# บทที่ 4

# ผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

## 4.1 ขั้นตอนการสร้างเครื่องขึ้นรูปแบบหมุน

### 4.1.1 ส่วนเครื่องจักร

เครื่องจักรจะมีหน้าที่ยึดประกอบส่วนต่างเข้าด้วยกัน โดยสามารถแบ่งออกตามหน้าที่ได้เป็น 2 ชนิด

(a) ส่วนอยู่กับที่ ทำหน้าที่เป็นฐานรองรับน้ำหนักจากส่วนเคลื่อนที่ เป็นตัวยึดส่วนประกอบที่ขับเคลื่อน เช่น มอเตอร์และตัวทดความเร็วรอบอีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นตัวยึดเครื่องจักรไว้กับพื้น

(b) ส่วนเคลื่อนที่ ทำหน้าที่รองรับแม่พิมพ์และยึดส่วนประกอบต่างๆของส่วนเคลื่อนที่เข้าด้วยกัน เช่น ล้อสายพานแบน เพลา เป็นต้น

#### 4.1.1.1 วัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องจักร

1.เหล็กแผ่นขนาด 150 x 250 cm 3ชิ้น

2. เหล็กฉาก 3นิ้ว หนา 9 mm 3 เส้น

3. เหล็กฉาก 2นิ้ว หนา 6 mm 3 เส้น

4. เหล็กเพลา 3นิ้ว หนา 1 ท่อน

5. เหล็กเพลา2 นิ้ว1ท่อน

6. เหล็กฉาก 1 นิ้ว 1ท่อน

7. เหล็กทำวงแหวน 2วง

8. เหล็กแบน กว้าง 3 นิ้ว หนา 9 mm ยาว 200 cm

9. บูชเหล็ก 2 ตัว

#### 4.1.1.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างเครื่อง

1.เครื่องตัดเหล็กด้วยแก๊ส

2. เครื่องเลื่อยตัดเหล็ก

3.เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

4.เครื่องเจาะรูพร้อมดอกสว่านขนาดต่างๆ

5.ตะไบ

6.เครื่องเจียระไนโลหะพร้อมใบเจียรและใบปัด

7.เครื่องมือวัดขนาดและมุม เช่น เหล็กฉาก ,ตลับเมตร, เวอร์เนียร์, เหล็กฟุต

8. แปลงลวดทองเหลืองและสีกันสนิม

9. เครื่องมือเขียนแบบ เช่น เวอร์เนียร ไฮเกจ,เหล็กขีด

10. เครื่องมือเบื้องต้น เช่น ไขควง ,คีมล็อค, ซีแคม

11. อุปกรณ์ป้องกันภัย ได้แก่ แว่นตา ,ถุงมือ, ผ้าปิดจมูก , ที่อุดหู และอื่นๆ

**หมายเหตุ**ในการสร้างเครื่องจักร ส่วนอื่นๆ ต้องใช้เครื่องมือเหล่านี้ ประกอบการสร้างเช่นกัน ดังนั้นขออนุญาตไม่นำมาเขียนซ้ำอีก

**4.1.1.3 ขั้นตอนการสร้างเครื่องจักร**

**ส่วนอยู่กับที่**

(a) นำแบบตัวอย่างเครื่องจักรแบบหมุน ที่ใช้กันในอุตสาหกรรมมาพิจารณ์ว่าสามารถพัฒนาขีดความสามารถเครื่องจักรขึ้นอีกได้หรือไม่

(b) ทำการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรขึ้นมาใหม่ โดยให้สามารถใช้งานสะดวกขึ้นกว่าเดิม

(c) พิจารณาว่าควรสร้างส่วนใดขึ้นก่อนหลัง แล้วจึงเริ่มสร้างตามลำดับ

(d) ทำการสร้างเครื่องจักร โดยเลือกใช้เหล็กฉากขนาด *3* นิ้ว หนา 9 mm มาตัดที่ระส่วน

(e) ตัดเหล็กฉากฐานเครื่องมีความยาว 300 cmจำนวน 2 เส้น มุมของเหล็กต้องทั้ง2ด้านต้องตัดเป็นมุม 45องศา และตัดเหล็กเหล็กฐานล่างกว้าง 200 cm จำนวน2เส้น มุมของเหล็กต้องตัดมุม45องศา(ตามแบบในภาคผนวก ข)

(f) ตัดเหล็กเสาของฐานเครื่องความยาว 130cmจำนวน 4 เส้น (ตามแบบในภาคผนวก ข )

(g) ตัดเหล็กที่ใช่ยึดตัวเสาของเครื่องความยาว 182.6 cmจำนวน4เส้น (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(h) ตัดเหล็กคานยึดเสาความยาว40cmจำนวน6เส้น (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(i) ตัดเหล็กฐานล้างความยาว 200cmจำนวน2 เส้น (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(j) นำเหล็กที่ตัดเสร็จแล้วทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบ ในการประกอบกันจะใช้ลวดเชื่อมขนาด 3.25 mmเชื่อมประกอบกัน

**ส่วนเคลื่อนที่**

(a) แบบตัวอย่างเครื่องจักรแบบหมุนที่ใช้กันในอุตสาหกรรมมาพิจารณ์ว่าสามารถพัฒนาขีดความสามารถเครื่องจักรขึ้นอีกได้หรือไม่

(b) ทำการออกแบบพัฒนาเครื่องจักรขึ้นมาใหม่ โดยให้สามารถใช้งานสะดวกขึ้นกว่าเดิม

(c) พิจารณาว่าควรสร้างส่วนใดขึ้นก่อนหลัง แล้วจึงเริ่มสร้างตามลำดับ

(d) ทำการสร้างฐานรองแม่พิมพ์ที่โดยใช้เหล็กฉาก 2 นิ้ว หนา6 mm โดยการสร้างฐานรองแม่พิมพ์

(e) ตัดเหล็กฐานของแม่พิมพ์ความยาว 300cmจำนวน4เส้น (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(f) ตัดเหล็กเสาของฐานความยาว 37cmจำนวน12เส้น(ตามแบบในภาคผนวก ข)

(g) นำเหล็กที่ตัดเสร็จแล้วทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบ ในการประกอบกันจะใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.5mmเชื่อมประกอบกันโดยใช้เหล็กฉากระดับน้ำเป็นตัววัดระดับให้ได้ระดับตั้งฉากกัน ข้อสำคัญคือจะต้องเชื่อมด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้เกิดตามดเพราะทำให้โครงสร้างไม่แข็งแรง(ตามแบบ)

**4.1.2 ชุดควบคุม**

ชุดควบคุมประกอบไปด้วย อุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน และอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคในการปรับความเร็วมอเตอร์ เมื่อต่อชุดควบคุมเรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติ คือยังอาศัยแรงงานมนุษย์ในการให้ความร้อนและควบคุมระบบโดยรวมอีกต่อหนึ่ง

**วัสดุและอุปกรณ์ของชุดควบคุม**

1.ตู้ NO.5

2.เบรกเกอร์3p 20A

3.แม็กเนติคพร้อมโอเวอร์โหลด 7-10A

4.CONTROL FUSE

5.RELAY MY 4& SOCKET

6.TIMER WIP & SOCKET

7.PILOT LAMP

8.PUSH PUTTON

9.SELECTOR SW.

10.TERMINAL TR 20

11. TERMINAL TR 10

12. WIRING AND ACCESSOREIS

**การประกอบชุดควบคุม**

1.ออกแบบติดตั้งชุดควบคุม และเลือกอุปกรณ์ที่ใช้

2.เตรียมอุปกรณ์ให้พร้อม

3.ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆในตู้ควบคุมโดยใช้สกรูยึด

4.ทำการเดินสายไฟภายในตู้คอนโทรล

5.ทำการต่อสายไฟจากตู้คอนโทรล เข้ามอเตอร์ทั้งสอง

6.เดินไฟเมนเข้าสู้ตู้คอนโทรลเครื่องจักรพร้อมทำงาน

**อุปกรณ์ที่มีหน้าที่ในการควบคุม มีดังต่อไปนี้**

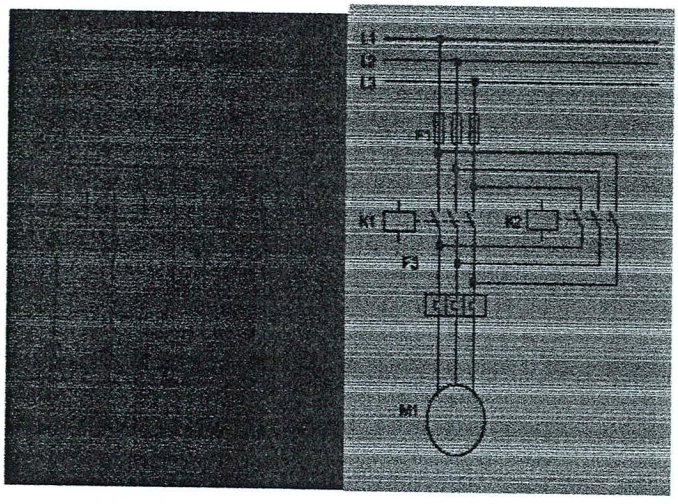
1. หลอดไฟสัญญาณ ทำหน้าที่เป็นหลอดไฟที่บอกสถานะโอเวอร์โหลดของมอเตอร์
2. สวิทช์กดติดปล่อยดับ ตัวหนึ่ง ทำหน้าที่เป็นตัวสตาร์ทมอเตอร์สามแรงม้าให้หมุนรอบแกน
3. สวิทช์กดติดปล่อยดับตัวที่สอง ทำหน้าที่เป็นตัวหยุดมอเตอร์สามแรงให้หยุดหมุน
1. สวิทช์ค้างสถานะ ทำงานที่เป็นตัวบังคับให้มอเตอร์หมุนในสองทิศทาง ให้อยู่ในสถานะ OFFและในสถานะ ON มอเตอร์จะหมุนทิศทางเดียว
2. สวิทช์ตั้งเวลาตัวที่หนึ่ง ทำหน้าที่เป็นตัวตั้งเวลาให้มอเตอร์หมุนซ้ายตามเวลาที่กำหนด
3. สวิทช์ตั้งเวลาตัวที่สอง ทำหน้าที่เป็นตัวตั้งเวลาให้มอเตอร์หมุนขวาตามเวลาที่กำหนด
4. ตัวปรับความเร็วรอบ ทำหน้าที่เป็นปรับความเร็วรอบของมอเตอร์สามแรงม้าให้เหมาะ
5. สวิทช์กดติดปล่อยดับตัวที่สาม ทำหน้าที่เป็นสตาร์ทมอเตอร์ห้าแรงม้าให้ทำงาน
6. สวิทช์กดติดปล่อยดับตัวที่สี่ ทำหน้าที่เป็นตัวหยุดมอเตอร์ห้าแรงม้าให้หยุดการทำงาน
7. สวิชท์ตั้งเวลาตัวที่สามและสี่ ทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลาให้เครื่องจักรส่วนที่เคลื่อนที่เอียงตัวค้างตามเวลาที่กำหนดไว้

**ตารางที่ 4.1 ปุ่มควบคุมการทำงาน**

| ปุ่มควบคุม | หน้าที่ |
|---|---|
| ตัวที่ 1(สีเขียว) | ตัวสตาร์ทมอเตอร์ 3 แรงม้า |
| ตัวที่ 2(สีแดง) | ตัวหยุดมอเตอร์ 3แรงม้าให้หยุดหมุน |
| ตัวที่ 3 (สีเขียว) | ตัวสตาร์ทมอเตอร์ 5แรงม้า |
| ตัวที่ 4(สีแดง) | ตัวหยุดมอเตอร์ 5 แรงม้าให้หยุดหมุน |

**ขั้นตอนการทำงานของชุดควบคุม**

**ชุดหมุนแม่พิมพ์**



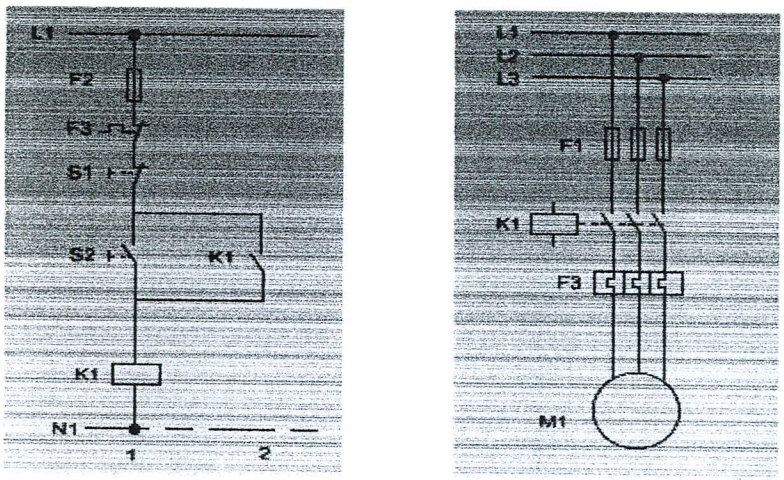

รูปที่ 4.1รูปแบบวงจรไฟฟ้าชุดหมุนแม่พิมพ์[15]

1.เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามาในตู้คอนโทรล

2.ทำการกดสวิทช์กดติดปล่อยดับตัวที่ 1 เพื่อเริ่มการทำงานของมอเตอร์ 3HP(แรงม้า)เพื่อขับแม่พิมพ์ให้หมุนในทิศทาง 180องศา

3.มอเตอร์ 3HP(แรงม้า)จะหมุนอยู่ตลอดเวลาจนกว่าจะกดสวิทช์ STOPกดติดปล่อยดับตัวที่ *2*

**ชุดโยกแม่พิมพ์**




รูปที่ 4.2รูปแบบวงจรไฟฟ้าชุดหมุนแม่พิมพ์[15]

1.เมื่อมีกระแสไฟฟ้าผ่านเข้ามาในตู้คอนโทร

2.ทำการกดสวิทช์กดติดปล่อยดับตัวที่ 3เพื่อเริ่มการทำงานของมอเตอร์ 5HP(แรงม้า)เพื่อโยกขึ้นลง 45 $^{o}C$

3.ชุดโยกจะโยกตลอดจนกว่าจะกดสวิทช์ STOP กดติดปล่อยดับตัวที่ 4

**อุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมและรายละเอียด**

**1. คอนแทคเตอร์*(Contactor)***

เป็นสวิตช์แม่เหล็กที่ใช้ในการตัด – ต่อวงจรกำลัง มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาด 00 ถึง 6 และในตัวของมันเองนอกจากจะมีคอนแทคสำหรับวงจรกำลังแล้ว จะมีคอนแทคช่วยปกติปิดและปกติเปิดอีกด้วย ซึ่งอาจจะมีอยู่อย่างละ 1 หรือ 2 คอนแทคให้เลือกใช้ตามความจำเป็นของวงจรควบคุม

**2. รีเลย์ (Auxiliary relay)**

เป็นสวิตช์แม่เหล็กที่ใช้ตัด – ต่อ วงจรควบคุม มีหลายขนาดตั้งแต่ติดตั้งบนแผ่นวงจรพิมพ์ จนถึงติดตั้งบนฐานในตู้ควบคุม รีเลย์ช่วยบางทีเรียกว่า รีเลย์ควบคุม (Control Relay) ลักษณะการทำงานเหมือนกับคอนแทคทั่วไป ต่างกันที่คอนแทคของรีเลย์ช่วยทรกระแสได้ต่ำ เพราะฉะนั้นจะนำไปต่อเข้ากับโหลดไม่ได้ ลักษณะคอนแทคมีทั้งแบบปกติเปิดและปกติปิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้สร้างหรือการเลือกใช้ว่าต้องการลักษณะและจำนวนของคอนแทคออย่างไร

**3.สวิตช์ปุ่มกด (Push button switch)**

โดยทั่วไปตัวสวิตช์จะมีคอนแทคปกติปิดและเปิด อย่างละหนึ่งคอนแทคในตัวเดียวกันแต่สามารถนำคอนแทคมาต่อเพิ่มเติมได้ตามต้องการ ตัวปุ่มกดมีหลายแบบให้เลือกใช้ รายละเอียดเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ กระแสของคอนแทค, จำนวนและชนิดของคอนแทค แรงดันใช้งาน ขนาดและรูปแบบที่ต้องการใช้

**4. หลอดสัญญาณ (Signal lamp , Pilot lamp)**

เป็นหลอดไฟที่ใช้แสดงสถานะในการทำงาน มีหลายสีหลายแบบ บางชนิดเป็นแบบรวมอยู่กับสวิตช์ปุ่มกดหรือมีหม้อแปลงเล็ก สำหรับจ่ายไฟให้หลอดที่ใช้แรงดันไฟฟ้าต่ำ รายละเอียดและเทคนิคเวลาเลือกใช้ก็คือ แรงดันใช้งาน รูปแบบ และสีของเลนย์ การต่อสัญญาจะไม่ต่อขนานกับขดลวดของรีเลย์ เนื่องจากขดลวดของรีเลย์จะเหนี่ยวนำแรงดันไฟฟ้าสูงขณะ ON – OFF ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานสั้นลง และในกรณีที่ขดลวดของรีเลย์ขาด อาจทำให้การตรวจพบลำบาก เนื่องจากไปวัดความต้านทานของหลอดไฟเข้า

**5. ลิมิตสวิตช์ (Limit switch)**

เป็นสวิตช์ปุ่มกดที่ทำงานโดยอาศัยแรงกดจากภายนอก เช่นลูกเบี้ยว (Cam) มาชนที่ปุ่มกดหรือที่ล้อกลม โครงสร้างภายในคล้ายกับสวิตช์ปุ่มกด มีทั้งคอนแทคปกติปิด และปกติเปิด และสามารถมีคอนแทคได้หลายอัน นอกจากนั้นแล้วยังมีความแตกต่าง ในเรื่องของระยะกดและการทำงานของคอนแทคอีกด้วย

**6. รีเลย์ตั้งเวลา (Timer relay)**

เป็นรีเลย์ที่สามารถตั้งเวลาการทำงานของคอนแทคได้หลายชนิด แบ่งตามชนิดการทำงานของคอนแทคมี 2 แบบ คือ

1. หน่วงเวลาจากเอาไฟเข้า เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลยตั้งเวลา คอนแทคจะอยู่ในตำแหน่งเดิมก่อน เมื่อถึงเวลาที่ตั้งไว้แล้วคอนแทคแทคจึงจะเปลี่ยนไปที่สภาวะตรงข้าม และจะค้างอยู่ในตำแหน่งนั้นจนกว่าจะหยุดการจ่ายไฟให้กับรีเลย์
2. หน่วงเวลาหลังจากเอาไฟออก เมื่อจ่ายไฟให้กับรีเลย์ตั้งเวลา คอนแทคจะเปลี่ยนสภาวะทันทีหลังจากที่เอาไฟออกจากขดลวดแล้วและถึงเวลาที่ตั้งไว้คอนแทคจะกลับมาอยู่สภาวะเดิมรีเลย์เวลาแบบอิเล็กทรอนิคส์ และแบบใช้มอเตอร์ขับไม่สามารถทำงานแบบนี้ได้

**7.THERMAL OVERLOAD RELAY**

ทั่วๆ ไปแล้วโอเวอร์โหลดรีเลย์นิยมทำเป็นแบบไบมีทอล โดยใช้กระแสที่ไหลผ่านโหลดเป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง การตัดวงจรอาศัยการงอของไบมีทอลขณะร้อนเนื่องจากกระแสไหลมาก และจะกลับมาต่อวงจรอีกครั้งเมื่อไบมีทอลเย็นตัวลง

Overload relay และ Protective motor relay แบ่งโดยทั่วไปแล้วมีแบบธรรมดา คือเมื่องอไปแล้วจะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อเย็นตัวเหมือนในเตารีด กับแบบที่มี RESET
คือ เมื่อตัดวงจรไปแล้ว คอนแทคจะถูกล็อคเอาไว้ ถ้าต้องการจะให้วงจรทำงานอีกครั้ง ทำได้โดยกดปุ่ม reset ให้คอนแทคกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม

**4.2 ขั้นตอนการสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปเรือขนาดเล็ก**

(a) นำเรือพลาสติที่มีขายตามท้องตลาดมาศึกษาดูความสูงความกว้างความสูงของเรือ

(b) ออกแบบแม่พิมพ์เรือขนาดเล็กขึ้นมาใหม่ โดยให้สามารถใช้งานสะดวกขึ้น

(c) พิจารณาว่าควรสร้างส่วนใดขึ้นก่อนหลัง แล้วจึงเริ่มสร้างตามลำดับ

(d) เริมสร้างแม่พิมพ์ขนาดเล็กโดยการใช้เหล็กหนา 3mmมาใช้ในการสร้างแม่พิมพ์

(e) ตัดเหล็กแผ่นด้านข้างของแม่พิมพ์เรือขนาดเล็กจำนวน 4 แผ่นขนาด (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(f) ตัดเหล็กแผ่นพื้นจำนวน2 แผ่นขนาด (ตามแบบ ในภาคผนวก ข)

(g) ตัดเหล็กแผ่นปิดหลังของของแม่พิมพ์เรือขนาดเล็กจำนวน1แผ่น(ตามแบบในภาคผนวก ข)

(h) ตัดเหล็กฉากที่ใช้ทำขอบแม่พิมพ์ขนาด10cmหนา3cm สำหลับใช้รีดน้ำความยาว183cm(ตามแบบ ในภาคผนวก ข)

(i) ตัดเหล็กฉากที่ใช้ทำขอบแม่พิมพ์เหล็กฉากขนาด2นิ้ว หนา3cmขนาด (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(j) ตัดเหล็กแผ่นที่ใช้ทำฝาปิดแม่พิมพ์จำนวน2แผ่นขนาด (ตามแบบ ในภาคผนวก ข)

(k) ตัดเหล็กฉากขนาด 1นิ้ว หนา 3 mmเพื่อทำเป็นมีดกรีดพลาสติกบนฝาแม่พิมพ์

(l) ตัดเหล็กแผ่นหนา 9mmกว้าง 3 นิ้ว เพื่อที่จะดัดเป็นรูปวงกลมความโตของวงกลมเท่ากับ 100 cmจำนวน 2 วง (ตามแบบในภาคผนวก ข)

(m) นำเหล็กที่ตัดเสร็จแล้วทั้งหมดมาประกอบเข้าด้วยกันตามแบบ ในการประกอบกันจะใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.5mmเชื่อมประกอบกันโดยใช้เหล็กฉากระดับน้ำเป็นตัววัดระดับให้ได้ระดับตั้งฉากกัน ข้อสำคัญคือจะต้องเชื่อมด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้เกิดตามดเพราะทำให้โครงสร้างไม่แข็งแรง(ตามแบบในภาคผนวก ข)

**4.3การทดสอบระบบให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์**

เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนนี้จะใช้การให้ความร้อนแบบ Open flame ซึ่งเป็นการใช้หัวพ่นไฟเผาแม่พิมพ์โดยตรง ดังนั้นจึงได้จัดทำการทดสอบระบบให้ความร้อน เพื่อช่วยในการออกแบบระบบให้ความร้อนที่จะใช้กับเครื่อง โดยมีการทดสอบดังนี้

**4.3.1 อุปกรณ์**

1. ถังแก๊ส LPG ขนาด 48 กก.
2. ชุดหัวพ่นไฟแบบ Simple Type ขนาด 1 ½ นิ้ว
3. เหล็กแผ่นหนา 3 mm
3. เครื่องมือวัดอุณหภูมิ
4. นาฬิกาจับเวลา

**4.3.2 ขั้นตอนการทดสอบ**

1. นำชุดหัวพ่นไฟมาต่อเข้ากับถังแก๊ส LPG
2. เปิดวาลว์แก๊ส และค่อยๆเปิดวาล์วปรับแรงดันที่หัวพ่นไฟ จากนั้นจึงทำการจุดไฟ
3. ปรับความแรงของไฟจากหัวพ่นแก๊สให้ได้ระดับ
4. เผาแผ่นเหล็กที่เตรียมไว้ โดยกำหนดระยะห่างระหว่างหัวพ่นกับแผ่นเหล็กไว้ที่ 20 cm และ 15 cmตามลำดับ
5. วัดอุณหภูมิโดยเครื่องมือวัดที่เตรียมไว้ โดยวัดบริเวณจุดศูนย์กลางของเหล็กที่ทำการเผา โดยบันทึกค่าอุณหภูมิ 15 นาที
6. เมื่อได้ค่าอุณหภูมิที่คงที่แล้ว ทำการวัดรัศมีการกระจายความร้อนของหัวพ่น โดยวัดจากระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของหัวพ่นครั้งละ 1 นิ้ว บันทึกผลทดสอบที่ได้

**4.3.3 ผลการทดสอบ**

ผลจากการทดสอบเมื่อวัดอุณหภูมิเฉลี่ยได้ประมาณ150°C ซึ่งอุณหภูมิดังกล่าวสามารถหลอมเหลวพลาสติกที่ใช้ขึ้นรูปได้

**4.4ขั้นตอนการขึ้นรูปเรือพลาสติก**

1. ทำการติดตั้งแม่พิมพ์ที่จะใช้ขึ้นรูป บนล้อสายพานแบน
2. ใส่ผงพลาสติกLLDPE ลงในแม่พิมพ์และก็ปิดแม่พิมพ์
3. กดตั้งเวลา Timer T1 และ T2 ตามเวลาที่ต้องการให้หมุนซ้ายและขวา หรือถ้าต้องการให้หมุนทางเดียวปรับ Selecter Switch มาตำแหน่ง ON
4. ตั้งเวลา Timer Relay ตัวที่ 3 และตัวที่ 4 ว่าต้องการให้ค้างตำแหน่งกี่นาที
5. กดปุ่ม Push button Switeh No 1 เพื่อเริ่มการทำงาน แม่พิมพ์จะเริ่มหมุน

6. ปรับความเร็วรอบโดยใช้ Investorปรับความเร็วตามต้องการ

7. เริ่มให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์

8. กดปุ่ม Push button Switch No 3 เพื่อเริ่มการทำงาน แม่พิมพ์จะโยก

9. เมื่อผงพลาสติกหลอมและเกาะผนังแม่พิมพ์เรียบร้อยแล้ว ทำการปิดระบบให้ความร้อน

10. เริ่มขบวนการหล่อเย็น โดยใช้อากาศ อาจจะใช้พัดลมช่วยเป่าด้วย

11. กด Push button Switch No 4 เพื่อหยุดการทำงานของชุดโยก

12. เมื่อพลาสติก Set ตัวแล้วกดปุ่ม Push button No 2 เพื่อหยุดการทำงานของชุดหมุนแม่พิมพ์

13. ปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

**4.5ผลการขึ้นรูป**

**ตารางที่ 4.2ระยะเวลาที่ใช้ขึ้นรูปเรือพลาสติก**

| เวลา (นาที) | อุณหภูมิ°C | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ช่วงหัวเรือ | ช่วงกลางเรือ | ช่วงท้ายเรือ | ค่าเฉลี่ยความร้อนรวมในแม่พิมพ์ |
| 15 | 80 | 60 | 90 | 77 |
| 30 | 125 | 90 | 150 | 121 |
| 45 | 150 | 130 | 180 | 153 |

จากตารางที่ 1 แสดงค่าระยะเวลาที่ใช้ขึ้นรูปเรือจากตารางนี้เป็นเวลาที่จะทำให้พลาสติกหลอมเหลวในช่วงเวลาประมาณ 45 นาที อุณหภูมิเฉลี่ยประมาณ 153°C

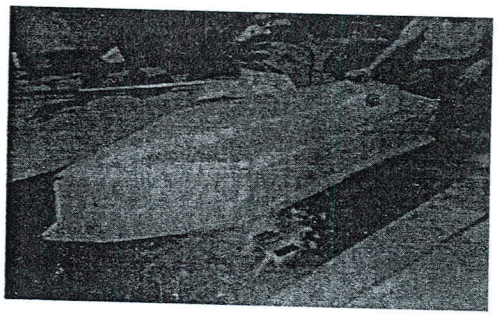
**ตารางที่ 4.3ระยะเวลาที่ใช้หล่อเย็นตัวของเรือพลาสติก**

| เวลา (นาที) | อุณหภูมิ°C | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ช่วงหัวเรือ | ช่วงกลางเรือ | ช่วงท้ายเรือ | ค่าเฉลี่ยความร้อนรวมในแม่พิมพ์ |
| 10 | 125 | 90 | 150 | 121 |
| 20 | 80 | 60 | 90 | 76 |
| 30 | 50 | 40 | 55 | 48 |

จากตารางที่ตารางที่ 2 เวลาที่หล่อเย็นของพลาสติกเวลาประมาณ 30 นาทีจะทำให้ค่า Tg ของ LLDPE พลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์น่าจะคงรูปแล้วอย่างสมบูรณ์เมื่อเปิดแม่พิมพ์เรือพลาสติกไวเกินไปน่าจะมีความเสียหายเนื่องจากการบิดเบี้ยวเนื่องจากแรงกระทำจากภายนอกน้อยที่สุด สรุปได้ว่า ควรเปิดแม่พิมพ์ที่ใช้การหล่อเย็นด้วยลม(จากพัดลม)ในการทดลองนี้ที่เวลา 30 นาที

**4.6 ปัญหาที่พบในการขึ้นรูปเรือพลาสติก**

**1.เรือลำแรกที่ขึ้นรูป** (รูปที่ 4.3)



รูปที่ 4.3 เรือลำแรก

**ปัญหาที่พบในการขึ้นรูปของเรือลำแรก**

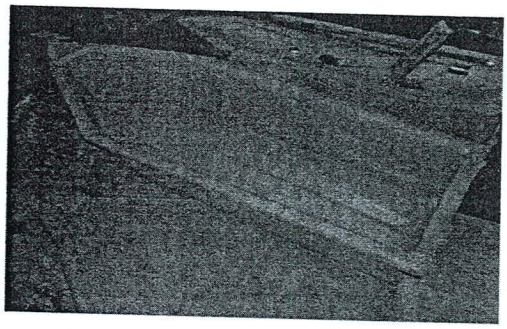
เวลาในการขึ้นรูปไม่พอส่งผลทำให้อุณหภูมิในการขึ้นรูปเรือไม่พอทำให้พลาสติกหลอมไม่สม่ำเสมอในบางส่วน

**วิธีแก้ปัญหา**

1.เพิ่มเวลาในกาขึ้นรูป

2.เมื่อมีพลาสติกไม่หลอมเหลวบางจุดก็ใช้ไม้เผาหัวแก็สในการช่วยเผาในส่วนที่ไม่หลอมเหลว

**2.เรือลำที่2ที่ขึ้นรูป** (รูปที่ 4.4)



รูปที่ 4.4เรือลำที่ 2

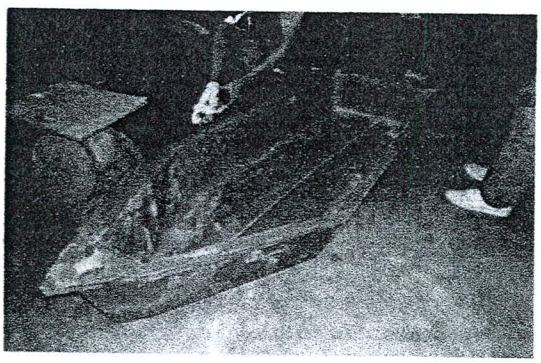
**ปัญหาที่พบในการขึ้นรูปของเรือลำ2**

เวลาในการหล่อเย็นน้อยเกินไปทำให้พลาสติกยังไม่เย็นตัว

**วิธีแก้ปัญหา**

เพิ่มเวลาหล่อเย็นให้นานกว่าเดิม

**3. เรือลำที่3ที่ขึ้นรูป** (รูปที่ 4.5)



รูปที่ 4.5 เรือลำที่ 3

จากการที่พบปัญหาจากลำที่1และลำที่2ได้นำมาขึ้นรูปลำที่3ชิ้นงานออกมาอย่างสมบูรณ์แบบเป็นที่ หน้าพอเป็นอย่างยิ่งโดยใช่เวลาในการรูป(Heat)เป็นเวลา 45 นาทีและเวลาในการหล่อเย็นเวลา30นาที

**4.7 ความสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้**

ใช้เชื้อเพลิง LPGในการขึ้นรูปจำนวน 2 ถังถังน้ำหนัก 48 กิโลกรัมจะขึ้นรูปเรือขนาดเล็กได้ 6 ลำต่อแก๊ส2 ถัง ค่าแก๊สถังละ 910 บาทต่อถังรวมแล้วเป็นเงินจำนวน1820 บาท ผงพลาสติกที่ใช้ในการขึ้นรูปเรือ 1 ลำใช้23 กิโลกรัมกิโลกรัมละ55 บาท สรุปได้ว่า เรือ 1 ลำจะเสียค่าใช้จ่ายประมาณ 1565 บาทต่อลำ