

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดทำโครงการแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบสามแผ่น (Three Plate Mold) จำเป็นจะต้องอาศัยทฤษฎีและหลักการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้เพื่อเป็นหลักการ และแนวทางในดำเนินการสร้างแม่พิมพ์ ทั้งนี้เพื่อเป็นการดำเนินงานเป็นไปอย่างราบรื่นและเกิดสัมฤทธิ์ผลให้มากที่สุด

สำหรับการทำโครงการนี้มีทฤษฎีและหลักการต่างๆที่ใช้ในการดำเนินการของโครงการนี้ มีดังนี้ ทฤษฎีทางพลาสติก , ประเภทของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพลาสติก

พลาสติกเป็นวัสดุที่สำคัญทั้งในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมอย่างยิ่งพลาสติก คือ สารสังเคราะห์ ที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่มาก ประกอบด้วยธาตุที่สำคัญคือ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจน คลอรีน ฯลฯ ซึ่งเป็นพลาสติกที่มีสารประกอบหลายอย่างมากมาย มีน้ำหนัก มีโมเลกุลสูง คงรูปเมื่อผ่านกรรมวิธีการผลิตมีลักษณะอ่อนตัวเมื่อถูกกรรมวิธีการผลิตด้วยความร้อนหรือแรงอัดหรือทั้งสองอย่าง

อีกความหมายหนึ่งของพลาสติกมีชื่อเรียกทางเคมีว่า “ โพลีเมอร์ ”

2.2 การแบ่งประเภทพลาสติก

สำหรับงานฉีดพลาสติกโดยทั่วไปนิยมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ ตามโครงสร้าง และคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

1. เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)
2. เทอร์โมเซตติง (Thermosetting)
3. อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

2.2.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) คือ เป็นพลาสติกที่ถูกความร้อนจนหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนอยู่ในสภาพแข็งตัวและยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก สำหรับพลาสติกประเภทนี้ยังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พลาสติกอะมอร์ฟัสเทอร์โมพลาสติก(Amorphous Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบไม่เป็นผลึก เช่น โพลีสไตรีน(Polystyrene: PS) โพลีคาร์บอเนต(Polycarbonate:PC) โพลีอะครีลิก(Polyacrylic) เป็นต้น

ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือ พลาสติกพหุคริสตัลไลน์เทอร์โมพลาสติก(Partialcrystalline Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างแบบเป็นผลึก เช่น โพลีเอททีลีน (Polyethylene:PE) โพลีเอไมด์ (Polyamide:PA) และโพลีอะซิเตด (Polystyrene:PE) เป็นต้น

2.2.2 เทอร์โมเซตติง (Thremosetting)

เทอร์โมเซตติง (Thremosetting) คือ เป็นพลาสติกที่มีรูปทรงแบบถาวร ที่ผ่านกรรมวิธีการผลิต โดยให้ความร้อน แรงอัด หรือการหล่อขึ้นรูปของพลาสติก และยังไม่สามารถกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เช่น ฟีนอลิก (Phynolic) เมลามีน (Melamine) ซิลิโคน (Silicone) และยูรีเทน (Uerthane) เป็นต้น

2.2.3 อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

อีลาสโตเมอร์ (Elastomer) คือ เป็นพลาสติกที่ถูกหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วปล่อยให้เย็นอยู่ในสภาพแข็งตัว เมื่ออีลาสโตเมอร์ถูกผ่านกรรมวิธีการผลิตแล้วจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก เช่น ยางสังเคราะห์ที่ใช้ทำยางรถยนต์

2.3 คุณสมบัติของพลาสติก

คุณสมบัติของพลาสติก เป็นคุณสมบัติที่พิเศษกว่าวัสดุอื่นๆ ที่ได้จากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ขึ้นมา อย่างเช่น ไม้ แก้ว กระจก เป็นต้น แต่พลาสติกเป็นวัสดุที่นิยมใช้กันอย่างมากมาย เพราะมีคุณสมบัติพิเศษหลายๆอย่างในตัวของมันเองและก็ยังสามารถใช้ทดแทนวัสดุอื่นๆได้ เช่น ทดต่อความร้อน ทดต่อการสึกหล่อ ทดต่อสารเคมี มีความแข็งแรง มีความเหนียว มีความยืดหยุ่น และยังเป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ฯลฯ

สำหรับพลาสติกจะมีคุณสมบัติทางโครงสร้าง คือ มีโมเลกุลที่เป็นลักษณะลูกโซ่เชื่อมต่อกันยาวกว่าสารอื่นๆมากมาย ด้วยเหตุดังกล่าวนี้จึงทำให้พลาสติกมีคุณสมบัติพิเศษหลายๆอย่าง คือ

1. คุณสมบัติทางกายภาพ (Mechanical) มีความแข็งแรง มีความเหนียวและความยืดหยุ่น ฯลฯ
2. คุณสมบัติทางไฟฟ้า (Electrical) เป็นฉนวนไฟฟ้าได้ดี ฯลฯ
3. คุณสมบัติทางเคมี (Chemical) ทดกรด ด่าง และสารเคมีอื่นๆ

2.4 กรรมวิธีการขึ้นรูปพลาสติกด้วยวิธีการฉีด

กรรมวิธีการขึ้นรูปพลาสติกหรือการแปรรูปโดยการฉีด จะทำจากสารพลาสติกที่เป็นเม็ดหรือเป็นผง ซึ่งอาจจะรวมทั้ง เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) ,เทอร์โมเซตติง (Thremosetting), อีลาสโตเมอร์ (Elastomer) ก็ได้ ทั้งนี้การที่จะนำพลาสติกทั้ง 3 ประเภทนี้มาฉีดนั้นก็ต้องขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของเครื่องฉีดที่จะต้องมาดัดแปลงให้เหมาะสมกับพลาสติกต่างๆ นั้นๆ ด้วย

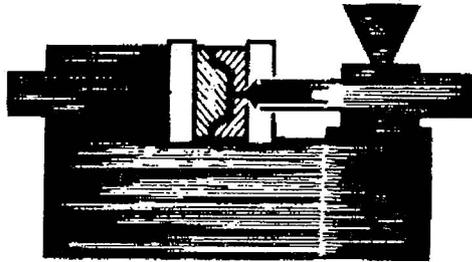
2.4.1 เครื่องฉีดพลาสติก

สำหรับในการทำงานโดยการฉีดพลาสติกโดยเฉพาะอย่างยิ่งของประเภทเทอร์โมพลาสติก มีบริษัทหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่ผลิตเครื่องฉีดพลาสติกมากมายหลายแบบทั้งในประเทศ และต่างประเทศแต่ในหลักการแล้วเครื่องฉีดพลาสติกทั้งหลายมีความแตกต่างกันไป เฉพาะรูปแบบของเครื่องฉีด วัสดุที่ใช้ในการผลิต แต่มีจุดมุ่งหมายนำไปใช้งานนั้นที่คล้ายคลึงกัน เครื่องฉีดพลาสติกนั้นแบ่งตามลักษณะของทิศทางการฉีดได้ 4 แบบ ดังนี้

2.4.1.1 แบบ A

เป็นแบบทำงานในแนวนอนพลาสติกไหลเข้าแบบเป็นเส้นตรงตามแนวนอนตั้งฉากกับระนาบของแม่พิมพ์ แบบนี้นิยมใช้กันมากที่สุด (ดังภาพที่ 2.1)

A

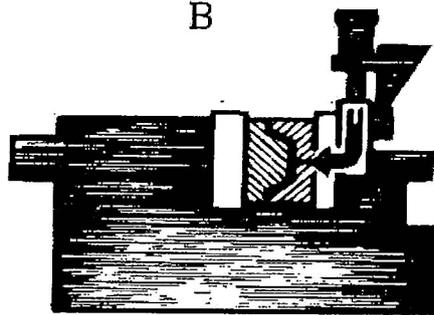


ภาพที่ 2.1 แสดงเครื่องฉีดพลาสติก แบบ A

2.4.1.2 แบบ B

เป็นแบบหัวฉีดอยู่ในแนวตั้งแต่พลาสติกจะไหลเข้าแม่พิมพ์ในแนวนอน โดยพลาสติกเหลวที่ออกจากกระบอกสูบในแนวตั้งแล้วจะเปลี่ยนทิศทางไปเป็น 90 องศา ไปอยู่ในแนวนอน ไหลเข้าไปแบบแนวตั้งฉากกับระนาบของแม่พิมพ์เช่นเดียวกับแบบ A แต่แบบ B นั้นเป็นการออกแบบพิเศษในกรณีที่ทำงานปกติที่ไม่สะดวก (ดังภาพที่ 2.2)

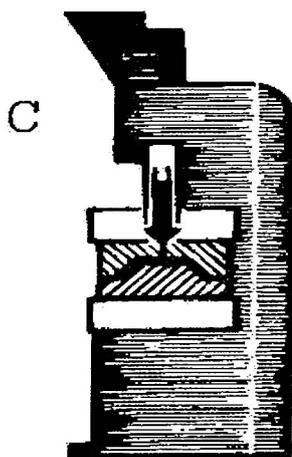
B



ภาพที่ 2.2 แสดงเครื่องฉีดพลาสติก แบบ B

2.4.1.3 แบบ C

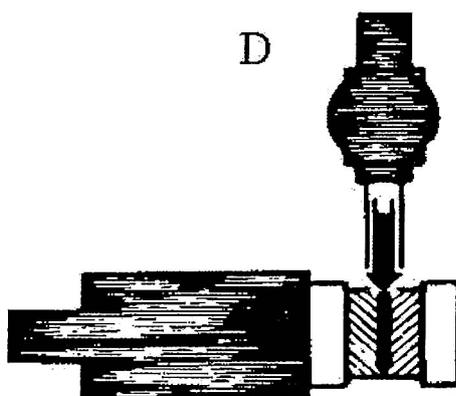
เป็นแบบทำงานในแนวตั้งโดยพลาสติกเหลวจะถูกส่งฉีดเข้าไปในแนวตั้งฉากกับระนาบของแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 แสดงเครื่องฉีดพลาสติก แบบ C

2.4.1.4 แบบ D

เป็นแบบหัวฉีดอยู่ในแนวตั้งโดยพลาสติกเหลวจะถูกส่งฉีดเข้าไปในแนวเดียวกับระนาบของแม่พิมพ์ สำหรับเครื่องหัวฉีดแบบ C และแบบ D เหมาะสำหรับฉีดหุ้มชิ้นส่วนที่เป็นโลหะเช่น ด้ามไขควง ด้ามมีด (ดังภาพที่ 2.4)

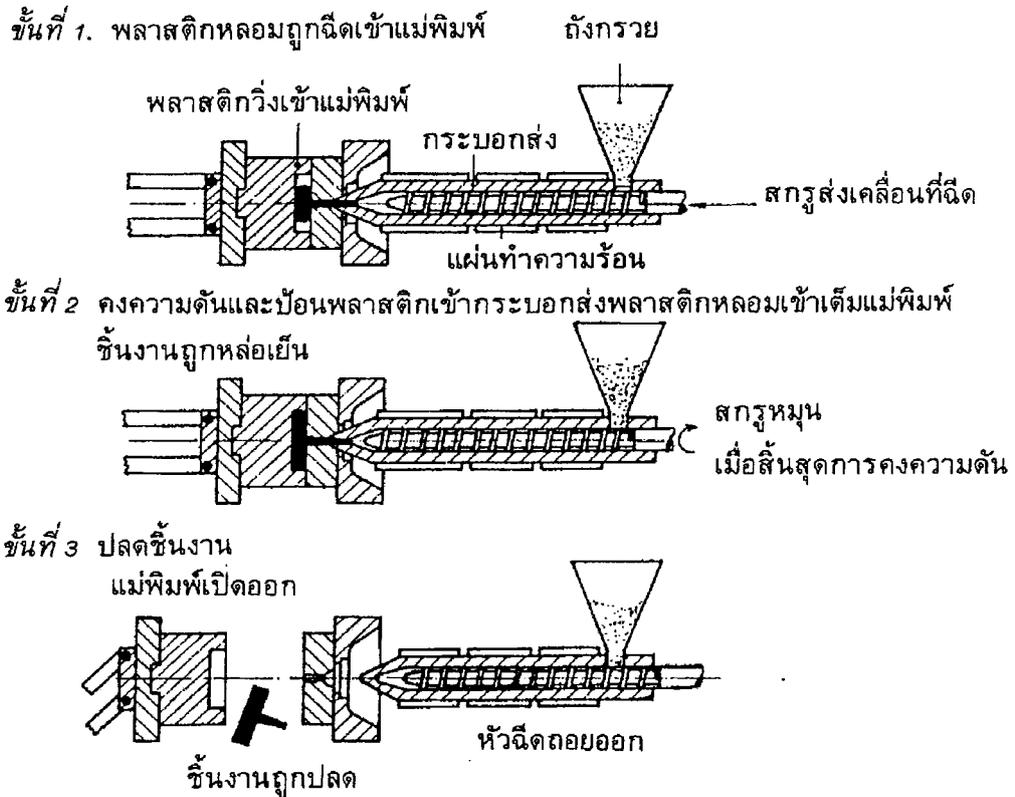


ภาพที่ 2.4 แสดงเครื่องฉีดพลาสติก แบบ D

2.4.2 กรรมวิธีการฉีดพลาสติก

การฉีดพลาสติก คือ การผลิตชิ้นงาน โดยที่ใช้เม็ดพลาสติกป้อนเข้าที่เครื่องฉีด และเครื่องฉีดจะให้ความร้อนเม็ดพลาสติกจนหลอมละลายเป็นของเหลวแล้วฉีดพลาสติกเหลว เข้าไปในแม่พิมพ์

ทำให้ได้รูปร่างชิ้นงานตามแม่พิมพ์ จากนั้นทำการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เช่น กล่องเก็บดินสอ ฝักน้ำ กระดาษพลาสติก ฯลฯ



ภาพที่ 2.5 แสดงขั้นตอนการฉีดพลาสติก

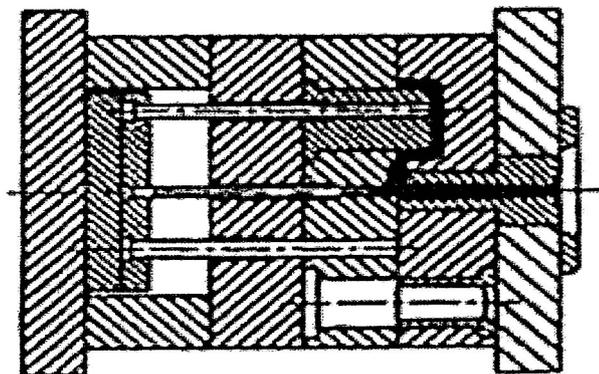
2.5 ทฤษฎีทั่วไปเกี่ยวกับแม่พิมพ์พลาสติก

แม่พิมพ์พลาสติก หมายถึงแม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์พลาสติก ซึ่งการที่จะสร้างแม่พิมพ์ชนิดใดจะขึ้นอยู่กับรูปร่างลักษณะของผลิตภัณฑ์ชนิดพลาสติกและความสะดวกรวดเร็วในการผลิต โดยทั่วไปสามารถจำแนกประเภทแม่พิมพ์พลาสติกได้ดังต่อไปนี้

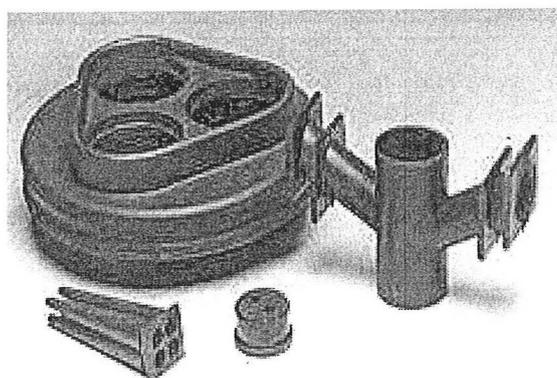
2.5.1 แม่พิมพ์ฉีด (Injection Molding)

เป็นกรรมวิธีการผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกที่นิยมใช้กันมากในปัจจุบันเพราะสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ดีและมีหลายลักษณะงาน เช่น ชิ้นส่วนเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ชิ้นส่วนยานยนต์ เครื่องใช้ในครัวเรือน บรรจุภัณฑ์ ของเด็กเล่น เครื่องสำอาง เป็นต้น การผลิตชิ้นงานนั้นจะใช้เม็ดพลาสติกป้อนเข้าที่เครื่องฉีด เครื่องฉีดจะทำหน้าที่หลอมละลายเม็ดพลาสติกและฉีดพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ คงความดันและอัดพลาสติกเหลวเข้าเต็มแม่พิมพ์และชิ้นงานจะถูกหล่อเย็นด้วยขณะฉีด เพื่อให้ได้ชิ้นงานรูปร่างตามแม่พิมพ์แล้วจึงเปิดแม่พิมพ์เพื่อทำการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยทั่วไปถ้ามีการบำรุงรักษาแม่พิมพ์เป็นอย่างดีจะทำให้อายุการใช้งาน

500,000-1,000,000 Shots ซึ่งตัวอย่างรูปแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ดังภาพที่ 2.6 และ 2.7)



ภาพที่ 2.6 แสดงแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



ภาพที่ 2.7 แสดงผลิตภัณฑ์จากแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2.6 การแบ่งประเภทแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

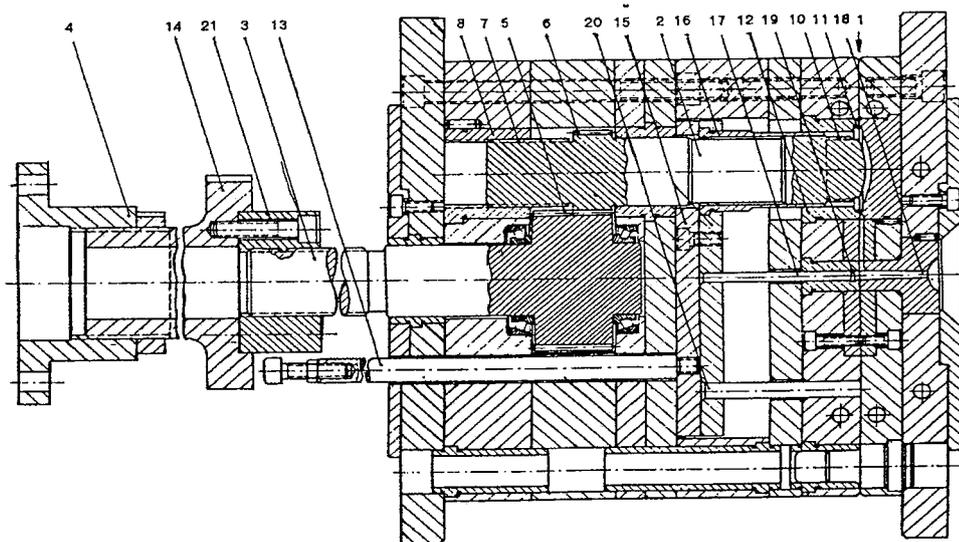
จากคุณสมบัติของพลาสติกที่สามารถแปรรูปร่างได้ตามที่ต้องการ โดยในการแปรรูปต้องมีแม่แบบเป็นตัวทำให้เกิดรูปทรงของชิ้นงานขึ้นสำหรับแม่แบบหรือแม่พิมพ์นั้นที่ใช้ผลิตชิ้นงานด้วยวิธีฉีด จะเรียกว่า “แม่พิมพ์ฉีด” สำหรับแม่พิมพ์ฉีดมีการใช้กันมากในโรงงานอุตสาหกรรมมีอยู่ด้วยกันมากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถแบ่งชนิดของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้ ดังนี้

2.6.1 แม่พิมพ์ฉีดแบบสามแผ่น (Three Plate Mold)

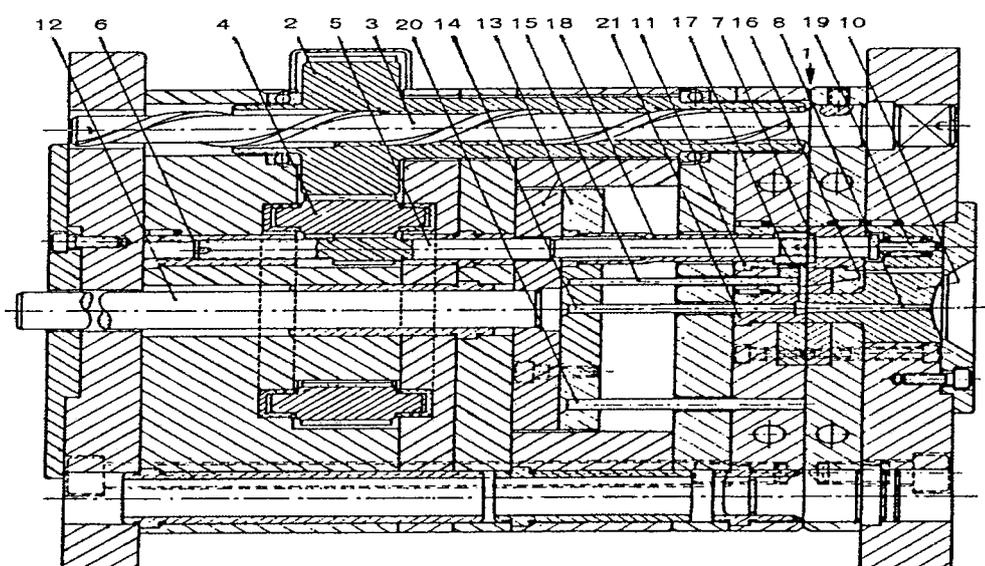
แม่พิมพ์ฉีดแบบสามแผ่น เป็นแม่พิมพ์ฉีดที่ออกแบบให้มีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์สองเส้นหรือมีช่องเปิดแม่พิมพ์ 2 ช่อง ส่วนใหญ่จะใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ต้องการให้มีระบบปลดแกนรูว้างและรูเข้าออกจากชิ้นงานโดยอัตโนมัติ กล่าวคือ เมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีด แม่พิมพ์จะแยกเปิดออกตามแนวเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เส้นที่ 1 ซึ่งในส่วนนี้จะประกอบด้วยแกนรูฉีดและรูว้าง ในขณะเดียวกัน

2.6.3 แม่พิมพ์ฉีดแบบคลายเกลียว (Unscrewing Mold)

เป็นแม่พิมพ์ฉีดที่ออกแบบสำหรับผลิตชิ้นส่วนที่มีร่องหรือบ่าด้านในเช่น ชิ้นงานที่มีเกลียว ในการขึ้นรูปเกลียวจะต้องอาศัยส่วนคอร์ที่เป็นเกลียวและออกแบบให้มีระบบปลดหรือคลายเกลียว โดยอัตโนมัติ เช่น ในกรณีที่เป็นการผลิตชิ้นงานจำนวนน้อยชิ้น ส่วนคอร์ที่เป็นเกลียวอาจนำใส่แม่พิมพ์ด้วยมือ เมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีดแล้ว จึงนำชิ้นงานและส่วนคอร์ออกมาคลายเกลียวข้างนอก ด้วยมือหรือมอเตอร์ขนาดเล็กสำหรับชิ้นงานที่มีจำนวนมากชิ้น การคลายเกลียวของส่วนคอร์อาจจะ เป็นแบบอัตโนมัติหรือกึ่งอัตโนมัติก็ได้ อุปกรณ์ที่ใช้คลายเกลียวอาจใช้มือควบคุมหรือใช้เฟลาเกลียว หยาบหรือเกลียวหลายปากหรือใช้ระบบเฟืองนพเคราะห์ (ดังภาพที่ 2.10-2.11)



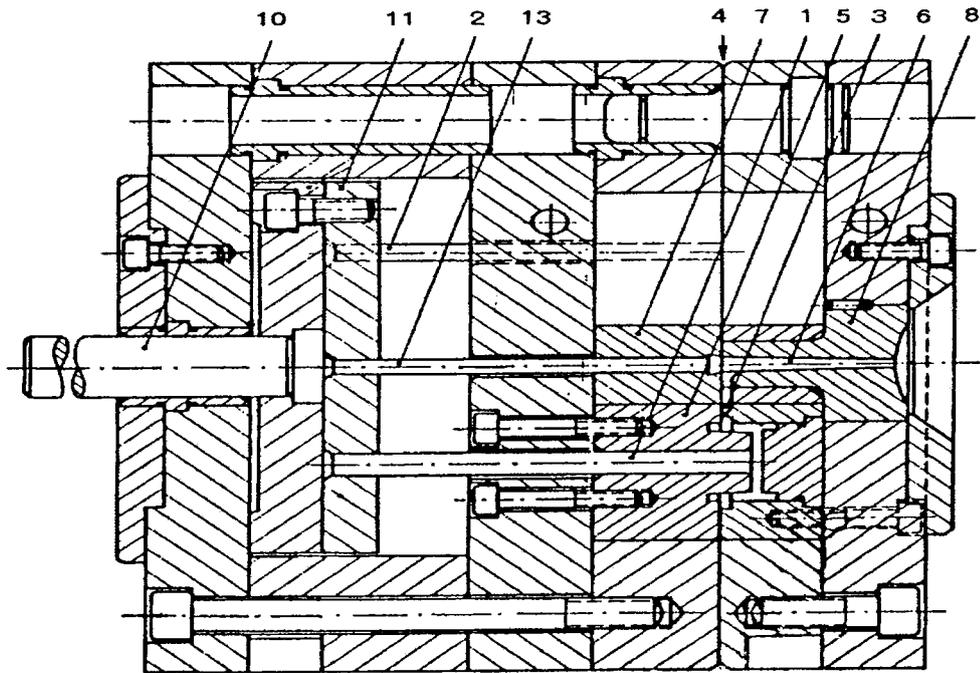
ภาพที่ 2.10 แม่พิมพ์ฉีดแบบคลายเกลียวด้วยเกลียวหลายปาก (Unscrewing Mold)



ภาพที่ 2.11 แม่พิมพ์ฉีดแบบคลายเกลียว ด้วยระบบเฟืองนพเคราะห์

2.6.4 แม่พิมพ์ฉีดแบบสองแผ่น (Two Plate Mold)

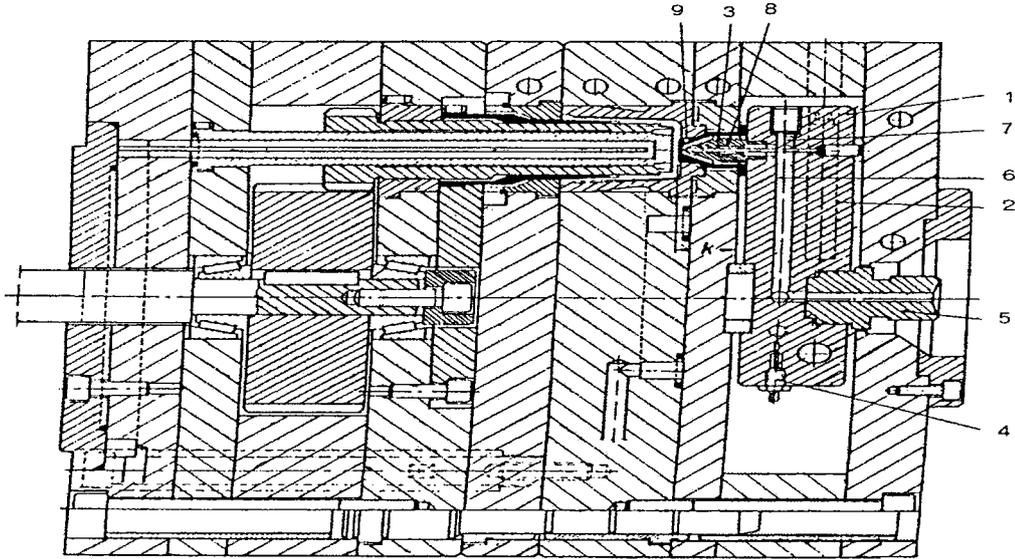
เป็นแม่พิมพ์แบบง่าย ๆ ที่ใช้ผลิตชิ้นงานที่ปราศจากร่องหรือบ่า ลักษณะของแม่พิมพ์แบบนี้จะมีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เพียงเส้นเดียวหรือมีช่องเปิดสำหรับปลดชิ้นงาน แกนรูวิ่งและแกนรูฉีดเพียงช่องเดียวเท่านั้น (ดังภาพที่ 2.12)



ภาพที่ 2.12 แม่พิมพ์ฉีดแบบสองแผ่น (Two Plate Mold)

2.6.5 แม่พิมพ์ฉีดแบบรูวิ่งร้อน (Hot-Runner Injection Mold)

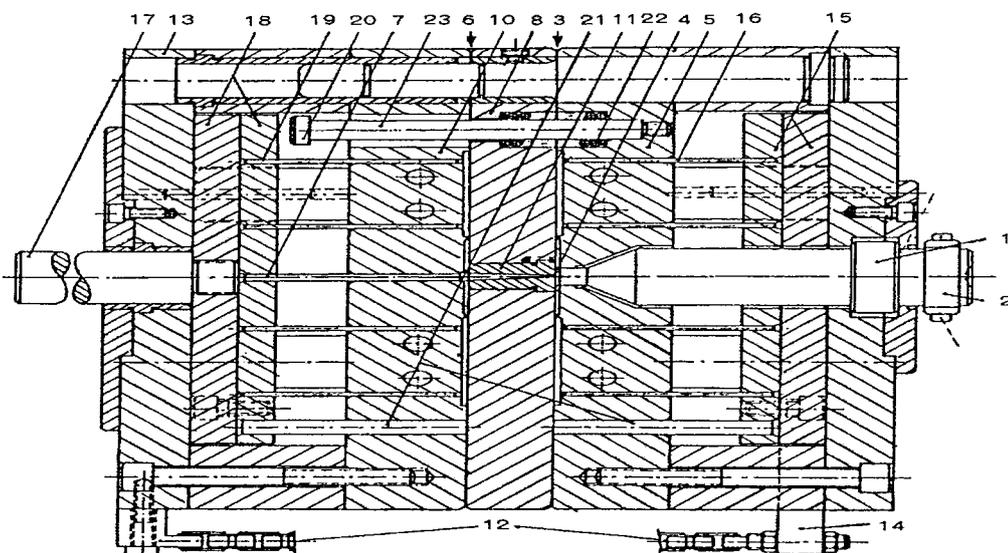
แม่พิมพ์ฉีดแบบรูวิ่งร้อน หรือบางครั้งจะเรียกว่า แม่พิมพ์ฉีดแบบปราศจากรูวิ่งหรือรูฉีด (Sprueless-Runner Mold) เป็นแม่พิมพ์ที่ได้รับการออกแบบเพื่อลดปัญหาที่เกิดจากระบบป้อนของแม่พิมพ์ ทำให้แม่พิมพ์แบบอิมเพรสชันเดียวไม่มีแกนรูฉีดติดอยู่และแม่พิมพ์แบบหลายอิมเพรสชันจำไม่มีแกนรูฉีด แกนรูวิ่งและแกนรูฉีดอยู่ที่ชิ้นงานเมื่อสิ้นสุดขบวนการฉีดเป็นการช่วยประหยัดพลาสติกที่ต้องสูญเสียไปกับระบบป้อนอีกทั้ง นอกจากนี้ยังลดเวลาในการตกแต่งชิ้นงานและปลดแกนรูออกจากชิ้นงานในภายหลังได้อีกด้วยระบบป้อนของแม่พิมพ์จะออกแบบเป็นพิเศษโดยให้มีความร้อนติดอยู่เพื่อให้ความร้อนแก่ระบบป้อนทำให้พลาสติก ที่อยู่ในระบบป้อนมีสภาพหลอมอยู่ตลอดเวลาพร้อมที่จะถูกฉีดเข้าสู่ อิมเพรสชันของแม่พิมพ์สำหรับผลิตชิ้นงานชิ้นต่อไปได้ ทำให้ระยะเวลาในการฉีดชิ้นงานพลาสติกแต่ละชิ้นสั้นลงเป็นการช่วยเพิ่มปริมาณการผลิต เนื่องจากจะต้องมีการออกแบบระบบป้อนเป็นพิเศษทำให้แม่พิมพ์ชนิดนี้มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานจำนวนมากจึงจะคุ้มทุน (ดังภาพที่ 2.13)



ภาพที่ 2.13 แม่พิมพ์ฉีดแบบรูวิ่งร้อน (Hot-Runner Injection Mold)

2.6.6 แม่พิมพ์ฉีดแบบชั้น (Stack Mold)

แม่พิมพ์ฉีดแบบชั้น เป็นแม่พิมพ์ฉีดในการผลิตชิ้นส่วนที่มีขนาดเล็กและยาวหรือ มีขนาดบางแต่กว้าง เช่น ค้ำกรรไกร ไม้แขวนเสื้อ ฝาถังต่างๆ เป็นต้น ในแม่พิมพ์อาจมีหลายอิมเพรสชั่นจนเต็มเนื้อที่ของแผ่นแม่พิมพ์แล้วก็ยังคงมีเนื้อพลาสติกหลอมค้างอยู่ในกระบอกฉีดอีกมาก กล่าวคือ ปริมาณเนื้อพลาสติกหลอมที่เครื่องฉีดพลาสติกสามารถผลิตได้ในแต่ละรอบของการฉีดนั้น มีเหลืออยู่มาก เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์จากเนื้อพลาสติกหลอมที่เครื่องผลิตได้นี้ อาจทำได้โดยการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีแผ่นแม่พิมพ์ซ้อนๆ กันหรือทำแผ่นแม่พิมพ์หลายๆ ชั้นนั่นเอง(ดังภาพที่ 2.14)



ภาพที่ 2.14 แม่พิมพ์ฉีดแบบชั้น (Stack Mold)

2.7 ขั้นตอนการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยแม่พิมพ์

2.7.1 การออกแบบผลิตภัณฑ์

การออกแบบผลิตภัณฑ์ เป็นการกำหนดรูปแบบของผลิตผลหรือผลของการสร้างรูปวัตถุ ให้เกิดเป็นลักษณะต่างๆ ออกมาให้สามารถมองเห็นและสัมผัสได้ จำเป็นต้องผ่านกระบวนการต่างๆ ทาง การออกแบบและการผลิต ซึ่งโดยรวมแล้วจะพิจารณาจากวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนตามหลักเกณฑ์ที่ว่า ออกแบบทำไม เพื่อใคร ที่ไหน อะไร อย่างไร และมูลค่าเท่าไร ซึ่งนักออกแบบจำเป็นต้องนำเอา วัตถุประสงค์ดังกล่าวมาผสมผสานความคิดเพื่อให้ได้สินค้าที่มีความเหมาะสม และเป็นไปตามความ ต้องการของตลาด

ในกระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์นั้นประกอบด้วย 2 ประการ คือ

1. การศึกษาเบื้องต้น ซึ่งเป็นกระบวนการเตรียมแผนการออกแบบซึ่งได้มาจากการศึกษาค้นคว้าวิจัย และข้อมูลด้านอื่นๆ เช่น การตลาด การผลิต ต้นทุน ประเภทวัสดุที่ใช้ รูปร่าง และ ความต้องการของผู้ใช้ เป็นต้น เพื่อกำหนดเป็นแนวทางในการออกแบบผลิตภัณฑ์
2. การออกแบบ เมื่อได้ข้อมูลเบื้องต้นและแนวทางของผลิตภัณฑ์แล้วจึงนำมาประมวลผลเพื่อออกแบบให้ออกมาเป็นผลิตภัณฑ์ ในรูปของหน้าที่การใช้งานและรูปทรงด้วยการร่าง ภาพหรือสร้างเป็นหุ่นจำลองที่มีรายละเอียด เพื่อประกอบการอธิบายในการตัดสินใจสร้างเป็น ผลิตภัณฑ์ต่อไป

การออกแบบเบื้องต้นได้รับการยืนยัน ให้ดำเนินการผลิต ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ต้องการ ดำเนินการเสนอแบบจริงที่สื่อความหมายให้เป็นที่เข้าใจได้ ซึ่งในส่วนนี้คือการเขียนแบบงานที่แสดง โครงสร้างและสัดส่วน ตลอดจนรายละเอียดปลีกย่อยเพื่อขยายความชัดเจนของผลิตภัณฑ์นั้น

ในปัจจุบันการออกแบบและเขียนแบบได้อาศัยคอมพิวเตอร์ เข้ามาช่วยที่รู้จักในนามของ คอมพิวเตอร์ ช่วยออกแบบ หรือเขียนแบบ (Computer Aided Design / Drafting) ซึ่งข้อมูลที่ป้อนเข้าไป เพื่อให้เกิดเป็นรูปร่างผลิตภัณฑ์ หรือแบบงานจะถูกบันทึกไว้ในส่วนของตัวเก็บข้อมูล (Hard Disk) ทั้งนี้ เมื่อมีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์หรือแบบงานจึงสามารถเรียกกลับมาใช้งานได้อย่างสะดวก รวมทั้ง ยังเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ส่งต่อไปให้กระบวนการสร้างต้นแบบได้ผลงานที่ถูกต้องและแม่นยำอีกด้วย

2.7.2 ต้นแบบ

เมื่อผ่านกระบวนการออกแบบจนสามารถนำไปเป็นสินค้าที่ต้องการผลิตแล้ว เพื่อให้เกิดการ มั่นใจในสินค้าควรจัดให้มีการทำต้นแบบขึ้นเพื่อให้เห็นรูปร่าง ขนาด สี สัน ประเภทของวัสดุที่ใช้ เป็นต้น ซึ่งกระบวนการในการสร้างต้นแบบได้มีวิวัฒนาการมาอย่างต่อเนื่อง ดังนี้

ในยุคแรก ๆ ของการทำต้นแบบ ผู้ผลิตสินค้าจะอาศัยช่างฝีมือในการขึ้นรูปต้นแบบจากวัสดุ

ที่มีอยู่ทั่วไป เช่น ดินเหนียว ไม้ ปูนปลาสเตอร์ เป็นต้น ต่อมาเมื่อมีการพัฒนาเครื่องจักรกลและวัสดุที่มีคุณสมบัติเทียบเท่าวัสดุเดิม การทำต้นแบบจึงได้อาศัยเครื่องจักรกลในการขึ้นรูปให้เป็นไปตามการออกแบบและลดระยะเวลาในการทำได้เป็นอย่างมาก

ปัจจุบันได้มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้เพื่อการออกแบบและการสร้างต้นแบบเป็น อันมาก เนื่องจากเทคโนโลยีด้านการออกแบบได้อาศัยคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย จึงทำให้เกิดการพัฒนาข้อมูลจากการออกแบบมาทำการสร้างต้นแบบได้อย่างรวดเร็วโดยให้ชื่อกระบวนการนี้ว่า “Rapid Prototype” ซึ่งกระบวนการดังกล่าวมีรูปแบบและกรรมวิธีให้ได้มาซึ่งต้นแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับความละเอียด ความเที่ยงตรงของต้นแบบต้องการเช่นใด

ขั้นตอนของกระบวนการ Rapid Prototype มีอยู่ด้วยกัน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ออกแบบผลิตภัณฑ์ด้วยคอมพิวเตอร์ (CAD Model)
2. เปลี่ยนข้อมูลที่ได้จากการออกแบบผลิตภัณฑ์ให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลของกระบวนการ Rapid Prototype
3. ทำการปรับข้อมูลข้างต้น เพื่อแบ่งเป็นชั้นบางๆ ตามแนวหน้าตัดของผลิตภัณฑ์
4. สร้างต้นแบบโดยให้มีการสร้างเนื้อวัสดุขึ้นทีละชั้นตามชั้นตอนที่ผ่านมา
5. ทำความสะอาดชิ้นงานต้นแบบที่ถูกสร้างขึ้น

สำหรับกระบวนการ Rapid Prototype นี้ กรรมวิธีที่นิยมใช้ทำต้นแบบมีอยู่ด้วยกัน 5 วิธี ดังนี้

1. Laminated Object Manufacturing (LOM) กรรมวิธีนี้อาศัยการตัดแผ่น Laminate ด้วยแสงเลเซอร์ ตามรูปร่างโดยรอบของหน้าตัดผลิตภัณฑ์ในแต่ละชั้น โดยมีกาวเป็นตัวประสานให้แต่ละชั้นที่ถูกตัดยึดเข้าด้วยกัน สำหรับกรรมวิธีนี้ความละเอียดของต้นแบบขึ้นอยู่กับความหนาของแผ่น Laminate ที่ใช้
2. Stereolithography (SLA) เป็นกรรมวิธีที่อาศัยลำแสงอุลตราไวโอเล็ต (UV) ทำให้สารละลายที่อยู่ในอ่างเกิดการแข็งตัวตามแนวเส้นรอบรูปของหน้าตัดผลิตภัณฑ์ในแต่ละชั้น จากนั้นชั้นถัดมาจะถูกสร้างขึ้น โดยชั้นที่แข็งตัวแล้วจะลดระดับลงทำให้ความละเอียดของผลิตภัณฑ์จึงขึ้นอยู่กับการลดระดับของแต่ละชั้น
3. Selective Laser Sintering (SLS) เป็นการสร้างต้นแบบที่อาศัยลำแสงเลเซอร์ทำให้วัสดุที่เป็นต้นแบบเกาะตัวเข้าด้วยกันทีละชั้น โดยแต่ละครั้งในการก่อตัวเป็นรูปร่างผงวัสดุจะถูกเททับส่วนที่เป็นรูปร่างแล้ว ลำแสงเลเซอร์จะทำให้ผงที่ถูกเททับนั้นหลอมติดกับชั้นที่ผ่านมา
4. Fuse Deposition Model (FDM) เป็นกรรมวิธีคล้ายการแตงหน้าเค้ก หรือ การบีบยาสีฟันออกจากหลอด ซึ่งการขึ้นรูปในแต่ละชั้นจะมีลักษณะเหมือนกับทุกกรรมวิธีที่ผ่านมา

กล่าวคือเมื่อชั้นแรกได้ถูกสร้างขึ้นแล้วระดับชั้นแรกเพื่อสร้างชั้นถัดๆ ไปสำหรับความละเอียดของต้นแบบชนิดนี้ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวฉีดเติมเนื้อวัสดุเพื่อพอกในแต่ละชั้น

5. 3 –D Printer (3DP) มีหลักการทำงานคล้ายคลึงกับเครื่องพิมพ์เอกสารที่ใช้อยู่ทั่วไป แต่การสร้างต้นแบบด้วยวิธีนี้เป็นการพ่นตัวประสานลงบนเนื้อวัสดุแต่ละชั้น เพื่อเกิดการเกาะตัวกันของเนื้อวัสดุในระหว่างการขึ้นรูป ซึ่งกรรมวิธีนี้สามารถให้ความละเอียดของต้นแบบอยู่ในระดับที่ดีมากเนื่องมาจากความละเอียดของผงวัสดุนั่นเอง

ดังนั้นในการสร้างต้นแบบเพื่อให้มีความสมบูรณ์นั้น ควรพิจารณาเลือกกรรมวิธีที่เหมาะสมกับลักษณะของต้นแบบที่ต้องการนำไปใช้งาน

2.7.3 การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์

2.7.3.1 การออกแบบแม่พิมพ์

ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ใดๆ ก็ตามที่มีจำนวนมากจำเป็นต้องอาศัยแม่พิมพ์ที่สามารถครอบคลุมถึงคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ให้ได้ทั้ง รูปทรง ขนาด น้ำหนัก ตามที่ผู้ออกแบบกำหนดไว้ ซึ่งลักษณะของกรรมวิธีการผลิตที่แตกต่างกันจะส่งผลโดยตรงมาจากแม่พิมพ์ที่นำมาใช้งาน ดังนั้นการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งต้องยึดหลักการที่ว่า

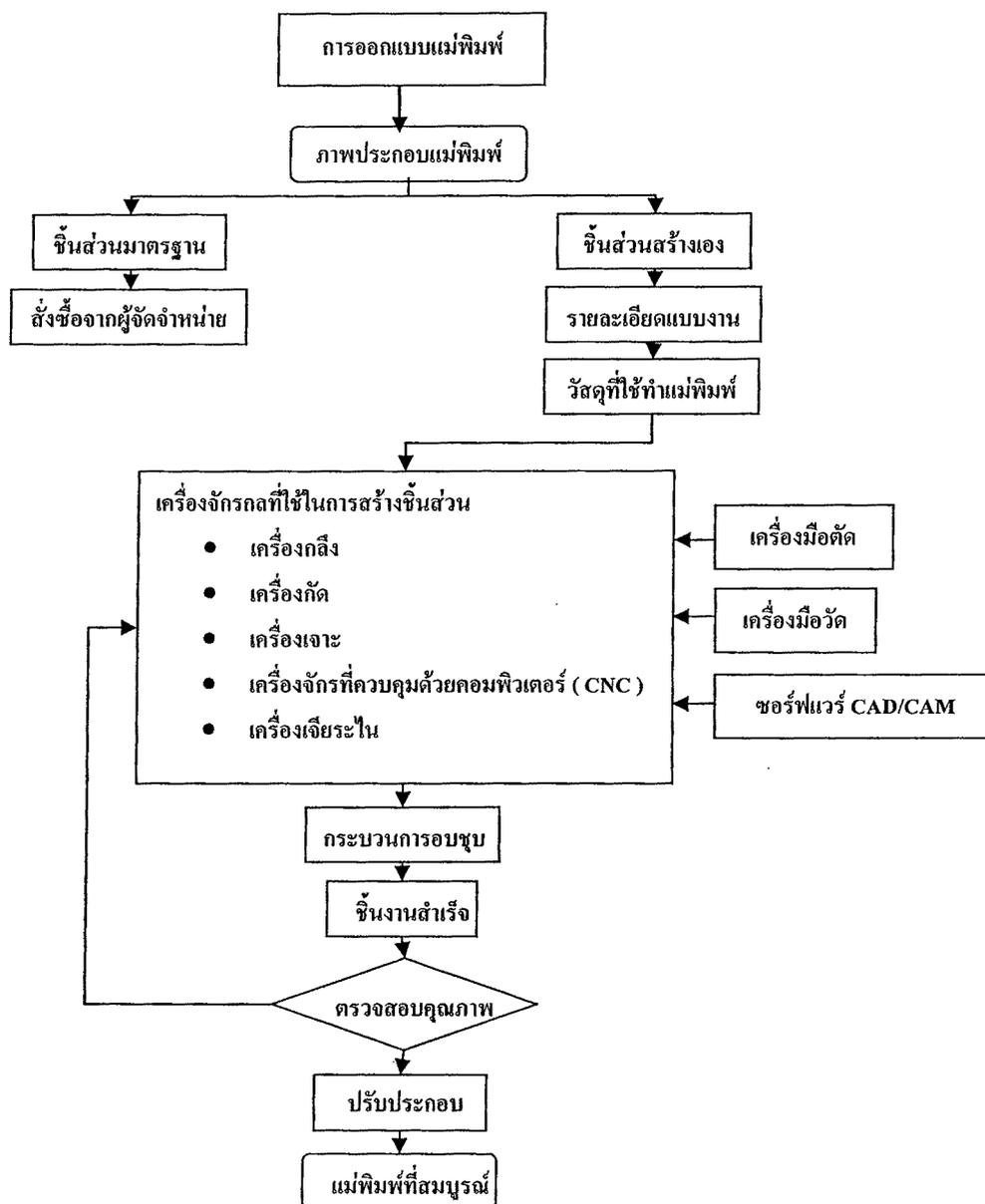
- แม่พิมพ์คุณภาพดี ผลผลิตที่ดีย่อมเกิดขึ้น
- แม่พิมพ์ผลิตขึ้นงานออกมาได้เร็ว ผลตอบแทนจากการลงทุนจะคืนกลับมาโดยเร็ว
- แม่พิมพ์มีราคาที่เหมาะสม ย่อมส่งผลให้ได้เปรียบทางธุรกิจ

ดังนั้น พอสรุปได้ว่า การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต้องคำนึงถึง คุณภาพ การส่งมอบ และราคาที่เหมาะสม ซึ่งเป็นปัจจัยหลักของอุตสาหกรรมนี้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายทั้ง 3 ประการข้างต้น การออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีจึงควรพิจารณาถึงปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1. มาตรฐานการออกแบบ ซึ่งในการออกแบบแต่ละครั้ง จำเป็นต้องมีมาตรฐานที่ดีโดยการกำหนดกฎเกณฑ์ต่างๆ นั้น สามารถกระทำได้ โดยผู้ผลิตแม่พิมพ์เองหรือเป็นมาตรฐานที่ลูกค้ากำหนดให้
2. เลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐานที่เหมาะสม เพื่อช่วยลดเวลาในการออกแบบ
3. สามารถนำแม่พิมพ์ไปใช้ในการผลิตได้โดย ไม่มีอุปสรรคใดๆ เกิดขึ้น
4. เลือกวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ได้อย่างเหมาะสมกับปริมาณการผลิต เพื่อลดต้นทุนในการทำแม่พิมพ์
5. ลดความสลับซับซ้อน ในการทำงานของแม่พิมพ์ เพื่อให้เกิดความสะดวกและรวดเร็วในการซ่อมบำรุงเมื่อเกิดความเสียหายระหว่างกระบวนการผลิต

2.7.3.2 การสร้างแม่พิมพ์

การสร้างแม่พิมพ์มีลำดับขั้นตอนของการดำเนินงาน (ดังภาพที่ 2.15) ดังนี้



ภาพที่ 2.15 แสดงขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์

2.8 คุณสมบัติวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือสำหรับงานแม่พิมพ์คือเหล็ก โดยเหล็กที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์จะอยู่ในกลุ่มของเหล็กกล้าเครื่องมือ ซึ่งเหล็กกล้าเครื่องมือจัดเป็นเหล็กกล้าที่มี

คาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆในปริมาณสูง เพื่อให้มีความสามารถในการชุบแข็งสูงเหมาะสำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติด้านทานการสึกหรอ คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กกล้าเครื่องมือ ได้แก่

2.8.1 ความสามารถในการชุบแข็ง (Harden Ability)

คือคุณสมบัติที่เหล็กกล้าที่บ่งถึงความยากง่ายในการชุบแข็งและความลึกของเหล็กที่แข็งขึ้นจากการชุบแข็ง คุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีและขนาดของเกรนของเหล็กกล้า โดยเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูง จะสามารถทำการชุบแข็งได้ง่ายด้วยลม แต่ถ้าเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำ การชุบแข็งด้วยลมจะไม่สามารถทำให้ได้เฟสมาร์เทนไซต์ จึงอาจต้องทำการชุบแข็งด้วยน้ำหรือของเหลวอื่น ซึ่งจะมีผลต่อการบิดตัวของชิ้นงานที่ทำการชุบ คุณสมบัติเพิ่มขึ้นตามปริมาณธาตุผสม ดังนั้นการทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแข็งสูงตลอดชิ้น หรือสามารถชุบแข็งได้ลึก จึงควรเลือกใช้เหล็กกล้าที่มีธาตุผสมสูง โดย โคบอลต์เป็นเพียงธาตุเดียวที่ลดคุณสมบัตินี้

2.8.2 ความเหนียว (Toughness)

คือ ความสามารถในการรับพลังงานของวัสดุก่อนที่จะเกิดการแตกหัก เหล็กกล้าเครื่องมือที่ถือว่ามีคุณสมบัติด้านความเหนียวที่ดี คือ กลุ่มที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำหรือปานกลาง คุณสมบัตินี้จำเป็นสำหรับการใช้งานในสภาวะที่ต้องรับแรงกระแทก

2.8.3 ความทนต่อการเสียดสี (Wear Resistance)

คือ ความสามารถทนต่อการถูกขัดสี ซึ่งรวมถึงการเสียดสีของคมตัดด้วย คุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับความแข็งของเหล็ก และปริมาณคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (คาร์ไบด์ที่ไม่ละลายตัว เมื่อมีการใช้งานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง) โดยหากเหล็กกล้าเครื่องมือมีความแข็งสูงก็จะทนการเสียดสีได้ดี หรือหากมีคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (แม้อุณหภูมิสูง) ก็จะทำให้ทนการเสียดสีได้ดีขึ้นเช่นกัน เนื่องจากคาร์ไบด์จะมีความแข็งสูง

2.8.4 การรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (Red-Hardness)

เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือที่ต้องได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่า 480 °C โดยธาตุผสมที่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ที่เสถียรจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัตินี้ ซึ่งจะช่วยให้เหล็กกล้าเครื่องมือไม่อ่อนลง (ความแข็งลดลง) อันเนื่องมาจากผลของความร้อนในขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูง หรือในขณะทำการอบคืนตัว (Tempering)

2.8.5 ความสามารถในการตัดเฉือน (Machinability)

คือ ความสามารถของโลหะที่ถูกตัดเฉือน ตกแต่งได้ง่าย และมีผิวที่เรียบภายหลังการตัดเฉือน

2.8.6 ความต้านทานการสูญเสียคาร์บอน (Resistance to Decarburization)

การสูญเสียคาร์บอนซึ่งจะเกิดเมื่ออบเหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °C (1300°F) เป็นผลให้ความแข็งที่ได้ภายหลังจากชุบแข็งต่ำลง เหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคุณสมบัติที่ต่ำจะต้องมีวิธีป้องกันควบคุมบรรยากาศในการอบชุบความร้อนเพื่อไม่ให้ชิ้นงานสูญเสียคาร์บอน โดยเฉพาะที่ผิว สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลักจะสามารถต้านทานการสูญเสียคาร์บอนได้ดี

2.8.7 การไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาด (Non Deformation Properties)

คุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความสามารถในการชุบแข็ง โดยทั่วไปเหล็กกล้าที่สามารถชุบแข็งได้ด้วยลมจะมีการบิดตัวน้อยที่สุด เหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำมันทำให้เกิดการบิดตัวปานกลาง และเหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำทำให้เกิดการบิดตัวสูงที่สุด ดังนั้นในการออกแบบเลือกเหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านนี้ด้วย

2.9 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับเหล็กกล้า

เหล็กกล้าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือนั้นสามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งานได้ 6 ประเภทดังนี้

2.9.1 เหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ

เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon) ที่ผสมคาร์บอน ตั้งแต่ 0.60-1.40% ดังนั้นคุณสมบัติด้านการชุบแข็ง หรือความลึกของผิวชุบแข็งจึงต่ำ และจำเป็นต้องชุบแข็งด้วยน้ำ ในบางกรณีอาจมีการผสมโครเมียมหรือวานาเดียมลงไปเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และทนต่อการเสียดสี เหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีราคาถูกกว่ากลุ่มอื่น และมีจุดเด่น คือ สามารถกลึงไสเพื่อตกแต่งชิ้นงานได้ง่าย สูญเสียคาร์บอนที่ผิวยาก จุดด้อยของเหล็กกลุ่มนี้ คือ การชุบแข็งด้วยน้ำอาจมีผลทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวได้ง่าย และไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ จึงไม่สามารถใช้สำหรับงานตัดที่รุนแรงหรือใช้งานซ้ำๆ กันจนเกิดความร้อนได้ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงไม่นิยมใช้งานกัน อาจมีการใช้งานบ้างสำหรับทำเครื่องมือตัดที่ใช้ความเร็วต่ำและตัดด้วยแรงเบาๆ เช่น ไม้ อะลูมิเนียม แม่พิมพ์สำหรับทุบขึ้นรูปเย็น (Cold Heading) เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกลุ่มนี้ เช่น W1 W2 และ W5

2.9.2 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น (Cold Work Tool Steels)

เป็นกลุ่มที่ใช้ผลิตเครื่องมือสำหรับนำไปใช้งานแปรรูปโลหะที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการแปรรูป เช่น แม่พิมพ์ตัดแผ่น โลหะเย็น ใบมีดตัดกระดาษ คัดเตอร์ เป็นต้น คุณสมบัติสำคัญที่ต้องการสำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการกลึงไสดี เปลี่ยนแปลงขนาดน้อยหลังการชุบแข็ง (เนื่องจากการชุบแข็งจะทำโดยการชุบน้ำมันหรือให้เย็นตัวในอากาศ) ต้านทานการสึกหรอสูง และมีความเหนียวทนแรงอัดกระแทกได้ดี เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น สามารถจำแนกออกได้เป็น

1. เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยน้ำมัน เป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอสูง และมีความแข็งสูง ซึ่งเป็นผลมาจากมีปริมาณคาร์บอนสูง และคาร์ไบด์ขนาดเล็กที่มีอยู่

อย่างกระจัดกระจาย วัสดุผสมเพียงเล็กน้อยของโครเมียม โมลิบดีนัม และทังสเตน ทำให้สามารถชุบแข็งได้ด้วยน้ำมัน ซึ่งมีข้อดีกว่าเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ เนื่องจากการชุบแข็งด้วยน้ำมัน จะทำให้ชิ้นงานบิดตัว และมีโอกาสแตกน้อยกว่าการชุบแข็งด้วยน้ำอย่างมาก ตัวอย่างการใช้งานเหล็กกล้ากลุ่มนี้ ได้แก่ เครื่องทำเกลียวใน (Taps) ดอกคว้าน (Reamers) ใบตัด (Circular Cutters) มีดแทงขึ้นรูป (Broaches) ดอกเจาะ (Drills) แม่พิมพ์เจาะรู (Blanking Dies) หัวกด (Punches) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Forming Dies) แม่พิมพ์สำหรับงานตัดขอบเย็น (Cold-Trimming Dies) ใบมีดตัดขนาดเล็ก (Small Shear Blades) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep Draw Dies) รวมถึงแม่พิมพ์สำหรับพลาสติกหรือยาง เป็นต้น

โดยทั่วไปเกรดที่มีการใช้งานกันมาก ได้แก่ O1 เนื่องจากมีความสามารถในการชุบแข็งสูง และเกรนขยายตัวช้าที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังมีความเหนียวเหนือกว่าเกรดอื่นๆ เล็กน้อย สำหรับเกรด O6 จะมีคุณสมบัติกลึงไสที่ดีในสภาพการอบอ่อน เนื่องจากการฟอร์มตัวของ เกล็ดกราไฟต์ แต่คุณสมบัติการรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงยังต่ำพอๆ กับเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ สำหรับการใช้ในงานที่ต้องการอายุการใช้งานที่นานขึ้นอาจใช้เกรด O7 ซึ่งมีคุณสมบัติด้านทนการสึกหรอสูงที่สุด

2. เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยลม เป็นกลุ่มที่มีวัสดุผสมมากกว่าเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยน้ำมัน โดยมีปริมาณคาร์บอนสูงและธาตุผสมสูงปานกลาง ซึ่งจากปริมาณธาตุผสมที่สูงทำให้เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้มีความสามารถในการชุบแข็งสูง ซึ่งเพียงพอที่จะชุบแข็งให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ด้วยลม การเย็นตัวในอัตราที่ต่ำจะทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวน้อย ลดโอกาสที่ชิ้นงานจะแตกได้ และมีคุณสมบัติการไม่เปลี่ยนรูปร่าง หรือขนาดได้เยี่ยมมากในระหว่างการอบชุบความร้อน นอกจากนี้ปริมาณคาร์ไบด์จำนวนมากทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการเสียดสีที่ดี อย่างไรก็ตามแม้ว่าจะมีวัสดุผสมที่สูงแต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เหล็กกล้ากลุ่มนี้ มีคุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้สูงพอที่จะใช้กับงานร้อน หรืองานตัดความเร็วสูง ดังนั้นส่วนใหญ่เหล็กกล้ากลุ่มนี้จึงเหมาะกับการใช้งานเย็นเท่านั้น การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้งานได้ประเภทเดียวกับกลุ่มที่ชุบด้วยน้ำมัน แต่คุณสมบัติที่เหนือกว่า คือ ความสามารถในการชุบแข็ง ซึ่งจะมีข้อได้เปรียบด้านการบิดเบี้ยวของชิ้นงานที่น้อยกว่า และเพิ่มความปลอดภัยในระหว่างการชุบแข็ง เกรดที่นิยมใช้งานกันมาก ได้แก่ A2 สำหรับเกรดอื่นที่มีการใช้งานอยู่บ้าง ได้แก่ A6 A8 และ A10 (มีกราฟไฟต์อิสระใน โครงสร้าง เพื่อเพิ่มความสามารถในการกลึงไส)

3. เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทคาร์บอนสูงและโครเมียมสูง เป็นกลุ่มเหล็กที่มีการใช้งานกันมากที่สุดในกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น วัสดุผสมหลัก คือ คาร์บอน โครเมียม และ โมลิบดีนัม โดยมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอและการเสียดสีที่ดีเยี่ยมทำให้สามารถรักษาคมตัด

ไว้ได้นานซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณคาร์ไบด์ในระดับสูง และโครงสร้างเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ ภายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัว (Tempering)

4. การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้งานได้ทุกประเภทเช่น แม่พิมพ์เจาะรู (Blanking Dies) ใบมีดตัด (Slitting Cutters) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Forming Dies) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep Draw Die) แม่พิมพ์ดึงลวด (Wire Draw Dies) แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปเย็น (Cold-Extrusion Dies) ลูกรีดสำหรับดัดโค้งและขึ้นรูป (Bending and Forming Rolls) ใบมีด (Shear Blades) ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ทนต่อการสึกหรอ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่นิยมใช้งานสำหรับงานแม่พิมพ์และหัวกดของงานขึ้นรูปเย็น งานเจาะรู (Blanking) เหล็กเกรด D2 จะหาซื้อได้ง่ายและมีการใช้งานมาก สำหรับการใช้งานที่ต้องการอายุยาวนานขึ้นอาจเลือกใช้กลุ่มที่มีคาร์บอนสูงกว่า ได้แก่ D3 D4 และ D7 ซึ่งจะมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่า D2 แต่จะมีข้อจำกัด คือ การกลึงไสทำได้ยากขึ้น

2.9.3 เหล็กกล้าเครื่องมือทนต่อแรงกระแทก (Shock Resisting Tool Steels)

เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ ที่พัฒนาให้มีความเหนียว ความแข็งแรง และความต้านทานการสึกหรอสูง เพื่อใช้สำหรับงานที่ต้องรับแรงกระแทกซ้ำๆ กัน เช่น สิว (Chisel) หัวกด (Punch) และแม่พิมพ์โลหะ (Die) เป็นต้น โดยความเหนียวสูงเป็นผลจากปริมาณคาร์บอนในระดับปานกลาง และทำให้ภายหลังการอบความร้อนที่เป็น โครงสร้างมาร์เทนไซต์ และมีคาร์ไบด์ละเอียดที่กระจาย กระจาย นอกจากนี้ธาตุแมงกานีส โครเมียม โมลิบดีนัม จะช่วยเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัว (Tempering) ซิลิกอนจะเพิ่มความแข็งให้กับเฟอไรต์ และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัวด้วย แต่ข้อเสียของเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้เป็นผลจากปริมาณซิลิกอน ซึ่งจะเร่งให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย ทำให้ความต้านทานต่อการสึกหรอ และความต้านทานต่อความล้าต่ำลง ดังนั้นในการอบชุบความร้อนจะต้องระวังเรื่องนี้ให้มาก เกรดที่นิยมใช้งาน เช่น S1 S2 S5 และ S7 โดย S1 เป็นเกรดที่นิยมใช้งานมาก เพราะจะมีส่วนผสมของทั้งสแตนดาร์ด ซึ่งจะเพิ่มคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอ เพิ่มความเหนียว และเพิ่มความสามารถในการรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงให้ดีกว่าเกรด S อื่นๆ จึงสามารถใช้ในงานที่ต้องทนต่อความร้อนได้ การใช้งาน เช่น สิว ใบมีดตัด แม่พิมพ์ขึ้นรูป ดอกเจาะหิน เป็นต้น

2.9.4 เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน (Hot Work Tool Steels)

ในงานบางประเภทที่ต้องใช้อาศัยอุณหภูมิสูงในการแปรรูป เช่น งานตีขึ้นรูปร้อน (Hot Forging) งานฉีดหล่อ (Die Casting) งานรีดร้อน (Hot Extrusion) งานตัดร้อน (Hot Shear Blade) งานอัดร้อน (Hot Press) สิ่งสำคัญ คือ เหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องรักษาคุณสมบัติความแข็งที่อุณหภูมิสูงได้ดี (Red Hardness) ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal Shock) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่

อุณหภูมิสูง และมีความเหนียวที่ดี วัสดุผสมที่จะทำให้ได้คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ โครเมียม โมลิบดีนัม และทังสเทน ซึ่งผลรวมของธาตุเหล่านี้จะต้องมีปริมาณอย่างน้อย 5% เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีการใช้งาน สามารถจำแนกออกได้เป็น

1. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลักจะมีโครเมียมตั้งแต่ 3.25% ขึ้นไป และธาตุผสมอื่นอีกเล็กน้อย เช่น วานาเดียม ทังสเทน โมลิบดีนัม ปริมาณคาร์บอนปานกลางจะ ช่วยส่งเสริมให้มีคุณสมบัติความเหนียวที่ดีคาร์ไบด์ของโครเมียมและธาตุผสมอื่น ที่จัดกระจาย ละเอียดและขยายตัวช้าในขณะที่ใช้งาน ทำให้ได้คงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ซึ่งคุณสมบัติที่ดีเหล่านี้ ทำให้เหมาะสำหรับใช้ในงานตีขึ้นรูปร้อน และงานฉีดหล่อ (Die Casting) นอกจากนี้ยังสามารถชุบ แข็งได้ด้วยลมแม้ชิ้นงานจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม เหล็กกล้ากลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด
2. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีทังสเทนเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้จะ ด้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก การใช้งาน เช่น แมนเดรลสำหรับแม่พิมพ์งานอัดขึ้นรูปทองเหลือง โลหะนิกเกิลผสม และเหล็กกล้า สำหรับเกรดที่มีการใช้งาน คือ H21 อย่างไรก็ตาม เหล็กเกรดนี้มีความเหนียวที่อุณหภูมิต่ำกว่ากลุ่มที่มีโครเมียม เป็นส่วนผสมหลัก และจะมีราคาแพง เนื่องจากทังสเทนเป็นส่วนผสมที่มีราคาสูง การใช้งานจึงไม่ นิยมใช้ โดยจะสามารถเลือกใช้เป็นกลุ่มที่ผสม โมลิบดีนัมแทน ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน
3. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโมลิบดีนัมเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่มีทังสเทนเป็นส่วนผสมหลัก จึงทำให้กลุ่มมีข้อได้เปรียบมากกว่าทั้ง ในด้านราคาที่ถูกลง และความต้านทานต่อการแตกร้าว (Heat Cracking) ในขณะที่ใช้งานลักษณะร้อน เย็นสลับกัน แต่ข้อควรระวัง คือ ในการอบชุบจะสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย จึงต้องใช้เตาที่ควบคุม บรรยากาศกรด

2.9.5 เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic Mold Steels)

เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะใช้งานในช่วงอุณหภูมิ 175-200°C ภายใต้อุณหภูมิสูง มีการกัดกร่อนจากสารเคมี และต้องรับแรงเสียดสีกับผงพลาสติกด้วย ดังนั้นคุณสมบัติสำคัญจะต่างไป จากเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มอื่น โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาถึงได้แก่ ความสามารถในการกลึงไส ความต้านทานแรงอัด ความแข็งที่ผิวสูง ความแข็งแรงที่แกนสูง ความแน่นอนของขนาดภายหลังการชุบ แข็ง ความสามารถในการขัดผิวให้เรียบ ความต้านทานการกัดกร่อนที่ผิว เหล็กกล้ากลุ่มนี้สามารถใช้ ผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบฉีดสำหรับโลหะผสมที่มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น สังกะสี และตะกั่ว ได้เช่นกัน เหล็กกล้าแม่พิมพ์ที่มีการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกกลุ่ม Pre-Hardened Steels เป็นกลุ่มที่มีคาร์บอนระดับ 0.20-0.30% มีโครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัมผสมในระดับปานกลาง เหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติการกลึงไสดีมาก โดยในการผลิตแม่พิมพ์จะนำเหล็กมาชุบแข็งก่อนการเจาะหรือตัดให้เป็นช่องว่าง และภายหลังทำเป็นแม่พิมพ์แล้วก็ไม่จำเป็นต้องชุบแข็งอีกสามารถใช้งานได้เลยหรืออาจทำการชุบแข็งผิวด้วยวิธีการบูโรซึ่งเพื่อเพิ่มความแข็ง และการต้านทานต่อการสึกหรอเกรดที่นิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ P20 ซึ่งเป็นเกรดที่มีธาตุผสมต่ำ ทำให้การใช้งานมีข้อจำกัดสำหรับชิ้นงานขนาดใหญ่ P20 ยังเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทำแม่พิมพ์งานฉีดหล่อ (Die Casting) โลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น สังกะสี ตะกั่ว และดีบุก อีกเกรดที่นิยม ได้แก่ P21 ซึ่งผสมนิกเกิล และอะลูมิเนียม ดังนั้นเกรดนี้จึงมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอ และมีความเหนียวมากกว่า P20 ที่ความแข็งเดียวกัน สำหรับการชุบแข็งผิวเหล็กกล้าเกรดนี้จะไม่สามารถทำได้ด้วยวิธีการบูโรซึ่ง แต่จะใช้วิธีไนตรายิ่งแทน

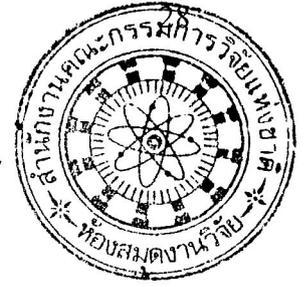
2. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกกลุ่ม Case Hardening Steels เป็นกลุ่มที่มีคาร์บอนต่ำระดับ 0.07-0.10% ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตแม่พิมพ์ด้วยการกัด โดยการผลิตจะนำเหล็กกล้ามาทำการอบอ่อนก่อนการกัด แล้วจึงนำไปชุบผิวแข็ง ซึ่งอาจทำด้วยกระบวนการคาร์บูไรซิ่งหรือไนตรายิ่ง (เนื่องจากเหล็กกลุ่มนี้ไม่สามารถทำการชุบแข็งได้) สุดท้ายจึงนำไปขัดผิวให้เรียบหรืออาจนำไปเคลือบผิวด้วยโครเมียมแข็ง เพื่อเพิ่มคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่นิยมใช้ได้แก่ P4 และ P6

3. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกที่ทนการกัดกร่อนสูง ในการใช้งานแม่พิมพ์ที่ต้องการคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนสูงสามารถทำได้โดยการชุบผิวด้วยโครเมียม แต่ก็จะมีปัญหาที่เกิดจากการแตกร่อนของชั้นเคลือบเมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงมีการใช้เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดมาร์เทนซิติค เช่น เกรด 420 440C เป็นต้น โดยจะใช้ในสภาวะที่ต้องการคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนสูง เช่น การฉีดพลาสติกในกลุ่มพีวีซี อะซิเตท (ซึ่งอาจทำให้เกิด HCl ในระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติก) หรือการงานที่มีความชื้นสูงหรือต้องการผิวงานที่สวยงามโดยเหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีความสามารถในการชุบแข็งสูง ต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม ต้านทานการเกิดออกซิเดชันที่อุณหภูมิสูง และมีคุณสมบัติคงรูปจากการอบชุบความร้อนได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้งานสำหรับทำแม่พิมพ์ฉีดแก้วด้วย เช่น แผ่นกระจกบนทีวี และคอมพิวเตอร์ ต้านทานต่อการเกิดสเกลที่อุณหภูมิสูง ความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง และความสามารถในการขัดผิวให้เรียบได้

ตัวอย่างการกำหนดวัสดุ

1.	=	ปลอกรูฉีด (Sprue Bush)
วัสดุ	-	เหล็กผสมคาร์บอนสูง
คุณภาพสำเร็จ	-	ความแข็ง 55-60 HRC

	-	รูปภาพในเป็นผิวขัดเรียบมัน
	-	ชุบ Hard Chrome รู
2.	=	แท่งรอง (Spacer)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียว
คุณภาพสำเร็จ	-	งานปาดผิวเรียบ
3.	=	สลักดันกลับ (Return Pin)
วัสดุ	-	ใช้เหล็กเครื่องมือ
คุณภาพสำเร็จ	-	ชุบความแข็ง 56 + 2 HRC และเจียรระไนเรียบ
4.	=	สลักปะทะ (Stop Pin)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียว
คุณภาพสำเร็จ	-	หัวสลักด้านปะทะเจียรระไนและปรับผิวเรียบ
	-	ชุบแข็ง 45-50 HRC
5.	=	สลักปลด (Ejector Pin)
วัสดุ	-	ใช้เหล็กเครื่องมือ
คุณภาพสำเร็จ	-	ชุบความแข็ง 56 + 2 HRC และเจียรระไนเรียบ
6.	=	แหวนบังคับศูนย์ (Locator Ring)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียว
คุณภาพสำเร็จ	-	งานปาดผิวเรียบ
7.	=	เพลานำ (Guide Pin)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียวหรือเหล็กเครื่องมือ
คุณภาพสำเร็จ	-	ชุบแข็ง 58-60 HRC
	-	เจียรระไนเรียบและทำร่องน้ำมันในตำแหน่งที่ต้องการ
8.	=	ปลอกนำ (Guide Bush)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียวหรือเหล็กเครื่องมือ
คุณภาพสำเร็จ	-	เจียรระไนเรียบความแข็ง 59-62 HRC และเจียรระไนเรียบ
9.	=	แผ่นยึดตัวปลด (Ejector Retainer Plate)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียว
คุณภาพสำเร็จ	-	งานปาดผิวเรียบ
10.	=	แผ่นดันปลด (Ejector Plate)
วัสดุ	-	เหล็กเหนียว
คุณภาพสำเร็จ	-	งานปาดผิวเรียบ

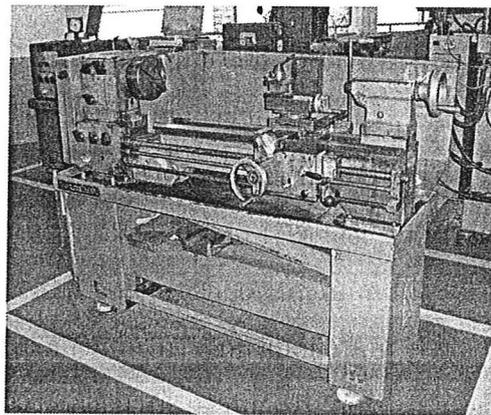


2.10 เครื่องจักรกล เครื่องมือและซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์

2.10.1 เครื่องจักรกลที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์

เครื่องจักรที่ใช้ในการตัดเฉือน โลหะในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์แต่ละประเภทจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน โดยเครื่องจักรที่มักพบโดยทั่วไปในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์สามารถจำแนกได้ดังต่อไปนี้

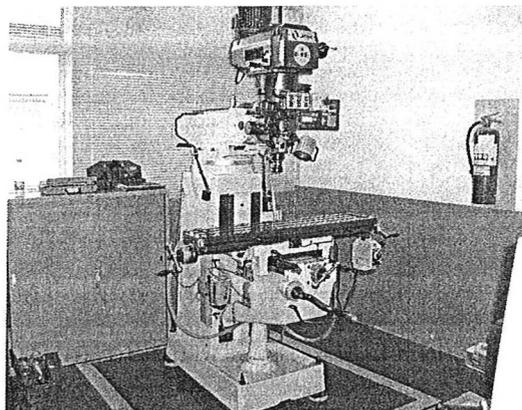
2.10.1.1 เครื่องกลึง (Lathe) การกลึงใช้ผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่มีลักษณะเป็นทรงกลมเป็นส่วนมาก เช่น ปลอกนำ เพลานำ ปลอกรองรับเพลาดันขับ สลักดันกลับ ปลอกเพลาดันปลด และยังสามารถผลิตชิ้นส่วนของเบ้าและคอร์ได้ ในกรณีที่เป็นรูปร่างทรงกระบอก ชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็นเกลียวนอกและเกลียวใน เช่น เกลียวที่ปลายของเพลากระทึง ส่วนเบ้าหรือส่วนคอร์ที่เป็นเกลียวคือ กลึงปาดหน้า (Facing) เพื่อลดขนาดความยาวของชิ้นงานพร้อมกันนั้นก็ปาดผิวหน้าให้เรียบ กลึงปอก (Turning) เพื่อลดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงาน กลึงเรียว (Tapering) เพื่อให้ชิ้นงานมีรูปทรงเรียวตามต้องการ กลึงโค้งรัศมี (Curved Cutting) เพื่อให้ชิ้นงานมีรัศมีโค้ง กลึงเจาะร่อง (Grooving) เพื่อก่อให้เกิดร่องขึ้นบนชิ้นงาน กลึงตัด (Parting Off) เพื่อตัดแยกชิ้นงานให้ขาดออกจากกัน กลึงคว้านรูใน (Boring) ใช้กับงานทำรูในขนาดใหญ่ ปกติมักเริ่มต้นด้วยการเจาะรูด้วยดอกสว่านก่อนที่จะทำการคว้านให้ได้ขนาดตามต้องการ กลึงเกลียวนอก (External Threading) เพื่อทำเกลียวนอก กลึงเกลียวใน (Internal Threading) เพื่อทำเกลียวใน กลึงขึ้นรูป (Forming) ใช้ขึ้นรูปชิ้นงานให้มีรูปร่างและขนาดตามต้องการ ส่วนใหญ่ใช้กับชิ้นงานที่เป็นส่วนมือจับเพื่อกันลื่น เครื่องกลึง (ดังภาพที่ 2.16)



ภาพที่ 2.16 แสดงเครื่องกลึง

1. เครื่องกัด (Milling) เป็นเครื่องจักรกลที่ใช้ผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ได้มากมายโดยตัดเฉือนแผ่นแม่พิมพ์ในลักษณะของการปาดผิวด้วยมีดกัดที่มีรูปทรงต่างๆกันให้เป็นแอ่งหรือเบ้าที่ต้องการได้ นอกจากนี้การใช้มีดกัดที่มีรูปฟอร์มหน้าตัดแบบต่างๆจะทำให้สามารถกัดชิ้นงานให้มีรูปร่างตามต้องการได้ แต่หากต้องใช้ในงานกัดที่มีรูปทรงสามมิติจะกระทำได้ยากและมักจะพบอยู่

เสมอในการทำเบ้าและคอร์ของแม่พิมพ์ เช่น เครื่องกัดลอกแบบและเครื่องกัด CNC เป็นต้น กัดผิวเรียบ (Plain Milling) เพื่อให้การลดขนาดของชิ้นงานและได้ผิวราบเรียบกักร่อง (Slot Cutting) เพื่อให้เกิดร่องสี่เหลี่ยมขึ้นบนชิ้นงานกักร่องข้าง (Side Cutting) เพื่อตกแต่งขอบข้างของชิ้นงานให้เรียบ กัดเบ้า (Pocketing) เพื่อกัดชิ้นงานให้เป็นหลุมลึกลงไป กักรูปร่าง (Contouring) เพื่อกัดให้ได้รูปร่างโค้งเว้าตามที่ต้องการ (ดังภาพที่ 2.17)



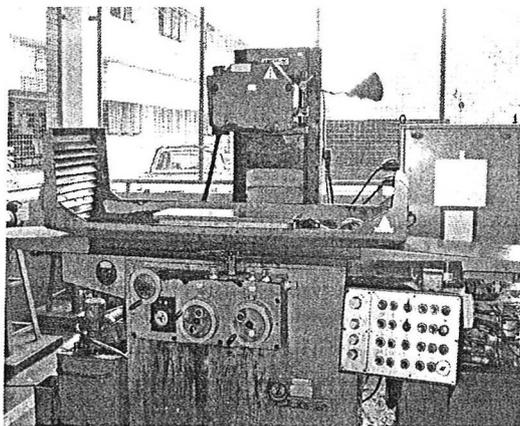
ภาพที่ 2.17 แสดงเครื่องกัดแนวตั้งชนิด Turret Vertical Milling

2. เครื่องเจาะ (Drilling) เป็นเครื่องที่มีใช้อยู่ทั่วไปเหมาะสำหรับงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมาก เช่น เจาะรูระบบหล่อเย็น เจาะรูร้อยสกรูสำหรับยึดแม่พิมพ์ เจาะรูทำเกลียว เจาะรูสำหรับปลดสลัก และสลักตันกลับ สำหรับเครื่องเจาะที่มีความเที่ยงตรงสูงสามารถใช้เจาะรูใส่ปอกนำและเพลาหน้าได้เจาะ (Drill) เพื่อให้ได้รูตามที่ต้องการ การเจาะมีหลายลักษณะ คือ การรีมเมอร์ (Ream) เพื่อให้ได้รูที่มีผิวเรียบและค่าภาคเคลื่อนตามที่ต้องการ การทำเกลียวใน (Tap) เพื่อทำเกลียวใน การลบมุมคม (Chamfer) เพื่อลบมุมคมที่ปากรูเจาะ การทำบ่าฉาก (Counter Bore) เพื่อทำบ่าฉากใส่หัวสกรู การทำบ่าองศา (Counter Sink) เพื่อทำบ่าองศาใส่หัวสกรู (ดังภาพที่ 2.18)



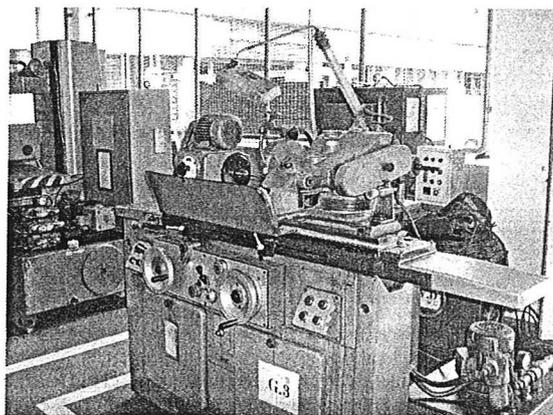
ภาพที่ 2.18 แสดงเครื่องเจาะ

3. เครื่องเจียรระไน (Grinding) ใช้ผลิตชิ้นส่วนที่ต้องสวมประกอบเข้าด้วยกัน เช่น ผิวของแผ่นแม่พิมพ์ขึ้นส่วนที่ต้องการความเที่ยงตรงสูงและมีผิวสัมผัสที่เรียบสม่ำเสมอ โดยจะทำการเจียรระไนลดขนาดชิ้นส่วนเหล่านี้โดยใช้หินขัดไปทำการตัดเฉือนชิ้นงาน เครื่องเจียรระไนมีอยู่ 2 ชนิด คือ เครื่องเจียรระไนราบ (Surface Grinding) ใช้สำหรับงานเจียรระไนผิวราบให้เรียบแบนขนานกับเจียรระไนผ่าฉากหรือเจียรระไนผิวงานให้เป็นมุมต่างๆ (ดังภาพที่ 2.19)



ภาพที่ 2.19 แสดงเครื่องเจียรระไนราบ

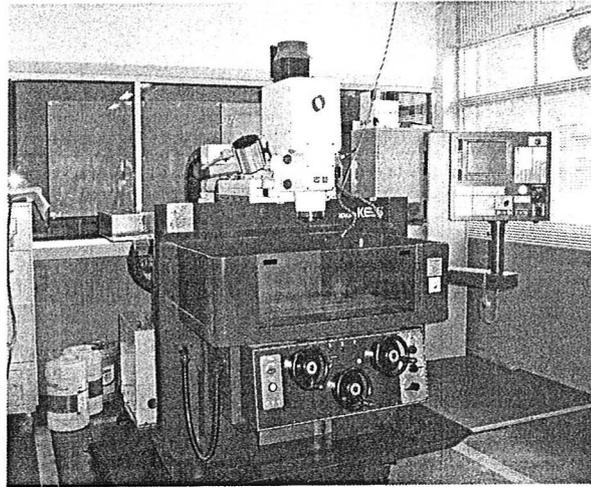
เครื่องเจียรระไนเพลากลม (Cylindrical Grinding) ใช้สำหรับผลิตชิ้นส่วนทรงกระบอกสามารถเจียรระไนทั้งผิวนอกของชิ้นงานให้มีความเที่ยงตรง และคุณภาพความละเอียดของผิวตามที่ต้องการ (ดังภาพที่ 2.20)



ภาพที่ 2.20 แสดงเครื่องเจียรระไนเพลากลม

เครื่อง NC และ CNC (Numerical Control and Computerized Numerical Control) เป็นเครื่องจักรที่ถูกควบคุมการทำงานด้วยอนุกรมของรหัสควบคุมเครื่อง รหัสประกอบไปด้วยตัวเลขตัวอักษร และสัญลักษณ์อื่นๆ รหัสเหล่านี้จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วส่งไปกระตุ้นให้มอเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ของเครื่องจักรทำงานในลักษณะของการเคลื่อนที่และการปรับเปลี่ยนอัตราเร็วในการเคลื่อนที่รวมไปถึงการทำงานอื่นๆ ด้วยอนุกรมรหัสป้อนเข้าเครื่องจักรเพื่อควบคุม

เครื่องจักรให้ผลิตชิ้นงานตามที่ต้องการเรียกว่าโปรแกรมชิ้นงาน (Part Program of Work Piece Program) ความยาวของโปรแกรมจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับลักษณะของชิ้นงานว่ามีความซับซ้อนของรูปร่างมากน้อยเพียงใด อุปกรณ์ที่เป็นตัวเชื่อมระหว่างโปรแกรมชิ้นงานกับเครื่องจักรเรียกว่า NC Unit ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่องจักรนั้นๆ และถ้าเครื่องจักร NC มีคอมพิวเตอร์ประกอบเข้าไปเพื่อเพิ่มสมรรถนะของเครื่องจักรขึ้นอีก ไม่ว่าจะเป็นด้านการเขียนและตรวจสอบโปรแกรมให้ง่ายขึ้น เร็วขึ้น การป้อนโปรแกรมและการติดต่อกับเครื่องที่สะดวกขึ้นและการควบคุมเครื่องโดยผู้ปฏิบัติงานกับเครื่องที่ง่ายขึ้น (ดังภาพที่ 2.21)



ภาพที่ 2.21 แสดงเครื่องกัดควบคุมด้วยระบบคอมพิวเตอร์ (CNC)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนา เครื่องจักร CNC ให้มีสมรรถนะในการทำงานที่มีความเร็วในการตัดเฉือนเพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ที่เรียกว่า เครื่องจักร High Speed Machining มาใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ ที่ต้องอาศัยเครื่องมือตัดและชุดจับยึดเครื่องมือตัดให้เหมาะสมกับแต่ละขั้นตอนการผลิต เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ นอกจากนี้การเลือกแบบการเดินของเครื่องมือตัด (Tool Path) ข้อมูลการตัด และวิธีการตัด ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญที่ทำให้การผลิตมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นทำให้เกิดการใช้ เครื่องจักร High Speed Machining ในงานทำแม่พิมพ์อย่างแพร่หลายโดยมีจุดประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตโดยเฉพาะในงานเก็บผิวงานละเอียดขั้นสุดท้ายของชิ้นงานที่มีผ่านขบวนการชุบแข็งมาแล้วทำให้ประหยัดแรงงานในงานขัดด้วยมือและเวลาประกอบแม่พิมพ์ให้น้อยลง

ข้อดีของการใช้ เครื่องจักร High Speed Machining

- เครื่องจักร High Speed Machining จะใช้ความลึกไม่มากนักทำให้เวลาที่คมตัดตัดเคลื่อนชิ้นงานสั้นก่อให้เกิดการเคลื่อนที่ที่รวดเร็ว ความร้อนจึงไม่สามารถสะสมบนเครื่องมือตัดทำให้เครื่องมือตัดมีอายุการใช้งานที่นานขึ้น
- เครื่องจักร High Speed Machining จะใช้แรงในการตัดต่ำทำให้เครื่องมือตัดเบี่ยงเบนน้อยหรือคงที่ ก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิต เนื่องจากลักษณะเฉพาะในการตัดต้นของ เครื่องจักร

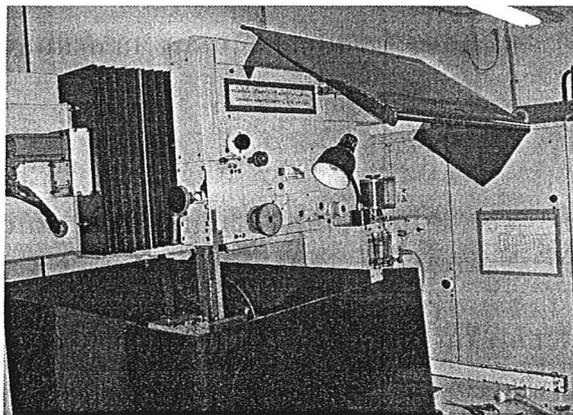
High Speed Machining ทำให้แรงในการตัดในแนวรัศมีต่อเครื่องมือตัดและ Spindle ต่ำ ทำให้ลูกปืน Spindle ปลอดภัย รวมทั้ง Guide-Way และลูกปืนของโต๊ะทำงานเครื่องจักรมีผลกระทบต่อ Spindle น้อยและมีอายุการใช้งานมากขึ้น ลดการสั่นสะท้านในระหว่างการตัด ขบวนการผลิตที่ต้องการประสิทธิภาพในการผลิตชิ้นงานขนาดเล็ก งานละเอียด จะมีความคุ้มค่า ประหยัด สามารถลดเวลาในการขัดผิวงานสำเร็จ

ข้อเสียของการใช้ เครื่องจักร High Speed Machining

- ต้องใช้อัตราเร่งและอัตราหมุนที่สูงกว่าส่งผลให้เพลาหมุนเริ่มทำงานและหยุดอย่างรวดเร็วตลอดเวลา ดังนั้นการสึกหรอของชิ้นส่วนและอุปกรณ์จะมีมากขึ้นส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงสูงขึ้น

- หาบุคลากรที่มีความสามารถในการใช้เครื่องจักรได้ยาก
- ต้องการการวางแผนและวิธีการในการทำงานที่ดี เพื่อให้เครื่องจักรทำงานได้อย่างรวดเร็ว

4. เครื่องตัดโลหะด้วยไฟฟ้า (Wire Cutting Machine) จัดเป็นเครื่องจักรประเภทเดียวกับเครื่อง EDM แต่เปลี่ยนจากการใช้อิเล็กโทรดเป็นตัวตัดเปลี่ยนชิ้นงานมาใช้ลวดทองเหลืองเป็นตัวตัดให้ได้รูปร่างตามต้องการในแนวตั้ง เครื่อง Wire Cut เป็นเครื่องที่ตัดงานด้วยความเที่ยงตรงขนาดสูงมากสามารถควบคุมขนาดได้เล็กกว่า 5 ไมครอน เนื่องจากมีค่าใช้จ่ายสูงในการทำชิ้นงานจึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง (ดังภาพที่ 2.22)



ภาพที่ 2.22 แสดงเครื่องตัดโลหะด้วยไฟฟ้า Wire Cut

2.10.2 เครื่องมือตัด

ในการผลิตชิ้นส่วนใดๆ ด้วยกระบวนการตัดเฉือนที่ผ่านเครื่องมือช่วยที่เป็นหัวใจหลักของการขึ้นรูปคือ เครื่องมือตัด (Cutting Tool) เนื่องจากเครื่องมือตัดทำหน้าที่ในการตัดเฉือนเนื้อวัสดุออกให้ได้ตามขนาดที่แบบงานต้องการซึ่งเครื่องมือตัดที่ใช้อยู่ในกระบวนการตัดเฉือนมีอยู่ด้วยกัน 3 กลุ่มคือ

1. คมตัด (Cutting Edge) เป็นส่วนที่ต้องสัมผัสกับวัสดุงานตลอดเวลาทำให้ต้องมีความแข็งและความเหนียวมากกว่าวัสดุงาน ซึ่งทำจากวัสดุหลากหลายชนิด เช่น เหล็กคาร์บอนสูง (High Carbon) เหล็กโรบสูง(High Speed Steel) เหล็กคาร์ไบด์ (Carbide)เป็นต้น เช่น มีดกลึง ดอกเจาะ (Twist Drill) มีดกัด(Milling Cutter) ดอกตัดเกลียว(Tap or Die) เป็นต้น

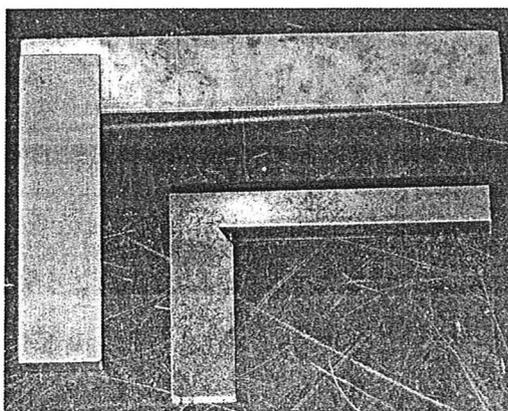
2. ล้อหินเจียรไน(Grinding Wheel) เป็นการนำวัสดุประเภทที่ได้มาจากธรรมชาติหรือสารสังเคราะห์ เช่น ผงเพชร อลูมิเนียมออกไซด์ ซิลิกอนคาร์ไบด์ เป็นต้น นำมาผสมกับตัวประสานแล้วอัดขึ้นรูปให้เป็นรูปทรงต่าง ๆ ล้อหินเจียรไนนี้โดยมากจะนำไปใช้กับชิ้นงานที่ต้องการขนาดตามพิภคที่กำหนดผิวงานที่ต้องการความเรียบหรือชิ้นงานที่ผ่านกรรมวิธีชุบแข็งมาแล้ว

3. วัสดุนำไฟฟ้า ชิ้นงานบางประเภทจำเป็นต้องผ่านกรรมวิธีชุบแข็งก่อนแล้วจึงขึ้นรูปให้ได้ชิ้นงานสำเร็จ ดังนั้นเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานประเภทนี้ได้เครื่องมือตัดต้องมีคุณสมบัติที่เหนือกว่าความแข็งที่ชิ้นงานนั้นมีอยู่ ซึ่งเครื่องจักรที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานประเภทนี้ได้จะมีก็แต่เพียงเครื่องเจียรไน และเครื่องจักรที่ใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวทำให้เกิดรูปร่างของชิ้นงานสำหรับเครื่องจักรที่ใช้กระแสไฟฟ้าจำเป็นต้องมีสื่อที่เป็นตัวนำไฟฟ้า ซึ่งวัสดุที่ใช้เป็นตัวนำได้แก่ ทองแดง ทองเหลือง เงิน และกราไฟต์ ซึ่งทำหน้าที่เหมือนเครื่องมือตัดเพื่อให้เกิดรูปร่างตามต้องการ

2.10.3 เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์

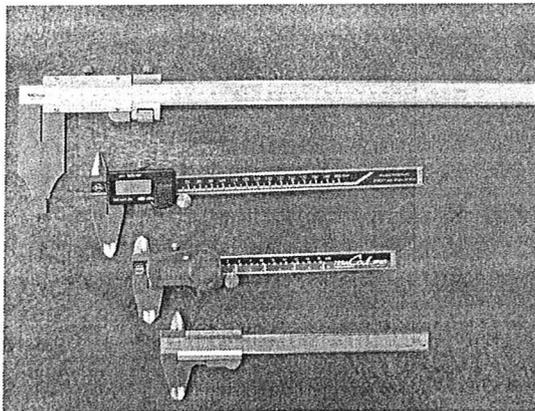
ในระหว่างการสร้างชิ้นส่วนต่างๆที่เป็นส่วนประกอบของแม่พิมพ์ จำเป็นต้องมีการตรวจสอบขนาดของชิ้นงานตลอดระยะเวลาการทำงาน ดังนั้นเครื่องมือวัดละเอียดจึงมีบทบาทมากในการควบคุมขนาดของชิ้นงานให้เป็นไปตามแบบงานที่กำหนดสำหรับเครื่องมือวัดละเอียด ที่ใช้เป็นประจำมีดังนี้

1. ฉาก เป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้ในการตรวจสอบความได้ฉากของผิวงานที่ผ่านการขึ้นรูปในงานที่เป็นรูปทรงเหลี่ยม (ดังภาพที่ 2.23)



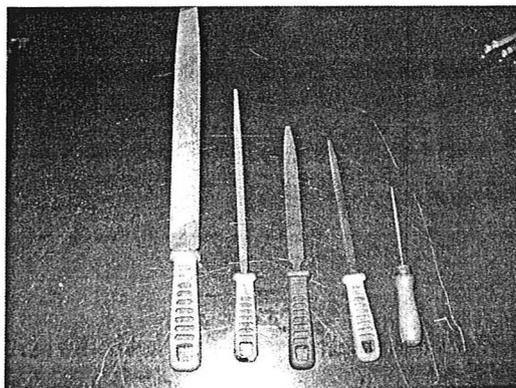
ภาพที่ 2.23 แสดงฉาก

2. เวอร์เนียคาลิเปอร์ เป็นเครื่องมือวัดพื้นฐานที่ผู้อยู่ในแวดวงการสร้างชิ้นงานทั่วไป เวอร์เนียคาลิเปอร์ จะเป็นเครื่องมือวัดละเอียดที่ใช้งานครอบคลุมรูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน เช่น ทรงกระบอก ทรงกลม รูปเหลี่ยมต่าง เป็นต้น โดยค่าความละเอียดของเวอร์เนียคาลิเปอร์นี้ มีค่า ความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร ซึ่งมีทั้งการอ่านค่าด้วยสเกลและอ่านค่าเป็นตัวเลข (Digital Display) เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล มีค่าความละเอียด 0.01 มิลลิเมตร (ดังภาพที่ 2.24)



ภาพที่ 2.24 แสดงเวอร์เนียคาลิเปอร์แบบธรรมดาและแบบดิจิตอล

3. ตะไบโมลด์ เป็นตะไบที่มีความคม ตะไบทั้งสองด้านมีความละเอียดของคมตะไบ เช่นเดียวกับตะไบเจ็ม มีรูปร่าง รูปทรงหน้าตัด และมุมต่างๆ ให้เลือกใช้สำหรับการแต่งผิวสำเร็จ บริเวณพื้นที่แคบและเล็กๆของแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.25)



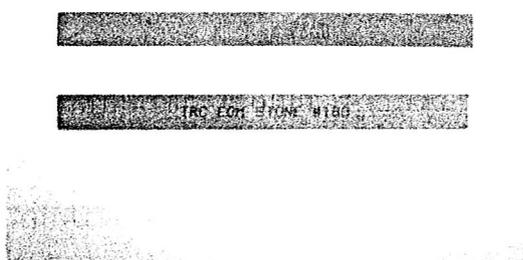
ภาพที่ 2.25 แสดงตะไบโมลด์

4. หินเจียรระโนมือเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในงานขัด และปรับขนาดของแม่พิมพ์ ซึ่งมีขนาดเล็ก สะดวกต่อการใช้งานมีทั้งแบบใช้ไฟฟ้าและใช้ลม สำหรับหินเจียรระโนมือมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ



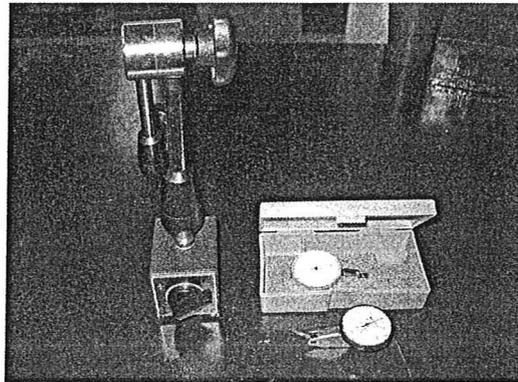
ภาพที่ 2.26 แสดงหินเจียรระไนมือ

1. ตะไบหมุน หรือ ลูกกรอมีรูปทรงต่างๆ เช่น ทรงกรวย ทรงกลม ทรงกระบอก เป็นต้น
2. ล้อขัดกระดาษทราย เป็นกระดาษทรายที่นำมาติดรอบแกนทรงกระบอกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความละเอียดต่างๆ
3. กระดาษทรายและผ้าทราย ใช้สำหรับขัดผิวหลังจากใช้หินขัดแล้ว มีขนาดเม็ดเกรนหายาจนถึงละเอียด
4. หินขัด ใช้สำหรับขัดผิวของแม่พิมพ์ เช่น ส่วนเบ้า ส่วนควาตี รูว้าง เป็นต้น หินขัดมีลักษณะเป็นแท่งมีรูปร่างต่างๆ กัน (ดังภาพที่ 2.27)



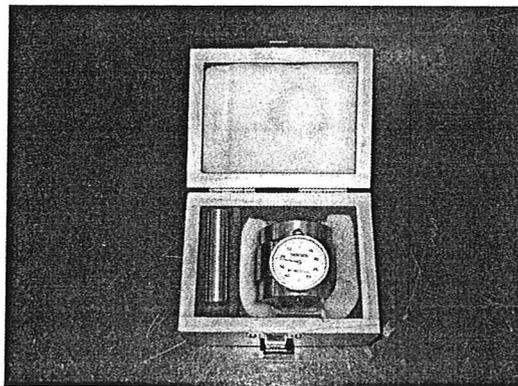
ภาพที่ 2.27 แสดงหินเจียรระไนมือ

7. ไดแอลเกิล เครื่องมือวัดตรวจสอบความฉากขนานของงานในแต่ละตำแหน่งจุดที่จะ Machine การผลิตชิ้นส่วนงานต่างๆ (ดังภาพที่ 2.28)



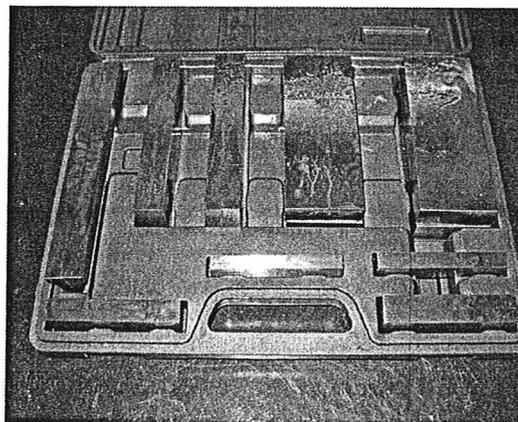
ภาพที่ 2.28 แสดงไดอัลเกด

8. อุปกรณ์ตั้งระยะศูนย์ชิ้นงานกับ Tool เครื่องมือวัดตรวจสอบตั้งระยะความสูงของ Tool กับชิ้นงานที่จะทำการ Machine (ดังภาพที่ 2.29)



ภาพที่ 2.29 แสดงอุปกรณ์ตั้งระยะศูนย์ชิ้นงานกับ Tool

9. ชุดแท่งขนาน เป็นเครื่องมือทั่วไปที่ใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.30)



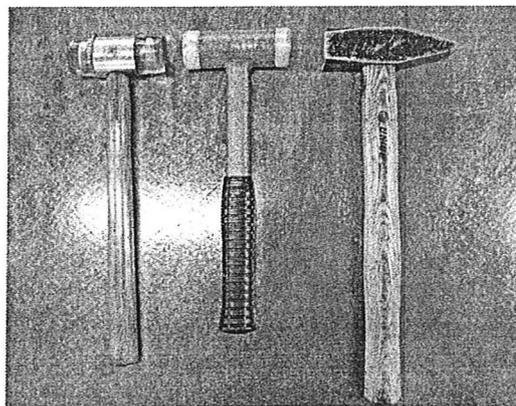
ภาพที่ 2.30 แสดงชุดแท่งขนาน

10. ชุดจับยึดชิ้นงานและชุดดอกสว่าน (ดังภาพที่ 2.31)



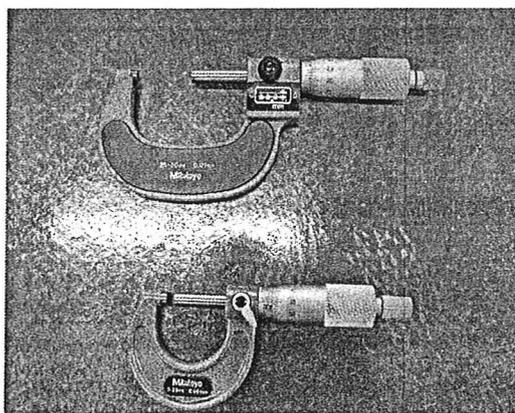
ภาพที่ 2.31 แสดงชุดจับยึดชิ้นงานและชุดดอกสว่าน

11. ค้อน (ดังภาพที่ 2.32)



ภาพที่ 2.32 แสดงค้อน

12. ไมโครมิเตอร์วัดนอก (ดังภาพที่ 2.33)



ภาพที่ 2.33 แสดงไมโครมิเตอร์วัดนอก

2.10.4 ลอมพิวเตอร์ในการออกแบบ และวิเคราะห์แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เครื่องจักรที่ใช้ทำแม่พิมพ์ปัจจุบันนี้ส่วนมากใช้ในระบบ CNC ก็สามารที่จะควบคุมความละเอียดได้ เพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพให้เหมาะสมกับพลาสติกที่เกิดขึ้นปัจจุบันหรืออีกในหนึ่งก็คือเครื่องทำแม่พิมพ์ที่ใช้ระบบ CNC สามารถควบคุมขนาดของแม่พิมพ์ Cavity สามารถควบคุมขนาดของชิ้นงานได้ จึงทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพสูง

จากความต้องการที่ต่อเนื่องของผลิตภัณฑ์พลาสติกคอมพิวเตอร์ได้เข้ามาเกี่ยวข้องกับมาก ทั้ง Hardware และ Software โดยเฉพาะโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชิ้นส่วนมาตรฐานและชิ้นส่วนอื่น โปรแกรมวิเคราะห์ทางด้านวิทยาศาสตร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ตัวผลิตภัณฑ์แม่พิมพ์และยังสามารถส่งเครื่องมือให้เครื่องจักร เพื่อทำการผลิตชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ ซึ่งระบบนี้ก็คือ CND/CAE/CAM

1. CAD หมายถึง Computer Aided Design or Drafting
2. CAE หมายถึง Computer Aided Engineering
3. CAM หมายถึง Computer Aided Manufacturing

ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์และแม่พิมพ์จะถูกออกแบบใน CAD การวิเคราะห์และการศึกษาโดยการจำลองการฉีดซึ่ง CAE จะสามารถทำให้เราทราบถึงปัญหาของการออกแบบแม่พิมพ์เหล่านี้ก็คือ

1. รู้ความดันในการฉีดเต็มแบบ
2. รู้แนวเชื่อมต่อผลิตภัณฑ์
3. เพื่อทำระบบทางวิ่งให้สมดุล
4. เพื่อให้สามารถเลือกสถานะต่างๆ ของการฉีดได้เหมาะสม
5. เวลาในการฉีด
6. อัตราการไหล
7. แรงดันในการฉีด
8. ความเค้นที่เกิดขึ้น
9. เพื่อให้สามารถทดสอบวัสดุที่ใช้ฉีดได้หลายชนิด
10. เพื่อศึกษาการไหลเต็มแบบ ในการตัดต่อของชิ้นงาน

ซึ่งปัญหาต่างๆ ในการออกแบบผลิตภัณฑ์และการออกแบบแม่พิมพ์สามารถดำเนินการ และแก้ไขไปได้พร้อมกันนอกจากนี้ด้วยเทคโนโลยีของ Finite Element ตัวผลิตภัณฑ์สามารถทำการทดสอบทางกล (Mechanical Testing) ในอุณหภูมิสถานะต่างๆ ตั้งแต่ยังอยู่ในขั้นออกแบบและท้ายที่สุดจะได้ข้อมูล Drawing ของผลิตภัณฑ์แม่พิมพ์ และคำสั่งต่างๆ ที่เรียกว่า Design Data Schedule CAM จะใช้ข้อมูลทางด้าน Drawing และจะถูกนำไปแปลงเป็นชุดคำสั่งเพื่อส่งเครื่องจักรควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ สร้างชิ้นงานแม่พิมพ์ต่อไป ในส่วนของ Mold Manufacturing ซึ่งคำสั่งนี้ก็

คือ Manufacturing Data ส่วนข้อมูลที่ได้จาก CAM บางส่วนจะถูกส่งไปยังฝ่ายการผลิต เพื่อใช้ในการวางแผนและควบคุมการผลิตต่อไป (ดังภาพที่ 2.34)



ภาพที่ 2.34 แสดงการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ

2.10.4.1 Computer Aided Design

ระบบคอมพิวเตอร์ที่ช่วยการออกแบบ อาศัยเทคโนโลยีที่เรียกว่าคอมพิวเตอร์กราฟฟิก ซึ่งเป็นการเขียนบนจอภาพเป็นหลักและสามารถจัดการจากภาพที่สร้างขึ้นนี้ให้อยู่ในตำแหน่ง และลักษณะตามต้องการ โดยที่ผู้ใช้ซึ่งส่วนมาจะเป็นวิศวกรหรือสถาปนิกจะใส่ข้อมูลตลอดจนคำสั่งคอมพิวเตอร์ ผ่านทางอุปกรณ์รับข้อมูลเข้าส่วนคอมพิวเตอร์จะติดต่อกลับมายังผู้ใช้โดยผ่านทางจอภาพคำสั่งที่เข้าไปนี้ จะเรียกชุดโปรแกรมสำหรับสร้างภาพที่เก็บไว้ในระบบคอมพิวเตอร์ออกมาใช้ ภาพที่สร้างขึ้นเหล่านี้จากรูปทรงเลขาคณิต เช่น จุด เส้น และวงกลม เป็นต้น นอกจากนี้ผู้ใช้สามารถดัดแปลงภาพที่สร้างขึ้นโดยอาศัยคำสั่งต่างๆ เช่น การขยายภาพ การลดขนาด การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งจากตำแหน่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่งบนจอภาพ การหมุนภาพ หรือการเปลี่ยนแปลงอื่นๆ ซึ่งจะทำให้ได้รูปภาพที่ต้องการ

นอกเหนือจากระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ แล้วส่วนสำคัญอีกส่วนหนึ่ง ก็คือผู้ออกแบบคอมพิวเตอร์เป็นเพียงเครื่องมือที่ผู้ออกแบบใช้เป็นเพื่อแก้ปัญหาในการออกแบบเท่านั้น การนำคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบเป็นเพียงการอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ออกแบบนั้น

เหตุผลหลักในการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการออกแบบ คือ

1. เพื่อเพิ่มผลผลิต

โดยการลดงานให้กับผู้ออกแบบ ซึ่งตั้งแต่เดิมต้องทำตั้งแต่จินตนาการออกแบบวิเคราะห์แบบดัดแปลงแก้ไข ใ้รายละเอียดเกี่ยวกับแบบซึ่งงานเหล่านี้ทำให้เพิ่มผลผลิตประหยัดแล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายลงอีก

2. เพื่อเพิ่มคุณภาพให้กับงาน

เนื่องจากสามารถทำการวิเคราะห์แบบได้โดยใช้โปรแกรมมาช่วยอำนวยความสะดวก เช่น โปรแกรมวิเคราะห์โครงสร้างยังทำให้สามารถทดลองกับแบบได้หลายลักษณะ ทำให้ออกแบบที่ดีที่สุดได้

3. เพื่อลดเกี่ยวกับข้อมูลผิดพลาดได้

เนื่องจากระบบ CAD จะให้ภาพที่ชัดเจนแล้วรายละเอียดที่เกี่ยวกับสิ่งที่ออกแบบ ไม่ว่าจะเป็ขนาดหรือลักษณะทำให้การใช้รูปแบบข้อมูลมีความถูกต้องสูงการนำข้อมูลนี้ไปใช้งานอื่น ๆ ก็ สามารถทำได้สะดวก

4. เป็นการสร้างฐานข้อมูล โดยปกติการนำคอมพิวเตอร์ไปช่วยในการผลิตจะทำให้ส่งข้อมูลได้สะดวกไม่จำเป็นต้องใส่ข้อมูลเข้าไปใหม่อีกการใช้งานอื่นๆ ก็ที่จะสามารถทำให้สะดวกคอมพิวเตอร์จะไม่ถูกใช้เมื่อออกแบบมีประสิทธิภาพมากกว่าหรือน้อยกว่าคอมพิวเตอร์ ด้วยเหตุผลนี้เองเราสามารถที่จะใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์โดยอาศัยลักษณะเด่นของคอมพิวเตอร์ และของมนุษย์เพื่อให้ได้รูปแบบที่ดีที่สุดในการทำงานงานบางอย่างมนุษย์สามารถทำได้ดีกว่า คอมพิวเตอร์ และงานบางอย่างคอมพิวเตอร์สามารถทำได้ดีกว่ามนุษย์ ทั้งสองอย่างนี้มีความสำคัญต่อระบบ CAD

สำหรับ CAD โดยพื้นฐานแล้วไม่ได้เจาะจงเฉพาะการพัฒนาเกี่ยวกับพลาสติกเท่านั้น อย่างไรก็ตามก็ดีในการฉีดพลาสติก ซึ่งพื้นผิวต้องมืองค์ประกอบทางเลขาคณิตที่ซับซ้อนจำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์ในการคำนวณ

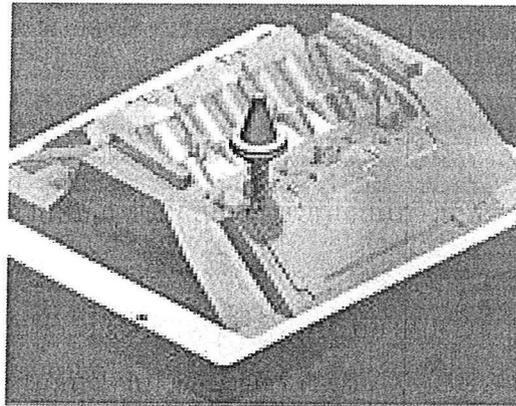
เนื่องจากมีเวลาจำกัดจากความรู้ทางทฤษฎี การทดสอบต้นแบบอันยืดยาวจะทำได้ก็ต่อเมื่อทุกส่วนประกอบหรือส่วนที่สำคัญทั้งหมดได้ออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว แต่ปัจจุบันคอมพิวเตอร์สามารถทดลองออกแบบได้หลาย ๆ แบบภายในระยะเวลาอันสั้นโดยไม่ต้องใช้วัสดุจริงในการออกแบบเลย ความสามารถดังกล่าวทำให้วิศวกรออกแบบเครื่องมือที่สำคัญในอันที่จะทำให้เขาสามารถทุ่มเทเวลาให้กับการคิดสร้างสรรค์งานได้มากขึ้น แต่ก่อนก็โดยเพียงใช้ความคิดของเขาพร้อมกับความร่วมมือจากแผนกออกแบบระบบต่างๆ ไป แต่ก็สามารถนำมาประกอบและทดสอบได้ด้วยคอมพิวเตอร์

2.10.4.2 Computer Aided Manufacturing

CAM คือ ซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่สร้างข้อมูลและโครงสร้างของคำสั่งอัตโนมัติสำหรับทำชิ้นส่วนหรือประกอบผลิตภัณฑ์ซึ่งประกอบด้วยเครื่องจักรหรือเครื่องมือที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น หุ่นยนต์ เครื่องกัดงานหลายแกน (Multiple-Axis Machine Tools) และตัวควบคุมโปรแกรม เครื่องมือเหล่านี้เมื่อนำมาใช้ทำงานร่วมกัน จะสามารถทำงานผลิตชิ้นส่วนที่แตกต่างกันได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะในปัจจุบันซอฟต์แวร์ CAM ส่วนใหญ่จะรวมเอาความสามารถของ CAD เข้าไปด้วยเพื่อลดปัญหาส่งข้อมูล CAD ไปยัง CAM ทำให้สามารถคำนวณทางเดินของดอก

กัด (Tool Path) จากข้อมูลใน CAD ได้โดยตรงและสร้างเป็นชุดคำสั่ง (NC Code) เพื่อสั่งงานเครื่องจักร ผู้ใช้สามารถตรวจสอบแก้ไขตลอดจนปรับเปลี่ยนทางเดินดอกกัดและเครื่องมือกัดได้ตามต้องการ

CAM อาจแบ่งประเภทตามการประยุกต์ใช้งานหรือตามประเภทเครื่องจักร เช่น งานกัด งานกลึง งาน Wire Cut – EDM เป็นต้น โดยที่ซอฟต์แวร์ CAD/CAM ในท้องตลาดจะเน้นไปทางงานกัด เนื่องจากเป็นงานกัดได้เป็นแบบสองแกนครึ่ง สามแกน และมากกว่าสามแกนระบบ CNC (Computer Numerical Control)



ภาพที่ 2.35 แสดงการกัดชิ้นงานตัวอย่างโดยโปรแกรม UG

ระบบ CNC นี้เป็นการนำไมโครโพรเซสเซอร์ซึ่งพัฒนาขึ้นมาให้สามารถควบคุมเครื่อง NC ได้โดยคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก 1 เครื่อง จะควบคุมเครื่อง NC ได้ 1 เครื่องโดยตรง ทำให้การใช้งานเครื่อง NC ลดความยุ่งยากลงไปมากซึ่งจะเป็นการแสดงการสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ กับเครื่องจักร NC ในระบบ CNC

ด้วยเทคโนโลยีสมัยใหม่แล้วนั้น สามารถตรวจสอบ NC โปรแกรมได้โดยการดูทางเดินของเครื่องมือ ซึ่งเป็นการจำลองสถานการณ์จริงบนเครื่องคอมพิวเตอร์และยังสามารถตรวจสอบเวลาที่ใช้งานจริงๆ ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ในระบบ CAM โดยที่ยังไม่ต้องทำการตัดเนื้อชิ้นงานจริง

2.10.4.3 Computer Aided Engineering

CAE เป็นคำย่อมาจากคำว่า Computer Aided Engineering ซึ่งแปลตามศัพท์ได้ความว่าการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม หมายถึงการบอกถึงความสามารถของสิ่งที่ออกแบบว่ามี สามารถทำงานได้ตามที่อยากให้เป็นหรือไม่ซึ่งสิ่งที่เป็นตัวบ่งชี้คือ

1. ผลลัพธ์จากการทดสอบจริง ได้แก่ การนำต้นแบบมาทดสอบจริง เช่น การทดสอบการชนของรถหรือการทดสอบความแข็งแรงด้วยการอัดแรง ฯลฯ

2. ผลลัพธ์จากการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ สามารถหาผลลัพธ์จากสถานการณ์ที่สมมติขึ้น ซึ่งการคำนวณแบบนี้จะใช้เวลามากกว่าจะได้ผลลัพธ์ทำให้วิศวกรคิดนำคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ประเภท CAE มาช่วยคำนวณหาผลลัพธ์ ซึ่งจะทำให้คำนวณได้เร็วกว่ามากและมีความถูกต้องสูง

2.11 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ฉีด

ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ฉีด นั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ตอนหรือ 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรก ส่วนที่ยึดอยู่กับแผ่นยึดที่อยู่กับที่ของเครื่องฉีดพลาสติก (แสดงด้วยเส้นศูนย์) เรียกว่า ส่วนที่อยู่กับที่ และอีกส่วนหนึ่ง จะยึดอยู่กับแผ่นยึดที่เคลื่อนที่ของเครื่องฉีดพลาสติก เรียกว่า ส่วนเคลื่อนที่

สำหรับการหดตัวรั่วติดกับคอร์ของเนื้อพลาสติกนี้ หมายความว่า อาจจำเป็นต้องใช้ระบบปลดบางแบบมาช่วยดันปลดชิ้นงานออกการเคลื่อนที่ของระบบปลดชิ้นงานจะกระทำได้ง่ายถ้าแผ่นคอร์ยึดอยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ นอกจากนี้ในกรณีที่เป็นแม่พิมพ์เบื่องต้นแบบอิมเพรสชันเดี่ยว ที่ซึ่งเนื้อพลาสติกถูกฉีดผ่านปลอกกรูฉีดเข้าทางด้านใต้ของชิ้นงาน โดยตรงนิยมยึดแผ่นเบ้าติดกับส่วนที่อยู่กับที่และแผ่นคอร์กับส่วนที่เคลื่อนที่

2.11.1 อิมเพรสชัน (Impression)

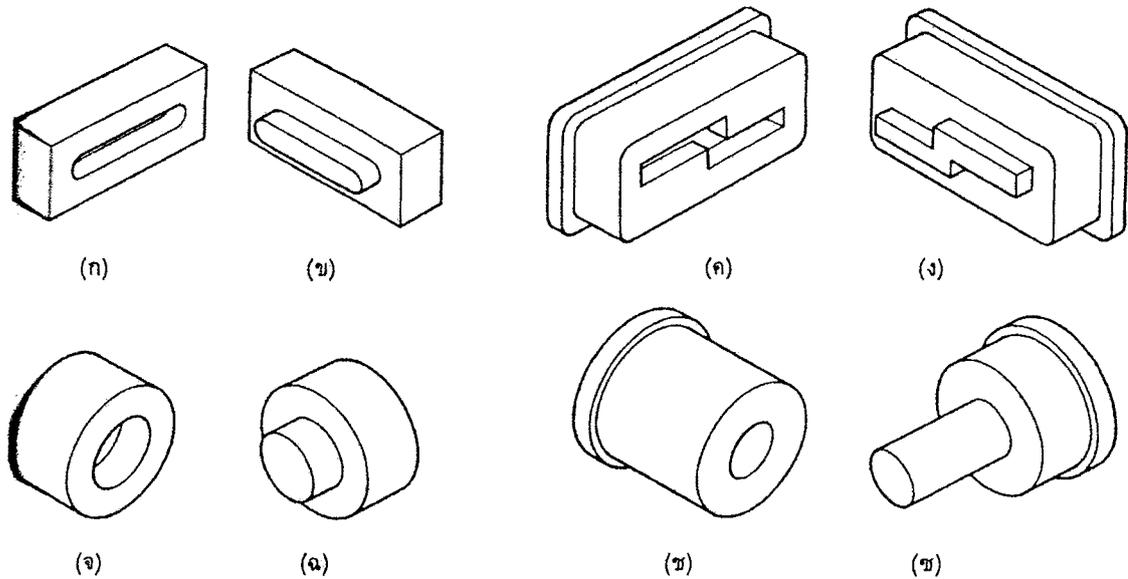
แม่พิมพ์ฉีดเป็นแม่พิมพ์ที่ประกอบขึ้นจากชิ้นส่วนต่างๆ หลายชิ้นเกิดเป็นโพรงภายในที่เรียกว่า อิมเพรสชัน สำหรับอิมเพรสชันเกิดขึ้นจากการประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ 2 ชิ้น คือ

2.11.2.1 เบ้า (Cavity) ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ตัวเมียทำให้เกิดเป็นรูปร่างภายนอกของชิ้นงาน

2.11.2.2 คอร์ (Core) เป็นส่วนของแม่พิมพ์ตัวผู้ทำให้เกิดรูปร่างภายในของชิ้นงาน

2.12 อินเสิร์ทของเบ้าและคอร์ (Cavity and Core Plates)

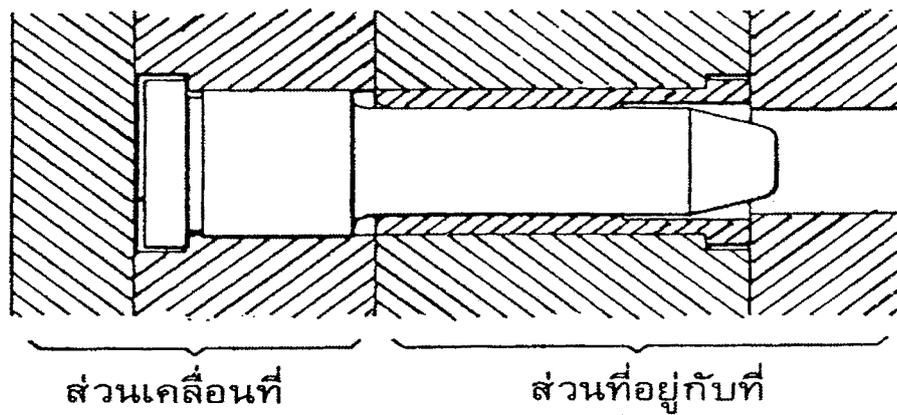
สำหรับแม่พิมพ์ที่มีอิมเพรสชันค่อนข้างประณีตซับซ้อนและเป็นแม่พิมพ์หลายอิมเพรสชัน หากจะพยายามทำแผ่นเบ้าและแผ่นคอร์ขึ้นจากแผ่นเหล็กชิ้นเดียว จะพบว่ามีความลำบากมากและราคาแพง วิธีทำแม่พิมพ์ที่ได้จากการประกอบของแผ่นยึดอินเสิร์ทจึงถูกนำมาใช้แทน ซึ่งต่อมาภายหลังจากการเนียนขึ้นรูปแล้วเราเรียกว่าแผ่นเหล็กเล็กๆ นี้ว่า อินเสิร์ท (Inserts) และส่วนที่ขึ้นรูปภายในของชิ้นงานหรือเป็นตัวเมีย เรียกว่า อินเสิร์ทเบ้า จากนั้นจึงนำอินเสิร์ทเหล่านี้สวมและขันเข้ากับรูในแผ่นเหล็กที่เรียกว่า แผ่นยึดอินเสิร์ท รูเหล่านี้อาจจะเป็นรูตันหรือเจาะทะลุตลอดแผ่นยึดแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.36)



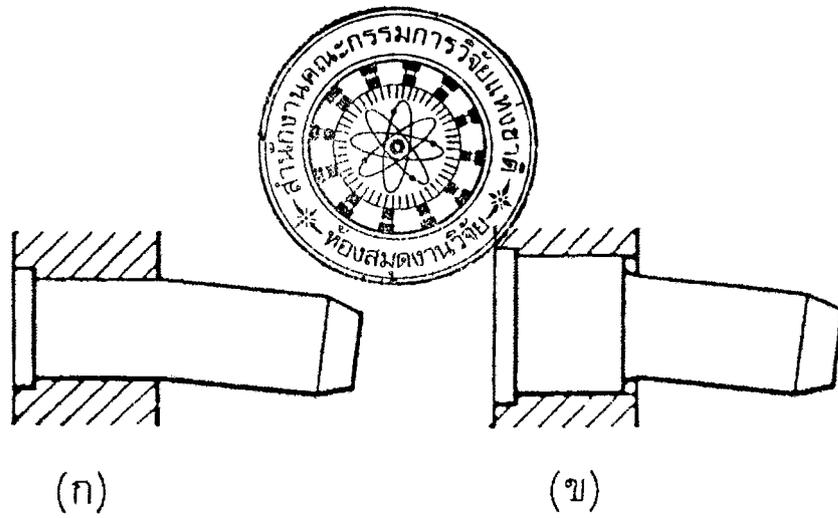
ภาพที่ 2.36 แสดงอินเสิร์ตของเข้าและคอร์แบบต่างๆ

2.13 ชนิดของเพลานำ วัสดุและการประกอบ

ผิวนอกของเพลานำจะต้องมีความแข็งและต้านทานการสึกหรอ ดังนั้นจึงมักทำเพลานำจากเหล็กคาร์บอนต่ำหลังจากนั้นจึงนำไปชุบผิวแข็ง กรรมวิธีนี้ทำให้ได้ผิวนอกของเพลานำที่มีความต้านทานการสึกหรอและป้องกันรอยขีดข่วนเนื่องจากเพลานำจะต้องเลื่อนเข้า - ออกในรูของปลอกนำอยู่ตลอดเวลาถ้าเพลานำต้องเผชิญปัญหาในการรับแรงอัดมักนิยมทำด้วย เหล็กผสมนิกเกิล - โครเมียม



ภาพที่ 2.37 แสดงการประกอบปลอกนำและลวดนำ



ภาพที่ 2.38 แสดงถึงข้อดีของการใช้เพลานำแบบเพลานำกับแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสอง

2.13.1 หน้าที่ของเพลานำ (Function of Guide Pillars)

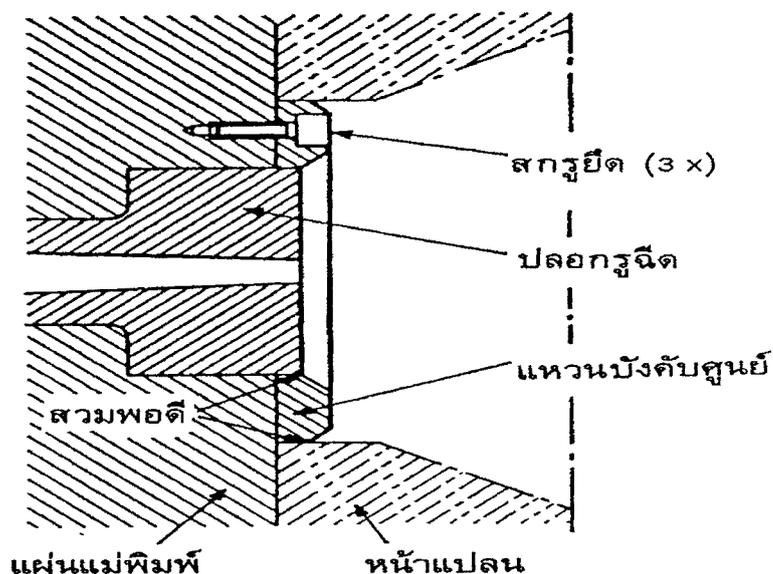
เพลานำจะทำหน้าที่เกี่ยวกับการปรับตำแหน่งของหน้าสัมผัสแม่พิมพ์ปิด ในระหว่างขั้นตอนการฉีดพลาสติกนอกจากนี้เพลานำยังมีหน้าที่ป้องกันคอร์ของแม่พิมพ์ และทำหน้าที่เหมือนกับเป็นสลักสลักบังคับตำแหน่ง เมื่อจะประกอบแม่พิมพ์เข้าด้วยกัน โดยปกติชุดแม่พิมพ์จำเป็นต้องประกอบด้วยเพลานำเพื่อให้มั่นใจว่าแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสองจะอยู่ในแนวศูนย์เดียวกับแม่พิมพ์ปิด

2.13.2 การกำหนดตำแหน่งของเพลานำ (Positioning of Guide Pillars)

จำนวนเพลานำที่ใช้ในแม่พิมพ์จะมีตั้งแต่ 2 ตัว สำหรับแม่พิมพ์แบบง่าย ๆ ถึง 4 ตัว ซึ่งมักนิยมในแม่พิมพ์แบบสี่เหลี่ยม แม่พิมพ์แบบทรงกระบอกบางแบบใช้เพลานำเพียง 3 ตัว

2.13.3 แหวนบังคับศูนย์ (Register Ring)

แหวนบังคับศูนย์หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แหวนกำหนดตำแหน่งเป็นชิ้นส่วนกลมแบนใช้ประกอบเข้ากับผิวด้านหน้า (และบางทีก็ประกอบกับผิวด้านหลังด้วยเหมือนกัน) ของแม่พิมพ์ จุดมุ่งหมายเพื่อกำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์ให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องบนหน้าแปลนของเครื่องฉีดพลาสติก (ดังภาพที่ 2.39)



ภาพที่ 2.39 การกำหนดตำแหน่งของแม่พิมพ์บนหน้าแปลนยึดของเครื่องฉีดด้วยแหวนบังคับศูนย์

2.13.4 การออกแบบสำหรับระบบเพลาน้ำสองตัว

จะทำให้เพลาน้ำตัวหนึ่งมีขนาดใหญ่กว่าอีกตัวหนึ่ง ระบบเพลาน้ำแบบสามหรือสี่ตัวจะ ออกแบบให้เพลาน้ำตัวหนึ่งหรือมากกว่าเชื่อมศูนย์กลางออกจากตำแหน่งปกติแสดงให้เห็นระบบเพลาน้ำ แบบสามตัวซึ่งมีรูของเพลาน้ำ 2 รูยื่นออกจากตำแหน่งแนว 120°C เป็นระยะ 7 มม. ส่วนแผ่นยึดอิน เสิร์ททรงสี่เหลี่ยมรูแฉก 2 รูกำหนดให้ระยะห่างศูนย์กลางรูแคบกว่าระยะศูนย์กลางของรูแฉกบน 13 มม. วิธี เหล่านี้ทำให้มั่นใจได้ว่าแม่พิมพ์ไม่สามารถที่จะประกอบให้ผิดตำแหน่งได้

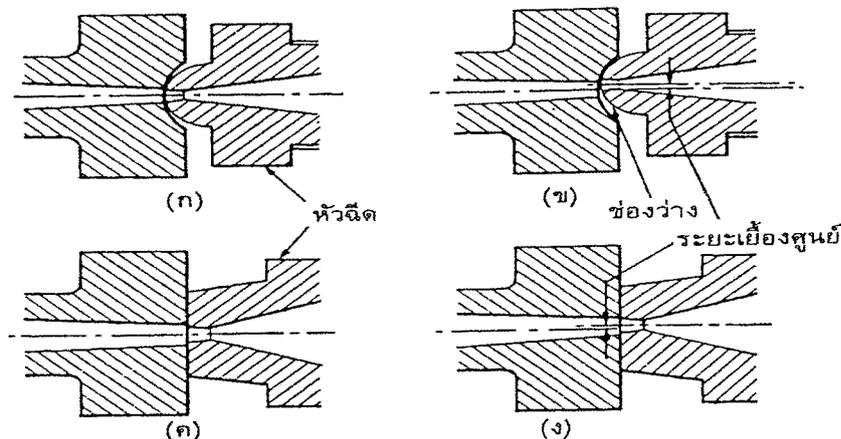
2.13.5 ปลอกนำ (Guide Bushes)

ปลอกนำจะประกอบอยู่ในแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ผิวงานที่ด้านการสึกหรอ ที่เกิดจากการเสียดทาน และทำให้สามารถถอดเปลี่ยนได้ ในกรณีที่เกิดการสึกหรอหรือเสียหายของเพลาน้ำจะออก แบบให้ สวามพอดิอยู่กับปลอกนำ ในขณะที่เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกจะสวมอัดอยู่ในแผ่นแม่พิมพ์ รูทาง ด้านหลังของปลอกนำ และจะเจาะขยายให้ได้โตกว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางนำเลื่อนโดยปกติปลอก นำจะทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ และชุบผิวแข็งซึ่งทำให้ที่ผิวที่ด้านทานการสึกหรอปลอกนำแบบใช้ หน้าแปลนยึดที่นิยมใช้กันทั่วไปสำหรับแม่พิมพ์ที่หนามากๆ

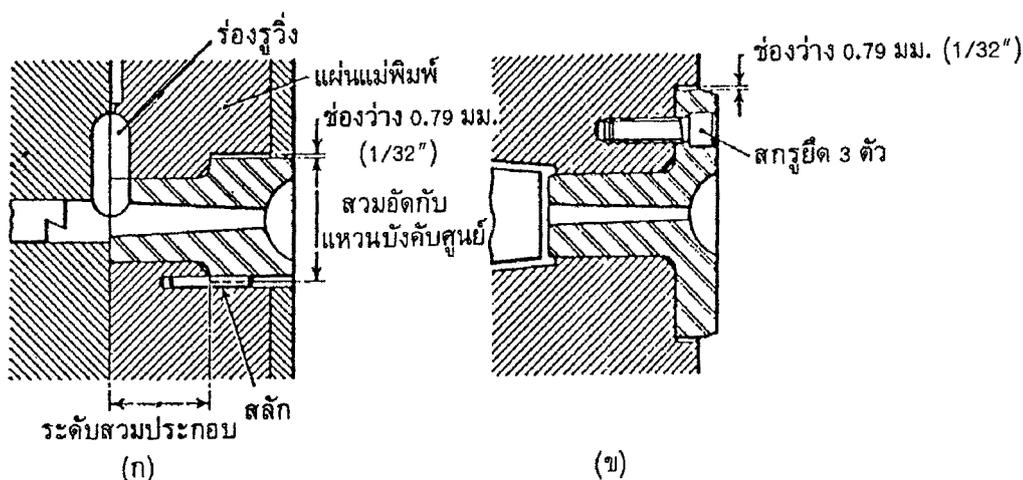
2.13.6 ปลอกรูฉีด (Sprue Bush)

การฉีดพลาสติก เนื้อพลาสติกจะถูกส่งออกจากหัวฉีดของเครื่องฉีดพลาสติกในสภาวะ ของเหลว และเข้าแม่พิมพ์ทางรูฉีดผ่านเข้าไปในอิมเพรสชัน รูฉีดเข้าแบบง่ายๆ จะเป็นรูเรียวยาวที่อยู่ ภายในปลอกรูฉีด เนื้อพลาสติกที่อยู่ในรูฉีดเข้านี้เรียกว่า แกนรูฉีด เมื่อสิ้นสุดการฉีดพลาสติกปลอกรู ฉีดจะเป็นส่วนที่ทำให้เกิดแกนรูฉีดจะทำหน้าที่เป็นข้อต่อระหว่างหัวฉีดของเครื่องฉีดพลาสติกกับผิว ด้านหน้าของแม่พิมพ์และจัดเตรียมรูที่ทะลุที่เหมาะสม ซึ่งเนื้อพลาสติกสามารถไหลไปตามรูนี้

จนถึงอิมเพรสชันหรือไปยังจุดเริ่มต้นของระบบรูปร่างในแม่พิมพ์แบบหลายอิมเพรสชัน (ดังภาพที่ 2.40-2.41)



ภาพที่ 2.40 แสดงผลที่เกิดขึ้นเมื่อปลอกหัวฉีดกับรูฉีดอยู่ไม่ตรงศูนย์กัน



ภาพที่ 2.41 แสดงการบังคับตำแหน่งของปลอกรูฉีด

(ก) ใช้สลักบังคับตำแหน่ง

(ข) ใช้สกรูบังคับตำแหน่ง

2.14 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์

ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ หมายถึง พื้นผิวของแม่พิมพ์ทั้งสองส่วนที่อยู่ติดกัน อิมเพรสชันซึ่งจะเป็นผิวที่ต่อถึงกันตลอดรอบ ๆ อิมเพรสชัน เพื่อป้องกันการรั่วของพลาสติกหลอมในอิมเพรสชัน

2.14.1 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบราบเรียบ (Parting Surface)

ลักษณะรูปร่างของผิวแบ่งแม่พิมพ์จะขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงานที่ต้องการฉีด เป็นส่วนใหญ่ ตัวอย่างเช่น ส่วนเข้าของแม่พิมพ์สามารถกดเซาะเป็นร่องลึกลงไปบนผิวของแผ่นแม่พิมพ์เพียงด้านเดียวได้

2.14.2 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบไม่ราบเรียบ (Non-Flat Parting Surface)

ชิ้นงานจำนวนมากที่ต้องการผลิตซึ่งมีเส้นแบ่งส่วนชิ้นงานที่ไม่อยู่ในแนวราบ หรือผิวโค้ง ในกรณีเหล่านี้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์จะเป็นขั้น เป็นรูปพรรณ หรือเป็นมุม

2.14.2.1 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นขั้น (Stepped Parting Surface)

พิจารณาจากชิ้นงานรูปตัว Z ขนาดโตสุดของชิ้นงานเมื่อมองทางทิศทางเปิด-ปิด แม่พิมพ์จะอยู่ตรงส่วนด้านบนของรูป Z ชิ้นงานที่จะตั้งฉากกับผิวหน้าด้านบนของชิ้นงานทำให้สามารถทำเข้าของแม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปทั้งหมดของชิ้นงานบนแผ่นแม่พิมพ์เพียงด้านเดียวได้

2.14.2.2 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นรูปพรรณ (Profiled Parting Surface)

แม่พิมพ์ของชิ้นงานที่ประกอบด้วยผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นรูปพรรณ ชิ้นงานจะแสดงไว้ในรูป ก ข้อสังเกตรูปหน้าตัดของชิ้นงานกระทำกันตลอด แต่รูปด้านข้างมีส่วนโค้งประกอบอยู่เนื่องจากขอบของชิ้นงานตั้งฉากกับผิวด้านบน ดังนั้นจึงสามารถทำเข้าทั้งหมดบนแผ่นแม่พิมพ์ด้านเดียวได้ ด้วยเหตุนี้รูปทรงต่างๆไปของผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์จะมีรูปร่างตามลักษณะของผิวด้านในของชิ้นงานรูป ข เพื่อให้การผลิตแม่พิมพ์ของชิ้นงานลักษณะนี้ที่มีหลายอิมเพรสชันกระทำได้ง่ายจึงมักทำผิวรูปพรรณยาวตลอดความกว้างหรือความยาวของแม่พิมพ์รูป ค ตำแหน่งของอิมเพรสชันแต่ละอันก็จะสามารถทำขึ้นในตำแหน่งที่ต้องการ

2.14.2.3 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นมุม (Angled Parting Surface)

บ่อยครั้งที่ผู้ออกแบบมักจะเผชิญกับปัญหาของชิ้นงานที่มีรูปทรงแบบง่ายๆ แต่ถ้าผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบราบเรียบจะไม่สามารถดันปลดชิ้นงานออกได้ เช่นในรูป ก และ ค แต่ถ้าใช้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นมุม(ข) จะสามารถดันปลดชิ้นงานออกได้ในแนวเปิด-ปิดแม่พิมพ์

2.14.2.4 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ที่มีรูปซับซ้อน (Complex Edge Forms)

จากหัวข้อที่ผ่านมาส่วนใหญ่เป็นชิ้นงานที่มีรูปร่างของขอบคงที่ (ได้แก่ ขอบสี่เหลี่ยม ขอบมุมแหลม หรือขอบที่มนเป็นรัศมี) ต่อจากนี้จะพิจารณาถึงชิ้นงานที่มีรูปร่างของขอบไม่คงที่ซึ่งจะมีผลทำให้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ที่มีรูปร่างซับซ้อนด้วย แต่ในเบื้องต้นจะนำชิ้นงานที่เป็นรูปทรงง่ายๆ เพื่อสะดวกและเข้าใจได้ง่ายในการพิจารณา

2.14.2.5 ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์แบบเป็นขั้นและเป็นรูปพรรณเฉพาะแห่ง (Local - Stepped and Profiled Parting Surfaces)

ชิ้นงานรูปทรงโดยปกติทั่ว ๆ ไป เช่น สี่เหลี่ยม ทรงกระบอก เป็นต้น อาจมีรูปทรงอื่นมีแตกต่างไปจากรูปทรงปกติประกอบรวมอยู่ด้วยหนึ่งหรือสองแห่งลักษณะเช่นนี้ เป็นเหตุทำให้จำเป็นต้องทำผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ในลักษณะหรือเป็นขั้นหรือเป็นรูปพรรณ วิธีที่ดีที่สุด คือทำผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ที่เป็นขั้นหรือเป็นรูปพรรณเฉพาะตำแหน่งที่มีรูปร่างของชิ้นงานเปลี่ยนแปลงไป

จากรูปทรงปกติ เพื่อให้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ส่วนใหญ่เป็นผิวเรียบ

2.14.2.6 การสมดุลผิวแม่พิมพ์ (Balancing of Mold Surfaces)

เมื่อผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ไม่ราบเรียบ ในบางกรณีจำเป็นต้องพิจารณาถึงแรงที่กระทำต่อแม่พิมพ์อย่างสมดุลด้วยเพื่อให้เข้าใจได้ดียิ่งขึ้นลองพิจารณาตัวอย่าง ซึ่งเป็นแม่พิมพ์ที่มีผิวแบ่งส่วนแบบเป็นชั้นพลาสติกหลอมที่ฉีดหลอมเข้าไปในอิมเพรสชันภายใต้แรงดันจะมีแรงกระทำ ซึ่งมักจะดันแม่พิมพ์ให้เปิดออกไปทางด้านข้าง (ทิศของลูกศร x) หากเกิดลักษณะเช่นนี้ขึ้นจะทำให้เกิดเป็นครีบบนผิวที่เอียงเป็นมุมการเคลื่อนที่ระหว่างแม่พิมพ์ทั้งสองนี้จะถูกดันด้วยเพลาน้ำ แต่เนื่องจากแรงที่เกิดขึ้นค่อนข้างมาก และพิคคของเพลาน้ำและปลอกนำย่อมจะมีโอกาสที่จะเกิดครีบบนผิวงานได้ สำหรับแม่พิมพ์แบบนี้มักจะออกแบบให้มีอิมเพรสชันเป็นจำนวนเลขคู่ เพราะอิมเพรสชันที่อยู่ตรงข้ามกันระหว่างแนวศูนย์กลางของแม่พิมพ์จะช่วยสมดุลแม่พิมพ์ได้

2.15 การระบายอากาศ (Venting)

เมื่อพลาสติกหลอมเหลวถูกฉีดเข้าไปในอิมเพรสชันอากาศภายในอิมเพรสชัน จะถูกเนื้อพลาสติกเข้าแทนที่โดยปกติอากาศจะหนีออกไปได้ตรงรอยต่อระหว่างแผ่นแม่พิมพ์ทั้งสอง แต่หากการปรับแต่งผิวรอยต่อมีความราบเรียบมากหรือส่วนของเบ้าหรือคอร์ มีความหนาหรือลึกมาก อากาศจะถูกขังอยู่ในอิมเพรสชัน ซึ่งจะทำให้เกิดรอยตำหนิหรือทำความเสียหายให้กับชิ้นงานได้ เช่น ทำให้เกิดรอยดำเนื้อพลาสติกเปลี่ยนสี ทำให้เกิดรอยบูม การเติมเนื้อพลาสติกไม่เต็มอิมเพรสชัน เป็นต้น

ช่องอากาศโดยปกติจะทำเป็นร่องตื้นๆ ที่มีความลึกไม่เกิน 0.05 มม. (0.002 นิ้ว) และกว้าง 3 มม. (0.125 นิ้ว) โดยตัดเฉียงบนเขตผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ ตำแหน่งของอิมเพรสชันที่ควรจะทำช่องอากาศมี ดังนี้

1. จุดที่อยู่ห่างจากรูเข้ามากที่สุด ในชิ้นงานที่สมมาตรกัน
2. จุดพลาสติกหลอมไหลมาบรรจบกันในอิมเพรสชัน
3. ตรงผิวที่ลึกที่สุดของร่องในแผ่นเบ้าของแม่พิมพ์

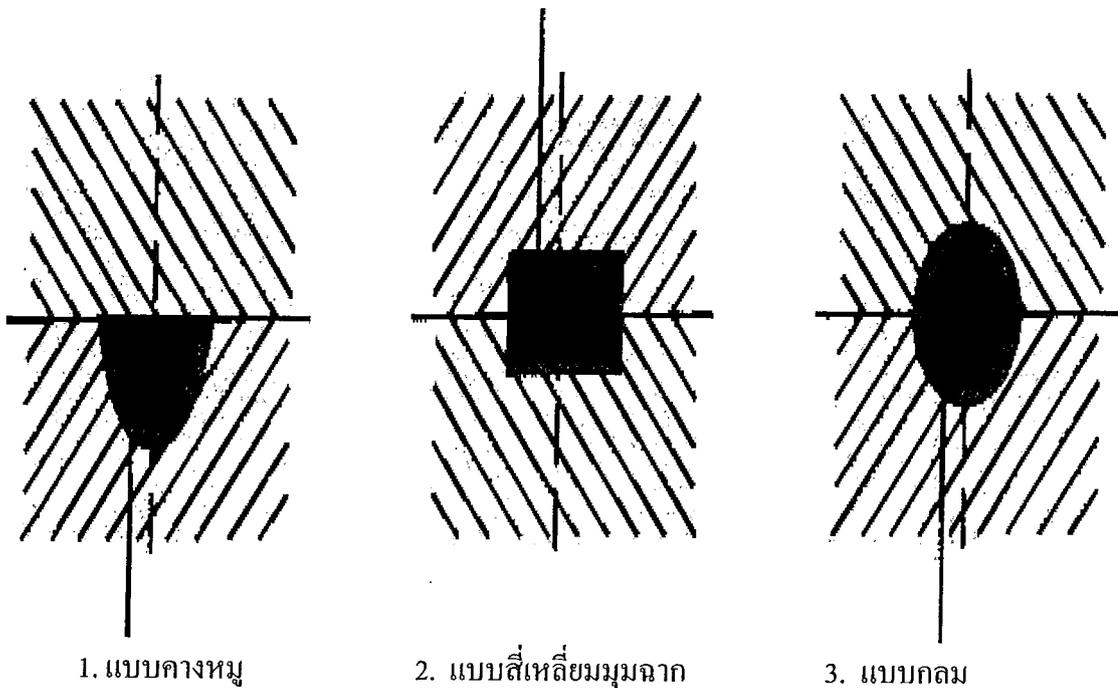
2.16 ระบบป้อน (Feed System)

2.16.1 รูวิ่ง (Runner)

คือ ร่องที่ตัดเฉียงในแผ่นแม่พิมพ์เพื่อให้รูฉีดและรูเข้าอิมเพรสชันติดต่อถึงกันได้สำหรับแม่พิมพ์แบบสองแผ่น ส่วนรูวิ่งจะอยู่บนผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ในขณะที่แม่พิมพ์ที่มีการออกแบบค่อนข้างซับซ้อนรูวิ่งอาจอยู่ในตำแหน่งใต้ผิวแบ่งส่วนแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.42)

2.16.1.1 รูปทรงหน้าตัดของรูวิ่ง (Runner Cross – Section Shape)

รูปทรงหน้าตัดของรูวิ่งที่ใช้ในแม่พิมพ์ โดยปกติจะเลือกใช้แบบใดแบบหนึ่ง



ภาพที่ 2.42 แสดงรูวึ่งที่มีรูปทรงหน้าตัดต่างๆ กัน

2.16.1.2 ขนาดของรูวึ่ง (Runner Size)

จะเลือกใช้ขนาดของรูวึ่งจะต้องพิจารณาแฟกเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- (1) รูปทรงหน้าตัดของรูวึ่งและปริมาตรของชิ้นงาน
- (2) ระยะทางของรูวึ่งหลักหรือรูฉีดไปยังอิมเพรสชัน
- (3) การพิจารณาเกี่ยวกับการหล่อเย็นระบบรูวึ่ง
- (4) ขนาดของมอดกัทที่สามารถใช้ได้
- (5) ชนิดของพลาสติกที่ใช้

กำหนดให้

S = ความหนาของชิ้นงาน

D' = เส้นผ่านศูนย์กลางของรูวึ่ง (มิลลิเมตร.)

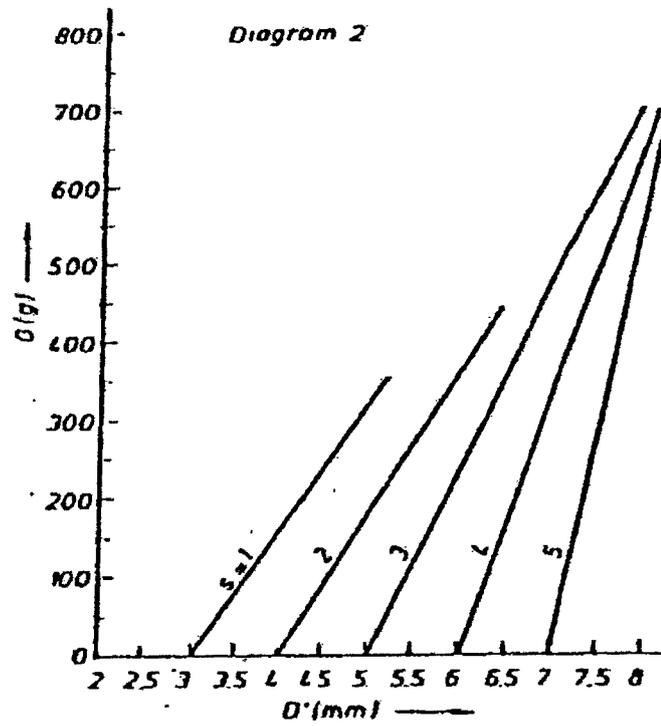
G = น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)

L = ความยาวของรูวึ่งพิจารณาเพียงควาดีเดียว (มิลลิเมตร.)

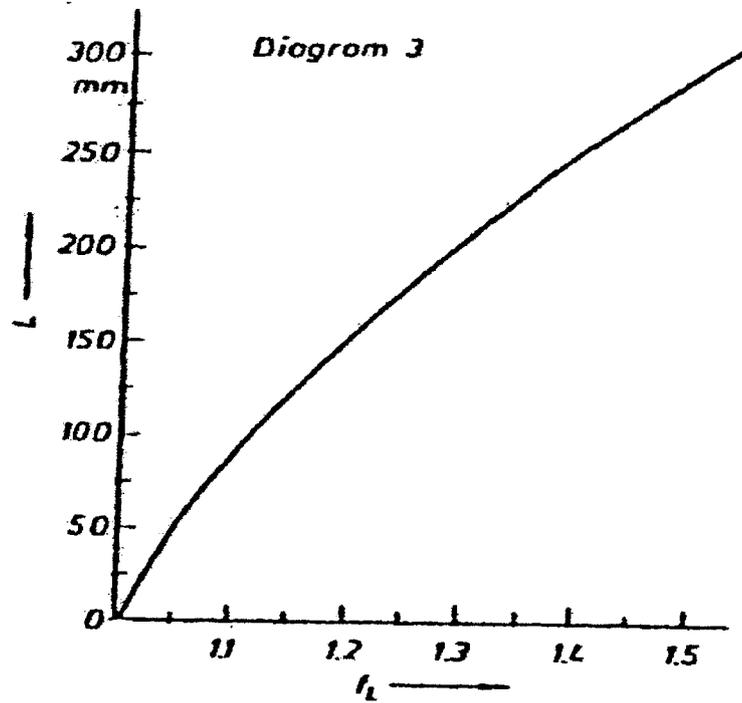
f_L = ค่าแก้ไข (Correction Factor)

(ที่มา: TGI (สถาบันไทย-เยอรมัน))

กราฟนี้ใช้สำหรับวัสดุประเภท PE,PP,PA,PC,POM (ดังภาพที่ 2.43-2.44)



ภาพที่ 2.43 แสดงกราฟน้ำหนักและเส้นผ่านศูนย์กลางของรูว้าง
(ที่มา: TGI สถาบันไทย-เยอรมัน)



ภาพที่ 2.44 แสดงกราฟความยาวของรูว้าง
(ที่มา: TGI สถาบันไทย-เยอรมัน)

2.16.1.3 การร่างแบบรูวิ่ง (Runner Layout)

การร่างแบบระบบรูวิ่งจะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ ดังนี้

- 1) จำนวนของอิมเพรสชัน
- 2) รูปทรงของชิ้นงาน
- 3) ชนิดของแม่พิมพ์ (คือแม่พิมพ์แบบสองแผ่นหรือแบบหลายแผ่น)
- 4) ชนิดของรูเข้า

2.17 รูเข้า (Gates)

รูเข้า คือ ร่องหรือรูเล็กๆ ที่ต่อระหว่างรูวิ่งกับอิมเพรสชัน ขนาดพื้นที่หน้าตัดจะมีขนาดเล็กเมื่อเปรียบเทียบกับระบบป้อนส่วนที่เหลือ เหตุที่ทำให้มีพื้นที่หน้าตัดเล็กๆ ก็เพื่อ

1. แกนรูเข้าจะแข็งตัวได้เร็วหลังจากที่อิมเพรสชันถูกเติมเนื้อพลาสติกจนเต็ม
2. ทำให้สามารถแกนรูเข้าได้ง่าย และในแม่พิมพ์บางแบบที่ช่วยให้สามารถปลดแกนรูเข้าได้โดยอัตโนมัติ
3. หลังจากปลดแกนรูเข้าได้แล้วจะเหลือรอยตำหนิบนชิ้นงานเล็กๆ เท่านั้น
4. สามารถควบคุมการเติมพลาสติกในแม่พิมพ์หลายอิมเพรสชันได้ดี
5. ความจำเป็นที่ต้องอัดเนื้อพลาสติกเข้าไปในอิมเพรสชันมากกว่าที่ต้องการ เพื่อแก้ไข

ขนาดเนื่องจากการหดตัวจะมีน้อยลง

2.17.1 การกำหนดตำแหน่งของรูเข้า (Positioning of Gate)

ตำแหน่งของรูเข้าควรอยู่ในตำแหน่งที่เกิดการไหลเติมเนื้อพลาสติกในอิมเพรสชัน อย่างสม่ำเสมอและกระจายการไหลของเนื้อพลาสติกเข้าไปยังส่วนต่างๆ การกระจายการไหลของเนื้อพลาสติกที่ไหลมาบรรจบกันจะไม่ทำให้เกิดเป็นรอยเชื่อมของเนื้อพลาสติกที่ต่อมา จะกลายเป็นจุดอ่อนทางแมคคานิกและเป็นรอยมลทินบนผิวงาน

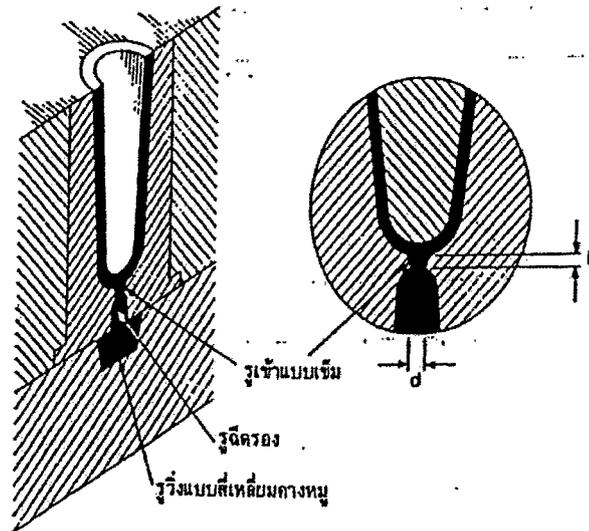
ตำแหน่งของรูเข้าที่ดีมีลักษณะนี้จะใช้ได้เฉพาะรูปทรงของชิ้นงานบางแบบเท่านั้น เช่น ชิ้นงานที่มีภาคตัดวงกลม ตัวอย่างเช่น รูปถ้วยหรือรูปกรวยที่สามารถป้อนพลาสติกเข้าสู่ศูนย์กลางของฐาน หรือยอดแหลมได้ทิศทางการไหลของพลาสติกหลอมที่ป้อนเข้าตรงศูนย์กลางเปรียบเทียบกับ การป้อนเข้าทางด้านข้าง

2.17.2 ชนิดของรูเข้า (Types of Gate)

2.17.2.1 รูเข้าแบบเข็ม (Pin-Point Gate)

รูเข้าแบบนี้เป็นแบบกลมที่ใช้ป้อนเข้าทางด้านใต้ของชิ้นงานและเพราะรูเข้าแบบนี้ ที่มีขนาดเล็กผ่านศูนย์กลางค่อนข้างเล็ก ดังนั้นจึงมักนิยมกันมากกว่ารูปแบบรูฉีดซึ่งต้องปรับแต่งผิวในภายหลัง อย่างไรก็ตามรูเข้าแบบเข็มจะใช้สำหรับแม่พิมพ์บางแบบเท่านั้น รูเข้าแบบเข็มนอกจากใช้

ป้อนเข้าตรงผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานแล้วยังใช้ในลักษณะเป็นรูเข้าแบบหลายจุด และรูเข้าแบบจุด เดี่ยวแต่เยื้องศูนย์กลาง เทคนิคเหล่านี้จะใช้กับพลาสติกที่มีคุณสมบัติในการหดตัวที่แตกต่างกันและมักใช้ งานในลักษณะเดียวกันกับรูเข้าแบบฟิล์ม (ดังภาพที่ 2.45)



ภาพที่ 2.45 แสดงรูเข้าแบบเข็ม (Pin-Point Gate)

(ที่มา: TGI สถาบันไทย-เยอรมัน)

สูตรที่ใช้คำนวณแบบรูเข้าแบบเข็ม (Pin-Point Gate)

$$\text{สูตร } \gamma = \frac{4Q}{\pi r^3} \quad (\dots\dots\dots 2.1)$$

$$r^3 = \frac{4Q}{\pi \gamma}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{4Q}{\pi \gamma}}$$

เมื่อ Q = ปริมาตร (V) ของชิ้นงาน

r = รัศมีของทางเข้า

2.18 ระบบปลดชิ้นงาน (Ejection)

เพื่อความสะดวกในการทำงานบนเครื่องฉีดพลาสติกจะจัดเตรียมระบบกระทุ้งอัตโนมัติสำหรับดันให้ระบบปลดชิ้นงานทำงาน

ระบบปลดชิ้นงานจะแยกกล่าวเป็น 3 ส่วนคือ

1. ห้องระบบปลดชิ้นงาน (Ejector Grid)
2. แผ่นประกอบตัวปลด (Ejector Plate Assembly)

3. วิธีดันปลดขึ้นงาน (The Method of Ejection)

2.18.1 ห้องระบบปลดขึ้นงาน

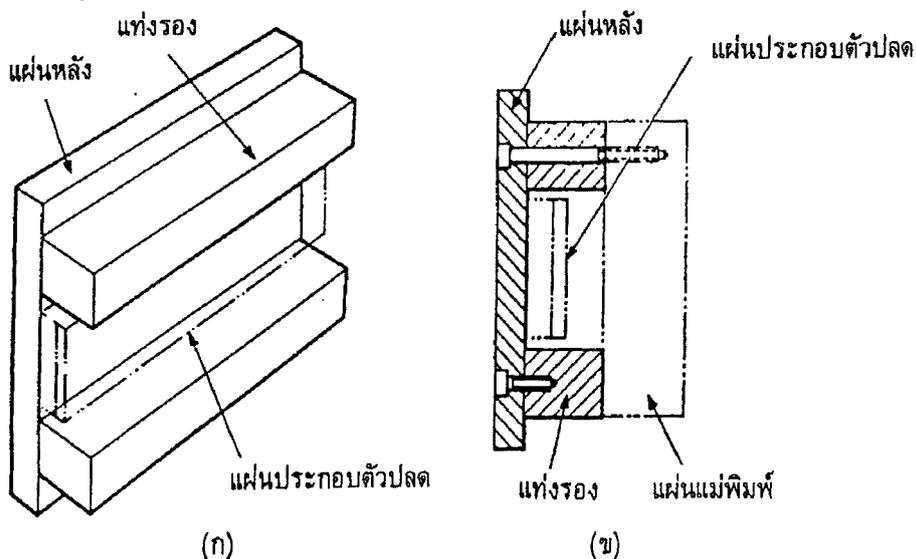
ห้องระบบปลดขึ้นงานหรือช่องระบบปลดขึ้นงานเป็นส่วนของแม่พิมพ์ ที่ทำหน้าที่รองรับแผ่นแม่พิมพ์และจัดเตรียมช่องว่างที่แผ่นประกอบตัวปลดสามารถประกอบเข้าไป และทำงานได้ โดยปกติห้องระบบปลดขึ้นงานจะประกอบด้วยแผ่นหลัง (Back Plate) ซึ่งใช้สำหรับยึดแท่งรองรับ (Support Block) ที่มีรูปร่างต่อการทำงาน

ห้องระบบปลดขึ้นงานมีลักษณะการออกแบบที่แตกต่างกันอยู่ 3 แบบ คือ

1. ห้องระบบปลดขึ้นงานแนวตรง (In-Line Ejector grid)
2. ห้องระบบปลดขึ้นงานแบบกรอบ (Frame-Type Ejector grid)
3. ห้องระบบปลดขึ้นงานแบบรองรับด้วยแท่งทรงกระบอก (The Circular Support Block Grid)

2.18.2 ห้องระบบปลดขึ้นงานแนวตรง

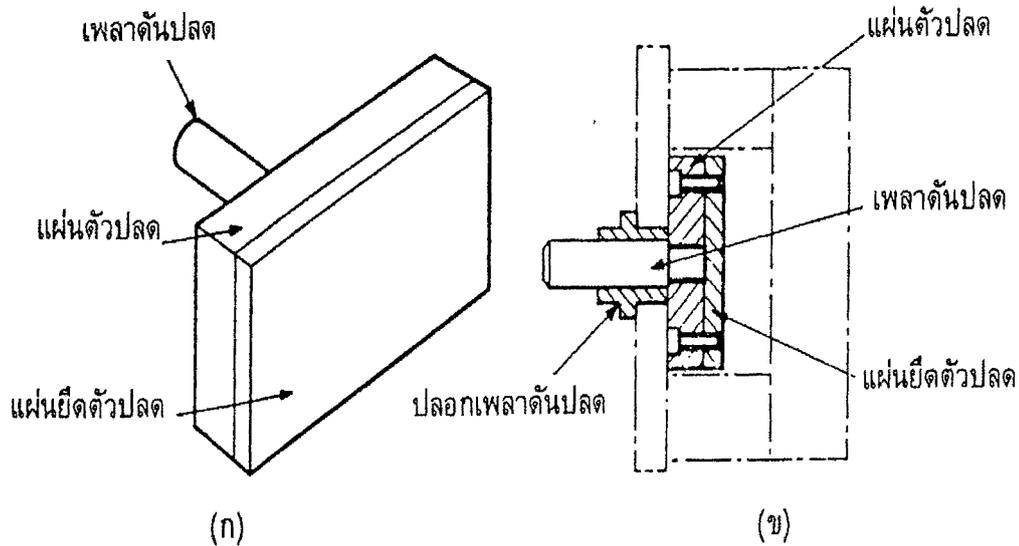
แบบนี้จะประกอบด้วยแท่งรองรับทรงสี่เหลี่ยม 2 แท่งยึดอยู่กับแผ่นหลัง แผ่นประกอบตัวปลดซึ่งแสดงด้วยเส้นศูนย์จะประกอบอยู่ในช่องขนานระหว่างแท่งรองรับทั้งสอง(ดังภาพที่ 2.46)



ภาพที่ 2.46 แสดงห้องระบบปลดขึ้นงานแนวตรง

2.19 แผ่นประกอบตัวปลด (Ejector Plate Assembly)

แผ่นประกอบตัวปลดเป็นส่วนหนึ่งของแม่พิมพ์ที่ใช้ขึ้นส่วนตัวปลดขึ้นงาน แผ่นประกอบทั้งชุดจะสวมอยู่ในช่องภายในของห้องระบบปลดขึ้นงานและอยู่ด้านหลังของแผ่นแม่พิมพ์ โดยตรงประกอบด้วยแผ่นตัวปลด (Ejector Plate), แผ่นยึดตัวปลด(Retaining Plate) และเพลาดันปลด (Ejector Rod) (ดังภาพที่ 2.47)



ภาพที่ 2.47 แสดงแผ่นประกอบตัวปลด

2.19.1 แผ่นตัวปลด (Ejector Plate)

วัตถุประสงค์ของชิ้นส่วนนี้ใช้สำหรับถ่ายถอดแรงดันปลดระบบกระทุ้งของเครื่องฉีดพลาสติกไปยังชิ้นงาน โดยผ่านชิ้นส่วนตัวปลด

2.19.2 แผ่นยึดตัวปลด (Retaining Plate)

ชิ้นส่วนนี้จะยึดติดแน่นอยู่กับแผ่นตัวปลดด้วยสกรู วัตถุประสงค์ของการใช้แผ่นยึดตัวปลดคือ ใช้ยึดส่วนตัวปลดและรายละเอียดสำหรับปลดชิ้นงานแบบใช้สลักปลด

2.19.3 การนำเลื่อนและการรองรับแผ่นประกอบตัวปลด (Guiding and Supporting -Ejector Assembly)

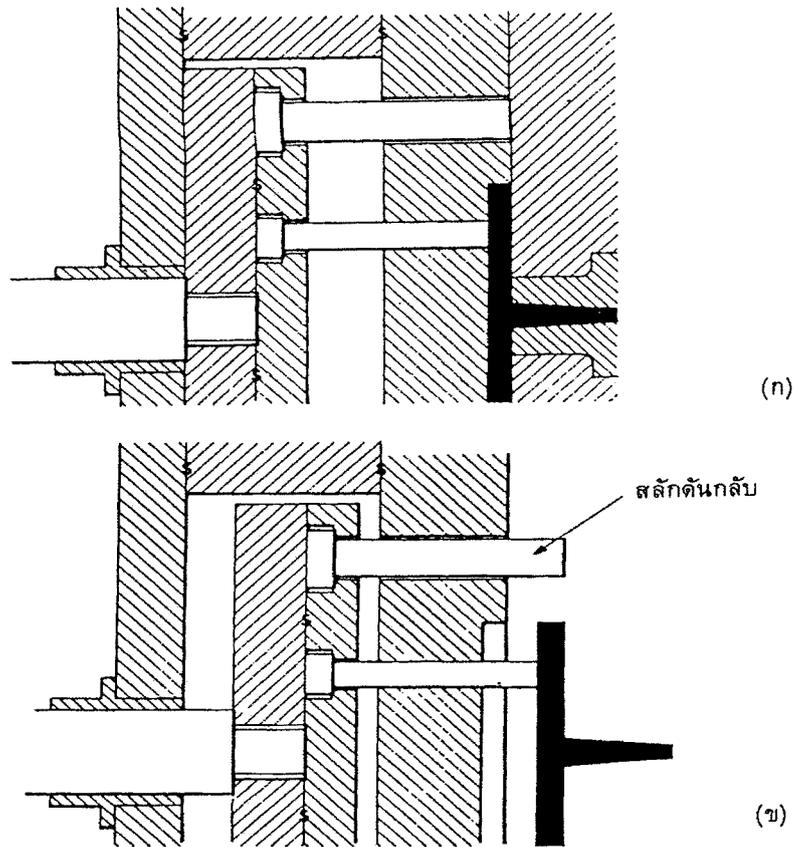
แผ่นประกอบปลดนี้ต้องมีการนำเลื่อนหรือรองรับ หากว่ามีแนวโน้มที่จะเกิดการบิดงอเนื่องจากมีแรงมากกระทำที่ชิ้นส่วนตัวปลดมากเกิดไป ชนิดของระบบการนำเลื่อนที่ใช้จะขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์เป็นส่วนใหญ่

2.19.4 เพลาดันปลดและปลอกเพลาดันปลด (Ejector Rod and Ejector Rod Bush)

เพลาดันจะยึดอยู่กับแผ่นปลดด้วยเกลียว เพื่อมั่นใจว่ากระบอกจะได้ศูนย์ร่วมกันจึงทำเป็นว่าขนาดสั้นๆที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่าเกลียวเล็กน้อยทั้งบนเพลากับบนเพลาดันปลด และแผ่นตัวปลด

2.19.5 ระบบดันกลับของแผ่นประกอบตัวปลด (Ejector Plate Assembly Return Systems)

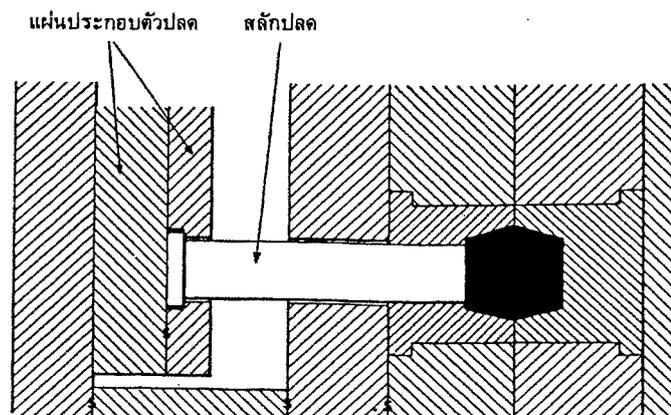
ระบบดันกลับด้วยสปริง (Spring Ertun Systems) สำหรับแม่พิมพ์ขนาดเล็กที่ซึ่งโครง สร้างของแผ่นประกอบตัวปลดมีน้ำหนักเบา (ดังภาพที่ 2.48)



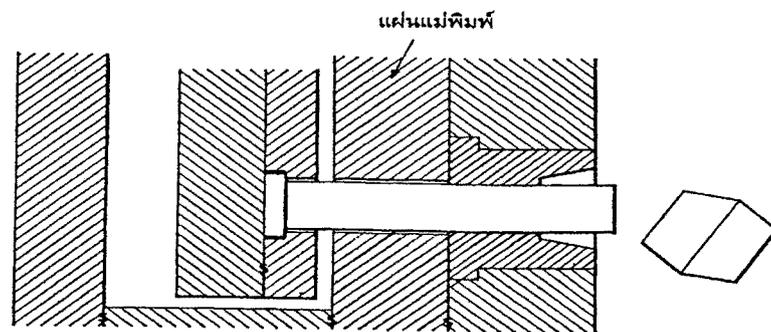
ภาพที่ 2.48 แสดงระบบดันกลับของแผ่นประกอบตัวปลด

2.20 การใช้สลักปลด (Pin Ejection)

แบบนี้เป็นแบบธรรมดาที่สุดของเทคนิคในการปลดชิ้นงาน โดยชิ้นงานจะถูกดันปลดแรงจากเหล็กเพลากลม ที่เรียกว่า สลักปลด (Ejector Pin) (ดังภาพที่ 2.49)



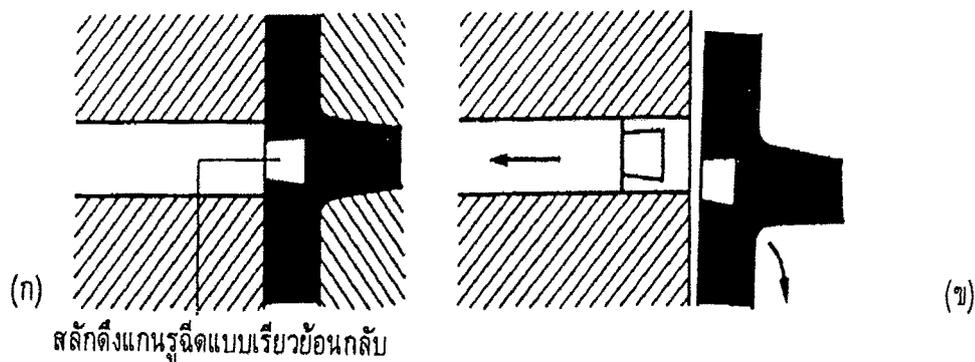
ภาพที่ 2.49 แสดงการดันปลดชิ้นงานด้วยสลักปลด



ภาพที่ 2.50 แสดงการดันปลดชิ้นงานด้วยสลักปลด (ต่อ)

2.21 ส่วนดึงแกนรูฉีด (Sprue Pullers)

เมื่อแม่พิมพ์เปิดแกนรูฉีดจะต้องถูกดึงปลดออกจากปลอกรูฉีดเสมอเพื่อเตรียมฉีดเสมอเพื่อเตรียมฉีดชิ้นงานต่อไป สำหรับแม่พิมพ์แบบอิมเพรสชันเดี่ยว เนื้อพลาสติกจะฉีดเข้าตรงส่วนฐานของชิ้นงานผ่านปลอกรูฉีดและเข้าชิ้นงาน (ดังภาพที่ 2.50)



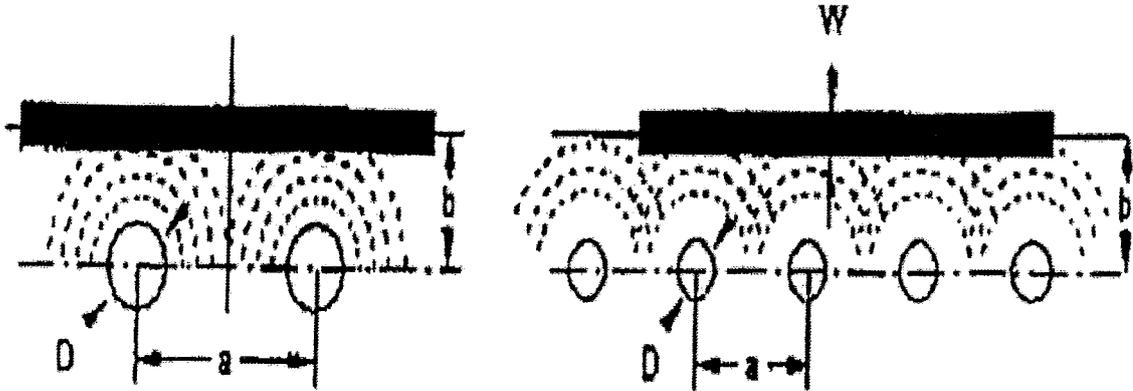
ภาพที่ 2.51 แสดงสลักดึงแกนรูฉีด

2.22 ทฤษฎีเกี่ยวกับการหล่อเย็นแม่พิมพ์ (Mold Cooling)

หลักการเบื้องต้นของการฉีดพลาสติกก็คือพลาสติกร้อนจะถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์และเย็นตัวลงอย่างรวดเร็วจนถึงอุณหภูมิแข็งตัวเพียงพอที่จะคงรูปอิมเพรสชันไว้ได้ ชิ้นงานนี้ก็จะถูกดันปลดออกจากแม่พิมพ์อุณหภูมิใช้งานของแม่พิมพ์ที่ใช้ผลิตชิ้นงานแต่ละอย่างจะขึ้นอยู่กับเฟลคเตอร์ต่าง ๆ ชนิดและเกรดของพลาสติกที่ใช้ฉีด ระยะทางที่พลาสติกไหลในอิมเพรสชัน ความหนาของผนังชิ้นงานความยาวของระบบป้อน เป็นต้น เพื่อรักษาระดับความแตกต่างของอุณหภูมิและพลาสติกหลอมให้ได้ตามที่ต้องการน้ำหรือของเหลวอื่น ๆ จะถูกส่งเข้าไปหมุนเวียนในรูหรือร่องที่ทำขึ้นใน

แม่พิมพ์หรือร่องที่ทำขึ้นนี้เรียกว่า ทางไหลของระบบหล่อเย็นเพื่อหลีกเลี่ยงการต่อวงจรข้างนอก
ทางไหลทั้งสองสามารถต่อถึงกันได้ภายในแผ่นแม่พิมพ์ โดยเจาะรูผ่านแล้ววางปลาไหลต่อกับสาย
ยางทำให้เกิดวงจรรูปตัว U (U-Circuit) ซึ่งใช้ได้ดีกับเบ้าของแม่พิมพ์ที่แคบและยาว (ดังภาพที่
2.51,2.52)

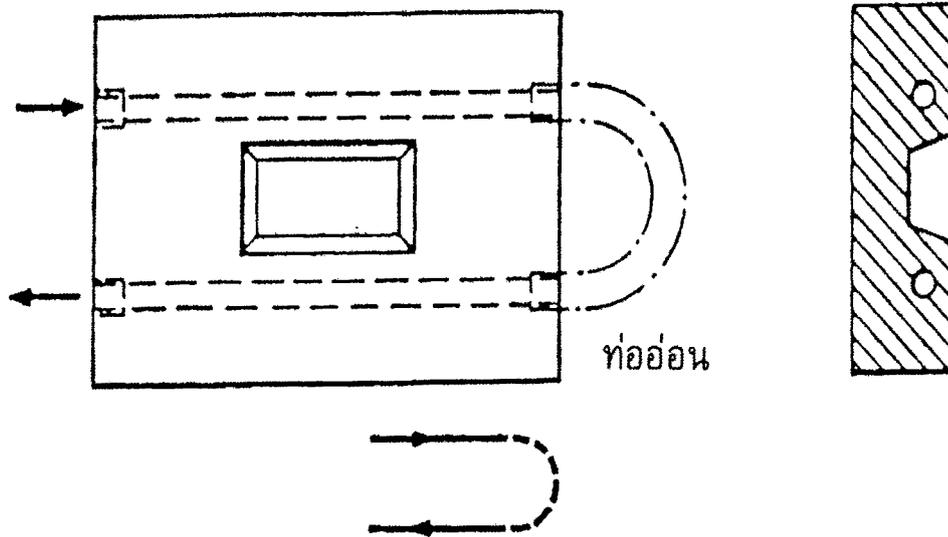
2.22.1 การถ่ายเทความร้อนที่สม่ำเสมอ



ภาพที่ 2.52 แสดงระยะต่างๆ ของรูน้ำหล่อเย็น

(ที่มา: TGI สถาบันไทย-เยอรมัน)

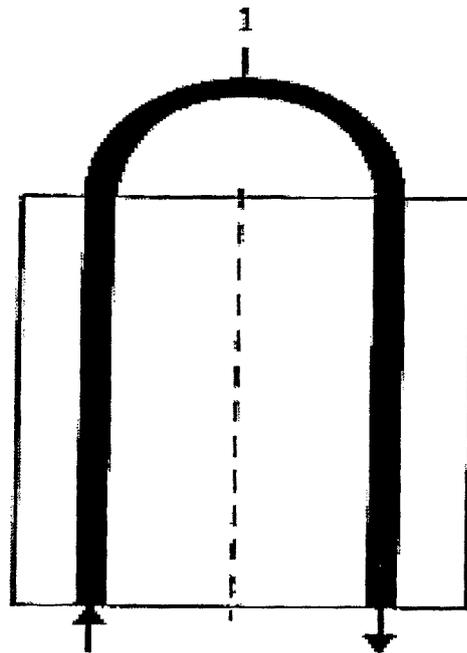
- | | |
|--|--|
| 1. ความหนาชิ้นงาน (W) | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) ท่อน้ำหล่อเย็น |
| < 2 mm. | 8-10 mm. |
| < 4 mm. | 10-12 mm. |
| < 6 mm. | 12-15 mm. |
| 2. ระยะห่าง $b = 2-5$ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อน้ำหล่อเย็น (d) | |
| 3. ระยะห่าง $a = 2-5$ เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อน้ำหล่อเย็น (d) | |



ภาพที่ 2.53 แสดงวงจรหล่อเย็นแผ่นเบ้าแบบขึ้นเดียวอย่างง่าย

2.22.2 การหล่อเย็นอินเสิร์ทของคอร์ (Cooling Core Insets)

การหล่อเย็นอินเสิร์ทของคอร์ที่มีความหนาน้อย ผู้ออกแบบแม่พิมพ์ตัดสินใจที่จะไม่ระบายความร้อนออกจากส่วนคอร์ของแม่พิมพ์โดยใช้รูเจาะในแผ่นยึดอินเสิร์ทแต่จะระบายความร้อนโดยร่องหรือรูในแผ่นอินเสิร์ทโดยตรง วิธีหนึ่งที่จะทำได้ คือการเจาะรูเป็นวงจรรูปตัว U (ดังภาพที่ 2.54)



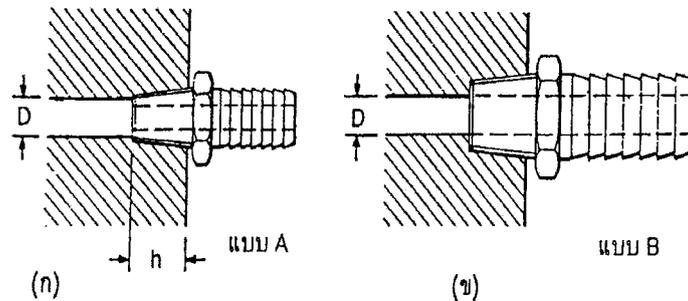
ภาพที่ 2.54 แสดงการหล่อเย็นคอร์อินเสิร์ท (Core Insets) แบบวน

2.23 ความรู้เกี่ยวกับข้อต่อน้ำหล่อเย็น (Water Connections)

2.23.1 ข้อต่อ ข้อต่อนี้สามารถหาซื้อได้ในลักษณะข้อต่อมาตรฐาน วิธีการประกอบข้อต่อ มีด้วยกัน 2 แบบ คือแบบ A และแบบ B (ดังภาพที่ 2.55)

แบบ A ขนาดรูทำเกลียวสำหรับยึดข้อต่อจะเท่ากับเส้นศูนย์กลางของรูทางไหล แบบนี้เหมาะสำหรับรูทางเข้าและรูทางออกที่มีระยะห่างกันน้อย เพราะสามารถใช้ข้อต่อที่มีขนาดเล็กที่สุดที่สามารถใช้ได้แต่มีข้อเสียคือ การไหลของสารหล่อเย็นจะถูกต้านทาน

แบบ B แบบนี้จะเลือกใช้รูของข้อต่อที่มีขนาดเท่ากับรูทางไหล (D) อย่างเช่นขนาดรูทางไหล 10 มิลลิเมตร จากตารางสามารถเลือกใช้เกลียวข้อต่อขนาด 1/4 BSP หรือ 3/8 BSP ก็ได้ซึ่งขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้วิธีประกอบข้อต่อสำหรับแม่พิมพ์ขนาดใหญ่ ที่รูทางเข้าและรูทางออกอยู่ห่างกันพอเพียงมักนิยมเลือกใช้ B

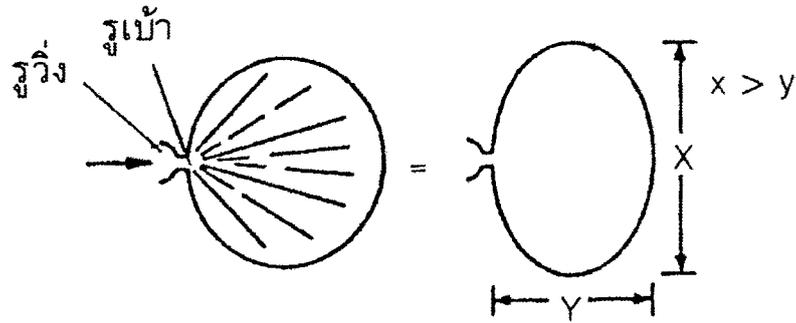


ขนาดข้อต่อ (BSP)	ขนาดรูเจาะ ทำเกลียว (นิ้ว)	ความลึกของรูเกลียว (mm) (นิ้ว)		ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางรูทางไหล			
				แบบ A		แบบ B	
		(mm)	(นิ้ว)	(mm)	(นิ้ว)	(mm)	(นิ้ว)
1/8	11/32	11	7/16	8	11/32	—	—
1/4	29/64	13	1/2	11	7/16	7	1/4
3/8	19/32	13	1/2	15	19/32	10	3/8
1/2	47/64	14	9/16	18	23/32	13	1/2

ภาพที่ 2.55 แสดงข้อต่อมาตรฐานขนาดต่างๆ กัน

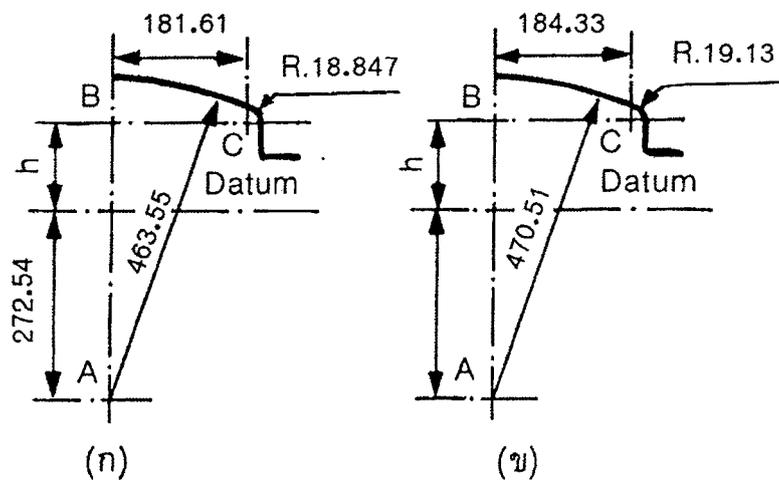
2.23.2 การคำนวณเกี่ยวกับการหดตัว(Shrinkage Calculations)

พลาสติกหลอมที่ถูกฉีดเข้าไปในอิมเพรสชันเมื่อเย็นตัวลงจะแข็งตัวและหดตัว ทำให้ชิ้นงานที่ได้มีขนาดเล็กกว่าขนาดของแม่พิมพ์ที่ทำไว้จะต้องเพิ่มค่าอัตราการหดตัวไว้ทุกด้าน อัตราการหดตัวของพลาสติกจะกำหนดเป็น “มิลลิเมตร/มิลลิเมตร”(นิ้ว/นิ้ว) หรือกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ วิธีการคำนวณมีอยู่ด้วยกัน 2 วิธี (ดังภาพที่ 2.56) คือ



ภาพที่ 2.56 แสดงการหัดตัวเนื่องจากทิศทางกรไหลของพลาสติก

1. คำนวณหาขนาดต่าง ๆ ของแม่พิมพ์จากแบบชิ้นงานที่กำหนดให้เสียก่อนในครั้งแรก แล้วคำนวณหาการหดตัว จากนั้นจึงนำมารวมเข้าด้วยกันเป็นขนาดของชิ้นส่วนแม่พิมพ์
2. ในขั้นแรกจะคำนวณหาขนาดหัดตัวจากขนาดที่กำหนดในชิ้นงาน และเพิ่มขนาดหัดตัวไว้ในแบบชิ้นงาน จากนั้นจึงคำนวณหาขนาดของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ภายหลัง



ภาพที่ 2.57 แสดงหาขนาดการหัดตัวต่างๆ

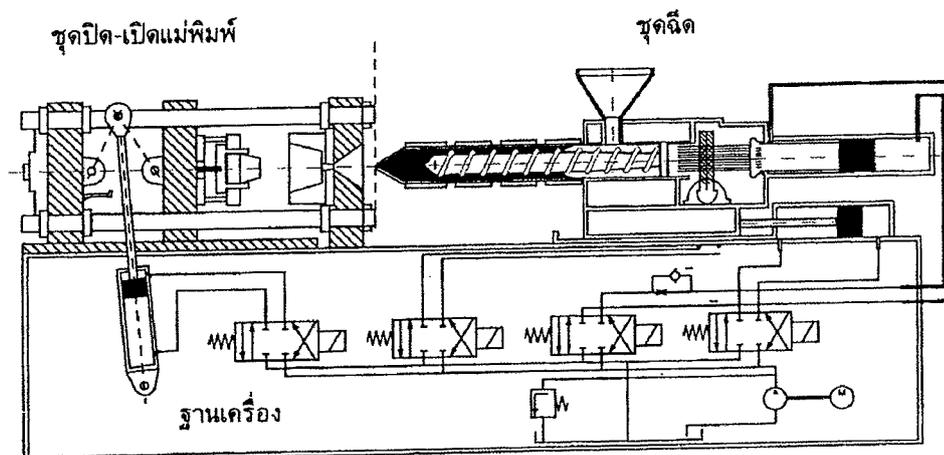
(ก) คำนวณหาขนาด h ก่อน

(ข) เพิ่มอัตราหดตัวก่อนคำนวณขนาด h

2.24 โครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติก

เครื่องฉีดพลาสติกโดยทั่วไป ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญๆ 3 ส่วน (ดังภาพที่ 2.58) คือ

1. ชุดฉีด
2. ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์
3. ฐานเครื่อง



ภาพที่ 2.58 แสดงโครงสร้างของเครื่องฉีดพลาสติก

2.25 ชุดฉีด

ชุดฉีดประกอบด้วย

1. หัวฉีด (Nozzle)
2. เกลียวหนอน (Injection Screw)
3. แผ่นความร้อน (Heater)
4. กระบอกฉีด (Barrel)
5. กรวยเติมพลาสติก (Hopper)
6. กระบอกสูบและลูกสูบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Cylinder and Pistal)
7. มอเตอร์ขับเคลื่อนเกลียวหนอนให้หมุน (Drive Motor)

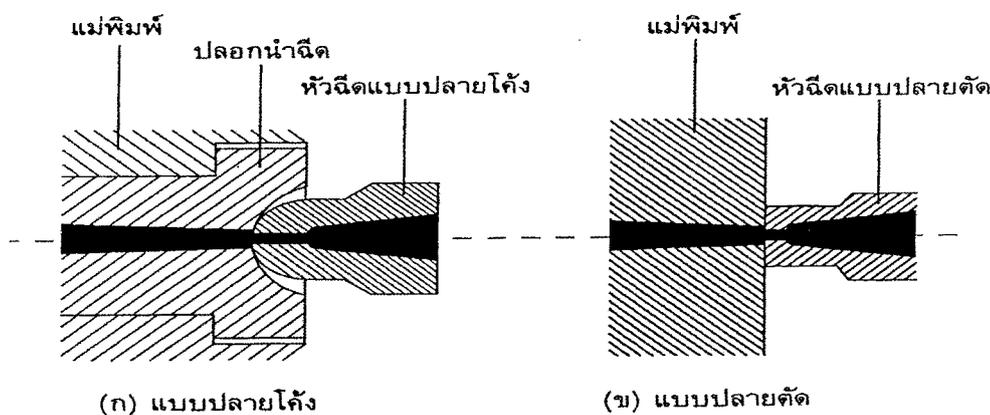
2.25.1 หน้าที่ของชุดฉีด

1. การดึงพลาสติกเข้ากระบอกฉีด วัสดุพลาสติกสภาพเย็นในลักษณะเป็นผงหรือเม็ด ซึ่งบรรจุอยู่ในกรวยเติมจะถูกดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีดด้วยการหมุนรอบตัวเองของเกลียวหนอน
2. การหลอมเหลวและหนุ่นส่งพลาสติก พลาสติกถูกดึงเข้ามาในกระบอกฉีดแล้วจะถูกลำเลียงต่อไปเรื่อยๆยังหน้าปลายเกลียวหนอนพร้อมกับการหลอมเหลวของพลาสติก เมื่อได้ปริมาณของพลาสติกเหลวตามต้องการแล้ว
3. การฉีดและย้ายรักษาความดัน เกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนด้วยความเร็วสูงเพื่ออัดพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนพลาสติกเหลวก็จะวิ่งเข้าสู่ช่องว่าง ในแม่พิมพ์จนกระทั่งเต็มในแม่พิมพ์และเกลียวหนอนก็ยังค้างอยู่ด้วยความดัน ที่พอเหมาะเพื่ออัดเนื้อพลาสติกในแม่พิมพ์ให้แน่น

2.25.2 หัวฉีด

2.25.2.1 หัวฉีดแบบเปิด (Open Nozzle)

โดยทั่วไปแล้วหัวฉีดแบบเปิดจะใช้กับพลาสติกที่มีความหนืดค่อนข้างสูง พลาสติกบางชนิดมีความจำเป็นต้องใช้หัวฉีดแบบเปิดนี้เพื่อให้ก๊าซที่เกิดขึ้นสามารถหนีออกมาได้ หัวฉีดแบบเปิดมีอยู่ด้วยกัน 2 ลักษณะคือ แบบปลายโค้งแบบปลายตัด (ดังภาพที่ 2.59)



ภาพที่ 2.59 แสดงหัวฉีดแบบเปิด (Open Nozzle)

แบบปลายโค้งแบบปลายตัดก็คือ แบบปลายตัดก็คือ แบบปลายตัดจะสร้างได้ง่าย ราคาจึงถูกกว่า แต่แบบปลายโค้งจะใช้งานได้ง่ายกว่าเพราะว่าส่วนโค้งจะทำหน้าที่เป็นตัวปรับศูนย์กลางของแม่พิมพ์กับหัวฉีดได้ตรงกันอยู่ตลอดเวลาที่ทำการฉีด (Sprue Bush) จะต้องมียุติโค้งกว่าหัวฉีดอย่างน้อย 1 มม. มิฉะนั้นพลาสติกเหลวมีโอกาสแทรกตัวอยู่ในช่องว่าง

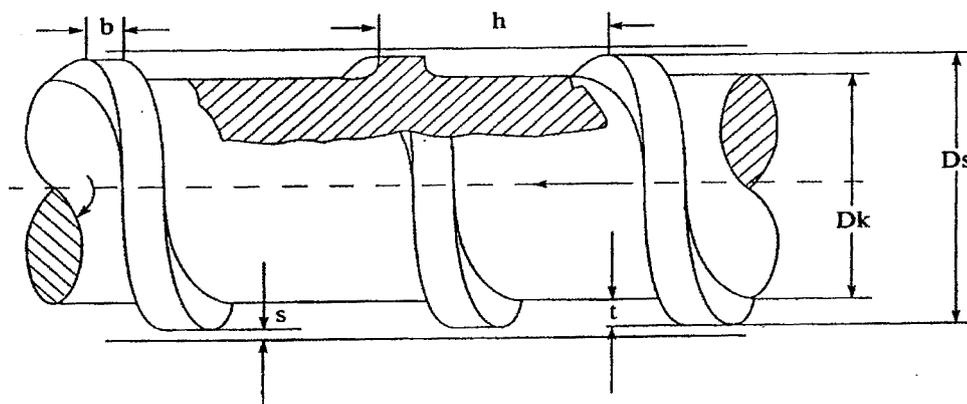
2.25.2.2 หัวฉีดแบบปิด (Shut-Off Nozzle)

หัวฉีดแบบนี้จะใช้กับพลาสติกที่มีความหนืดต่ำ คือพวกพลาสติกพวกนี้จะไหลได้ง่ายเมื่อถึงจุดหลอมเหลว เช่น PA หัวฉีดแบบนี้ห้ามใช้กับพลาสติกที่มีโอกาสเกิดก๊าซได้ เพราะอาจจะเกิดการระเบิดได้โดยทั่วไปหัวฉีดแบบนี้จะมีอยู่ 2 ลักษณะคือ

- แบบเข็มปิด หัวฉีดลักษณะนี้จะมีเข็มเป็นตัวปิดรูของหัวฉีดอยู่ตลอดเวลาด้วยแรงสปริงโดยความดันฉีดจะเอาชนะแรงสปริงได้
- แบบเข็มปิด หัวฉีดลักษณะนี้ปกติจะปิดอยู่ด้วยแรงสปริงและจะเปิดก็ต่อเมื่อชุดฉีดเลื่อนออกไปจนกระทั่งหัวฉีดชนกับแม่พิมพ์จนเกิดแรงต้านแรงของสปริง ทำให้หัวฉีดเลื่อนถอยหลังกลับให้พลาสติกเหลวไหลออกมาได้

2.25.2.3 เกลียวหนอน

เกลียวหนอนจะอยู่ภายในกระบอบกฉีด ซึ่งทำหน้าที่หมุนรอบตัวเองเพื่อดึงพลาสติกจากกรวยเติมเข้ากระบอบกฉีด (ดังภาพที่ 2.60)



ภาพที่ 2.60 แสดงลักษณะของเกลียวหอน

s คือ ช่องว่างระหว่างเกลียวหอนกับกระบอกฉีด = 0.1-0.3 mm.

b คือ ความกว้างสันเกลียว

h คือ ระยะห่างของสันเกลียว 1 D_s

t คือ ความลึกร่องเกลียว

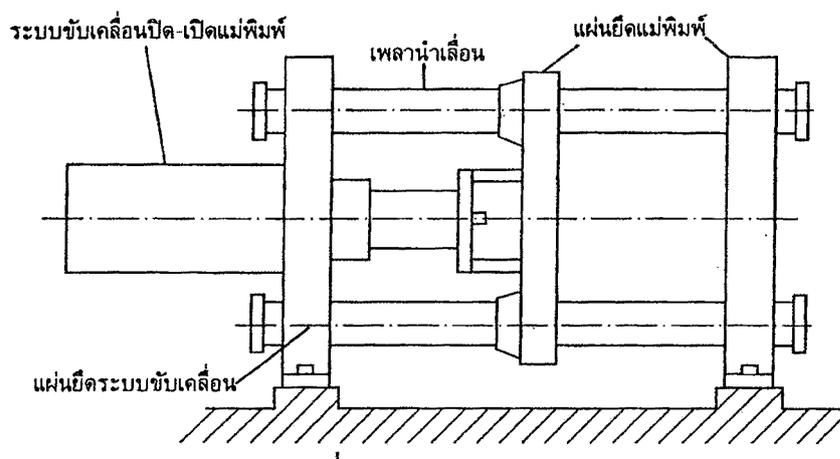
D_s คือ ความโตที่ยอดเกลียว

D_k คือ ความโตที่โคนเกลียว

2.26 ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์

ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ประกอบด้วย

1. แผ่นยึดแม่พิมพ์
2. เพลาหน้าเลื่อน
3. ระบบขับเคลื่อนปิด-เปิดแม่พิมพ์
4. แผ่นยึดระบบขับเคลื่อน



ภาพที่ 2.61 แสดงชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์

2.26.1 หน้าที่ของชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์

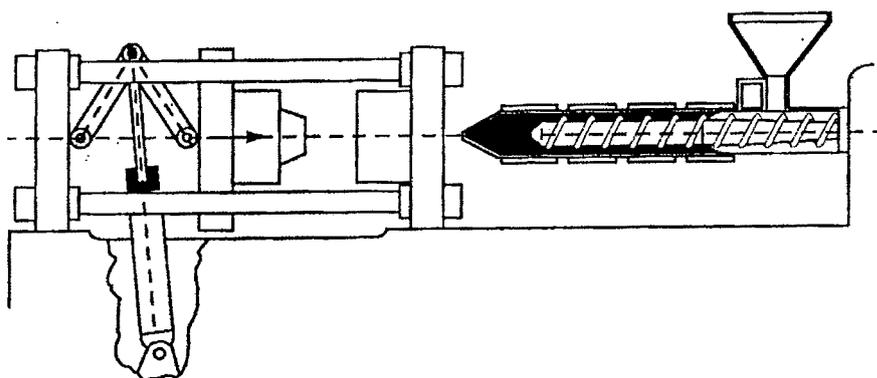
ชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์มีหน้าที่ดังต่อไปนี้

1. ยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วน
2. เลื่อนปิด-เปิดแม่พิมพ์
3. ให้แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์
4. หล่อยึดชิ้นงาน
5. ปลดชิ้นงาน

2.27 ทฤษฎีเกี่ยวกับจังหวะการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

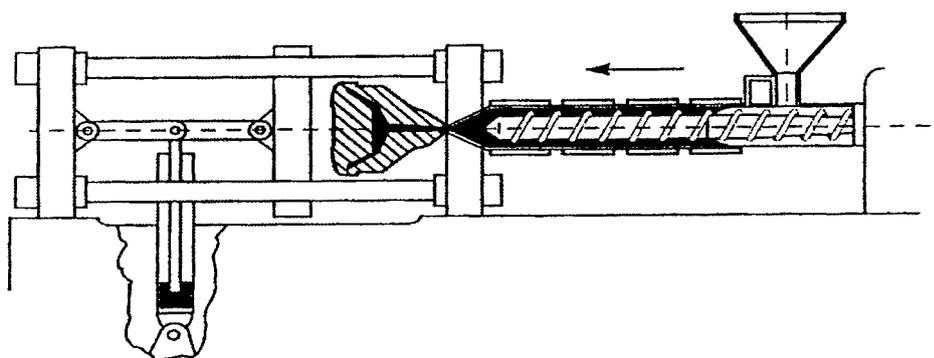
2.27.1 จังหวะการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

จังหวะที่ 1 แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิด และล็อกแน่นเพื่อป้องกันแม่พิมพ์เสียหายด้วยแรงที่มากกว่าแรงดันที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์เนื่องจากการฉีดแรงปิดล็อกแม่พิมพ์นี้ เราสามารถเลือกปรับได้ทั้งในระบบปิด-เปิดแม่พิมพ์ไฮดรอลิกส์และในระบบกลไก แต่ในระบบไฮดรอลิกส์จะทำได้ง่ายกว่า (ดังภาพที่ 2.62)



ภาพที่ 2.62 แสดงจังหวะที่ 1 แม่พิมพ์ปิด

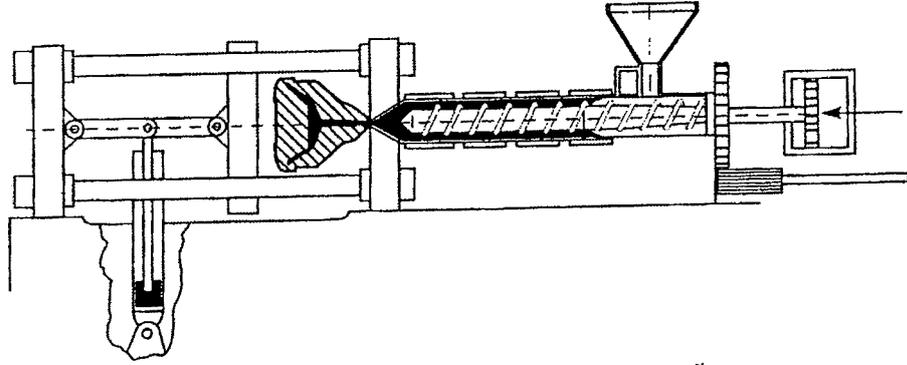
จังหวะที่ 2 ชุดฉีดเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์จนกระทั่งชนกับแม่พิมพ์ และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะเพื่อป้องกันชุดฉีดถอยหลังกลับในขณะที่ทำการฉีด (ดังภาพที่ 2.63)



ภาพที่ 2.63 แสดงชุดฉีดเลื่อนเข้าชนแม่พิมพ์

จังหวะที่ 3 นีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ โดยตัวเกลียวหนอนจะเคลื่อนที่ตามแนวแกนและมีตัวแหวนกันแม่พลาสติกไหลย้อนกลับทำหน้าที่เป็นลูกสูบ จังหวะนี้บางครั้งก็เรียกกันว่าเป็นจังหวะเติมพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ (ดังภาพที่ 2.64)

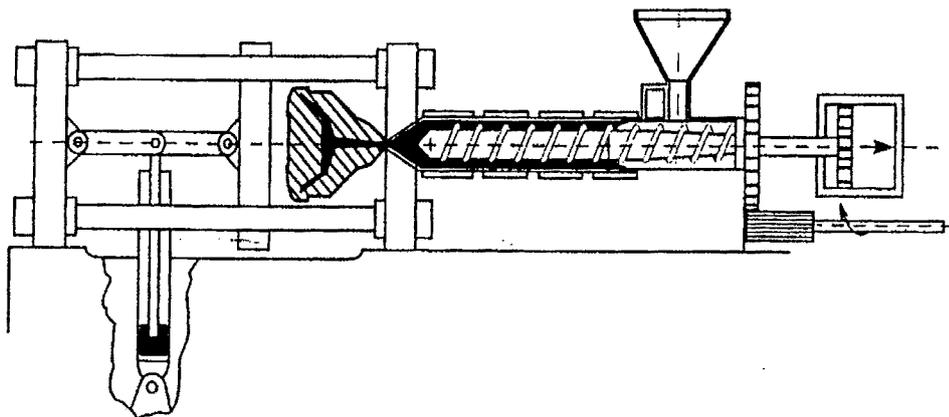
จังหวะที่ 4 ย้ำรักษาความดันแก่พลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีเนื้อแน่น (ความหนาแน่นของพลาสติกไม่เปลี่ยนแปลง) และไม่เกิดรอยยุบที่ผิวชิ้นงาน (ดังภาพที่ 2.63)



ภาพที่ 2.64 แสดงจังหวะที่ 3,4 ทำการฉีดและย้ำ

จังหวะที่ 5 หล่อเย็นชิ้นงานในงานแม่พิมพ์ เวลาในการหล่อเย็นนี้เป็นเวลาที่เรารู้จักให้กลับเครื่องและเวลานี้จะต่อนานกว่าเวลาในการหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายเกลียวหนอนจังหวะการทำงานนี้มีอิทธิพลมากต่อเวลาการทำงานทั้งวงจร (ดังภาพที่ 2.64)

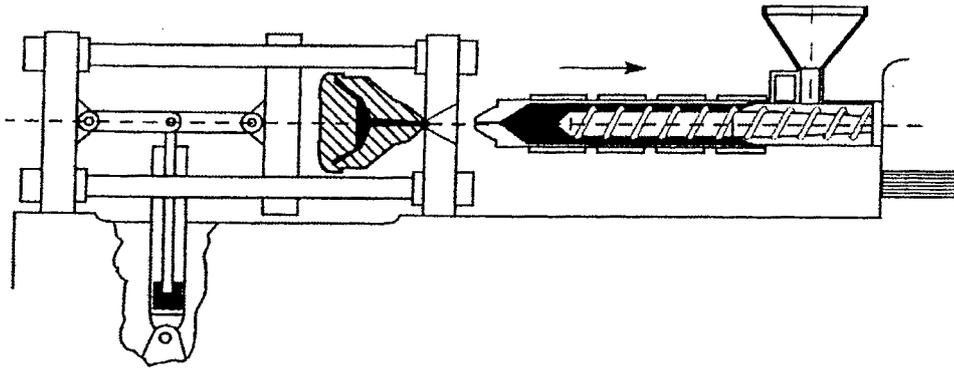
จังหวะที่ 6 การหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลายเกลียวหนอน โดยเกลียวหนอนจะหมุนรอบตัวเองเพื่อดึงเม็ดหรือผงพลาสติกจากกรวยเติมเข้ามาในกระบอกฉีด และส่งต่อไปยังหน้าปลายเกลียวหนอนพร้อมกับหลอมเหลวไปด้วยในขณะที่เกลียวหนอนหมุนรอบตัวเองอยู่นั้น เกลียวหนอนจะเคลื่อนตัวถอยหลังกลับโดยอัตโนมัติ เนื่องจากแรงดันพลาสติกที่อยู่ปลายเกลียวหนอน (หัวฉีดยังคงค้างอยู่ที่แม่พิมพ์) เมื่อได้ปริมาณของพลาสติกเหลวตามที่ต้องการหนอนก็จะหยุดหมุนจังหวะการทำงานนี้จะเริ่มพร้อมกันกับจังหวะการหล่อเย็น (ดังภาพที่ 2.65)



ภาพที่ 2.65 แสดงจังหวะที่ 5,6 เริ่มนับเวลาในการหล่อเย็นพร้อมกับหลอมเหลวพลาสติก และ

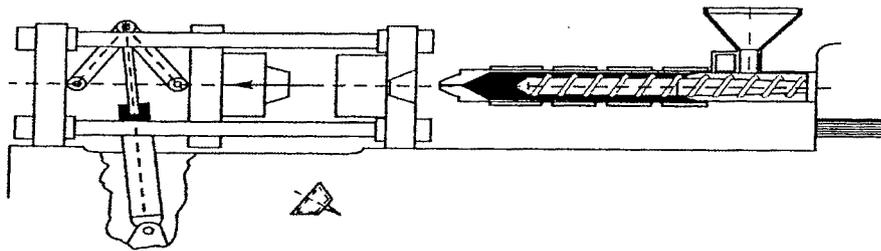
ป้อนส่งพลาสติกเหลวไปหน้าปลายเกลียวหนอน

จังหวะที่ 7 ชุดฉีดถอยหลังกลับเพื่อป้องกันอุณหภูมิของหัวฉีดลดต่ำเกินไป ซึ่งอาจทำให้ทำการฉีดไม่ได้เนื่องจากพลาสติกเหลวหนืดขึ้น (อุณหภูมิต่ำเกินไป) และไหลไม่ได้ (ดังภาพที่ 2.66)



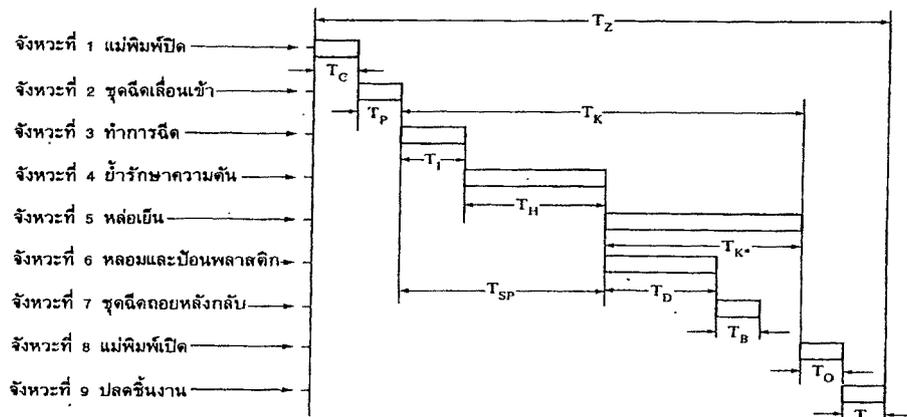
ภาพที่ 2.66 แสดงจังหวะที่ 7 ชุดฉีดถอยหลังกลับ

จังหวะที่ 8 แม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดออก หลังจากสิ้นสุดเวลาในการหล่อเย็นที่เราตั้งไว้กับเครื่องแล้ว (ดังภาพที่ 2.67)



ภาพที่ 2.67 แสดงจังหวะที่ 8,9 เปิดแม่พิมพ์และปลดชิ้นงานออก

จังหวะที่ 9 ทำการปลดชิ้นงานหลังจากที่แม่พิมพ์เปิดออกสุดเรียบร้อยแล้ว ตัวอินเจกเตอร์ (Injector) ก็จะทำหน้าที่ดันชิ้นงานให้หลุดออก ซึ่งอาจจะทำครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้ (ดังภาพที่ 2.68)



ภาพที่ 2.68 แสดงไทม์ไลน์ของจังหวะการฉีดพลาสติก

T_C	= เวลาแม่พิมพ์ปิด
T_P	= เวลาที่ชุดฉีดเลื่อนเข้าชนแม่พิมพ์
T_I	= เวลาในการฉีด
T_H	= เวลาในการย่ำ
T_K	= เวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้ง
T_D	= เวลาหลอมและป้อนส่งพลาสติกไปหน้าปลายเกลียวหนอน
T_B	= เวลาที่ชุดฉีดถอยหลังกลับ
T_O	= เวลาแม่พิมพ์เปิด
T_E	= เวลาปลดชิ้นงาน
T_{SP}	= เวลาในการฉีดและย่ำ (เวลานี้รวม)
T_K	= เวลาหล่อเย็นทั้งวงจร
T_Z	= เวลาการทำงานทั้งวงจร

2.27.2 เวลาทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก

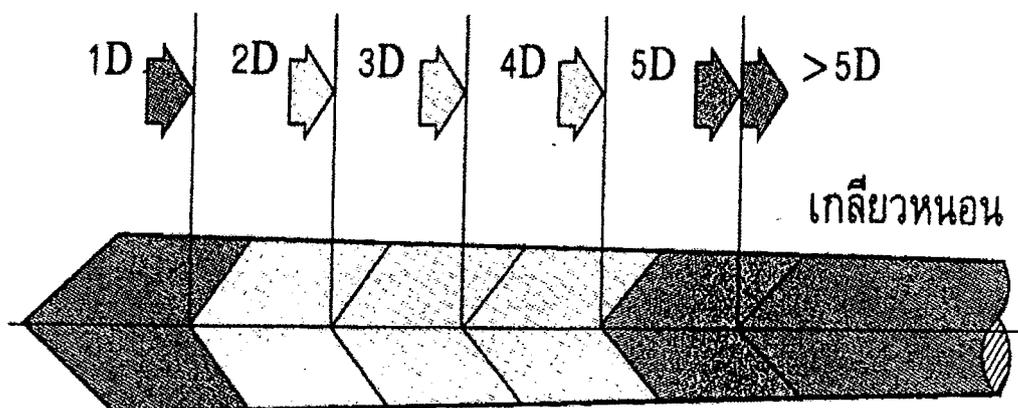
เวลาในการทำงานของเครื่องฉีดโดยพลาสติกนั้น เราสามารถปรับตั้งได้โดยตรงกับตัว เครื่องฉีดพลาสติกหรือทางอ้อม ซึ่งจะขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่างๆ ดังนี้ คือ

1. เวลาของการปิดแม่พิมพ์ : ระยะทาง และความเร็วของชุดปิด - เปิดแม่พิมพ์
2. เวลาฉีด : ระยะทาง ปริมาณพลาสติกเหลวหน้าปลายเกลียวหนอนและความเร็วในการฉีด
3. เวลาย่ำรักษาความดัน : ความแน่นของชิ้นงานฉีด ความดัน และเวลาที่ใช้ในการย่ำ
4. เวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้ง : ความหนาของชิ้นงานฉีด ชนิดของพลาสติก อุณหภูมิ ของแม่พิมพ์ และอุณหภูมิของพลาสติกเหลว
5. เวลาหลอมและป้อนพลาสติก : ปริมาณพลาสติกที่ใช้ ขนาดกระบอกฉีด ความเร็วรอบเกลียวหนอน และความดันด้านความถอยหลังกลับของเกลียวหนอน
6. เวลาหล่อเย็นรวม : เวลานี้รวม เวลาย่ำรักษาความดัน และเวลาหล่อเย็นที่ปรับตั้ง
7. เวลานี้รวมทั้งหมด : เวลานี้รวม+เวลาย่ำรักษาความดัน

8. เวลาการเปิดแม่พิมพ์ : ระยะทางที่แม่พิมพ์เคลื่อนที่ และความเร็วของชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์
9. เวลาในการปลดชิ้นงาน : ระยะทางที่เข็มกระทุ้งเคลื่อนที่ ความเร็วในการเคลื่อนที่และจำนวนครั้งในการปลดชิ้นงาน
10. เวลาการทำงานทั้งวงจร : สั้นที่สุดเท่าที่เป็นไปได้

2.27.3 การเลือกขนาดเกลียวหนอน

เมื่อเราคำนวณปริมาตรของพลาสติกเหลวทั้งหมดที่ต้องการใช้ในการฉีดแต่ละครั้ง (ชิ้นงาน + ทางนำพลาสติกวิ่ง) ได้แล้วเราก็สามารถทำการทดลองเลือกขนาดเกลียวหนอนและกระบอกฉีดที่จะใช้ (ดังภาพที่ 2.69)



ภาพที่ 2.69 แสดงระยะความยาวของพลาสติกเหลวหน้าปลายเกลียวหนอนที่เหมาะสม
 ระยะ L อยู่ในช่วง 1D-3D เป็นระยะที่เหมาะสมที่สุด
 ระยะ L อยู่ในช่วง 3D-5D เป็นระยะที่ใช้ได้ในบางกรณี
 ระยะ L อยู่ในช่วง <1D และ >5D เป็นระยะที่น้อยและมากเกินไปไม่ควรใช้

การเลือกขนาดเกลียวหนอนใช้วิธีการทดลองเลือกแล้วทำการตรวจสอบดูว่าระยะความยาวของพลาสติกเหลวในกระบอกฉีดนั้นอยู่ในระยะ 1D-3D หรือไม่ ถ้าได้ระยะน้อยกว่าก็ต้องลดขนาดของเกลียวหนอนลงแต่ถ้าได้ระยะที่มากเกินไปก็ต้องเพิ่มขนาดของเกลียวหนอน ซึ่งวิธีนี้อาจจะเสียเวลามาก เราอาจใช้วิธีการคำนวณเข้ามาช่วยก็ได้ โดยใช้สูตรดังนี้ คือ

$$\frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L = \text{ปริมาณของพลาสติกเหลว (ชิ้นงาน + ทางนำพลาสติกวิ่ง)} \quad (\dots\dots\dots 2.2)$$

โดยที่ D = ขนาดความโตของเกลียวหนอน

L = ระยะความยาวช่องว่างหน้าปลายเกลียวหนอน (cm.) อยู่ในช่วง 1D-3D

แนะนำให้ใช้ค่าเฉลี่ย (2D)

2.28 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับพารามิเตอร์

เมื่อเราทราบถึงหลักการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกแล้ว เราต้องมาทำความเข้าใจกับพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในงานฉีดพลาสติกด้วย เพื่อที่จะได้แก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนที่อาจเกิดขึ้นจากการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งพารามิเตอร์จะเกี่ยวข้องกับงานฉีดพลาสติกและมีอิทธิพลต่อเวลาในการทำงานตลอดจนคุณภาพของชิ้นงานนั้นมีอยู่ด้วยกัน 4 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. อุณหภูมิ (พลาสติกเหลว แม่พิมพ์)
2. เวลา (ฉีด ย้ำ หล่อเย็น และวงจรการทำงาน)
3. ความดัน (ฉีด ย้ำ ด้านการลอยของเกลียวหนอน และในแม่พิมพ์)
4. ความเร็ว (ฉีด ปิด-เปิดแม่พิมพ์ ชุดฉีดเคลื่อนเข้า-ออก และรอบเกลียวหนอน)

2.28.1 อุณหภูมิพลาสติกเหลว (Melt Temperature) อุณหภูมิเหลวพลาสติกเป็นอุณหภูมิของพลาสติกเหลวที่ออกมาจากหัวฉีดในขณะที่ทำการฉีด โดยทั่วไปส่วนมากจะบอกมาเป็นช่วงกว้าง เช่น 230-280 °C สำหรับการตั้งอุณหภูมิที่แผ่นความร้อนสามารถทำได้ 2 วิธีคือ

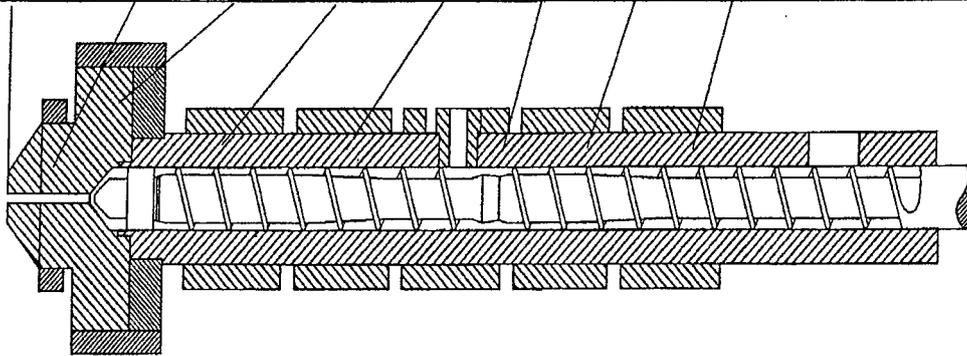
1. เริ่มจากอุณหภูมิต่ำ และค่อยๆ สูงขึ้น (จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด)

อุณหภูมิพลาสติกเหลวที่ต้องการ 250 °C

2. เริ่มจากอุณหภูมิสูงและค่อยๆ ต่ำลง (จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด)

อุณหภูมิพลาสติกเหลวที่ต้องการ 250 °C วิธีนี้นิยมใช้กันมากคือใช้อุณหภูมิต่ำและค่อยๆ สูงขึ้น (จากกรวยเติมพลาสติกไปยังหัวฉีด) เพื่อป้องกันพลาสติกตรงตำแหน่งใต้กรวยเติมพลาสติกอาจเกิดหลอมเหลวจนเกิดการอุดตันได้ เช่น ถ้าเราต้องการอุณหภูมิของพลาสติกเหลว 250 °C เพราะฉะนั้นอุณหภูมิของแผ่นความร้อนที่ช่วงอื่นๆ ก็ไม่ควรเกิน 250 °C เพราะถ้าตั้งไว้เกินมากเท่าไรพลาสติกก็มีโอกาสเสื่อมสภาพมากขึ้นเท่านั้น (ดังภาพที่ 2.70)

อุณหภูมิพลาสติก เหลว (°C)	อุณหภูมิที่กระบอกฉีด (°C)							เทอร์โมพลาสติก
320-360	330	320	310	295	290	300	310	Apec
260-270	265	265	260	250	230	235	250	Bayblend
260-280	260	250	250	230	240	240	250	Durethan A
240-260	220	230	230	210	220	220	230	Durethan B
260-280	265	265	260	260	255	265	270	Makroblend PR
300-340	300	300	290	280	275	280	300	Makroblend EC
300-315	300	300	290	280	275	280	300	Makrolon
230-245	230	230	230	230	220	225	240	Novodur
230-260	245	245	240	240	230	235	250	Pocan
300-340	330	330	330	300	300	320	300	Tedur



ภาพที่ 2.70 แสดงการตั้งอุณหภูมิของกระบอกฉีดของเกลียวหนอนแบบมีช่องไล้ก๊าซ

2.28.2 อุณหภูมิของแม่พิมพ์ (Mold Temperature) เราสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิของน้ำ หรือน้ำมันที่ไหลเข้าหมุนเวียนอยู่ในแม่พิมพ์อุณหภูมิของแม่พิมพ์ที่จะทำการปรับตั้งนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก คือ ถ้าเป็นพวกอะมอร์ฟัสเทอร์โมพลาสติก เราจะใช้อุณหภูมิต่ำส่วนพาร์เซียมคริสตัลไลน์เทอร์โมพลาสติกจะใช้อุณหภูมิสูงกว่า

2.28.3 อุณหภูมิกระบอกฉีด (Barrel Temperature) โดยทั่วไปแล้วอุณหภูมิกระบอกฉีดจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหน้า ส่วนกลาง ส่วนหลัง ซึ่งจะเป็นแผ่นความร้อนที่ติดอยู่กับกระบอกฉีดการตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีดจำเป็นจะต้องปรับให้เหมาะสมกับการทำงาน ซึ่งโดยทั่วไปการตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีดมี 3 แบบ คือ

1. แบบอุณหภูมิลดลง (จากหัวฉีดไปยังกรวยเติมพลาสติก) โดยการตั้งอุณหภูมิแบบนี้จะใช้เมื่อระยะชักสกรูมีค่าระหว่าง 1-1.5 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของสกรู
2. แบบอุณหภูมิคงที่ โดยที่การตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีด แบบนี้จะให้เมื่อระยะชักของสกรูอยู่ระหว่าง 1.5-2 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู

3. แบบอุณหภูมิเพิ่มขึ้น(จากหัวฉีดไปยังกรวยเติมพลาสติก) โดยการตั้งอุณหภูมิแบบนี้จะใช้เมื่อระยะชักสกรูค่าระหว่าง 2-3 เท่า ของเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู

2.28.4 อุณหภูมิปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ (Demold Temperature) อุณหภูมิแม่พิมพ์ตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิแม่พิมพ์มีอิทธิพลต่อความดันในแม่พิมพ์เช่นเดียวกับอุณหภูมิพลาสติกเหลว คือ ระหว่างจังหวะการฉีดความหนืดของพลาสติกเหลวจะเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแม่พิมพ์ จะมีอิทธิพลไม่มากกว่าชิ้นงานที่มีความหนามีความหนามากแต่จะมีอิทธิพลต่อชิ้นงานบางและมีระยะทางไหลที่ยาว

2.28.5 ระยะชักสกรู (Metering Stroke) ระยะชักสกรู คือ ระยะพลาสติกเหลวหน้าสกรู โดยจะแสดงถึงปริมาตรพลาสติกเหลวที่ต้องการฉีดเข้าแม่พิมพ์ โดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ในช่วง 1-3 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสกรู หากค่านี้ไม่ถูกคำนวณให้ถูกต้องก็จะทำให้พลาสติกเหลวที่เข้าสู่ชิ้นงานไม่พอดีกับปริมาตรที่ต้องการ

สำหรับเวลาในการฉีดจะขึ้นอยู่กับความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของตัวเกลียวหนอน (ความเร็วฉีด) และระยะทางของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน

2.28.7 เวลาในการฉีดย้ำ (HoIding Time) มีบทบาทมากต่อคุณภาพของชิ้นงานฉีดที่ได้ เพราะถ้าใช้เวลาในการย้ำเพื่อรักษาความดันนี้น้อยเกินไป ชิ้นงานก็จะเกิดรอยยุบที่ผิวได้แต่ถ้าใช้นานเกินไปก็อาจเกิดความเค้นภายในเนื้อชิ้นงานได้

2.28.8 เวลาในการหล่อเย็น (Cooling Time) เวลาในการหล่อเย็นมีอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นเวลาในการหล่อเย็นที่สามารถปรับตั้งให้กับเครื่องได้ ส่วนใหญ่ที่ใช้ในการฉีดแต่ละครั้ง เวลาในการหล่อเย็นที่เราทำการปรับตั้งจะนานแค่ไหนก็ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของชิ้นงานที่อยู่ในแม่พิมพ์ที่เราต้องการว่าจะให้อุณหภูมิเท่าไร ส่วนเวลาในการหล่อเย็นช่วงที่สองเป็นเวลาในการหล่อเย็นทั้งหมด คือ เป็นเวลาในการลดอุณหภูมิทั้งหมดของชิ้นงานตั้งแต่เริ่มฉีดพลาสติกเหลวเข้าแม่พิมพ์ทำการรักษาความดันและรวมกับเวลาในการหล่อเย็นที่ปรับตั้งจนกระทั่งแม่พิมพ์เริ่มเปิด

2.28.9 ความดันฉีด (Injection Pressure) ความดันฉีดเป็นความดันที่เกิดขึ้นกับพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอน เนื่องจากความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์ที่กระทำต่อพื้นที่หน้าตัดของลูกสูบ ความดันนี้เองที่เป็นตัวทำให้พลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนเคลื่อนที่เข้าไป แม่พิมพ์และจะไหลเข้าเต็มแม่พิมพ์หรือไม่ก็ขึ้นอยู่กับความดันฉีดนี้เหมือนกัน ความดันนี้เองเราสามารถปรับได้โดยตรงที่ความดันของน้ำมันไฮดรอลิกส์

2.28.10 ความดันฉีดย้ำ (HoIding Pressure) ความดันย้ำเป็นความดันที่เกิดขึ้นกับพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนเหมือนกับความดันฉีดทุกประการแต่แตกต่างกันที่ขนาดของความดันย้ำนี้จะน้อยกว่า โดยทั่วไปเราจะใช้ประมาณ 30-70 เปอร์เซ็นต์ของความดันฉีด (ความ

ดันของพลาสติกเหลวหน้าปลายเกลียวหนอนที่ปรับได้) ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกด้วย เช่น พลาสติกชนิดใดที่มีความหนืดสูงเราก็จะใช้เวลาดันช้าประมาณ 70 เปอร์เซ็นต์

2.28.11 ความดันต้านการถอยหลังกลับของเกลียวหนอน(สกรู) (Back Pressure)

ความดันที่เกิดขึ้นตรงตำแหน่งด้านท้ายของเกลียวหนอน เนื่องจากความดันน้ำมันไฮดรอลิกส์ เหมือนกับความดันฉีดและช้า เพื่อต้านทานการถอยหลังกลับของเกลียวหนอนเนื่องจากความดันที่เกิดขึ้นของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนในจังหวะที่ทำการหลอมเหลวและป้อนพลาสติก โดย เฉพาะพลาสติก ที่ต้องการมีการผสมสารสีต้องการมีความดันนี้ช่วยเพื่อให้การกระจายตัวของสีเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ เพื่อป้องกันไม่ให้พลาสติกเหลวไหลออกมาจากกระบอกฉีดตรงตำแหน่งได้ก้ำกัความดันนี้โดยปกติเราจะใช้ประมาณ 50-150 บาร์ (ความดันด้านท้ายของเกลียวหนอน) หรือ 5- 15 บาร์ (ความดันไฮดรอลิก)

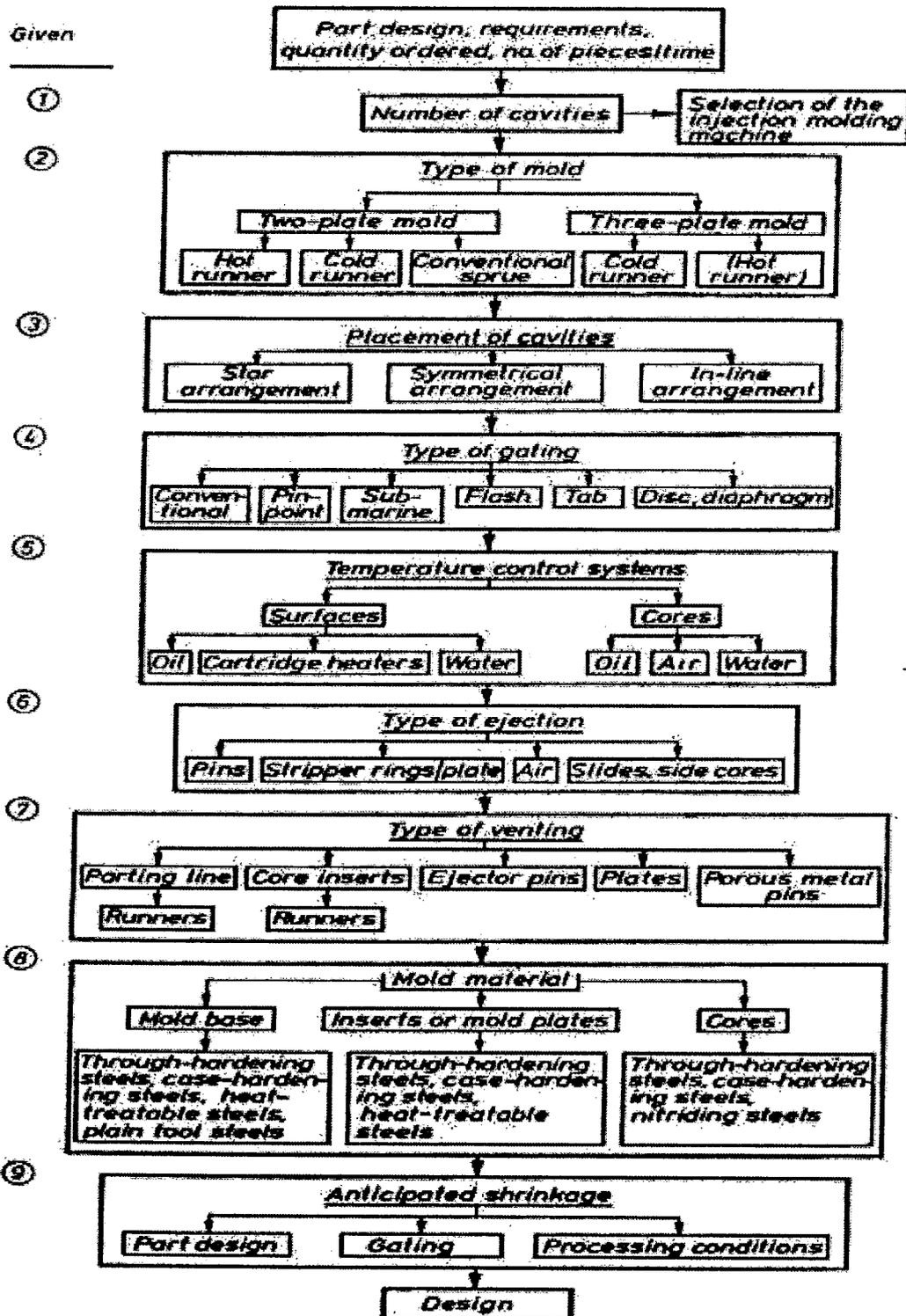
2.28.12 ความเร็วในการฉีด (Injection Speed) ความเร็วในการฉีดเป็นความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของเกลียวหนอน เพื่อดันพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายเกลียวหนอนให้ไหลเข้าแม่พิมพ์ความเร็วในการฉีดจะเป็นตัวควบคุมความดันฉีด คือ ถ้าเราใช้ความเร็วฉีดสูงขึ้นความดันฉีดก็จะมากขึ้นตามแต่จะไม่เกินค่าสูงสุดที่เราตั้งไว้ให้กับเครื่อง

2.28.13 เวลาที่พลาสติกเหลวอยู่ในกระบอกฉีด (Resident Time) เวลาที่พลาสติกเหลวอยู่ในกระบอกฉีดนั้นเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากเป็นระยะเวลาที่พลาสติกหลอมละลาย หากพลาสติก เหลวอยู่ในกระบอกฉีดนานเกินไป จะส่งผลให้พลาสติกเสื่อมสภาพได้ คำแนะนำต่างๆ ไปในการกำหนดเวลาที่พลาสติกเหลวอยู่ในกระบอกฉีดจะแนะนำให้ไม่ควรแช่อยู่นานเกิน 10 นาที สำหรับพลาสติกที่มีความไวต่อสภาวะความร้อน เช่น PVC จะอยู่ในกระบอกฉีดได้ไม่เกิน 2.5 นาที

2.28.14 ระยะเวลาสำรอง (Cushion) ระยะเวลาสำรอง คือ ระยะเวลาช่วยป้องกันการเกิดการแทรกของหัวฉีดกับแม่พิมพ์โดยจะต้องตั้งค่านี้อยู่ภายในกระบอกฉีด และยังป้องกันไม่ให้พลาสติกเกิดการเปลี่ยนแปลงและการไหลย้อนกลับ เนื่องจากปริมาณของพลาสติกเหลวที่อยู่ในระยะเวลาสำรองที่เหมาะสมจะสามารถชดเชยการหดตัวของพลาสติกที่ถูกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ ในจังหวะของการฉีดช้าด้วย

2.28.15 ความเร็วรอบสกรู (Screw Speed) ความเร็วรอบสกรูมีอิทธิพลต่ออุณหภูมิพลาสติกเหลวและระยะเวลา ในการหลอมเหลวและป้อนพลาสติกหากความเร็วรอบสกรูสูงก็จะทำให้พลาสติกมีหลอมเหลวสูงขึ้น แต่จะทำให้ระยะเวลาในการหลอมเหลวและการป้อนพลาสติกเหลวก็จะสั้นลง

2.29 ลำดับขั้นในการออกแบบการออกแบบแม่พิมพ์



ภาพที่ 2.71 แสดงลำดับขั้นในการออกแบบการออกแบบแม่พิมพ์

ขั้นตอนที่ 1 จำนวนคavity (Number of Cavities)

จากชิ้นงานพลาสติก (กล่องใส่ดินสอ) สิ่งที่ต้องทราบอันดับแรกคือ โครงสร้างภายนอก ความหนาชิ้นงาน ตำแหน่งที่มีลายูนูน ล้น ฯลฯ ดังนั้นเราต้องทำการคาดคะเนจำนวนชิ้นงานที่จะผลิตได้ตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และจำนวนผลิตที่ต้องการต่อช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อทราบสิ่งเหล่านี้ทั้งหมดจะเริ่มออกแบบแม่พิมพ์ติดตามไคอะแกรมที่แสดงการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกซึ่งจะต้องคำนวณหาจำนวน Cavity ก่อน การคำนวณจำนวน Cavity ขึ้นอยู่กับระยะของสกรูของเครื่องฉีดที่ต้องอยู่ระยะหนึ่ง 1 เท่า ถึง 3 เท่า ของขนาดความโตสกรูฉีดจากชิ้นงานกล่องใส่ดินสอสามารถคำนวณหารได้

การคำนวณหา Cavity

$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของรูฉีดและทางเขาแม่พิมพ์} &= 20\% \text{ ของน้ำหนักชิ้นงาน} \\ \text{น้ำหนักฉีดทั้งหมดขณะแข็ง} &= \text{น้ำหนักชิ้นงาน} + \text{น้ำหนักรูฉีด} \end{aligned}$$

เมื่อ Density (ρ) ของ Polyethylene (PP) = 0.90 g/cm^3

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad \rho &= \frac{m}{v} && (\dots\dots\dots 2.3) \\ \text{เมื่อ} \quad m &= \text{น้ำหนักชิ้นงาน} \\ \quad \quad v &= \text{ปริมาตร} \\ \therefore \text{ปริมาตร (V ของแข็ง) } v &= \frac{m}{\rho} \end{aligned}$$

คำนวณหาแรงปิดแบบ (Clampiog Force)

แรงปิดแบบ (Clampiog Force)

$$F = P \times A \quad (\dots\dots\dots 2.4)$$

เมื่อ

$$\begin{aligned} P &= \text{ค่าเฉลี่ยในแม่พิมพ์} \\ A &= \text{พื้นที่ภาพฉายชิ้นงาน} \\ PP &= \text{คิตที่งาน Ordinary Molding} \end{aligned}$$

$$\text{พื้นที่สี่เหลี่ยมผืนผ้า} = (\text{กว้าง} \times \text{ยาว}) \quad (\dots\dots\dots 2.5)$$

ขั้นตอนที่ 2 ชนิดของแม่พิมพ์ (Kind of Mold Design)

การเลือกชนิดของแม่พิมพ์จะต้องขึ้นอยู่กับชิ้นงานที่ต้องการว่าต้องการดำหนิ ที่ชิ้นงานใหญ่หรือเล็กและต้องการที่จะตัดทางวิ่ง (Runner) อัดโนมัดหรือไม ถึงจะระบุประเภทของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้

ขั้นตอนที่ 3 ตำแหน่งของ Cavity (Position of Cavity)

การวางตำแหน่งของ Cavity ขึ้นอยู่กับตัวแปรต่างๆ ดังนี้

- จำนวนของ คอว์, คาวิตี้
- รูปร่างของชิ้นงาน(กล่องดินสอ)
- ชนิดของแม่พิมพ์ เช่น แบบสามแผ่น (Three Plate Mold)
- ชนิดของรูเข้า (Gate)
- ฯลฯ

ขั้นตอนที่ 4 ระบบป้อน (Feeding System)

การออกแบบ Sprue

- Sprue Bushing
- Sprue Bushing Guide
- Cold Slug Well

Cold Slug Well ใช้แบบ Reverse Taper Sprue Puller มีจุดประสงค์เพื่อปลดพลาสติกที่แข็งจาก Sprue Bushing และทางวิ่ง Runner เมื่อแม่พิมพ์ฉีดเปิดและปลด Eject ทางวิ่ง (Runner) หลุดออกจากแม่พิมพ์ฉีด

- Runner System (ระบบทางวิ่ง) ระบบนี้จะใช้กับแม่พิมพ์ที่มีหลายเบ้า (Cavity) พื้นที่หน้าตัดของทางวิ่ง (Runner) จะใช้เป็นวงกลมเพื่อให้พื้นที่ผิวสัมผัสน้อยที่สุด โดยมีพื้นที่ผิวหน้าตัดเท่ากัน

ขั้นตอนที่ 5 การออกแบบระบบการหล่อเย็น (Cooling Design)

สำหรับการออกแบบระบบการหล่อเย็นชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับจำนวน Cavity และ Core และขนาดของแม่พิมพ์ซึ่งการออกแบบหล่อเย็นมีหลายแบบ เช่น ระบบหมุนรอบชิ้นงาน ระบบอนุกรมต่อกัน เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 6 ระบบปลดชิ้นงาน (Ejection System)

การออกแบบระบบปลดชิ้นงาน ออกแบบเพื่อปลดชิ้นงานหลังการฉีด ซึ่งชิ้นงานจะรัดติดอยู่กับ(Core) ซึ่งระบบปลดชิ้นงานนั้นมีหลายแบบเช่น ปลดด้วย Pin, ปลดด้วย Stripper Plate และปลดด้วยลม เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 7 ระบบระบายอากาศ (Venting System)

สำหรับในขั้นตอนที่ 7 นี้จะเกี่ยวกับการระบายอากาศ Venting System ในแม่พิมพ์ร่องระบายอากาศถูกเตรียมไว้ในส่วนแผ่นผิวของแม่พิมพ์ โดยร่องระบายอากาศจะมีลักษณะแบนลึกลงไปและความกว้าง

ขั้นตอนที่ 8 การเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์ (Mold Material Selection)

ในการเลือกขนาดของ (Mold Bases) ต้องพิจารณาจากการออกแบบคาวิตี, วิธีการฉีด, การปลด, ชิ้นงาน, การควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์และตำแหน่งของส่วนประกอบในแม่พิมพ์รวมทั้งตำแหน่งระยะของส่วนต่างๆ ของเครื่องฉีดพลาสติก

ขั้นตอนที่ 9 การประมาณการหดตัว (Estimation of Shrinkage)

การประมาณการหดตัว สามารถใช้สูตรคำนวณได้ตามสมการนี้
ความหนาของ Cavity (Cavity Thickness) = ความหนาของชิ้นงาน(1+ค่าเผื่อการหดตัว)

2.30 สูตร การคำนวณหาระยะเวลาการหล่อเย็น (Cooling Time)

$$t_k = \frac{S^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{4 \left(\frac{G_M - G_W}{G_E - G_W} \right)}{\pi} \right]$$

หรือ

$$\frac{S^2}{\pi^2 \cdot a_{eff}} \ln \left[\frac{4 \left(\frac{T_{melt} - T_{mold}}{T_{eject} - T_{mold}} \right)}{\pi} \right] \quad (\dots\dots\dots 2.6)$$

เมื่อ

s = ความหนาของแบบ (คิดส่วนหนาที่สุด) (Molding Thickness) (mm.)

a_{eff} = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (Effective Mean Thermal Conductivity) (mm^2/s)

G_M = อุณหภูมิการหลอมเหลวพลาสติก (Melt Temperature) ($^{\circ}\text{C}$)

G_W = อุณหภูมิเฉลี่ยของผนังพลาสติก (Mean Cavity Wall Temperature Thickness) ($^{\circ}\text{C}$)

G_E = อุณหภูมิในการปลดชิ้นงาน (Mean Demolding Temperature, Average Thickness) ($^{\circ}\text{C}$)

2.31 สูตร การคำนวณในการฉีดย้ำ ($t_{Packing}$) คิดส่วนที่โตที่สุดของ Gate Sprue Gate

$$t_{Packing} = \frac{0.1729 \cdot R^2}{a_{eff}} \ln \left[1.6023 \left(\frac{T_{melt} - T_{mold}}{T_{eject} - T_{mold}} \right) \right] \quad (\dots\dots\dots 2.7)$$

2.32 สูตร การฉีดย้ำ (Packing Time)

$$t_{Packing} = \frac{0.1729 \cdot R^2}{a_{eff}} \ln \left[1.6023 \left(\frac{T_{melt} - T_{mold}}{T_{eject} - T_{mold}} \right) \right] \quad (\dots\dots\dots 2.8)$$

2.33 สูตร การคำนวณหาระยะเวลาของ 1 รอบการผลิต (Cycle Time)

$$\begin{aligned}
 T_{zus} &= \text{Cycle time} \\
 &= \text{Time of Machine Closing} + \text{Time of Machine Opening} + \text{Filling} \\
 &\quad \text{Time} + \text{Packing Time} + \text{Time of Ejection} + \text{Cooling Time} \\
 &= T_C + T_{op} + T_{Fill} + T_{Packing} + T_{Eject} + T_K \quad (\dots\dots\dots 2.9)
 \end{aligned}$$

โดยที่

$$\begin{aligned}
 T_C &= \text{Time of Machine Closing (เวลาปิดแม่พิมพ์)} \\
 T_{op} &= \text{Time of Machine Opening (เวลาเปิดแม่พิมพ์)} \\
 T_{Fill} &= \text{Filling Time (เวลาฉีดเติม)} \\
 T_{Packing} &= \text{Packing Time (เวลานัดขี้)} \\
 T_{Eject} &= \text{Time of Ejection (เวลาปลดชิ้นงาน)} \\
 T_K &= \text{Cooling Time (เวลาหล่อเย็น)}
 \end{aligned}$$