

## บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Audit)

การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน [4] เป็นกิจกรรมหนึ่งที่สำคัญในการประหยัดพลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อหาแนวทางในการประหยัดพลังงาน หรือเพิ่มประสิทธิภาพ โดยปรับปรุงวิธีการปฏิบัติต่างๆ ซึ่งจะต้องมีการสำรวจการตรวจวัดและหาข้อมูลการซื้อ และการใช้พลังงานในโรงงาน โดยมีหัวใจสำคัญอยู่ที่การวิเคราะห์ตรวจสอบการใช้ หลัทาง การปรับปรุง แล้วลงมือประหยัดในมาตรการที่เห็นว่าคุ้มกับค่าใช้จ่าย ตรวจสอบ และวิเคราะห์การใช้พลังงาน ต้องทำอย่างเป็นระบบ โดยขั้นตอนการตรวจสอบการใช้พลังงานมี 3 ขั้นตอนดังนี้

#### 2.1.1 ตรวจสอบการใช้พลังงานจากข้อมูลในอดีต

การตรวจสอบการใช้พลังงานจากข้อมูลที่ผ่านมา นั้น สามารถทำได้โดยการรวบรวมค่าพลังงานที่ใช้ และปริมาณผลผลิตที่ได้ในปีก่อนๆ กรณีที่ไม่มี การจดบันทึกไว้ สามารถหาได้จากใบแจ้งหนี้ค่าพลังงาน เช่น ใบเสร็จค่าไฟฟ้าและเชื้อเพลิง ฯลฯ โดยวัตถุประสงค์ในการตรวจสอบการใช้พลังงาน จากข้อมูลในอดีตคือ

- เพื่อหาอัตราการใช้พลังงานทุกรูปแบบ
- เพื่อหาค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ใช้
- เพื่อหาอัตราการใช้พลังงานต่อผลผลิต เช่น คุณลักษณะการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตมีค่าเท่าใด และแปรเปลี่ยนในแต่ละเดือนอย่างไร
- เพื่อสร้างรูปแบบหรือแนวทางการใช้พลังงาน

### 2.1.2 ตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการเข้าสำรวจกระบวนการผลิต

หลังจากตรวจสอบการใช้พลังงานโดยรวมแล้ว จะทราบว่าโดยส่วนรวมการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพเพียงใด ถ้าพบว่าการใช้พลังงานมีประสิทธิภาพไม่ดีพอต้องทำการตรวจสอบขั้นที่ 2 นี้ ซึ่งจะเป็นการสำรวจการใช้พลังงานในปัจจุบัน โดยพิจารณาจากลักษณะทั่วไปของโรงงาน กระบวนการผลิต สภาพการทำงาน และอุปกรณ์ต่างๆ โดยวัตถุประสงค์เพื่อ

- หาแหล่งการสูญเสียพลังงานที่ชัดเจน
- หาแนวทางลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยพิจารณาบริเวณ หรืออุปกรณ์ที่มีการสูญเสียพลังงานหรือมีการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ
- จัดลำดับความสำคัญของกระบวนการ ระบบ หรืออุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานจากมากไปน้อย
- ตรวจสอบว่าบริเวณใดควรมีการจัดการใช้พลังงาน และทำรายงานผลการใช้พลังงาน
- ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานเบื้องต้นว่ามีมากน้อยเพียงใด

### 2.1.3 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด

จากการวิเคราะห์ขั้นต้นทำให้สามารถเห็นได้ว่าต้องมีการปรับปรุงส่วนใดบ้าง และรายการใดที่จะต้องทำเพิ่ม ซึ่งในขั้นตอนที่ 3 นี้จะมีการตรวจสอบวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยมีการทำสมดุลพลังงานเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ และปริมาณพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากสาเหตุต่างๆ โดยวิเคราะห์ขั้นนี้จะมีมุ่งเน้นสมรรถนะ ประสิทธิภาพของระบบ และอุปกรณ์เพื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และเพื่อนำเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมมาใช้

## 2.2 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับพลาสติก

วัตถุดิบสำหรับงานฉีดพลาสติก [5] โดยทั่วไปนิยมแบ่งออกเป็น 3 ประเภทด้วยกัน คือ กลุ่มเทอร์โมพลาสติก กลุ่มเทอร์โมเซต และกลุ่มอีลาสโตเมอร์ หรือยางสังเคราะห์ ซึ่งมีสมบัติที่แตกต่างกันต่อไปนี้

### 2.2.1 เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติก คือ พลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัว ก็ยังสามารถนำกลับมาใช้ได้ใหม่อีก พลาสติกประเภทนี้ยังแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ พลาสติกประเภทอสัณฐาน (Amorphous Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างที่ไม่เป็นผลึก เช่น พอลิสไตรีน (Polystyrene) พอลิคาร์บอเนต (Polycarbonate) พอลิอะคริลิก (Polyacrylic) เป็นต้น ส่วนอีกกลุ่มหนึ่งคือ พลาสติกแบบกึ่งผลึก (Partial Crystalline Thermoplastic) เป็นพลาสติกที่มีโครงสร้างบางส่วนเป็นผลึก เช่น พอลิเอทิลีน (Polyethylene) พอลิเอไมด์ (Polyamide) และพอลิอะซีตัล (Polyacetal) เป็นต้น

### 2.2.2 เทอร์โมเซต (Thermoset)

พลาสติกเทอร์โมเซต คือ พลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัวจะเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดโครงสร้างที่เป็นร่างแห (Molecule Cross-linking) ภายใต้อิทธิพลความร้อนที่เพิ่มขึ้น และทำให้ไม่สามารถนำกลับมาใหม่ได้อีก เช่น อีพอกซี (Epoxy) ฟีนอลิก (Phenolic) ซิลิโคน (Silicone) และยูรีเทน (Urethane) เป็นต้น

### 2.2.3 อีลาสโตเมอร์ (Elastomer)

อีลาสโตเมอร์พลาสติก หรือยางสังเคราะห์ คือ พลาสติกที่เมื่อนำไปหลอมเหลวแล้วปล่อยให้เย็นจนแข็งตัวด้วยกรรมวิธีวัลคาไนเซชัน (Vulcanization) จะทำให้เกิดโครงสร้างแบบร่างแห (Molecule Cross-linking) ภายใต้อิทธิพลของความร้อนที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ไม่สามารถนำกลับมาหลอมเหลวได้อีก เช่น ยาง SBR ยาง NBR ยาง NR และยาง CR เป็นต้น

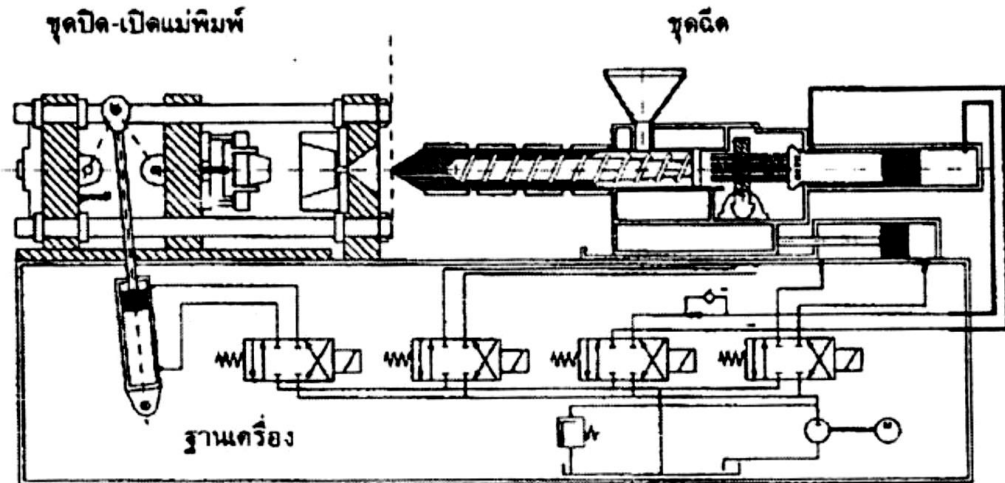
## 2.3 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการฉีดพลาสติก

การฉีดขึ้นรูปพลาสติก ถูกออกแบบมาเพื่อใช้กับพลาสติกประเภทเทอร์โมพลาสติก โดยเฉพาะแต่ก็สามารถใช้พลาสติกประเภทเทอร์โมเซตได้เช่นกัน การฉีดพลาสติกจะเป็นวิธีที่สามารถผลิตได้ทีละปริมาณมากๆ และรวดเร็ว โดยการฉีดพลาสติกสามารถแบ่งออกเป็น 5 กรรมวิธี ได้แก่

1. การฉีดแบบ Injection molding เป็นการฉีดพลาสติกแบบทั่วไปที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางโดยจะใช้สกรูเป็นตัวขับเคลื่อนเพื่อดันพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์
2. การฉีดแบบ Injection blow molding เป็นการฉีดพลาสติกที่ดัดแปลงมาจากการผลิตแบบเป่าโดยวิธีนี้จะใช้สำหรับผลิตขวดที่มีขนาดเล็กเท่านั้น และความหนาของงานจะต้องมีลักษณะใกล้เคียงกันทั่วทั้งชิ้น
3. การฉีดแบบ Inject stretch blow molding เป็นการฉีดพลาสติกที่คล้ายกับการเป่าทั่วไปแต่แตกต่างกันตรงที่จะต้องทำการยืดพลาสติกก่อนที่จะทำการเป่า
4. การฉีดแบบ Reactive injection molding (RIM) เป็นวิธีที่ใช้ฉีดพลาสติกโมโนเมอร์เข้าไปในแม่พิมพ์ แทนการฉีดพลาสติกเหลวที่ร้อน แต่เป็นกรรมวิธีที่ยังไม่สามารถใช้ได้กับพลาสติกทั่วไปได้ที่ใช้ได้ผลก็คือ โพลียูรีเทน (Polyurethane) เรซิน (Resin) และไนลอน (Nylon) เป็นต้น
5. การฉีดแบบ Injection stamping เป็นวิธีการผลิตแบบพิเศษสำหรับงานที่ต้องการความละเอียดสูงคือแม่พิมพ์สามารถปรับขนาดได้เพื่อป้องกันการหดตัวหรือการบิดงอของชิ้นงาน ซึ่งยังไม่เป็นที่นิยมใช้กัน ส่วนมากนิยมใช้ผลิตเกี่ยวกับเลนส์ (Lenses)

## 2.4 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก

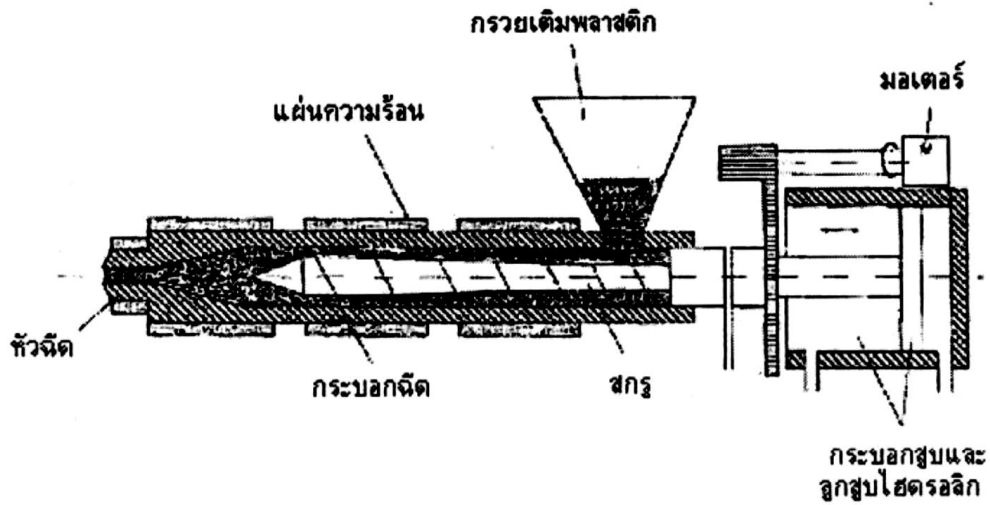
โดยทั่วไปแล้วเครื่องฉีดพลาสติกจะมีโครงสร้างส่วนประกอบสำคัญ ซึ่งสามารถแบ่งได้ออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนชุดฉีด (Injection unit) ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ (Clamping unit) และส่วนสุดท้ายคือ ส่วนฐานของเครื่องฉีด (Base) ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของเครื่องฉีดพลาสติก [4]

### 2.4.1 ส่วนชุดฉีดพลาสติก

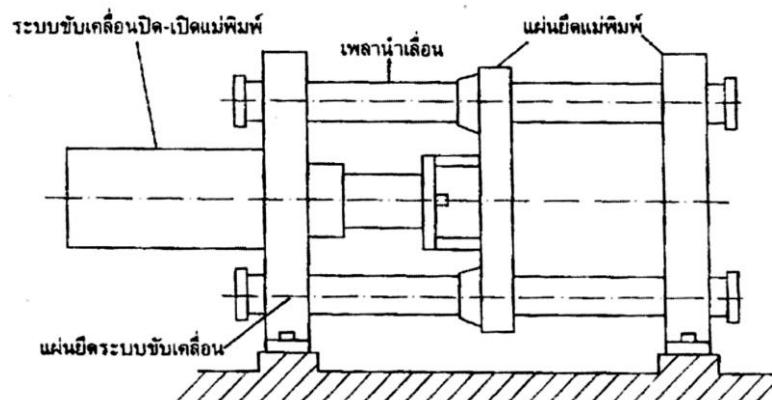
ส่วนของชุดฉีดพลาสติกทำหน้าที่ดึงพลาสติกเข้าสู่กระบอกฉีด หลอมเหลวและส่งพลาสติกเหลวไปที่หัวฉีด และทำหน้าที่ในการฉีด และรักษาความดันย้ำ ซึ่งมีส่วนประกอบพื้นฐานดังต่อไปนี้ คือ หัวฉีด (Nozzle) สกรู (Screw) กระบอกฉีด (Barrel) แผ่นความร้อน (Heater) กรวยเติมพลาสติก (Hopper) กระบอกสูบ และลูกสูบไฮดรอลิก (Hydraulic cylinder and pistol) และมอเตอร์ขับเคลื่อนสกรู (Drive motor) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของชุดฉีด [4]

#### 2.4.2 ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์

ส่วนชุดปิด-เปิดแม่พิมพ์ทำหน้าที่ในการยึดแม่พิมพ์ทั้งสองส่วน เลื่อนปิดเปิดแม่พิมพ์ ให้แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์ หล่อเย็นชิ้นงานฉีดพลาสติก และปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ประกอบไปด้วยแผ่นยึดแม่พิมพ์ซึ่งมีส่วนที่เคลื่อนที่และอยู่กับที่ เพลาหน้าเลื่อน ระบบขับเคลื่อนปิด-เปิดแม่พิมพ์ และแผ่นยึดระบบขับเคลื่อน ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของชุดเปิด-ปิดแม่พิมพ์[4]

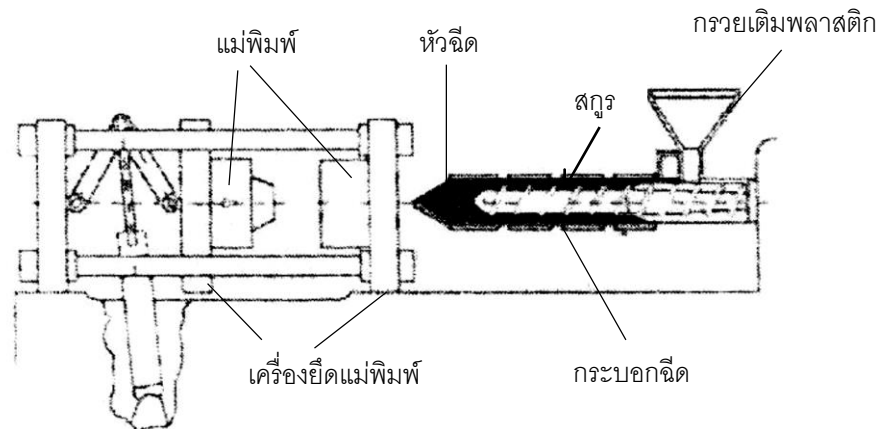
### 2.4.3 ส่วนฐานของเครื่องฉีดพลาสติก

ส่วนฐานของเครื่องฉีดพลาสติกทำหน้าที่คอยรับน้ำหนักของชุดฉีด และชุดปิด-เปิด แม่พิมพ์ นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ยึดติดอุปกรณ์ไฮดรอลิกทั้งหมดในเครื่อง และยังทำหน้าที่เป็นถังน้ำมันไฮดรอลิก โดยส่วนใหญ่แล้วตัวฐานเครื่องจะมีทำด้วยเหล็กเหนียวที่เชื่อมประกอบเข้าเป็นฐานเครื่องเพื่อความแข็งแรงและสามารถรับน้ำหนักมากๆ ได้

## 2.5 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก

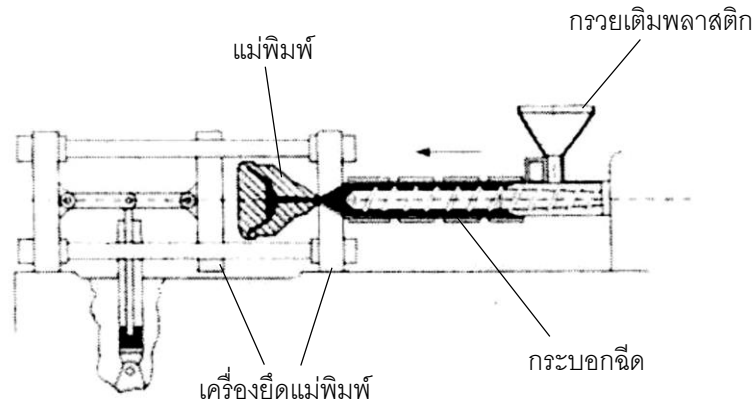
การฉีดพลาสติกเครื่องฉีดซึ่งประกอบด้วยสกรูสามารถเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กไปจนถึงชิ้นงานขนาดใหญ่ เนื่องจากสามารถผลิตชิ้นงานได้หลายลักษณะจึงนิยมฉีดพลาสติกแบบนี้มาก ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนของการฉีดพลาสติกได้ 9 จังหวะ ดังต่อไปนี้

1. แม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิดและล็อกแน่นเพื่อป้องกันการหยอดด้วยแรงดันภายในแม่พิมพ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4



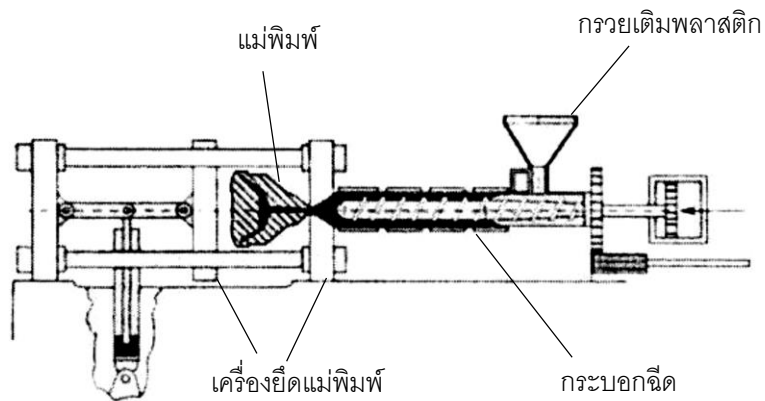
รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เพื่อปิดแม่พิมพ์ [4]

2. ชูตฉีดเลื่อนเข้าหาแม่พิมพ์จนกระทั่งชนกับแม่พิมพ์ และค้างไว้ด้วยแรงที่พอเหมาะเพื่อป้องกัน ชูตฉีดถอยหลังกลับในขณะที่ทำการฉีด ดังแสดงในรูปที่ 2.5



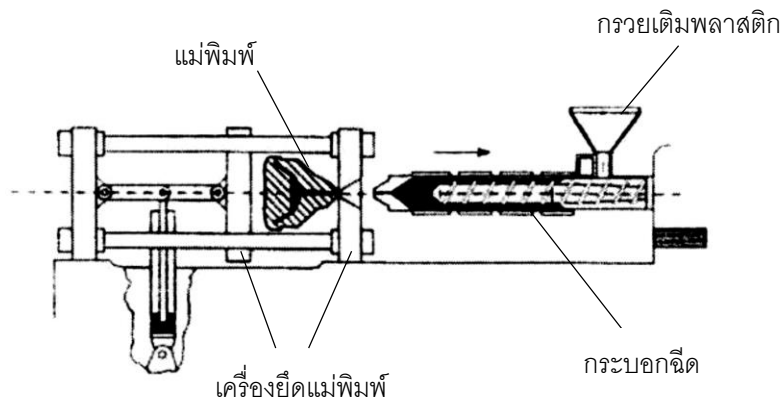
รูปที่ 2.5 ขั้นตอนการเลื่อนของชูตฉีด [4]

3. ฉีดพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยสกรูจะเคลื่อนที่ตามแนวแกน
4. รักษาความดันให้กับพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ชิ้นงานเนื้อแน่นและไม่เกิดรอยขุบตัวที่ผิวของชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.6



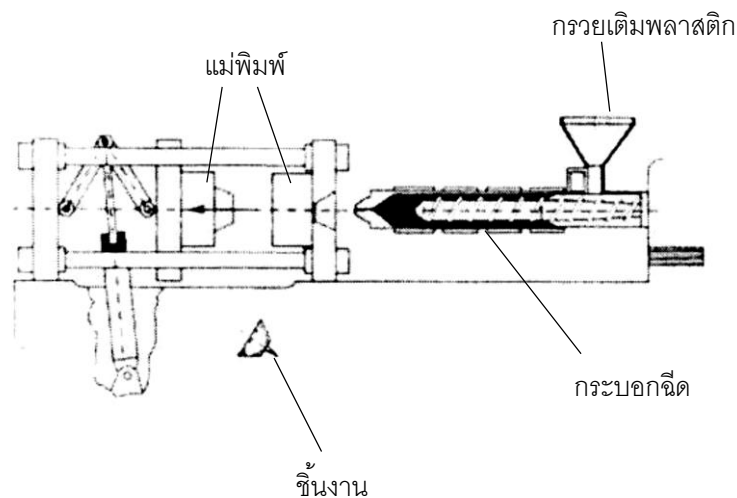
รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการย้ำเพื่อรักษาความดันให้กับพลาสติกในแม่พิมพ์ [4]

5. หล่อเย็นชิ้นงานฉีดในแม่พิมพ์ โดยที่ขั้นตอนนี้เวลาหล่อเย็นจะมีผลมากกับชิ้นงาน
6. การหลอมและป้อนพลาสติกไปหน้าปลาสกรู เมื่อได้ปริมาณพลาสติกเหลวตามที่ต้องการแล้วเกลียวหนอนจะหยุดหมุน
7. ชูคีดจะถอยหลังกลับเพื่อป้องกันอุณหภูมิของหัวฉีดลดต่ำลงเกินไป เพราะจะทำให้พลาสติกบริเวณหัวฉีดหนืดเกินไปและไหลไม่ได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การถอยหลังกลับของชูคีด [4]

8. แม่พิมพ์จะเปิดออกหลังจากสิ้นสุดเวลาในการหล่อเย็น
9. ทำการปลดชิ้นงานเมื่อแม่พิมพ์เปิดออกสุดแล้ว ดังแสดงในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 การเปิดออกของแม่พิมพ์ [4]

## 2.6 การให้ความร้อนและควบคุมอุณหภูมิของการหลอมในเครื่องฉีดพลาสติก

การให้ความร้อนในเครื่องฉีดพลาสติกนั้นจะใช้ไฟฟ้าเป็นส่วนใหญ่ ส่วนการให้ความร้อนแบบอื่นๆ เช่น ใช้ induction ใช้น้ำ แก๊สร้อน หรือน้ำมันร้อนนั้น มีใช้น้อยมาก ทั้งนี้เพราะควบคุมอุณหภูมิได้ยาก โดยความร้อนที่ออกจากหลอดความร้อนไฟฟ้า สามารถจะส่งผ่านไปยังวัสดุที่ต้องการให้ความร้อนได้ทุกชนิด อย่างไรก็ตามก็ย่อมมีความร้อนสูญเสียเกิดขึ้นบ้าง ในลักษณะของการพาอากาศและการแผ่รังสี ความร้อนไปยังบรรยากาศ และในการทำงานจะต้องให้อุณหภูมิคงที่ในช่วงที่ต้องการให้ความร้อน ซึ่งทำได้โดยการควบคุมอุณหภูมิที่ฮีตเตอร์ไฟฟ้า และจะต้องหาขนาดของฮีตเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของเครื่องด้วย

### 2.6.1 Heater

Heater มีลักษณะเป็นแผ่นม้วนกลมประกอบด้วยผิวด้านในบุด้วยฉนวน ถัดเข้าไปจะเป็นหลอดความร้อนที่พันอยู่รอบฉนวน และที่ผิวนอกจะหุ้มไว้ด้วยแผ่นโลหะที่มีสกรูสำหรับประกอบติดเอาไว้ และจะต้องให้ผิวของกระบอกสะอาดปราศจากสิ่งอื่นมาคั่น ทั้งนี้เพื่อให้ความร้อนถ่ายเทไปยังกระบอกได้ดีที่สุด

### 2.6.2 อุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิ

อุปกรณ์วัด และควบคุมอุณหภูมิเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของพลาสติกให้มีค่าคงที่และพอเหมาะเพราะถ้าอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้พลาสติกไหม้ และถ้าเย็นเกินไปก็จะทำให้พลาสติกมีความหนืดสูงมากจนวิ่งเข้าแม่พิมพ์ได้ไม่เต็มที่ โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหลอมสำหรับเม็ดพลาสติก PP คือ 220 – 250 °C สำหรับอุปกรณ์วัดและควบคุมอุณหภูมิของกระบอกฉีดนั้นมีหลายรูปแบบได้แก่เทอร์โมมิเตอร์แบบใช้ของเหลว และเครื่องวัดอุณหภูมิแบบใช้ thermoelement ซึ่งสามารถสร้างวงจรควบคุมประกอบให้ทำงานอยู่ระหว่างค่าที่กำหนด 2 ค่าได้ ซึ่งเรียกว่า เครื่องควบคุมสองจุด คือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นถึงจุดกำหนดค่าสูงจะตัดวงจรของฮีตเตอร์ และถ้าอุณหภูมิต่ำลงถึงจุดกำหนดค่าต่ำก็จะต่อวงจร และจุดกำหนดนี้สามารถปรับตั้งค่าได้ด้วยมือ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.9



เกิดจากการกลายเป็นไอของน้ำส่วนหนึ่ง ซึ่งจะดูดความร้อนจากมวลของน้ำส่วนที่เหลือ เพื่อใช้เป็นการให้ความร้อนแฝง (latent heat) ทำให้น้ำส่วนที่เหลือเย็นลงและตกลงยังด้านล่างของคูลลิ่งทาวเวอร์เพื่อรอส่งไปหมุนเวียนระบายความร้อนในระบบต่อไป ทั้งนี้อากาศจะรับความร้อนจากน้ำมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิกระเปาะเปียก (wet-bulb temperature) ของอากาศขณะเข้าคูลลิ่งทาวเวอร์ ถ้าอากาศมีอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำประสิทธิภาพของคูลลิ่งทาวเวอร์จะสูงขึ้น เนื่องจากสามารถพาไอน้ำที่เกิดการระเหยออกไปได้มากกว่า ซึ่งจะมีน้ำบางส่วนระเหยติดไปกับอากาศขณะออกจากคูลลิ่งทาวเวอร์ ดังนั้นอากาศที่ไหลออกจากคูลลิ่งทาวเวอร์จะมีอุณหภูมิ และปริมาณความชื้นสูง และปริมาณน้ำที่ระเหยออกสามารถชดเชยได้โดยการเติมน้ำ

## 2.7.2 ความสามารถในการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์

สมาคมอุตสาหกรรมหอผึ่งน้ำเย็นญี่ปุ่น (The Japanese Cooling Tower Industry Association)

ได้กำหนดความสามารถของหอผึ่งน้ำ[8] ดังนี้

- 1 ตันการทำงานเย็น = 15,476 Btu/hr. ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของบรรยากาศโดยรวม = 80 °F (wet-bulb) [27 °C (wet-bulb)]
- อุณหภูมิน้ำเข้า = 100 °F (37 °C)
- อุณหภูมิน้ำออก = 90 °F (32 °C)
- อัตราการไหลของน้ำ = 13 l/min/ton of refrigeration

ดังนั้นถ้าการทำงานของหอผึ่งน้ำต่างจากค่ามาตรฐานจะทำให้ความสามารถของหอผึ่งน้ำเย็นเปลี่ยนไปโดยสามารถหาได้จาก

$$\text{ความสามารถในการทำงานหอผึ่งน้ำเย็น (Btu/hr.)} = \frac{Q \times (T_{in} - T_{out})}{50.40} \times 12,000 \quad (2.1)$$

โดย ค่าคงที่ในสมการเป็นค่าที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยให้เป็น Btu/h

$$Q = \text{อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (l/min)}$$

$$T_{in} = \text{อุณหภูมิน้ำเข้า (°C)}$$

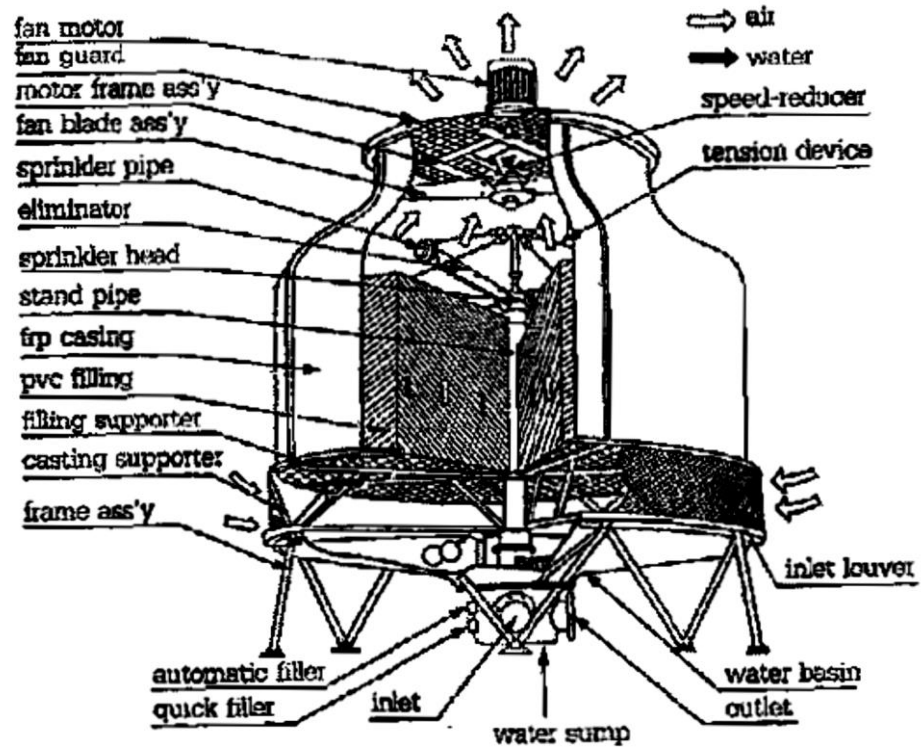
$$T_{out} = \text{อุณหภูมิน้ำออก (°C)}$$

จากสมการ จะเห็นได้ว่าความสามารถในการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหลของน้ำที่เหมาะสม อุณหภูมิของน้ำที่ออกจะต้องมีค่าต่ำเท่าที่จะทำได้ แต่เนื่องจากข้อจำกัดของอุณหภูมิที่ออกอยู่ที่อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ใช้ระบายความร้อน ดังนั้นการที่จะใช้งานคูลลิ่งทาวเวอร์ให้ดีที่สุดก็คือ ทำให้อุณหภูมิที่ออกเท่ากับอุณหภูมิกระเปาะเปียกของบรรยากาศ นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวของน้ำ และระยะเวลาที่สัมผัสอากาศ อัตราเร็วของอากาศขณะไหลผ่านคูลลิ่งทาวเวอร์ และทิศทางการไหลของอากาศที่สัมผัสกับการไหลของน้ำ

### 2.7.3 ประเภทของคูลลิ่งทาวเวอร์

คูลลิ่งทาวเวอร์สามารถแบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอากาศได้ 2 ประเภทใหญ่ๆดังนี้

1. คูลลิ่งทาวเวอร์ที่อากาศไหลผ่านตามธรรมชาติ (Atmospheric tower) โดยอากาศจะไหลตามธรรมชาติผ่านน้ำที่ตกลงมาเป็นฝอยละอองลงสู่ด้านล่าง ซึ่งความสามารถของคูลลิ่งทาวเวอร์แบบนี้ค่อนข้างต่ำ ต้องใช้พื้นที่ในการสัมผัสกันของอากาศและน้ำมาก จึงไม่นิยมใช้ในปัจจุบัน
2. คูลลิ่งทาวเวอร์ที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมอัตราการไหลของอากาศ (Mechanical draft tower) เป็นคูลลิ่งทาวเวอร์ที่ใช้พัดลมดูด (Induced draft) หรือเป่าอากาศ (Forced draft) ให้ไหลผ่านหรือสัมผัสกับกระแสน้ำที่ตกลงมา ซึ่งจะสามารถควบคุมความเร็วของอากาศให้ไหลผ่านกระแสน้ำที่ตกลงสู่ด้านล่างได้ดี ปริมาณของอากาศจึงสัมผัสกับน้ำได้มาก และใช้พื้นที่ในการสัมผัสกันของอากาศ และน้ำน้อย ทำให้มีขนาดเล็ก ปัจจุบันจึงนิยมใช้กันมาก ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 Cooling Tower ที่ใช้กันทั่วไป [8]

#### 2.7.4 พัดลมและชุดขับ

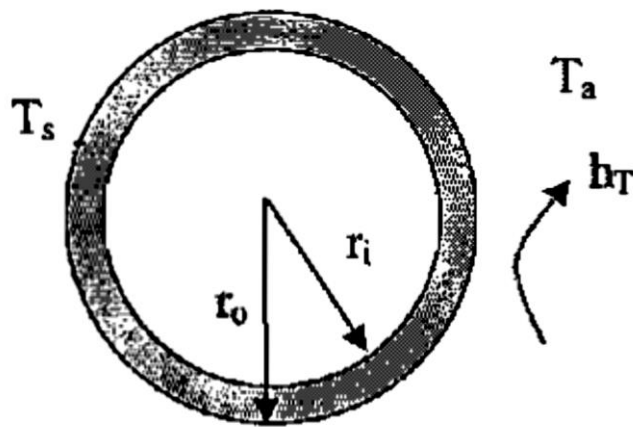
พัดลมเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญที่ช่วยในการดูด หรือเป่าอากาศให้ไหลผ่านละอองน้ำภายในคูลลิ่งทาวเวอร์ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของคูลลิ่งทาวเวอร์ด้วย โดยลักษณะสำคัญของพัดลมและชุดขับที่ใช้กับคูลลิ่งทาวเวอร์ มีดังนี้

- สำหรับคูลลิ่งทาวเวอร์แบบแพคเกจมาตรฐาน อัตราการไหลของอากาศมีค่าประมาณ  $0.5-50 \text{ m}^3/\text{s}$  กรณีคูลลิ่งทาวเวอร์ขนาดใหญ่ ซึ่งต้องการปริมาณอากาศมากกว่านี้จะมีค่าประมาณ  $500 \text{ m}^3/\text{s}$
- ความดันของอากาศจะเปลี่ยนแปลงตามอัตราเร็วรอบของพัดลมยกกำลังสอง โดยประสิทธิภาพการทำงานของพัดลมจะแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันที่สร้างขึ้นกับปริมาณอากาศที่ส่งซึ่งกล่าวได้ว่า ความดันของอากาศจะลดลงเมื่อปริมาณอากาศเพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงจุดหนึ่งซึ่งความดันจะลดลงอย่างรวดเร็วและในที่สุดพัดลมจะไม่สามารถส่งลมได้อีก

- การส่งกำลังขับเคลื่อนของพัดลม มี 2 แบบ คือ การส่งกำลังขับเคลื่อนโดยตรง และการส่งกำลังขับเคลื่อนโดยอาศัยสายพานหรือชุดขับเคลื่อน ซึ่งการส่งกำลังขับเคลื่อนโดยตรงจะสูญเสียกำลังขับเคลื่อนจากมอเตอร์ไปยังพัดลมน้อยกว่า
- ใบพัดลมที่มีขนาดใหญ่จะให้อัตราการไหลของอากาศสูง

### 2.8 การวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนผ่านผิวกระบอกฉีด

การวิเคราะห์การสูญเสียความร้อนบริเวณผิวกระบอกฉีด [9] ของเครื่องฉีดพลาสติกกรณีไม่มีการหุ้มฉนวนสามารถวิเคราะห์ได้โดยอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทรงกระบอก ซึ่งการสูญเสียความร้อนที่เกิดขึ้นอาศัยกลไกในการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนกรณีอากาศแวดล้อมภายนอกไม่มีการเคลื่อนที่ร่วมกับการแผ่รังสีความร้อนบริเวณผิวของกระบอกฉีดแสดงดังรูปที่ 2.11 ซึ่งอัตราการสูญเสียความร้อนรวมสามารถคำนวณได้ดังนี้



รูปที่ 2.11 การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทรงกระบอก [9]

$$q'_T = q'_{conv} + q'_{rad} \quad \text{W/m}^2 \quad (2.2)$$

หรือ

$$q'_T = h_T (T_s - T_a) \quad \text{W/m}^2 \quad (2.3)$$

$$h_T = h_{Free} + h_r \quad \text{W/m}^2 \quad (2.4)$$

เมื่อ  $q'_T$  = อัตราการสูญเสียความร้อนรวม ( $W/m^2$ )

$q'_{conv}$  = อัตราการสูญเสียความร้อนโดยการพาความร้อน ( $W/m^2$ )

$q'_{rad}$  = อัตราการสูญเสียความร้อนโดยการแผ่รังสี ( $W/m^2$ )

$h_T$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม ( $W/m^2/K$ )

$h_{Free}$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยการพาความร้อนแบบอิสระ ( $W/m^2/K$ )

$h_r$  = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมโดยการแผ่รังสี ( $W/m^2/K$ )

$T_s$  = อุณหภูมิผิวกระบอกฉีด (K)

$T_a$  = อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมภายนอก (K)

จากสมการ (2.3) และ (2.4) เราจะต้องทราบค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อนแบบอิสระ และโดยการแผ่รังสีจึงจะสามารถคำนวณหาอัตราการสูญเสียความร้อนรวมที่ผิวของกระบอกฉีดได้ สำหรับค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาแบบอิสระ ( $h_{Free}$ ) สามารถหาได้จากสมการ

$$Ra_D = \frac{g\beta D\alpha^3(T_s - T_a)}{\nu\alpha} \quad (2.5)$$

$$\beta = \frac{1}{T_f} \quad (2.6)$$

$$Nu_f = 0.53Ra_D^{1/4} \quad (2.7)$$

$$h_{Free} = \frac{Nu_f k}{D_0} \quad (W/m^2K) \quad (2.8)$$

โดยค่า  $\beta, \nu, \alpha$  และ  $k$  ได้จากการเปิดตารางคุณสมบัติของอากาศที่  $T_f = \frac{T_s + T_a}{2}$

เมื่อ  $Ra_D = \text{Rayleigh Number}$

$Nu_f = \text{Nusselt Number}$

$g = \text{ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลก (m/s}^2\text{)}$

$\nu = \text{ความหนืดทางจลศาสตร์ (m}^2\text{/s)}$

$\alpha = \text{ค่าการแพร่กระจายทางความร้อน (m}^2\text{/s)}$

$\beta = \text{สัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนเชิงปริมาตร (K}^{-1}\text{)}$

$k = \text{ค่าการนำความร้อนของอากาศที่อุณหภูมิ } T_f \text{ (W/m}\cdot\text{K)}$

$D_o = \text{ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกฉีด (m)}$

$T_s = \text{อุณหภูมิผิวกระบอกฉีด (K)}$

$T_a = \text{อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมภายนอก (K)}$

$T_f = \text{อุณหภูมิเฉลี่ยระหว่างผิวกระบอกฉีด (} T_s \text{) และอากาศแวดล้อม (} T_a \text{)}$

และค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี สามารถหาได้จาก

$$h_r = \frac{\epsilon \sigma (T_s^4 - T_a^4)}{T_s - T_a} \quad (\text{W/m}^2\text{K}) \quad (2.9)$$

เมื่อ  $h_r = \text{สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสี (W/m}^2\text{K)}$

$\epsilon = \text{emissivity ของผิวกระบอกฉีด}$

$\sigma = \text{ค่าคงที่ของ Stefan และ Boltzmann (W/m}^2\text{K}^4\text{)}$

$T_s = \text{อุณหภูมิผิวกระบอกฉีด (K)}$

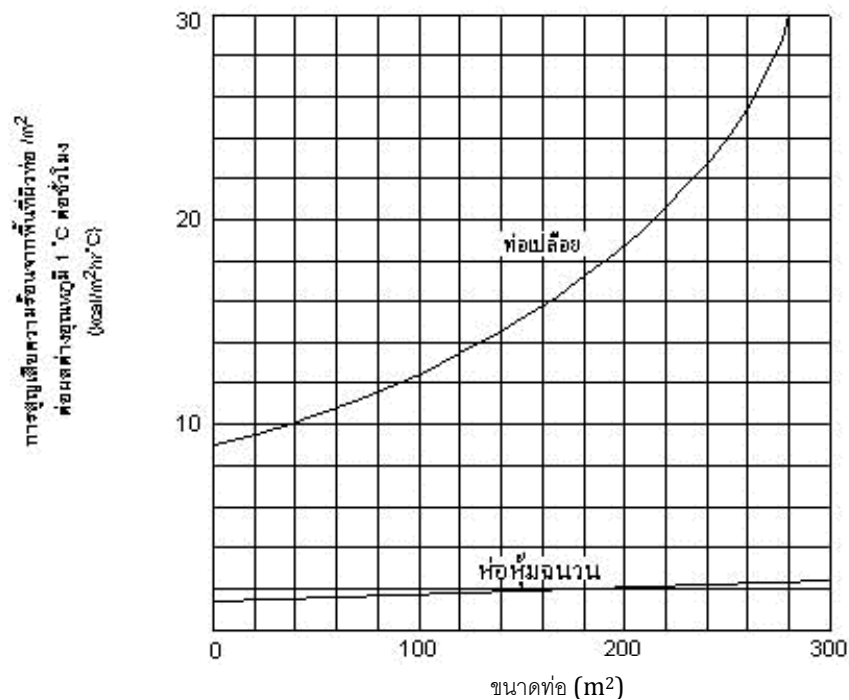
$T_a = \text{อุณหภูมิของอากาศแวดล้อมภายนอก (K)}$

## 2.9 การลดความร้อนสูญเสียโดยการหุ้มฉนวน

มาตรการหนึ่งที่สามารถลดความร้อนสูญเสียจากท่อและอุปกรณ์ความร้อน[10] ได้เป็นอย่างดีคือ การหุ้มฉนวน โดยทั่วไปแล้วการลงทุนในการหุ้มฉนวนค่าใช้จ่ายจะขึ้นอยู่กับชนิดของฉนวน และขนาดของอุปกรณ์ที่ต้องการหุ้มฉนวน และผลการประหยัดที่ได้จากการหุ้มฉนวนส่วนใหญ่จะคุ้มค่ากับการลงทุน

### 2.9.1 ฉนวนความร้อน

ฉนวนความร้อนเป็นอุปกรณ์สำคัญในการประหยัดพลังงาน ปัจจุบันได้มีการผลิตฉนวนกันความร้อนขึ้นหลายรูปแบบ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานประเภทต่างๆเป็นจำนวนมาก ได้แก่ ฉนวนใยแก้ว ฉนวนใยแร่ และฉนวนใยเซลลูโลส เป็นต้น การเลือกใช้งานฉนวนความร้อนควรคำนึงถึงค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของฉนวน อุณหภูมิที่ใช้งาน ความเหมาะสมในการใช้งาน และความคุ้มค่ากับการลงทุน จากรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่าปริมาณการสูญเสียความร้อนจากท่อที่หุ้มฉนวนมีปริมาณน้อยกว่าปริมาณการสูญเสียความร้อนจากท่อเปลือยอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการหุ้มฉนวนท่อ และอุปกรณ์ความร้อนต่างๆจึงมีความสำคัญอย่างมากในการประหยัดพลังงาน



รูปที่ 2.12 ปริมาณการสูญเสียความร้อนจากผิวท่อเปลือยและท่อที่หุ้มฉนวน [10]

## 2.9.2 การคำนวณหาอุณหภูมิและค่าความร้อนสูญเสียหลังจากการหุ้มฉนวน

การหุ้มฉนวนจะต้องพิจารณาเลือกความหนาของฉนวนที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถลดความสูญเสียความร้อนได้มากที่สุด และคุ้มค่ากับการลงทุน โดยสามารถพิจารณาได้จากค่าความร้อนสูญเสียหลังจากการหุ้มฉนวนที่ความหนาต่างๆเปรียบเทียบกับความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ซึ่งในการวิเคราะห์เราจะไม่ทราบค่าอุณหภูมิผิวฉนวน และค่าความร้อนสูญเสียหลังจากการทำการหุ้มฉนวนแล้ว ซึ่งจะสามารถทำนายได้โดยใช้วิธี trial and error โดยมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

1. สมมติค่าอุณหภูมิผิวฉนวน ( $T_i$ ) โดยเริ่มสมมติที่  $60^\circ\text{C}$  แล้วนำมาหาค่า  $k$  ของฉนวนที่อุณหภูมิเฉลี่ยจาก  $\frac{T_s+T_i}{2}$

2. นำค่า  $k$  ที่ได้มาหาค่าอัตราการสูญเสียความร้อนจาก

$$q' = \frac{T_s+T_a}{\left(\frac{r_0}{k}\right) \times \ln\left(\frac{r_0}{r_i}\right) + \left(\frac{1}{h_G}\right)} \quad \text{W/m}^2 \quad (2.10)$$

เมื่อ  $q =$  อัตราการสูญเสียความร้อนผ่านผิวฉนวน ( $\text{W/m}^2$ )

$k =$  ค่าการนำความร้อนของฉนวน ( $\text{W/m}\cdot\text{K}$ )

$h_G =$  ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน

$= 5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$  สำหรับผิวที่มี  $\mathcal{E}$  ต่ำ เช่น ผิวฉนวนคาดด้วยแผ่นอะลูมิเนียม [10]

$= 8 \text{ W/m}^2\text{K}$  สำหรับผิวที่มี  $\mathcal{E}$  ปานกลาง เช่น ผิวโลหะใช้แล้ว [10]

$= 10 \text{ W/m}^2\text{K}$  สำหรับผิวที่มี  $\mathcal{E}$  สูง เช่น ผิวซีเมนต์ผิวทาสี [10]

$r_0 =$  รัศมีภายนอกโดยรวมความหนาของฉนวน (m)

$r_i =$  รัศมีภายนอกของกระบอกฉีดไม่รวมความหนาของฉนวน (m)

3. จากนั้นนำค่า  $q'$  ที่ได้มาหาค่าอุณหภูมิผิวฉนวน ( $T_i$ ) คู่อีกครั้งโดยแทนลงในสมการ

$$q' = h_G(T_i - T_a) \quad \text{W/m}^2 \quad (2.11)$$

4. ทำการคำนวณซ้ำจนกระทั่งค่าอุณหภูมิผิวฉนวน ( $T_i$ ) ที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่สมมติไว้ในตอนต้น

5. จากนั้นนำค่า  $q'$  ที่ได้มาคำนวณหาผลการประหยัดที่ได้จาก

$$q'_{\text{save}} = q'_{\text{ก่อนหุ้มฉนวน}} - q'_{\text{หลังหุ้มฉนวน}} \quad \text{W/m}^2 \quad (2.11)$$

หลังจากคำนวณค่าอุณหภูมิผิวฉนวน และความร้อนสูญเสียที่ลดลงได้จากการหุ้มฉนวน สามารถนำมาพิจารณาความเหมาะสมสำหรับการใช้งานฉนวนที่ความหนาต่างๆได้โดยการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ต่อไป

## 2.10 ดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน (Energy Performance Indicator)

พลังงานไฟฟ้าทุกหน่วยที่ใช้ภายในกระบวนการผลิตเป็นต้นทุนการผลิต ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะสามารถช่วยลดต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้าได้ โดยทั่วไปพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตจะขึ้นอยู่กับชนิด และปริมาณของผลผลิต ดังนั้นการหาค่าดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน[12]หรือค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต (kWh/kg) นี้จะทำให้สามารถทราบประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้า และคำนวณหาต้นทุนพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตแต่ละชนิดได้ ทั้งนี้เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณามาตรการปรับปรุงพร้อมทั้งตรวจสอบผลการปรับปรุงด้วย โดยสามารถหาได้จาก

$$\text{พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานไฟฟ้าในการผลิต (kWh)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (kg)}} \quad (2.15)$$

มาตรการหรือแนวทางในการปรับปรุงค่าพลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิตสามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การเปลี่ยนแปลงระบบการผลิต การปรับปรุงวิธีการทำงาน การลดขั้นตอนในการผลิตเพื่อให้เกิดการผลิตง่ายขึ้น การเปลี่ยนผังการติดตั้งเครื่องจักร (lay-out) ฯลฯ ซึ่งการจะเลือกใช้วิธีการแบบใดนั้นขึ้นอยู่กับเหมาะสม และความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติของแต่ละกรณี

## 2.11 แนวทางการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงาน หมายถึง การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดเพื่อให้ได้ประหยัดสูงสุดโดยการวางแผน และการจัดการใช้พลังงานให้เหมาะสม ไม่มีผลเสียต่อกิจกรรมการผลิต ลดการสูญเสียพลังงานซึ่งจะเกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิต ลดการเกิดอุบัติเหตุ และการหยุดเครื่องจักร ในขณะที่ทำงาน เพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ โดยพยายามใช้อุปกรณ์ต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูง แนวทางการประหยัดพลังงาน[13] โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 3 มาตรการ ดังนี้

1. **House Keeping** คือ การดูแลจัดการ ปรับปรุงให้เป็นระเบียบ การวางแผนบำรุงรักษา วิธีการนี้ลงทุนน้อยแต่ให้ผลตอบแทนดี เช่น การซ่อมบำรุงเครื่องจักร การหุ้มฉนวน การปรับปรุงวิธีการทำงาน ฯลฯ
2. **Process Improvement** คือ การปรับปรุงอุปกรณ์ เครื่องจักร หรือกระบวนการผลิต วิธีนี้ลงทุนปานกลาง ต้องวิเคราะห์ระบบอย่างละเอียด และทำสมดุลพลังงาน เช่น การปรับปรุงกระบวนการผลิต การใช้สายพานกลแทนการขนถ่ายด้วยลม ฯลฯ
3. **Equipment Change, Process Change** การเปลี่ยนอุปกรณ์ เครื่องจักรใหม่ เพื่อให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น วิธีนี้ลงทุนสูง แต่ให้ผลตอบแทนปานกลาง เช่น การเปลี่ยนมาใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การใช้ระบบ Cogeneration ฯลฯ

## 2.12 การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

การวิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์[14]เป็นการพิจารณาความเหมาะสม และความคุ้มค่าในการลงทุนสำหรับมาตรการประหยัดแต่ละโครงการ โดยพิจารณาจากเงินลงทุนและมูลค่าการประหยัดที่คาดว่าจะได้รับจากแต่ละโครงการ โดยพิจารณาจากเงินลงทุน และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) ดังนี้

### 2.12.1 ระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น (Simple Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุนเป็นระยะเวลาที่ผลตอบแทนสุทธิสะสมมีค่าเท่ากับเงินลงทุน โดยการประเมินการลงทุนทำให้ทราบว่าได้รับเงินคืนในเวลาช้าหรือเร็วเป็นการประเมินเบื้องต้น สามารถหาได้จาก

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินลงทุน}}{\text{มูลค่าสุทธิของผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี}} \quad y \quad (2.16)$$

### 2.12.2 อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return: IRR)

อัตราผลตอบแทนภายใน คือ อัตราผลตอบแทนที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันของผลตอบแทนการลงทุนมีค่าเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของค่าใช้จ่ายจากการลงทุน สามารถหาได้จาก

$$\text{TIC} = \frac{A[(1+i)^n - 1]}{i(1+i)^n} \quad \text{Baht} \quad (2.17)$$

เมื่อ TIC = ค่าใช้จ่ายทั้งหมดสำหรับมาตรการ โดยคิดเป็นมูลค่าปัจจุบัน (baht)

A = มูลค่าการประหยัคที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปี (baht /y)

n = อายุโครงการ หรืออายุการใช้งานของอุปกรณ์ (y)

i = อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR)

ถ้าอัตราผลตอบแทนภายในที่ได้มีค่ามากกว่าอัตราขั้นต่ำของผลตอบแทนที่ยอมรับได้ โครงการนั้นก็จะได้รับการพิจารณา

## 2.13 การคำนวณปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

ถ้าลดการใช้ไฟฟ้าในกระบวนการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์พลาสติกจะทำให้ลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ได้ [15] ซึ่งโรงงานส่วนใหญ่ซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าแห่งประเทศไทย ดังนั้นจึงใช้ค่าปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ของการใช้ไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิตไฟฟ้า ซึ่งในปี พ.ศ. 2532 - 2555 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ดังนี้

- ปี 2532 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่ากับ 0.547 กิโลกรัม ต่อ 1 kWh[15]
- ปี 2534 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่ากับ 0.685 กิโลกรัม ต่อ 1 kWh[15]
- ปี 2555 มีปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เท่ากับ 0.542 กิโลกรัม ต่อ 1 kWh[15]

ปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ CO<sub>2</sub> มีแนวโน้มลดลงตามสัดส่วนของก๊าซธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า จึงนำค่าปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในปี พ.ศ. 2555 มาใช้ในการคำนวณหาปริมาณการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากภาคการผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยมีสมการดังนี้

$$\text{CO}_2 \text{ Emission Reduction} = \sum (\text{EF}_{\text{kWh}} \times \text{kWh}_R) \quad (2.18)$$

เมื่อ CO<sub>2</sub> Emission Reduction = ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากการใช้พลังงานในการผลิตไฟฟ้าปีที่ x

EF<sub>kWh</sub> (Emission Factor) = ค่าสัมประสิทธิ์การปล่อย CO<sub>2</sub> ต่อหน่วยไฟฟ้าที่ผลิต

kWh<sub>R</sub> = ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง

## 2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบัน ได้มีผู้ทำการศึกษาในเรื่องของการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ เป็นจำนวนมาก เพื่อศึกษาหาแนวทางการประหยัดพลังงาน และการลดค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน ส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้รวบรวมและศึกษางานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

วรนุช แจงสว่าง [16] ทำการศึกษาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในโรงงานผลิตชิ้นส่วนพลาสติกมีการใช้พลังงานสูง ต้นทุนพลังงานเป็นต้นทุนหลักของโรงงานประเภทนี้ พลังงานส่วนใหญ่ที่ใช้อยู่ในรูปของไฟฟ้า โดยใช้ในกระบวนการอบเม็ดพลาสติกร้อยละ 24 กระบวนการฉีดขึ้นรูปร้อยละ 73 และการบดผลิตภัณฑ์ร้อยละ 3 การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมเป็นแนวทางจัดการพลังงานที่มีประสิทธิภาพ และยั่งยืนเพราะเป็นการอนุรักษ์พลังงานที่ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วม นอกจากนี้ที่โรงงานจะได้ผลสำเร็จทางด้านพลังงานแล้ว ยังได้ประโยชน์ทางอ้อมอีกหลายประการคือ ทำให้พนักงานรู้จักการทำงานเป็นทีม ทำให้สามารถขยายแนวทางการดำเนินงานแบบมีส่วนร่วมไปยังกิจกรรมอื่นๆ เพื่อเข้าสู่มาตรฐานของโรงงานได้ เป็นการลดความเสี่ยงในการดำเนินการทางเทคนิคในการอนุรักษ์พลังงาน การดำเนินการทดลองเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ ผลกระทบ และผลประโยชน์ เป็นแนวทางที่ควรต้องดำเนินการก่อนตัดสินใจลงมือดำเนินการเพื่อเป็นการลดความเสี่ยงและป้องกันผลเสียต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สุนิสา จันทราสทาววงศ์ [17] ได้ศึกษาการวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกของผลิตภัณฑ์ ซึ่งมีการใช้พลังงานในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกสำหรับผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่ได้จากเครื่องฉีดพลาสติก โดยแบ่งตามขนาดของแรงสูงสุดที่สามารถทำได้ในการปิดล็อกแม่พิมพ์คือขนาด 300, 400 และ 460 ตัน โดยมีการการใช้พลังงานไฟฟ้าในขั้นตอนการผสมสีมีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.0014 kWh/kg พลาสติก ขั้นตอนการฉีดขึ้นรูปค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อน้ำหนักผลผลิตมีค่า 0.5682-1.6231 kWh/kg พลาสติก ขั้นตอนการหล่อเย็นชิ้นงาน โดยมีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.0834 kWh/kg พลาสติก โดยมีแนวทางการลดการสูญเสียพลังงานในช่วงเวลาทำการเปลี่ยนแม่พิมพ์ ลดการสูญเสียพลังงานเนื่องจากสูญเสียความร้อนที่บริเวณผิวกระบอก

นืด ลดปริมาณของผลิตภัณฑ์เสียให้เหลือน้อยที่สุด ลดการสูญเสียพลังงาน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักร

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม [18] ทำการศึกษาเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการไล่ความชื้นในเนื้อพลาสติกสำหรับการฉีดพลาสติกระหว่างสกรูแบบมีรูระบายกับเครื่องอบ พบว่าสกรูแบบที่มีรูระบายจะให้ผลในการไล่ความชื้นออกจากเนื้อพลาสติกได้ดีเท่ากับการใช้เครื่องอบที่ใช้อุณหภูมิในการอบ  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลา 8-9 ชั่วโมง และถ้าทำการอบไล่ความชื้นออกจากวัสดุพลาสติกก่อนด้วยเครื่องอบที่อุณหภูมิ  $100^{\circ}\text{C}$  เป็นเวลาประมาณ 4-5 ชั่วโมง แล้วนำไปเข้าเครื่องฉีดใช้สกรูแบบมีรูระบาย ประสิทธิภาพในการไล่ความชื้นจะเพิ่มขึ้นอีก 60-61% ซึ่งการไล่ความชื้นก่อนการฉีดพลาสติกด้วยสกรูแบบมีรูระบายจะช่วยทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้คุณภาพที่สูงขึ้น ประหยัดพลังงาน และเวลาในการทำงานมากกว่าการใช้เครื่องอบ

จารุวัตร เจริญสุข และเมธี ไบงาน [19] ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจำลองการไหล และการกระจายตัวของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกพบว่า สามารถช่วยลดการเกิดเส้นแนวเชื่อม (Weld line) ในชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการฉีดพลาสติก โดยการคำนวณหาค่าตัวแปรควบคุมต่างๆที่เหมาะสมสำหรับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการแทนการใช้วิธีการทดลองซ้ำๆ (Trial error) ทำให้ลดปริมาณการสูญเสียของวัสดุ และช่วยประหยัดเวลาในขั้นตอนการทดลองแบบ Trial error ได้ซึ่งเป็นการลดต้นทุน และเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตได้ทางหนึ่ง

อภิชาติ ศรัณยนิษฐ์ [20] ได้ศึกษาการลดของเสียในโรงงานอุตสาหกรรมฉีดพลาสติก โดยใช้การวิเคราะห์ลักษณะข้อบกพร่องของผลกระทบ (FMEA) เพื่อนำปัจจัยที่มีลำดับสำคัญมาก 3 อันดับแรกมาพิจารณาได้แก่ Holding Pressure, Mold Temperature และ Cycle Time พบว่าปัจจัยทั้ง 3 มีผลกระทบต่อขนาดชิ้นงานจึงได้ดำเนินการแก้ไขปัญหาโดยปรับค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ตัว พบว่าสามารถลดปริมาณของเสียได้จากเดิมร้อยละ 37.42 ลดลงมาเป็นร้อยละ 2

Agazzi และคณะ [21] ได้ทำการศึกษาการออกแบบการระบายความร้อนในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติกวิธีการใหม่ที่ใช้กับพื้นผิวฐานวิทยาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ 3 มิติในการออกแบบการระบายความร้อนในแม่พิมพ์ ซึ่งการออกแบบการระบายความร้อนเป็นขั้นตอนที่สำคัญมาก ถ้าการระบายความร้อนไม่เหมาะสมจะทำให้ชิ้นงานเกิดความบกพร่องได้ และทำให้อัตราการผลิตต่ำ สำหรับวิธีการใหม่ที่ใช้ในการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือขั้นตอนแรกจะทำการกำหนดอุณหภูมิของพลาสติกเหลวที่เหมาะสมตามพื้นผิวการกระจายความร้อนเพื่อลดรอยต่อของพลาสติก ขั้นตอนต่อมาจะทำการไล่สีควบคู่ไปกับเทคนิคของลากกราฟจเพื่อตรวจวัดการกระจายของอุณหภูมิของพลาสติกเหลว การออกแบบนี้ทำให้เกิดการกระจายอุณหภูมิและระบายความร้อนอย่างต่อเนื่อง

Tang และคณะ [22] ได้ศึกษาการออกแบบและวิเคราะห์ความร้อนของแม่พิมพ์ในการฉีดขึ้นรูปพลาสติกในการทดลองผลิตชิ้นส่วนตัวอย่างและหาประสิทธิภาพความร้อนในแม่พิมพ์เพื่อทดสอบผลความเค้นจากความร้อนที่ตกค้างในแม่พิมพ์โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบวิเคราะห์ พบว่าการหดตัวของพลาสติกมีแนวโน้มเกิดขึ้นในพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับช่องระบายความร้อน เมื่อเทียบกับจุดอื่นๆ เนื่องจากผลของการระบายความร้อนไม่สม่ำเสมอจึงทำให้ชิ้นงานเกิดการบิดเบี้ยว จากการออกแบบแม่พิมพ์ที่มีการระบายความร้อนได้ดีขึ้น ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงขึ้นการผลิตมีต้นทุนต่ำลง และมีการตกแต่งชิ้นงานน้อยลง

Wang และคณะ [23] ได้ทำการศึกษาการลดรอยต่อและตะเข็บของแม่พิมพ์ในกระบวนการฉีดขึ้นรูปพลาสติก โดยการใช้ความร้อนในการขึ้นรูปอย่างรวดเร็ว (RHCM) เป็นการผลิตขึ้นรูปพลาสติกที่ถูกพัฒนาขึ้นเมื่อไม่นาน เป็นนวัตกรรมที่เพิ่มคุณภาพของผิวชิ้นงาน การทดลองได้ดำเนินการตามวิธี Taguchi การวิเคราะห์สัญญาณด้วยเสียง และวิเคราะห์สัดส่วนในการตรวจสอบข้อบกพร่อง พบว่าการหดตัวของพลาสติกเกิดจากอุณหภูมิที่ไม่เท่ากันของแม่พิมพ์ แรงดันอากาศภายในแม่พิมพ์ทำให้เกิดรอยบวมในชิ้นงาน พารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของชิ้นงานมากที่สุดดังนี้ เวลาในการอัด 21.63% การระบายความร้อน 16.61% แรงดันในการอัดพลาสติกเหลวครั้งแรก 14.92% แรงดันในการอัดพลาสติกเหลวครั้งที่สอง 5.59% เวลาในการอัดครั้งที่สอง 3.27% อุณหภูมิในการหลอมละลาย 2.93% และเวลาในการฉีด 1.77% อุณหภูมิในการหลอมละลายพลาสติกที่ดีที่สุดคือ 230 °C ใช้เวลา 2.5 วินาที ขั้นตอนแรกใช้แรงดันในการอัด 30 MPa ใช้เวลา 3 วินาที ขั้นตอนที่สองใช้แรงดันในการอัด 80 MPa ใช้เวลา 11 วินาที และใช้เวลาที่ฉีดพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ 11 วินาที เวลาในการระบายความร้อน 30 วินาที

จากการศึกษางานวิจัยข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรมพลาสติกซึ่งสามารถประหยัดค่าใช้จ่าย และลดปริมาณการใช้พลังงานได้ด้วยการจัดการที่ดี เช่น การจัดระบบและเวลาการทำงานให้เหมาะสม การเลือกใช้อุปกรณ์ให้มีขนาดเหมาะสมกับโหลด การดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้มีสภาพพร้อมใช้งานอยู่เสมอ การใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้จะช่วยให้สามารถลดค่าใช้จ่าย และใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น