

หัวข้อในการบรรยายในวันนี้

1. การขึ้นรูปในกระบวนการผลิต (**Molding/Forming**)
2. หลักการพื้นฐานของการขึ้นรูปในกระบวนการผลิต (**Forming Process**)
3. ความสำคัญหลักของการขึ้นรูปในกระบวนการผลิต
4. ประเภทหลักของการขึ้นรูป
 - 4.1 การฉีดขึ้นรูป (**Injection Molding**)
 - 4.2 การอัดขึ้นรูป (**Extrusion**)
 - 4.3 การขึ้นรูปโลหะ (**Metal Forming**)
 - 4.4 การขึ้นรูปด้วยความร้อน (**Thermoforming**)

การขึ้นรูปในกระบวนการผลิต (Molding/Forming)

การขึ้นรูปในกระบวนการผลิต มีความสำคัญสูงสุดในการเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างตามต้องการ แม่นยำ และมีความสม่ำเสมอ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ลดต้นทุนต่อชิ้นงานเมื่อผลิตจำนวนมาก (Mass Production) และช่วยลดความเสี่ยงหรือของเสียในกระบวนการผลิต ทำให้ได้คุณภาพงานที่สม่ำเสมอ

หลักการพื้นฐานของการขึ้นรูปในกระบวนการผลิต (Forming Process)

- หลักการพื้นฐานของการขึ้นรูปในกระบวนการผลิต คือการเปลี่ยนรูปร่างวัตถุดิบ (โลหะหรือพลาสติก) ให้เป็นรูปทรงที่ต้องการโดยใช้แรงทางกลและความร้อน โดยไม่เพิ่มหรือลดเนื้อวัสดุ (**No material removal**) เน้นการเปลี่ยนรูปถาวร (**Permanent Deformation**) โดยใช้แม่พิมพ์ (**Die**) หรือเครื่องมือเฉพาะ เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก

ความสำคัญหลักของการขึ้นรูปในกระบวนการผลิต

- ความคุ้มค่าและลดต้นทุน (Cost-Effective)
- ความแม่นยำสูง (High Precision)
- ประสิทธิภาพการผลิตสูง (High Productivity)
- การออกแบบที่ซับซ้อน (Complex Design)
- ความแข็งแรงและโครงสร้างที่ดี (Structural Integrity)
- ลดของเสีย (Low Waste)

ประเภทหลักของการขึ้นรูป

- **การฉีดขึ้นรูป (Injection Molding)** คือกระบวนการผลิตที่นิยมใช้สูงที่สุดในการผลิตชิ้นส่วนพลาสติกและยาง โดยการหลอมเม็ดวัสดุด้วยความร้อนแล้วฉีดเข้าแม่พิมพ์ (Mold) ด้วยความดันสูงเพื่อให้ได้รูปร่างที่แม่นยำ สม่ำเสมอ เหมาะสำหรับการผลิตจำนวนมาก
- **การอัดขึ้นรูป (Extrusion)** คือกระบวนการผลิตที่หลอมวัสดุ (ส่วนใหญ่เป็นเทอร์โมพลาสติก หรือ โลหะ) แล้วดันผ่านแม่พิมพ์ (Die) เพื่อขึ้นรูปชิ้นงานที่มีหน้าตัดต่อเนื่องและสม่ำเสมอ
- **การขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming)** คือกระบวนการเปลี่ยนรูปร่างโลหะอย่างถาวรในสถานะของแข็ง โดยใช้แรงทางกล (ดัด, อัด, ดึง, บีบ) ผ่านแม่พิมพ์ (Die) เพื่อให้ได้รูปร่างที่ต้องการโดยไม่เสียเศษวัสดุ ช่วยเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงานและประสิทธิภาพการผลิตสูงสุด
- **การขึ้นรูปด้วยความร้อน (Thermoforming)** คือกระบวนการที่นำแผ่นพลาสติกเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) มาผ่านความร้อนจนอ่อนตัว แล้วใช้แรงดันอากาศหรือสุญญากาศดึงหรือดันให้แผ่นพลาสติกแนบกับแม่พิมพ์จนได้รูปทรงที่ต้องการ

1. การฉีดขึ้นรูป (Injection Molding)

- **การหนีบ (Clamping)** เป็นขั้นตอนแรกและสำคัญที่สุดในกระบวนการฉีดขึ้นรูป โดยใช้ หน่วยยึดจับ (Clamping Unit)
- **การฉีด (Injection)** คือกระบวนการผลิตชิ้นงานโดยการหลอมละลายวัสดุ (ส่วนใหญ่เป็นพลาสติกหรือยาง) แล้วฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ภายใต้แรงดันสูง เพื่อให้วัสดุไหลเข้าไปเต็มช่องว่างและแข็งตัวเป็นรูปร่างตามต้องการ
- **การคงแรงดัน (Dwelling/Holding)** คือขั้นตอนสำคัญในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่เกิดขึ้นหลังจากน้ำพลาสติกหลอมเหลวถูกฉีดเข้าไปจนเต็มแม่พิมพ์แล้ว โดยเครื่องฉีดจะยังคงให้แรงดันกับพลาสติกภายในแม่พิมพ์ต่อไปอีกระยะหนึ่งแรงดันจะถูกคงไว้เพื่อให้พลาสติกเต็มเต็มแม่พิมพ์อย่างสมบูรณ์
- **การระบายความร้อน (Cooling)** เป็นขั้นตอนที่ใช้เวลานานที่สุดในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก โดยคิดเป็นประมาณ 70-80% ของรอบการทำงานทั้งหมด (Cycle Time)
- **การเปิดแม่พิมพ์ (Mold Opening)** คือขั้นตอนในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกที่แม่พิมพ์ทั้งสองส่วน (ฝั่งคงที่และฝั่งเคลื่อนที่) แยกออกจากกันหลังจากพลาสติกแข็งตัวแล้ว เพื่อเตรียมนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์
- **การปลดชิ้นงาน (Ejection)** คือขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการฉีดพลาสติก หลังจากพลาสติกเย็นตัวและแข็งตัวดีแล้ว

ข้อดีของการฉีดขึ้นรูป

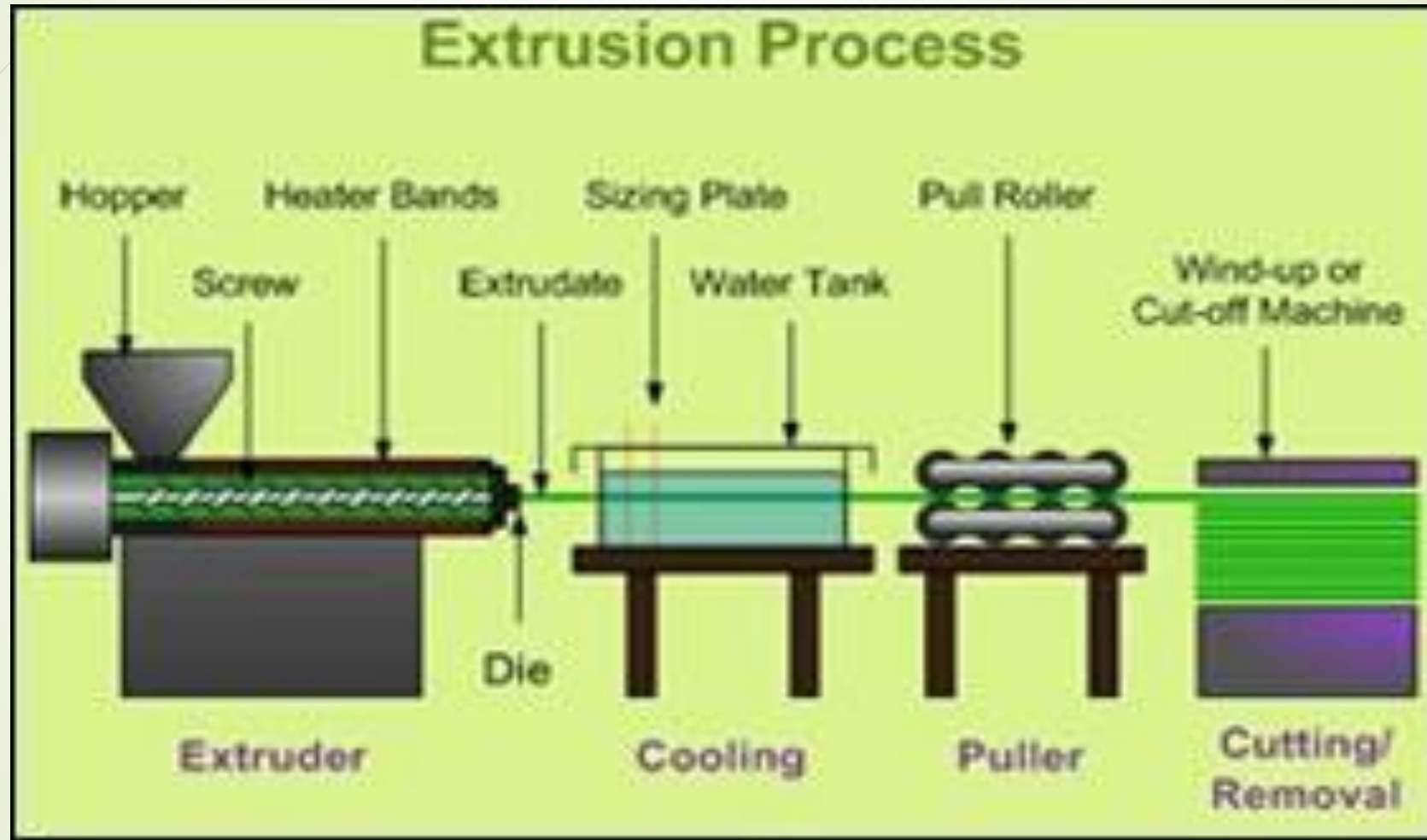
- ความรวดเร็วและประสิทธิภาพ: ผลิตชิ้นงานได้จำนวนมากต่อวัน
- รายละเอียดสูง: สามารถสร้างรูปทรงที่ซับซ้อนได้อย่างสม่ำเสมอ
- ต้นทุนต่ำเมื่อผลิตปริมาณมาก: แม้ค่าแม่พิมพ์จะสูงในช่วงแรก แต่ต้นทุนการผลิตต่อชิ้นต่ำลงมาก
- รีไซเคิลได้: เศษพลาสติกในกระบวนการสามารถนำกลับมารีไซเคิลได้

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์

ได้แก่ ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า บรรจุภัณฑ์ ของเล่น อุปกรณ์ทางการแพทย์ และภาชนะพลาสติกต่าง ๆ

2. การอัดขึ้นรูป (Extrusion)

- การป้อนวัตถุดิบ (Feeding) ใส่เม็ดพลาสติกหรือวัตถุดิบลงในช่องป้อน (Hopper)
- การหลอมเหลว (Melting/Plasticizing) วัตถุดิบเคลื่อนที่ไปตามสกรูภายในกระบอกลูกสูบ (Extruder) โดยได้รับความร้อนจากภายนอกและแรงเฉือนภายในจนหลอมเหลว
- การดันผ่านแม่พิมพ์ (Die Casting) พลาสติกเหลวถูกดันผ่านแม่พิมพ์ (Die) ซึ่งมีรูปร่างหน้าตัดตามต้องการ
- การทำให้เย็นและเก็บชิ้นงาน (Cooling & Taking-off) ชิ้นงานที่ถูกดันออกมา (Extrudate) จะถูกทำให้เย็นลงด้วยน้ำหรืออากาศเพื่อให้คงรูป แล้วจึงดึงผ่านเครื่องจักรไปเก็บ



ข้อดีของการอัดขึ้นรูป

- ผลิตต่อเนื่องและรวดเร็ว เหมาะสำหรับการผลิตงานยาวๆ เช่น ท่อ สายไฟ หรือโปรไฟล์ต่าง ๆ
- ต้นทุนต่ำ เป็นกระบวนการที่คุ้มค่าเมื่อต้องการผลิตสินค้าปริมาณมาก
- ความสม่ำเสมอสูง ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างหน้าตัดสม่ำเสมอตลอดความยาว
- หลากหลายรูปแบบ สามารถใช้กับพลาสติก ยาง ซิลิโคน หรือแม่แต่โลหะบางชนิด

ตัวอย่างผลิตภัณฑ์จากกระบวนการ Extrusion

- ท่อ PVC, ท่อสายไฟ
- เส้นพลาสติกสำหรับเครื่องพิมพ์ 3D (Filament)
- กรอบหน้าต่างอลูมิเนียมหรือพลาสติก
- ฟิล์มพลาสติกและบรรจุภัณฑ์

3. การขึ้นรูปโลหะ (Metal Forming)

- **การขึ้นรูปเย็น (Cold Working):** ขึ้นรูปที่อุณหภูมิห้อง ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความแม่นยำสูง
- **การขึ้นรูปร้อน (Hot Working):** ขึ้นรูปที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดตกผลึกใหม่ (Recrystallization) ทำให้โลหะอ่อนตัว ขึ้นรูปทรงซับซ้อนได้ง่าย
- **การขึ้นรูปโลหะก้อน (Bulk Forming):** เช่น การตีขึ้นรูป (Forging), การรีด (Rolling), การอัดรีด (Extrusion)
- **การขึ้นรูปโลหะแผ่น (Sheet Metal Working):** เช่น การปั๊ม (Stamping), การดัด (Bending), การลากขึ้นรูป (Deep Drawing)

ข้อดีของการขึ้นรูปโลหะ

- ความแข็งแรงสูง การบีบอัดช่วยเรียงโครงสร้างเกรนภายในใหม่ ทำให้ชิ้นงานแข็งแรงกว่างานหล่อ
- ประหยัดวัตถุดิบ ไม่มีการเสียเศษวัสดุหรือเสียน้อยมาก
- การผลิตจำนวนมาก เหมาะสำหรับการผลิตปริมาณมาก (**Mass Production**) ด้วยความเร็วสูง
- ผิวงานละเอียด หากขึ้นรูปเย็นจะได้ผิวงานที่สวยงาม

4. การขึ้นรูปด้วยความร้อน (Thermoforming)

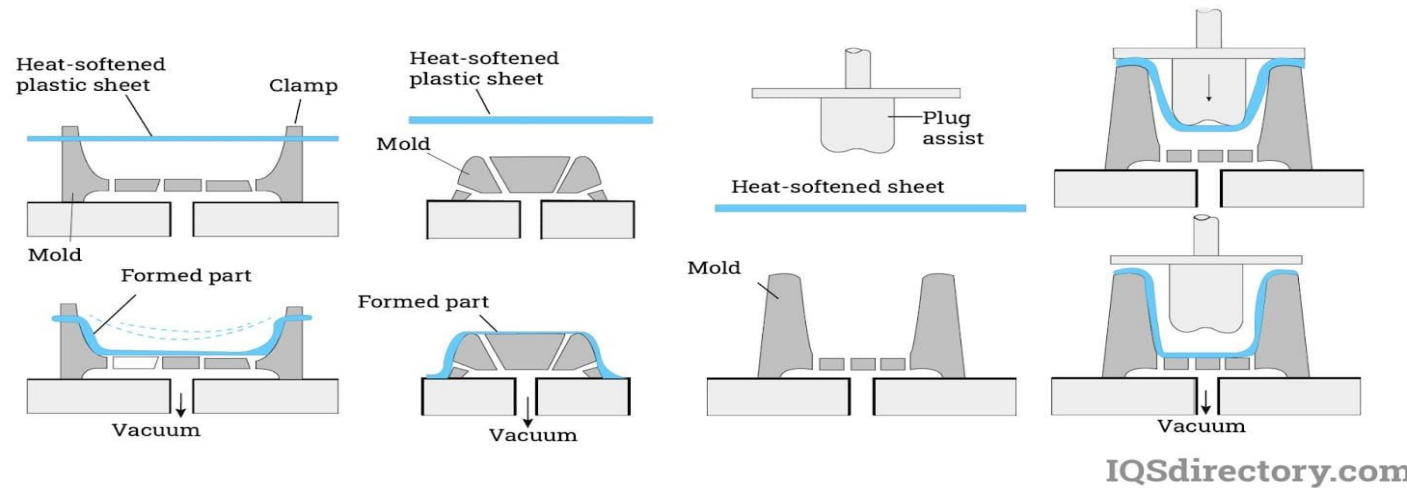
ประเภทของการขึ้นรูปด้วยความร้อน

- การขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ (**vacuum Forming**)
- การขึ้นรูปด้วยแรงดัน (**Pressure Forming**)
- การขึ้นรูปด้วยกลไก (**Mechanical Forming**)

การขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ (vacuum Forming)

- **การขึ้นรูปด้วยสุญญากาศ (vacuum Forming)** คือกระบวนการแปรรูปพลาสติกด้วยความร้อน โดยนำแผ่นพลาสติกเทอร์โมพลาสติกมาให้ความร้อนจนอ่อนตัว แล้ววางบนแม่พิมพ์ จากนั้นใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศออก เพื่อให้แผ่นพลาสติกแนบสนิทกับแม่พิมพ์ ทำให้ได้รูปทรงที่ต้องการอย่างรวดเร็ว ต้นทุนต่ำ เหมาะสำหรับผลิตบรรจุภัณฑ์ ถาดใส่ของ และชิ้นงาน

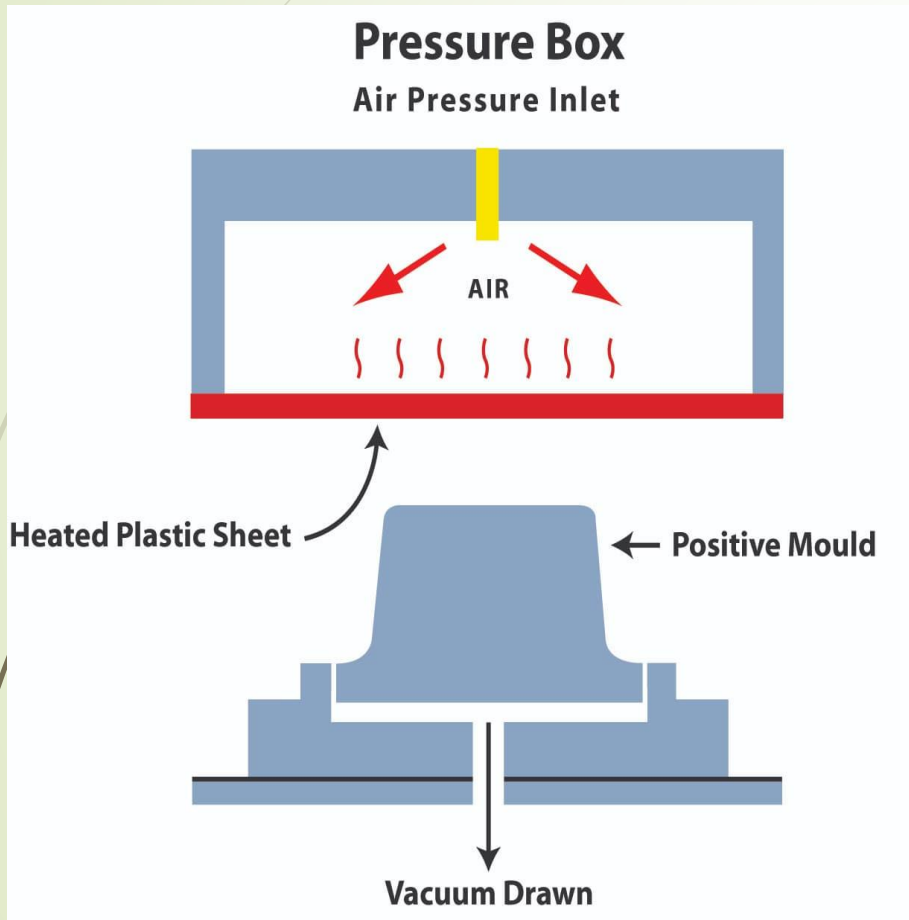
Vacuum Forming Process



จากภาพแสดงให้เห็นว่าขั้นตอนหลักในการขึ้นรูปด้วยสูญญากาศ จะประกอบไปด้วยขั้นตอนที่สำคัญดังนี้

- การให้ความร้อน (**Heating**) เป็นการนำแผ่นพลาสติก (เช่น **HIPS, ABS, PETG**) มาผ่านความร้อนจนอ่อนตัวลง
- การขึ้นรูป (**Forming**) เป็นการนำแผ่นพลาสติกที่อ่อนตัววางบนแม่พิมพ์ (**Mold**) แล้วใช้ระบบปั๊มสูญญากาศดูดอากาศออก
- การทำให้เย็น (**Cooling**) นำพลาสติกที่ถูกดูดแนบกับแม่พิมพ์จะเย็นตัวลงและคงรูปทรง
- การตัดแต่ง (**Trimming**) เป็นการตัดเศษพลาสติกส่วนเกินออกเพื่อให้ได้ชิ้นงานสำเร็จ

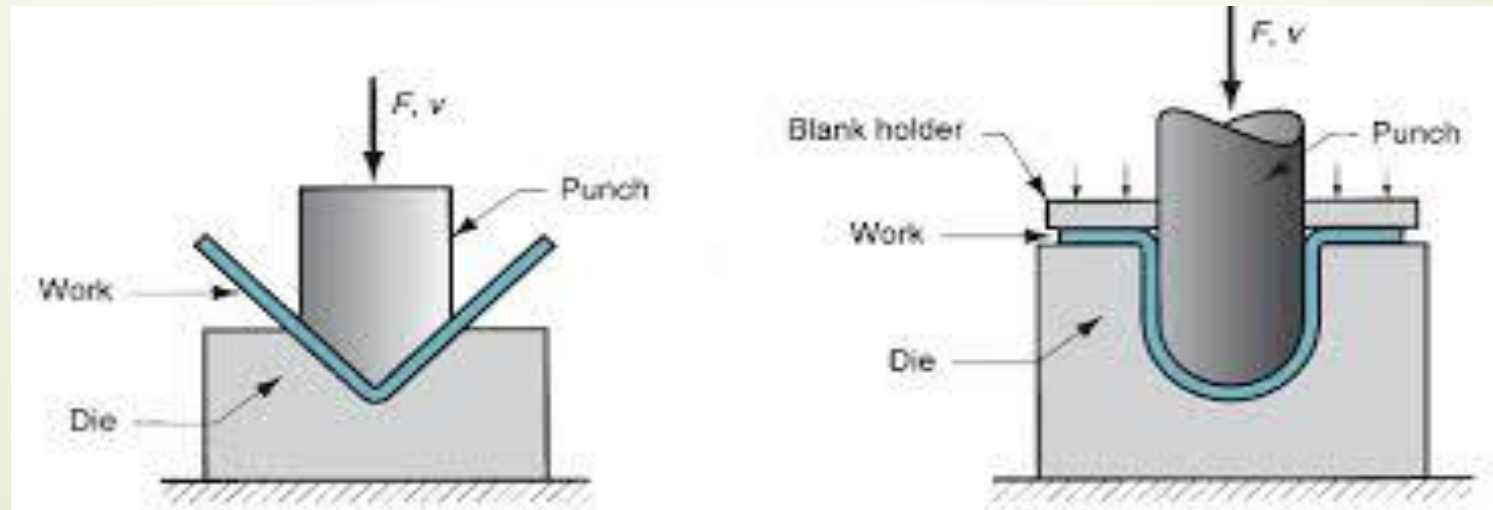
การขึ้นรูปด้วยแรงดัน (Pressure Forming)



- การขึ้นรูปด้วยแรงดัน (**Pressure Forming**) เป็นเทคนิคการขึ้นรูปพลาสติกด้วยความร้อน (**Thermoforming**) ที่ใช้ความดันอากาศ (ประมาณ **14.5-300 p.s.i.**) ดันแผ่นพลาสติกที่ร้อนให้แนบชิดกับแม่พิมพ์ ซึ่งให้รายละเอียด คมชัด และความแม่นยำสูงกว่าวิธีสูญญากาศ (**Vacuum Forming**) เหมาะสำหรับงานที่มีรายละเอียดซับซ้อน ชิ้นส่วนยานยนต์ และบรรจุภัณฑ์คุณภาพสูง

การขึ้นรูปด้วยกลไก (Mechanical Forming)

- การขึ้นรูปด้วยกลไก (Mechanical Forming) คือกระบวนการแปรรูปวัสดุ โดยเฉพาะโลหะ ให้เป็นรูปร่างตามต้องการขณะอยู่ในสถานะของแข็ง โดยใช้แรงทางกล จากเครื่องจักร (เช่น เครื่องกด, ลูกกลิ้ง) ร่วมกับแม่พิมพ์ (Die/Tool) ทำให้เนื้อวัสดุ เปลี่ยนรูปอย่างถาวร (Plastic Deformation) โดยไม่เกิดเศษโลหะ ได้แก่ การตี การรีด การอัดและการดึงขึ้นรูป เป็นต้น



วิธีการขึ้นรูปด้วยกลไก (Mechanical Forming)

- การตีขึ้นรูป (Forging) ใช้แรงกระแทกหรือแรงกดอัดต่อเนื่อง (โดย Fractory) เพื่อเปลี่ยนรูปโลหะ นิยมใช้ทำชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรงสูง เช่น เพลาข้อเหวี่ยง และ ก้านสูบ
- การรีด (Rolling) การลดความหนาของโลหะโดยให้ผ่านลูกกลิ้ง (โดย Plant Automation Technology) เช่น การรีดแผ่นเหล็ก การรีดรูปทรงโครงสร้าง (คานรูปตัว I, L, U)
- การอัดรีด (Extrusion) การบังคับให้เนื้อโลหะอ่อนตัวไหลผ่านแม่พิมพ์ เพื่อสร้างชิ้นงานที่มีหน้าตัดคงที่ เช่น ท่อ, เส้นอะลูมิเนียม
- การดึงขึ้นรูป (Drawing) การดึงวัตถุดิบผ่านแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างที่เรียวยาวหรือยืดออก
- การปั๊มขึ้นรูป (Stamping/Pressing) การกดแผ่นโลหะให้เปลี่ยนรูป (เช่น การตัด, การเจาะ, การพับ)

