บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานการสร้างเครื่อง

3.1ข้อมูลทั่วไปของเครื่องจักรที่ทำการจัดสร้าง

3.1.1 ชนิดของเครื่องที่เลือกศึกษา

- เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนชนิด ร็อดแอนด์โรล เนื่องจากการศึกษาพบว่าเครื่องจักรชนิดนี้จะมีข้อดีดังต่อไปนี้
- มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในประเทศไทย
- งบประมาณในการจัดสร้างเครื่องจักรมีราคาถูก
- ผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่
- ง่ายต่อการจัดสร้าง ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องมีตู้อบ
- มีความยืดหยุ่นสูงในการปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์

3.1.2ระบบการให้ความร้อน

ให้ความร้อนจากการเผาไหม้โดยใช้แก๊สหุงต้มเป็นเชื้อเพลิง โดยมีหัวท่อแก๊ส(Gas burner) เป็นตัวเชื้อเพลิง โดยจะมี 2 แถว ใช้แถวละ 20 หัว ในการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์เพื่อขึ้นรูปชิ้นงาน ระบบการให้ความร้อนนั้นเป็นแบบ An open flame ซึ่งเป็นวิธีการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์โดยตรง โดยจะมีข้อดี คือ ประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดสร้างเครื่องจักร เนื่องจากไม่ต้องจัดสร้างตู้อบ

3.1.3 ระบบหล่อเย็น

จากการศึกษาในกระบวนการผลิต พบว่าการหล่อเย็นจะมีผลกับชิ้นงานเป็นอย่างมาก ในด้านการหดตัวซึ่งถ้าควบคุมการหล่อเย็นไม่ดี ระบายความในทุกด้านของชิ้นงานไม่เท่ากันจะก่อให้เกิดปัญหาชิ้นงานจะเกิดการหดตัวไม่เท่ากัน ทำให้ชิ้นงานเกิดการเสียรูปได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้วิธีที่ควบคุมอุณหภูมิได้ง่าย นั้นคือ ใช้พัดลมเป่าลมเย็น ซึ่งควบคุมได้ง่ายกว่าการใช้น้ำหล่อเย็น ซึ่งข้อดีข้อเสียจะแตกต่างกัน คือถ้าใช้พัดลมเป่าลมเย็นจะควบคุมอุณหภูมิได้ง่ายกว่าแต่จะใช้เวลาในการผลิต(cycle time) สูง แต่ถ้าใช้น้ำหล่อเย็นจะควบคุมอุณหภูมิได้ยากกว่าเพราะต้องออกแบบให้ละอองน้ำกระจายตัวอย่างทั่วถึง แต่จะใช้เวลาในกระบวนการผลิต (cycle time) ต่ำ

3.1.4 ระบบควบคุม

เป็นแบบธรรมดา(manual) โดยใช้แรงงานมนุษย์เป็นหลักในกระบวนการผลิต เนื่องจากมีข้อจำกัดในด้านงบประมาณ และชนิดของเครื่องจักรชนิดนี้ไม่ต้องการเทคโนโลยีที่สูง เพราะใช้หลักการขึ้นรูปที่ไม่ซับซ้อน จึงไม่คุ้มค่าต่อการลงทุน โดยแรงงานมนุษย์จะทำหน้าที่ในการเติมวัตถุดิบลงในแม่พิมพ์ ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ในส่วนที่อับ และเป็นคนควบคุมเวลาที่ให้ความร้อนรวบรวมทั้งการหล่อเย็นด้วย

3.1.5ขนาดและขีดจำกัดของเครื่องที่จัดสร้าง

- เครื่องชนิดนี้มิมิติขนาด 2×3×1.2 เมตร
- ใช้พื้นที่ในการติดตั้งเครื่องประมาณ 7 ตารางเมตร โดยจะเป็นพื้นที่ของเครื่องจักรรวมกับชุดควบคุม
- สำหรับเครื่องจักรขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุน ที่จะมีการทำการสร้าง จะมีขีดจำกัดอยู่ที่ตัวยึดแม่พิมพ์ต้องยึดแม่พิมพ์ต้องมีขนาดความยาวไม่เกิน 2 เมตร และขนาดความกว้างไม่เกิน 1.5 เมตร แม่พิมพ์ต้องมีน้ำหนักไม่เกินกว่าที่มอเตอร์จะรับไหว และต้องไม่ทำให้โครงสร้างของเหล็กฐานเสียรูป

เครื่องที่สร้างขึ้นยังมีขีดจำกัดตรงที่รูปร่างของชิ้นงานด้วย เพราะว่าเครื่องที่สร้างขึ้นมานี้จะไม่สามารถปรับอัตราส่วนในการหมุนทั้งสองแกนของแขนได้โดยจะถูกกำหนดอัตราการหมุนจากเฟืองขับซึ่งจะหมุนในแกนหลัก (Major axis) ต่อแกนรอง (Minor axis) มีอัตราเป็น 4:1 โดยการปรึกษากับ คุณ พรชัย สันตินานนนท์ ผู้จัดการฝ่ายขาย ของบริษัท พี. ซี. คอนเทนเนอร์ โปรดักส์ จำกัด (P.C.S. CONTAINERS PRODUCTS CO.,LTD) และตารางอัตราส่วนการหมุนแสดงในตารางที่ 3.1 แต่ถ้าต้องการขึ้นรูปในลักษณะอื่นๆ จำเป็นต้องเปลี่ยนขนาดของเฟืองขับเพื่อให้ได้อัตราส่วนของการหมุนให้เหมาะกับลักษณะของชิ้นงานที่ต้องการ

ตารางที่ 3.1 อัตราส่วนการหมุนของแกนหลักกับแกนรองสำหรับชิ้นงานรูปทรงต่างๆ

อัตราส่วน	รูปทรงชิ้นงาน
8:1	รูปไข่, รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า , รูปรีท่อตรง (ตั้งในแนวราบ)
5:1	ท่อที่ใช้ในการละลายน้ำแข็งในตู้เย็น
4.5:1	ทรงกลม หรือ ถุงมือ
3.3:1	รูปทรงใดๆที่แสดงเส้น ของการหมุนที่ 4:1
4:1	ลูกบาศก์ , ทรงกลม , รูปทรงเดียว กล่องสี่เหลี่ยมผืนผ้า
2:1	วงแหวน , ทรงกลม , ไทร์ , สี่เหลียม ผืนผ้าใดๆ ที่มีด้านยาว 2 ด้าน หรือ มากกว่า เมื่อดำเนินเครื่องจนมีอัตราส่วน 4:1 กรอบรูป , รูปทรงกลมแบน , mannequins Horses with straight legs Auto crash pads ตั้งในแนวตั้ง
1:2	ส่วนที่ดำเนินที่อัตราส่วน 2:1 แต่แสดงผนังด้านบาง
1:3	สี่เหลียมผืนผ้าแบนราบ กล่องใส่เสื้อผ้า ฝาถังขยะที่มีมือจับได้
1:4	ท่อลมโค้ง สี่เหลี่ยมผืนผ้าแบนราบ (pipe angles) ทรงกลมที่ด้านข้างมีอัตราส่วน 4:1
1:5	ทรงกระบอกในแนวตั้ง

3.1.5 ส่วนประกอบที่สำคัญ

เราสามารถแบ่งส่วนประกอบที่สำคัญออกเป็น 3 ส่วน คือ

(a) โครงเครื่อง

(b) ชุดให้ความร้อน

(c) ชุดควบคุม

ซึ่งในแต่ละส่วนมีชิ้นส่วนต่างๆ ดังนี้ (ดังแสดงในภาพที่ 3.1)

(a) โครงเครื่องประกอบด้วย

(1) โครงอยู่กับที่ ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักที่เกิดจากโครงเคลื่อนที่

(2) โครงเคลื่อนที่ ทำหน้าที่เคลื่อนที่ขึ้นลงซึ่งทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวระดับ

(3) แบริ่งรองเพลา ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักที่กดลงบนเพลาและลดแรงเสียดทานในขณะที่เกิดการหมุน

(4) เพลา ทำหน้าที่รองรับน้ำหนักแม่พิมพ์

(5) ล้อขับแม่พิมพ์ ทำหน้าที่หมุนขับแม่พิมพ์ให้หมุนรอบตัวเองในแกนนอน

(6) เกียร์ทด ทำหน้าที่ ลดความเร็วรอบจากต้นกำลังให้ช้าลง

(7) แขนโยก ทำหน้าที่ส่งแรงจากเพลาข้อเหวี่ยงไปยังโครงเคลื่อนที่ให้เคลื่อนที่ขึ้น-ลง

(8) เพลาข้อเหวี่ยง หน้าที่ หมุนโยกโครงเคลื่อนที่

(9) มอเตอร์ ทำหน้าที่ต้นกำลังที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่

(b) ส่วนที่ให้ความร้อนประกอบด้วย

(1) หัวพ่นแก๊ส(burner) ทำหน้าที่กระจายความร้อนแก่แม่พิมพ์

(2) สายแก๊ส ทำหน้าที่ลำเลียงแก๊สจากถังไปสู่ท่อแก๊ส

(3) วาล์ว ทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมการไหลของแก๊ส

(4) แก๊ส LPG ทำหน้าที่เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์

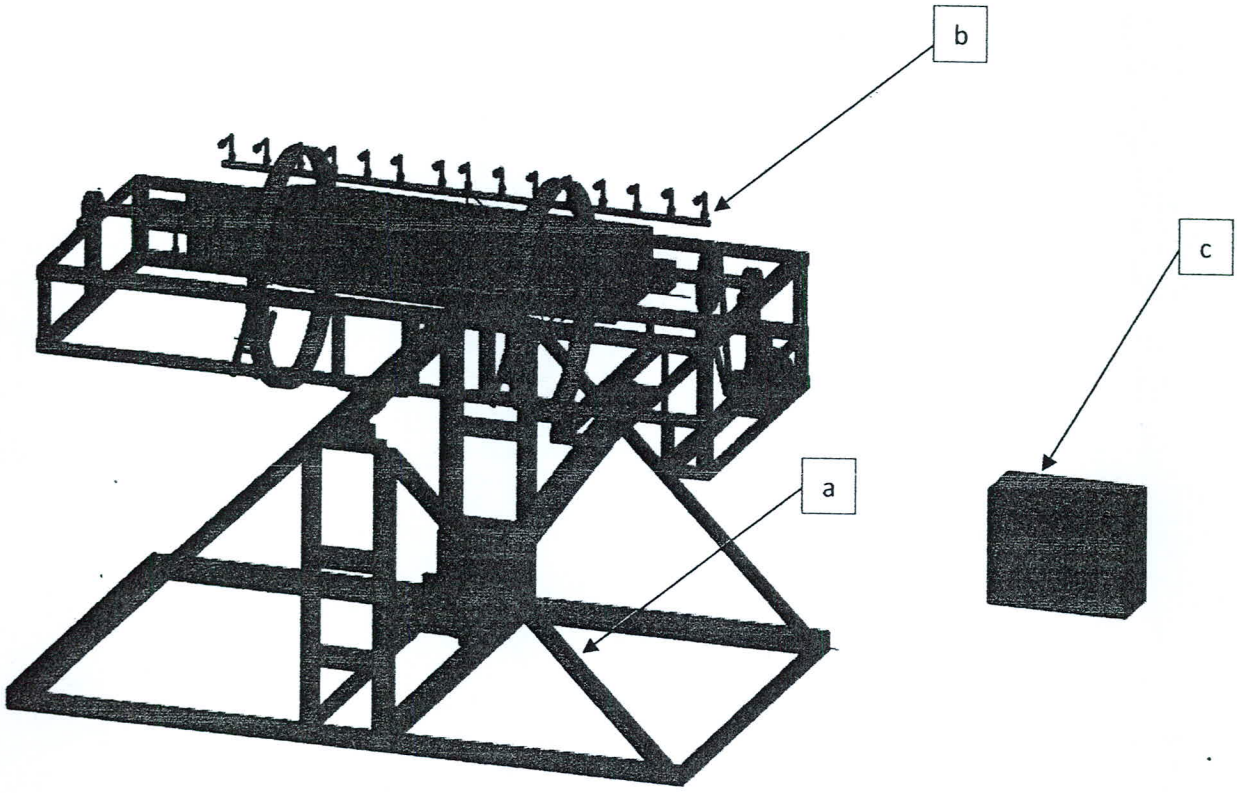
(5) ท่อแก๊ส เป็นส่วนลำเลียงแก๊สสู่หัวพ่นแก๊ส

(c) ชุดควบคุมประกอบด้วย

(1) สวิทซ์(push-button) ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เปิดปิดการไหลของกระแสไฟฟ้า

(2) แมคเนติกส์ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ใช้ในการกลับทางหมุนของมอเตอร์

(3) สายไฟ ทำหน้าที่เป็นตัวนำไฟฟ้าสู่อุปกรณ์ต่างๆ



รูป 3.1 ส่วนประกอบของเครื่อง

3.2 หลักการทำงานของเครื่องขึ้นรูปแบบหมุน

ขั้นตอนพื้นฐานในการทำงานของเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยงชนิด ร๊อคแอนด์โรล จะประกอบด้วยขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

1. Loadingเป็นขั้นตอนการเติมวัตถุดิบลงในแม่พิมพ์ สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด โดยวัตถุดิบจะอยู่ในรูปผงหรือของเหลว หลังจากนั้นแม่พิมพ์จะถูกปิดและทำการหมุน

2. Heating แม่พิมพ์จะทำการหมุนรอบตัวเองในแนวนอนและกระดกขึ้นลงทำมุมประมาณ 45 องศากับแนวนอน โดยปกติจะใช้อัตราส่วนการหมุนประมาณ 4:1 (แกนรอง:แกนหลัก) ในการผลิตชิ้นงานที่สมมาตร จากนั้นจะให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ด้วยแก๊สหุงต้ม พลาสติกที่เป็นผงจะหลอมเหลวและไปติดอยู่ที่ผนังด้านในของแม่พิมพ์ ความร้อนที่ให้แก่แม่พิมพ์นั้นเป็นวิธีการให้ความร้อนแบบไฟโดยตรง (An Open Fle Method) การให้ความร้อนในขณะที่แม่พิมพ์กำลังหมุนอยู่นั้นจะช่วยทำให้พลาสติกกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วผนังแม่พิมพ์ โดยแรงโน้มถ่วง(Gravitation Forced) พลาสติกจะหลอมเหลวไปติดกับผนังด้านในของแม่พิมพ์เป็นชั้นๆ(อุณหภูมิที่ให้แก่แม่พิมพ์จะยึดค่า Tm ของพลาสติกแต่ละชนิดเป็นหลัก โดยจะต้องคำนึงค่าการสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมด้วย)

3. Coolingเป็นขั้นตอนในการเย็นซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญที่สุด จึงต้องทำการระบายความร้อนให้ทั่วทุกด้าน ซึ่งการระบายความร้อนเป็นการระบายความร้อนด้วยอากาศโดยใช้พัดลม เพื่อเป็นการลดอุณหภูมิของแม่พิมพ์ลงให้มีอุณหภูมิประมาณ 50-70 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้พลาสติกภายในจะแข็งตัวคงรูปเหมือนลักษณะภายในแม่พิมพ์ ในขณะที่ทำการหล่อเย็นแม่พิมพ์ยังคงหมุนอยู่เพื่อให้แน่ใจว่าชิ้นงานจะไม่เกิดการยุบตัวออกจากผิวแม่พิมพ์ซึ่งจะทำให้เกิดการเสียรูปทรงของชิ้นงาน

4. Unloadingหลังจากการหล่อเย็น แม่พิมพ์จะถูกเปิดออกเพื่อนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และเข้าสู่กระบวนการ Loading

3.3 ทฤษฎีการคำนวณ

(a) การคำนวณหาความเร็วรอบในการหมุนชุดเคลื่อนที่

ช่วงที่ 1 ความเร็วรอบมอเตอร์ 3 HP 1440รอบ/นาที

ช่วงที่ 2เนื่องจากเลือกใช้เกียร์ทดความเร็วรอบ 1:60ดังนั้น รอบที่ได้จึงมีค่าเป็น $\frac{1440}{60}$ = 24รอบ/นาที

ช่วงที่ 3จากเกียร์ทดความเร็วรอบไปยังเพลาหมุนแม่พิมพ์

ความเร็วรอบที่เกียร์ทดความเร็วรอบ 24รอบ/นาที จำนวนฟันเฟืองที่ติดกับเกียร์ทดความเร็วรอบ 10 ฟัน จำนวนฟันเฟืองที่ติดกับเพลาหมุนแม่พิมพ์ 60 ฟัน

จากสูตร $z_1 n_1 = z_2 n_2$

$$10 \times 24 = 60 \times n_2$$

$$n_2 = \frac{10 \times 24}{60}$$

$$n_2 = 4 \text{ รอบ/นาที}$$

z =จำนวนฟันเฟืองที่ใช้ขับมอเตอร์ (ฟัน)

n = ความเร็วรอบของเกียร์ทด (รอบ/นาที)

(b) การคำนวณความเร็วรอบชุดโยกขึ้นลง

มอเตอร์ 5 HP (แรงม้า)

ความเร็วมอเตอร์ 1440รอบ/นาที

อัตราทดเกียร์ ทดตัวที่ 1 1:20(ตัวเล็ก)

อัตราทดเกียร์ ทดตัวที่ 2 1:60(ตัวใหญ่)

ความเร็วที่ได้จากเกียร์ทดความเร็วรอบตัวที่ 1 1440/20 = 72 รอบ/นาที

ความเร็วที่ได้จากเกียร์ทดความเร็วรอบตัวที่ 2 72/60 = 1 รอบ/นาที

(c) น้ำหนักแม่พิมพ์

- แม่พิมพ์หนักประมาณ 500 กิโลกรัม
- น้ำหนักชิ้นงาน 23 กิโลกรัม

รวมน้ำหนักแม่พิมพ์ + น้ำหนักชิ้นงาน + ค่าเผื่อ เป็น 700 กิโลกรัม

นำไปใช้ในการรับแรงในหัวข้อต่อไป

(d) เพลา (รับแม่พิมพ์)

ความเค้นกด $\sigma = \frac{2F}{\pi d^2}$

$$= \frac{2\times700\text{kg}\times9.81\text{m/s}^2}{\pi(5.8\times10)^2}$$

$$= 1.31\ \text{N/mm}^2$$

F = แรงที่ใช้กระทำ (kg)จากน้ำหนักแม่พิมพ์ + น้ำหนักชิ้นงาน + ค่าเผื่อ

d = ความโตของเพลาที่ใช้รับแรง (mm)

(e) เพลา (รับฐาน)

ความเค้นกด $\sigma = \frac{2F}{\pi d^2}$

$$= \frac{2 \times 851\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2}{\pi(7.6 \times 10)^2}$$

$$= 0.92\ \text{N/mm}^2$$

เสา $=907\ \text{kg}/4\times9.81\ \text{m/s}^2\times11.92\ \text{cm}^2$

$=27\ \text{kN/cm}^2$

จากค่าที่ได้จากการคำนวณ นำไปเทียบหาขนาดจากวัสดุ ที่ใช้ทำส่วนรับน้ำหนักโดยพิจารณาจากตารางโลหะได้ขนาดของวัสดุที่ใช้จัดทำดังแสดงในบทที่ 4

3.4 ปริมาณวัสดุที่ใช้ดำเนินงานการขึ้นรูป

3.4.1 รายระเอียด

ผู้จำหน่าย : SCG Chemicals Co., Ltd.

ชนิดผงพลาสติก : Linear Low Density Polyethylene (LLDPE)

เกรด : M3204RU

ความหนาแน่น : 0.94 g/cm^3

3.4.2 ขนาดของเรือพลาสติก คือ

กว้าง 82 เซนติเมตร

ยาว 200เซนติเมตร

สูง 36 เซนติเมตร

ความหนาของผนังชิ้นงาน 0.45เซนติเมตร

คำนวณหาพื้นที่ผิวของชิ้นงาน

พื้นที่ผิวของชิ้นงาน = 2(82x2000)+2(82x360)+2(200x360)

= 53104 cm^2

คำนวณปริมาตรของชิ้นงาน

ปริมาตรของชิ้นงาน = พื้นที่ผิวชิ้นงาน× ความหนาชิ้นงาน

= 53104 cm^2 x 0.45 cm

= 23897 cm^3

คำนวณน้ำหนักผงโพลีเอทธิลีน

น้ำหนังผงโพลีเอทธิลีน = ปริมาตรของชิ้นงาน × ความหนาแน่นของผงโพลิเอทธิลีนความหนาแน่นปลานกลาง

= 23897 cm^3 x 0.94 g/cm^3

= 24959 g

ผงที่ต้อการใช้ขึ้นรูป = 22463/1000 = 23 kg