็ม (Pinpoint Gate) ที่จุด(3)เมื่อพลาสติกหลอมไหลเข้าเต็ม อิมเพรสชั่นแล้วก็เป็นอันว่าสิ้นสุดขบวนการฉีดแม่พิมพ์จะเลื่อนเปิดออกตามแนวลูกศร (4) ส่วนของแม่พิมพ์ด้านขวาจะอยู่กลับที่ และส่วนของแม่พิมพ์ด้านซ้ายจะเลื่อนเปิดออกชิ้นงานจะติดอยู่กับส่วนคอร์ (5) ในแม่พิมพ์ (7) จะ

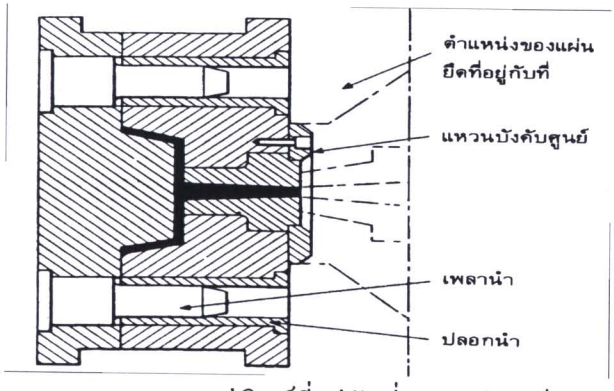
ทำเป็นร่องวงแหวนเรียวไว้ตำแหน่งที่ตรงกันกับรูของปลอกรูฉีด (8) ทำให้แกนรูฉีด (6) ถูกดึงออกจากปลอกรูฉีด(8) เมื่อแม่พิมพ์เลื่อนเปิดออก เมื่อแม่พิมพ์เลื่อนต่อไป เพลาดันปลด (10) จะปะทะกับเพลากระทุ้งของเครื่องฉีดพลาสติกทำให้แผ่นยึดตัวปลด (1) ดันออกและสลักดันแกนรูฉีด(13) ก็จะดันแกนรูฉีด(6) ให้หลุดออกจากร่องวงแหวนเรียวพร้อมๆกับชิ้นงาน ในจังหวะที่แม่พิมพ์เลื่อนปิด สลักดันกลับ(2)ซึ่งประกอบอยู่กับแผ่นยึดตัวปลด ปลายสลักดันกลับจะปะทะกับแผ่นแม่พิมพ์ด้านที่อยู่กับที่และดันให้แผ่นยึดตัวปลด (11) สลักปลด (1) และสลักดันแกนรูฉีด (13) กลับไปยังตำแหน่งเดิม

2.8.1 อิมเพรสชั่น (Impression)

แม่พิมพ์ฉีดเป็นแม่พิมพ์ที่ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนต่าง ๆ หลายชิ้นเกิดเป็นโพรงภายในที่เรียกว่า “อิมเพรสชั่น” ที่ซึ่งเนื้อพลาสติกจะถูกฉีดเข้าไปและเย็นตัวลงได้ชิ้นงานพลาสติกที่มีรูปร่างเหมือนกับอิมเพรสชั่น อิมเพลสชั่นเกิดขึ้น จากการประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ 2 ชิ้น คือ

(1) เบ้า (cavity) ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ตัวเมียทำให้เกิดเป็นรูปร่างภายนอกชิ้น

(2) คอร์ (core) เป็นส่วนของแม่พิมพ์ตัวผู้ที่ทำให้เกิดเป็นรูปร่างภายในของชิ้นงาน

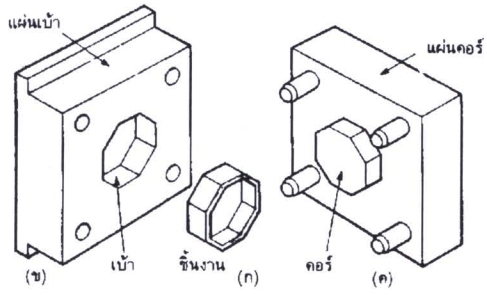


สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

ภาพที่ 2-6 แสดงภาพของแม่พิมพ์ที่อยู่กับที่ และแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่

2.8.2 แผ่นเบ้าและแผ่นคอร์ (Cavity and Core Plates)

ภาพที่ 2-6 แสดงให้เห็นถึงแม่พิมพ์แบบง่าย ๆ ของภาชนะบรรจุสิ่งของทรงแปดเหลี่ยม แม่พิมพ์แบบง่าย ๆ ในกรณีนี้ประกอบด้วยแผ่นแม่พิมพ์ 2 แผ่น แผ่นหนึ่งขุดลึกเป็นโพรงเข้าไปซึ่งเป็นส่วนขึ้นรูปภายนอกของชิ้นงาน และเรียกว่า “แผ่นเบ้า” และอีกแผ่นหนึ่งจะทำเป็นแกนยื่นออกมาและเป็นส่วนขึ้นรูปภายในของชิ้นงาน ส่วนนี้เรียกว่า “แผ่นคอร์” เมื่อแม่พิมพ์ปิดแผ่นเบ้าและแผ่นคอร์จะเลื่อนเข้าไปประกบกันทำให้เกิดเป็นช่องว่างขึ้นระหว่างแผ่นเบ้าและแผ่นคอร์ ซึ่งก็คือ ส่วนที่เรียกว่า อิมเพรสชั่น



ภาพที่ 2.7 แสดงภาพแม่พิมพ์ประกอบด้วยแผ่นเบ้าและคอร์

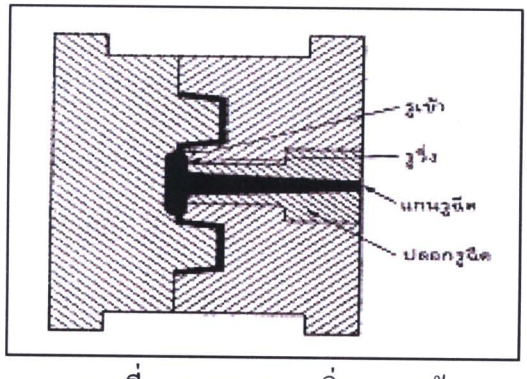
2.8.3 รูวิ่ง

รูวิ่งเป็นร่องที่ถูกตัดผิวบนแผ่นแม่พิมพ์ เพื่อให้พลาสติกหลอมที่ไหลมาจากปลอกรูฉีดนั้นวิ่งไปตามเบ้าต่างๆได้อย่างทั่วถึง ไม่ว่าในกรณีมีหลายเบ้า หรือกรณีมีเบ้าเดียวแต่มีหลายทางเข้าก็ตาม รูวิ่งก็จะทำให้พลาสติกหลอมไหลไปตามทางอย่างถูกต้อง และไปเชื่อมต่อกับรูเข้าต่อไป

2.8.4 รูเข้า

เป็นรูที่เชื่อมต่อมาจากรูวิ่ง โดยจะมีขนาดเล็กลง และมีช่วงสั้นๆ ส่วนปลายอีกข้างของรูวิ่งก็จะเชื่อมต่อกับเบ้านั่นเอง เหตุที่ต้องทำให้มีขนาดเล็กๆ นั่นก็เพราะว่า

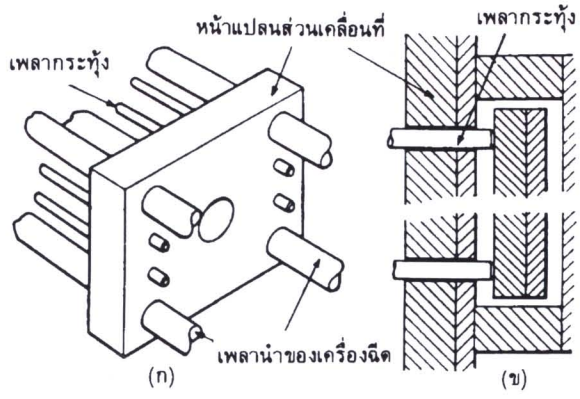
- ป้องกันการดูดกลับของเนื้อพลาสติกภายในอิมเพรสชั่น
- เพื่อให้ปลดแกนรูเข้าได้ง่าย
- เกิดรอยตำหนิบนผิวงานน้อยที่สุด
- สามารถควบคุมการเติมเนื้อพลาสติกในกรณีที่มีหลายอิมเพรสชั่นได้



ภาพที่ 2.8 แสดงภาพรูวิ่ง และรูเข้า

2.8.5 ระบบปลด

ระบบปลดทำหน้าที่ในการปลดชิ้นงานพลาสติกออกจากอิมเพรสชั่นในตอนที่แม่พิมพ์เปิดออก ในระบบของการปลดก็สามารถเลือกใช้ได้หลายวิธีขึ้นกับความเหมาะสมของงาน เช่น ใช้แผ่นปลด ใช้สลักปลด และใช้ปลอกปลดเป็นต้น



ภาพที่ 2.9 แสดงภาพระบบปลด

2.8.6 การเลือกใช้พลาสติก

หลักเกณฑ์ในการเลือกใช้วัสดุชนิดใดนั้นมีข้อสังเกตดังนี้ จะต้องแน่ใจและเลือกใช้วัสดุให้ถูกต้อง บางครั้งจะต้องทำการทดสอบ หรือทำตัวอย่างเพื่อทดสอบ เพื่อหาข้อมูลที่แน่นอนต้องคำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุโดยเฉพาะอย่างยิ่งอายุการใช้งาน คุณสมบัติที่ทนต่อสภาวะอากาศ ความทนต่ออุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด ความเป็นตัวนำไฟฟ้าความต้านทานเชื้อรา เปลวไฟ ปฏิกิริยาทางเคมี จะต้องคำนึงถึงความแน่นอนและชนิดของพลาสติก

2.8.7 ผนังและพื้น (Wall and Base)

ความหนาผนังของชิ้นงานฉีดพลาสติก ไม่ได้อยู่ที่ว่าชิ้นงานนั้นมีความแข็งแรงตามต้องการหรือไม่แต่เพียงอย่างเดียวแต่ยังขึ้นอยู่กับระยะทางในการไหล ซึ่งน้ำพลาสติกต้องไหลผ่านแม่พิมพ์ด้วย เนื่องจากเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างเป็นระเบียบเกือบทุกชนิด จะมีการหดตัวค่อนข้างมาก และขนาดของการหดตัว จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับทิศทางการไหล และพลาสติกที่มีโครงสร้างไม่เป็นระเบียบมีการหดตัวน้อยกว่าและเท่ากันในทุกทิศทุกทาง ดังนั้นในการออกแบบผนังด้านข้างและพื้น จึงต้องพิจารณาแยกกันในแต่ละส่วน

2.8.8 การฝังอินเสิร์ต (Inserts)

ในชิ้นงานพลาสติกเราสามารถฝังโลหะไว้เพื่อช่วยเสริมความแข็งแรงในการจับยึดและทำให้รับแรงได้มากหรือพูดง่ายๆ ว่าโลหะฝังจะช่วยให้การจับยึดเคลื่อนย้ายและการประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกันสะดวกยิ่งขึ้น โลหะฝังนี้จะทำให้มีลวดลาย หรือเพื่อให้เหมาะแก่การใช้งานจะต้องจำไว้เป็นหลักการว่าจะต้องไม่ทำให้วัฏจักรของการทำงาน (Moulding Cycle) ยาวขึ้นและทำให้ต้นทุนสูงขึ้น นั่นก็คือให้พยายามใช้อินเสิร์ตฝังให้น้อยที่สุด ถ้าจำเป็นจะต้องใช้ ห้ามใช้อินเสิร์ตฝังในชิ้นงานที่ทำด้วย Polycarbonate (PC) เพราะจะทำให้เกิดรอยแตกหรือร้าวรอบ ๆ โลหะฝัง

2.8.9 ระบบหล่อเย็น (Cooling System)

หลักการทำงานเบื้องต้นของการฉีดพลาสติกก็คือ พลาสติกร้อนจะถูกฉีดเข้าไป และเย็นตัวอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิที่พลาสติกแข็งตัวอย่างเพียงพอที่จะคงรูปร่างอิมเพรสชั่นไว้ได้ ชิ้นงานก็ถูกดันปลดออกจากแม่พิมพ์ ดังนั้นอุณหภูมิของแม่พิมพ์จึงเป็นส่วนสำคัญ เนื่องจากมีการควบคุมวัฏจักรการฉีดพลาสติก พลาสติกหลอมจะไหลสะดวกในแม่พิมพ์ที่ร้อน แต่จะต้องใช้เวลาในการเย็นตัวของพลาสติกหลอมนานกว่าชิ้นงานจะแข็งตัวเพียงพอที่จะดันปลดออกจากแม่พิมพ์ได้ ในทางตรงกันข้ามพลาสติกหลอมจะเย็นตัวได้เร็วในแม่พิมพ์ที่เย็น แต่พลาสติกหลอมจะไหลไปไม่ทั่วถึงส่วนต่างๆของอิมเพรสชั่น ดังนั้นจะต้องหาจุดที่จะทำให้แม่พิมพ์สามารถทำงานได้ผลดีที่สุด **ตารางที่ 2-4** แสดงการกำหนดขนาดของรูน้ำหล่อเย็น

ความหนาของชิ้นงาน (mm)	ขนาด ∅ ของรูน้ำหล่อเย็น (mm)
2	8-10
4	10-12
5	12-15

2.8.10 รูปทรงหน้าตัดของรูวิ่ง

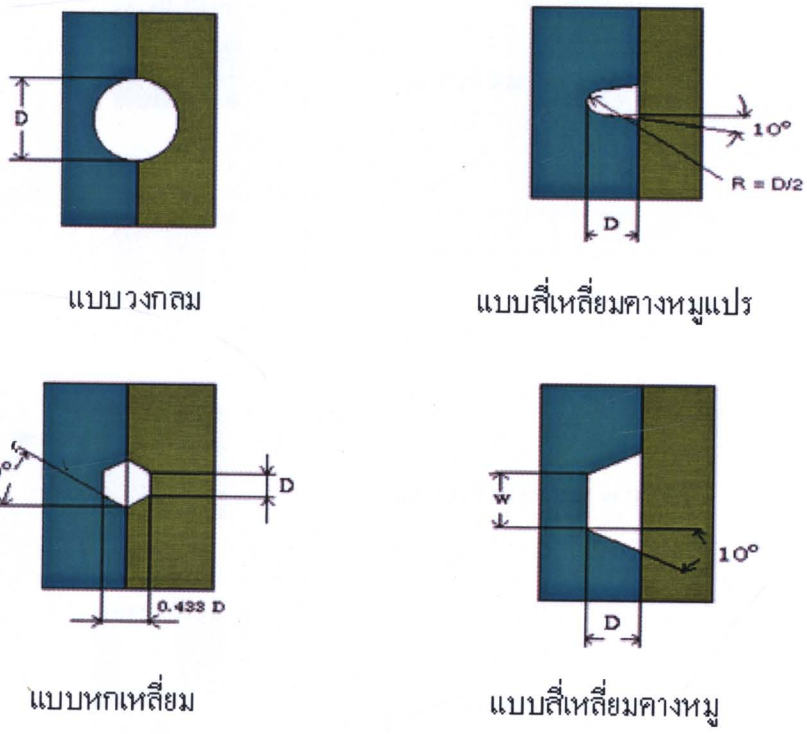
รูปทรงหน้าตัดของรูวิ่งที่ใช้ในแม่พิมพ์ โดยปกติจะเลือกใช้ 1 ใน 4 แบบ คือ

1) แบบกลม

2) แบบสี่เหลี่ยมคางหมู

3) แบบสี่เหลี่ยมคางหมูแปร

4) แบบหกเหลี่ยม



แบบวงกลม แบบสี่เหลี่ยมคางหมูแปร

แบบหกเหลี่ยม แบบสี่เหลี่ยมคางหมู

ภาพที่ 2-10 แสดงภาพทรงหน้าตัดของรูวิ่ง

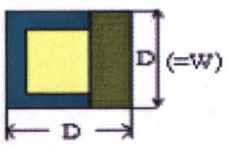
การออกแบบรูวิ่งที่มีประสิทธิภาพมีเกณฑ์การพิจารณาหลายประการ กล่าวคือ รูวิ่งควรจะมีพื้นที่หน้าตัดโตที่สุดเมื่อพิจารณาจากการส่งถ่ายแรงดัน และเมื่อพิจารณาจากการส่งถ่ายความร้อนรูวิ่งควรจะมีพื้นที่ผิวสัมผัสกับเนื้อพลาสติกน้อยที่สุด อัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดต่อพื้นที่ผิวสัมผัสโดยรอบของรูวิ่งจะช่วยชี้บอกถึงประสิทธิภาพของการออกแบบรูวิ่งกล่าวคือหากตราส่วนมีค่ามากแสดงว่ามีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะสังเกตเห็นว่ารูวิ่งแบบกลมและแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสจะเป็นแบบที่มีค่าอัตราส่วนมากในขณะที่ค่าอัตราส่วนของแบบครึ่งวงกลม และแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้ามีค่าต่ำทำให้ไม่นิยมใช้กัน

แบบกลม =0.25D

d =

D/2	0.166D
D/4	0.1D
D/6	0.071D

แบบครึ่งวงกลม = 0.153



แบบสี่เหลี่ยมจัตุรัส =0.25D

ภาพที่ 2-11 แสดงประสิทธิภาพของรูวิ่งที่มีรูปทรงหน้าตัดต่างๆ กัน

แต่รูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสมักไม่ค่อยนิยมใช้กัน ทั้งนี้เพราะการปลดแกนรูวิ่งกระทำได้ยาก และเพราะเหตุผลข้อนี้ในทางปฏิบัติจึงทำผนังของรูวิ่งให้เอียงเป็นมุม 10° ซึ่งเป็นการปรับปรุงรูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสไปเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมู ปริมาตรของรูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมคางหมูจะมากกว่าปริมาตรของรูวิ่งแบบกลมที่มีขนาดเท่ากัน ประมาณ 25% เพื่อลดค่าแตกต่างนี้และยังคงขนาดเดิมไว้ รูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมคางหมูจึงถูกพัฒนาไปอีกขั้นหนึ่งเป็นแบบสี่เหลี่ยมคางหมูแปร ซึ่งจะมีปริมาตรมากกว่าแบบกลมประมาณ 14 % เท่านั้น สำหรับรูวิ่งแบบหกเหลี่ยมก็คือ รูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมคางหมูสองประอันปะกบกันนั่นเอง ซึ่งรูวิ่งทั้งสองจะประกบกันตรงผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ สำหรับรูวิ่งแบบนี้จะมีพื้นที่หน้าตัดประมาณ 52 % ของรูวิ่งแบบกลมที่มีขนาดเดียวกัน ดังนั้นหากต้องการให้มีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่เท่ากันจะต้องเพิ่มค่า D ให้มากขึ้นอีก ช่างทำแม่พิมพ์ส่วนใหญ่จะทำการออกแบบโดยการทำรูวิ่งแบบสี่เหลี่ยมคางหมูให้ประกบกับรูวิ่งที่มีขนาดความกว้างน้อยกว่า 3 mm เนื่องจากพลาสติกหลอมจะถูกฉีดไหลเข้าไปตามรูวิ่งและระบบป้อนของแม่พิมพ์พลาสติกที่อยู่ติดกับผิวของแม่พิมพ์ที่เย็นอุณหภูมิของพลาสติกหลอมจะลดลงอย่างรวดเร็วและแข็งตัว พลาสติกหลอมที่ไหลตามมาไหลผ่านบริเวณศูนย์กลางของพลาสติกที่แข็งตัวนี้

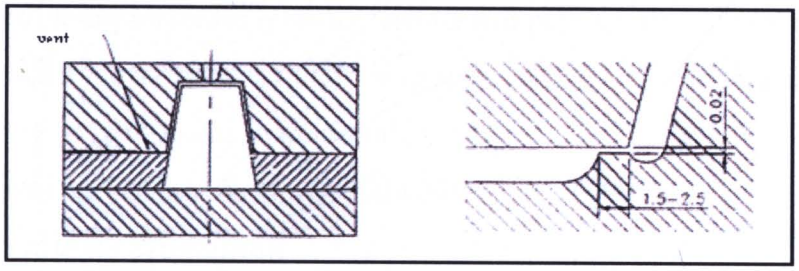
ข้อจำกัดประการหนึ่งของการใช้รูวิ่งแบบกลมก็คือรูวิ่งแบบกลมเกิดขึ้นจากการนำร่องครึ่งวงกลม 2 ร่องซึ่งตัดเฉือนบนแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสองแผ่นและนำมาประกบเข้าด้วยกัน รอยต่อจะต้องประกบกันพอดีมิเช่นนั้นจะทำให้ประสิทธิภาพของรูวิ่งลดลงและไม่สวย นอกจากนี้การเลือกใช้รูปทรงหน้าตัดของรูวิ่งจะต้องพิจารณาถึงวิธีการดันปลดแกนรูวิ่ง

2.8.11 การระบายอากาศในแม่พิมพ์ (Venting)

ในระหว่างที่น้ำพลาสติกไหลเข้าสู่แม่พิมพ์จะเข้าไปแทนที่อากาศที่อยู่ในคาวิตี้ ถ้าอากาศไม่สามารถออกได้จะทำให้เกิดการอัดตัวจะทำให้พลาสติกที่อยู่รอบๆเกิดการไหม้ โดยทั่วไปแม่พิมพ์ไม่ต้องมีการออกแบบร่องระบายอากาศพิเศษ เพราะอากาศสามารถออกทางเข็มกระทุ้งได้

PP,PA,PA - GRและHDPE ไม่เกิน 0.015 มม.

PET,ABS,PC และPMMA ไม่เกิน 0.03 มม.



ภาพที่ 2-12 แสดงการทำช่องระบายอากาศ

ถ้าชิ้นส่วนผนังแม่พิมพ์ที่มีผนังบาง ใช้อัตราการฉีดสูงควรทำร่องระบายอากาศไว้ใกล้กับทางเข้า การระบายอากาศไปได้อย่างต่อเนื่องโดยไม่มีการอัดตัว

ตารางที่ 2-5 แสดงค่าความลึกของช่องอากาศของพลาสติกชนิดต่างๆ ที่ให้ใช้ได้ (ค่าโดยประมาณ)

ชนิดของพลาสติก	ความลึกของช่องอากาศ
PE	0.02
HDPE	0.01-0.02
PS	0.02
SB	0.03
ABS	0.03
SAN	0.03
PET	0.03

2.9 การใช้คอมพิวเตอร์ในงานอุตสาหกรรม (CAD/CAE/CAM)

ในทางวิศวกรรมได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ๆขึ้น โดยเฉพาะงานอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์และแม่พิมพ์ ยังสามารถส่งข้อมูลไปสั่งงานเครื่องจักรเพื่อทำการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ซึ่งระบบนี้คือระบบ CAD / CAE / CAM

2.9.1 Computer-Aided Design

วิวัฒนาการของระบบคอมพิวเตอร์ในงานออกแบบ (CAD) นี้อาจถือได้ว่าเริ่มมีมาตั้งแต่การพัฒนาระบบการสร้างภาพกราฟฟิคบนจอภาพได้ แต่ CAD ได้มีการวิวัฒนาการทางเทคโนโลยีสูงกว่าระบบกราฟฟิคทั่วไปอย่างมาก ระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้ช่วยในงานออกแบบหรือ CAD นี้อาศัยเทคโนโลยีที่เรียกว่า คอมพิวเตอร์กราฟฟิค ซึ่งเป็นการเขียนรูปบนจอภาพหลัก แต่สามารถจัดการกับภาพที่สร้างขึ้นนี้ให้อยู่ในตำแหน่งและลักษณะตามต้องการ โดยที่ผู้ใช้ซึ่งส่วนมากจะเป็นวิศวกรหรือสถาปนิก จะใส่ข้อมูลต่างๆตลอดจนคำสั่งเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผ่านทางอุปกรณ์รับข้อมูลเข้า ส่วนคอมพิวเตอร์จะติดต่อมายังผู้ใช้โดยผ่านทางจอภาพคำสั่งที่ใส่เข้าไปนี้จะเรียกชุดโปรแกรมโดยอาศัยซอฟต์แวร์เป็นตัวช่วยคำนวณ ส่วนวิธีการคำนวณเกี่ยวกับการหดตัวจะพิจารณาถึง

- ตำแหน่งของ Dimension เมื่อเทียบกับ GATE
- ทิศทางของ Dimension เมื่อเทียบกับการไหล
- แรงที่ใช้ในการปิดแม่พิมพ์

CAE สามารถให้ข้อมูลที่จำเป็นที่ผู้ออกแบบต้องการ เพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นส่วนหรือแม่พิมพ์ที่ทำการผลิตนั้นเป็นที่พอใจ หรือมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด

2.9.2 Computer - Aided Engineering (CAE)

คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม (CAE) คือกระบวนที่ใช้คอมพิวเตอร์และ Software ที่เหมาะสมช่วยในการออกแบบในงานวิศวกรรม และการคำนวณประโยชน์ที่จะได้รับจากการใช้ CAE ในการออกแบบและช่วยในการคำนวณประกอบด้วย

- แก้ไขและเปลี่ยนแปลง คุณลักษณะได้
- ช่วยให้ต้นทุนต่ำ พร้อมทั้งไม่จำกัดรูปร่าง, ลดขั้นตอนการทำงานและเวลาในกระบวนการผลิต
- แก้ไขการออกแบบผลิตภัณฑ์ ก่อนเริ่มต้นการผลิต
- ลดเวลาในการผลิตให้ต่ำลง

2.9.3 Computer - Aided Manufacturing (CAM)

ในสายงานการผลิต และการออกแบบมักจะต้องแยกจากกันอยู่เสมอ โดยปกติแล้ว ช่องว่างระหว่างการออกแบบ และการผลิตนั้นกว้างมาก ทางที่จะบรรลุถึงการลดช่องว่างดังกล่าว อย่างเป็นผลคือ การลดงานที่ต้องทำซ้ำซ้อน หรือไม่ จำเป็นต้องทำจากการออกแบบที่จะต้องมาทำในการผลิตอีก ดังนั้นหลายบริษัทจึงหันมาใช้เทคนิคของคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิตหรือที่เรียกกันทั่วๆ ไปว่า CAM (Computer - Aided Manufacturing) ซึ่งส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยตัวเลข (NC ย่อมาจาก Numerical Control)

เทคโนโลยี NC นี้ ปัจจุบันได้ขยายตัวไปมากโดยครอบคลุมงานหลายลักษณะไม่ว่าจะเป็นงานวาดแบบงานประกอบชิ้นส่วนเช่นการตัด การเจาะ การกลึง ชิ้นงานที่เป็นโลหะเป็นหลัก ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบ NC หรือระบบจัดการด้วยคำสั่งเชิงตัวเลขจะมีด้วยกัน 3 ส่วนคือ ชุดคำสั่ง หน่วยควบคุม หรือ Machine Control Unit (MCU) และส่วนสุดท้ายคือเครื่องมือกลหรืออุปกรณ์อื่นๆ ที่ใช้ควบคุมการผลิต

ระบบ CNC (Computer Numerical Control) นี้เป็นการนำไมโครโพรเซสเซอร์พัฒนาขึ้นมาให้สามารถควบคุมเครื่อง NC ได้โดยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กๆ 1 เครื่องจะควบคุมเครื่อง NC ได้ 1 เครื่องโดยตรง ทำให้การใช้งานเครื่อง NC ลดความยุ่งยากลงไปมาก ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่เราสามารถตรวจสอบ NC โปรแกรมได้โดยการดูทิศทางเดินของเครื่องมือซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์จริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ สามารถตรวจสอบเวลาที่ใช้งานในการจำลองสถานการณ์จริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และยังสามารถตรวจสอบเวลาที่ใช้ในการทำงานจริงๆ ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบ CAM โดยที่ยังไม่ต้องทำการตัดเฉือนชิ้นงานจริง