# บทที่ 4
# ผลการดำเนินงานวิจัย

## 4.1 ออกแบบระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศของเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์

### 4.1.1 ออกแบบและติดตั้งชุดติดตั้งแบบหล่อเข้ากับโครงขาตั้งเตาหลอมโลหะ (ภาคผนวก ก. รูปที่ ก.1 และ ก.2)

การออกแบบโครงขาตั้งเตาหลอมโลหะ (รูปที่ ก.3 และ ก.4) เพื่อรองรับเตาหลอมโลหะ และติดตั้งกระบอกสูบที่มีระยะชัก 300 มิลลิเมตร ใช้ในการยกชุดติดตั้งแบบหล่อขึ้น

การออกแบบชุดติดตั้งแบบหล่อ (รูปที่ ก.7 และ ก.8) ให้สามารถเลื่อนออกมาด้านหน้าได้เพื่อให้สะดวกในการวางแบบหล่อ และ ที่ยึดตำแหน่งแบบหล่อมีลักษณะเป็นวงกลม 2 วง เพื่อยึดแบบหล่อที่เป็นทรงกระบอก และกันน้ำโลหะที่อาจล้นไหลไปโดนซีล อีกทั้งยังต้องมีรูปทรงสอดคล้องกับ Chamber

ข้อจำกัดของชุดติดตั้งแบบหล่อ

- รองรับแบบหล่อขนาดเส้นผ่านศูนย์ใหญ่สุด 300 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กสุด 100 มิลลิเมตร
- ความสูงของแบบหล่อไม่เกิน 250 มิลลิเมตร
- น้ำหนักของแบบหล่อไม่เกิน 50 กิโลกรัม

### 4.1.2 ออกแบบระบบนิวแมติกส์

กระบอกสูบตัวที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (ภาคผนวก ข เรื่องระบบนิวแมติกส์) ทำหน้าที่เลื่อนเทอร์โมคัปเปิลลงไปวัดอุณหภูมิของน้ำโลหะ

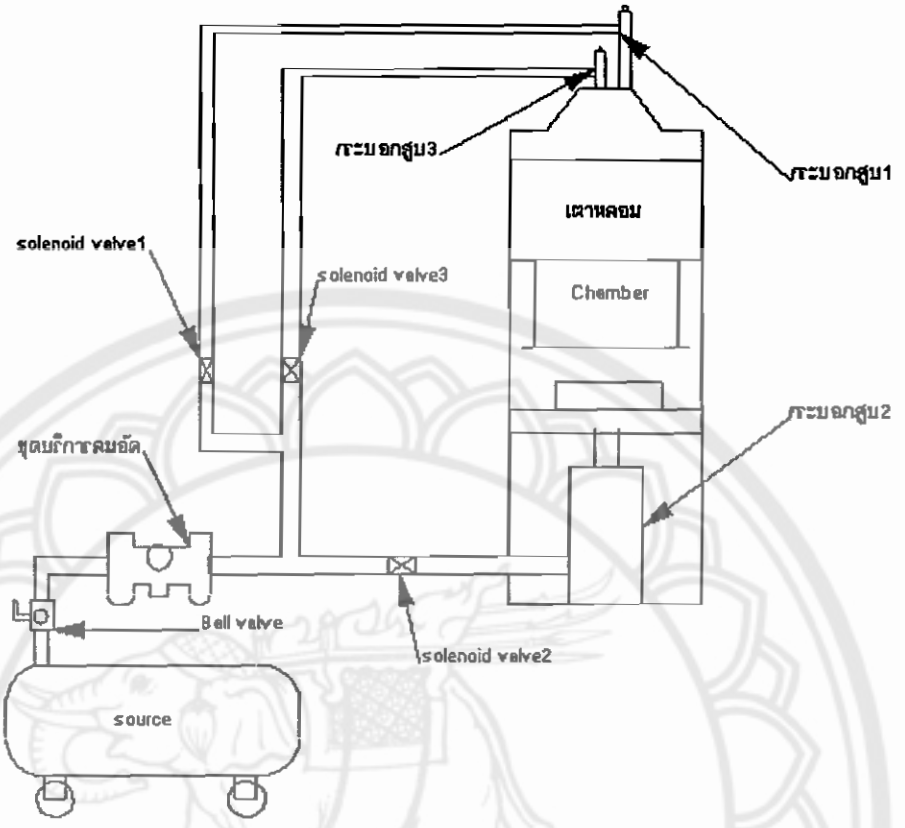
กระบอกสูบตัวที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (ภาคผนวก ข เรื่องระบบนิวแมติกส์) ทำหน้าที่ยกชุดติดตั้งแบบหล่อขึ้น

กระบอกสูบตัวที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (ภาคผนวก ข เรื่องระบบนิวแมติกส์) ทำหน้าที่ยกปลั๊กอุดขึ้นเพื่อทำการปล่อยน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อจากก้นเบ้าหลอม

**โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 1 เพื่อจ่ายลมเข้าให้กับกระบอกสูบตัวที่ 1**

**โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 2 เพื่อจ่ายลมเข้าให้กับกระบอกสูบตัวที่ 2**

**โซลินอยด์วาล์วตัวที่ 3 เพื่อจ่ายลมเข้าให้กับกระบอกสูบตัวที่ 3**




**รูปที่** 4.1 แผนผังระบบนิวแมติกส์

จากรูปที่ 4.1 Source เป็นแหล่งจ่ายลมของอาคารปฏิบัติการ ภาควิชาวิศวก**รรม**อุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

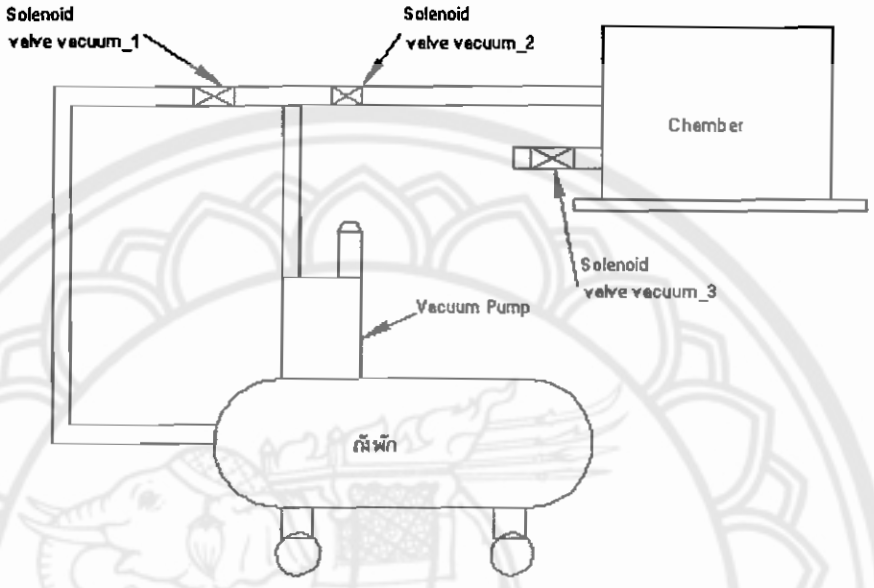
4.1.3 **ออกแบบระบบสุญญากาศ**

Chamber (**รูปที่** ก.5 และ ก.6) กำหนดให้มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 350 มิลลิเมตร **ใช้**เหล็กแผ่นหนา 2 มิลลิเมตร (ภาคผนวก ข เรื่องระบบสุญญากาศ) ออกแบบให้มีลักษณะเป็นทรงกระบอก เพื่อรับแรงดันในระบบสุญญากาศ และมีหน้าแปลนไว้สำหรับกดซีลที่ติดไว้กับชุดติดตั้งแบบหล่อ

Solenoid valve Vacuum_1 **ทำหน้าที่เปิดช่องลมให้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศภายในถังพัก**

Solenoid valve Vacuum_2 **ทำหน้าที่เปิดช่องลมให้ปั๊มสุญญากาศและถังพักดูดอากาศภายใน** Chamber

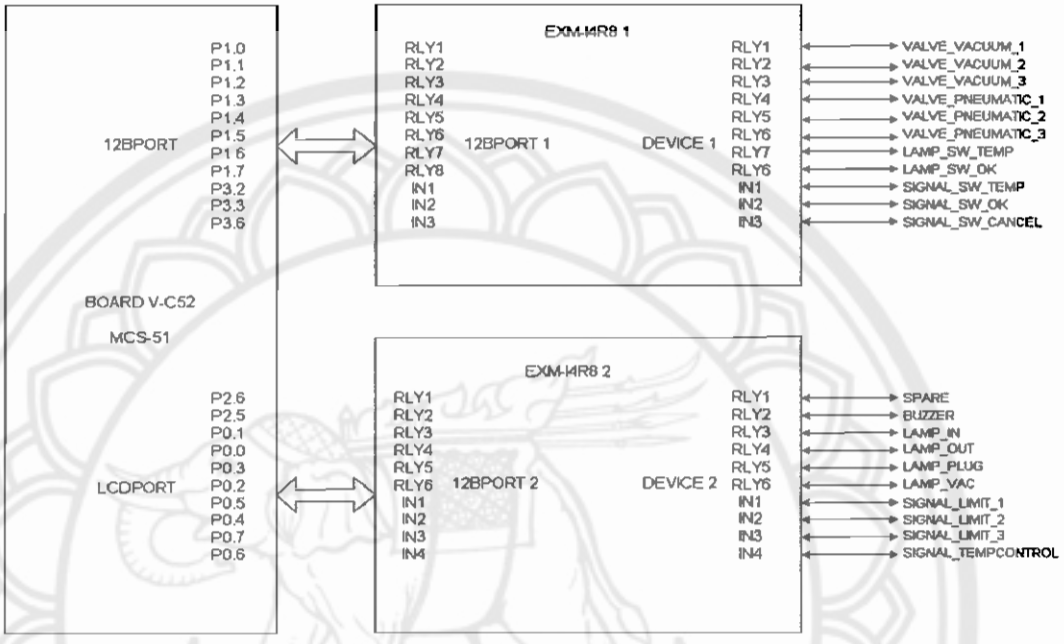
Solenoid valve Vacuum_3 ทำหน้าที่เปิดช่องลมให้อากาศจากภายนอกเข้า Chamber




**รูปที่** 4.2 แผนผังระบบสุญญากาศ

### 4.1.4 ออกแบบ Input/Output สำหรับ MCS-51

กำหนด Input / Output Port เพื่อให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและต่อวงจรไฟฟ้า (ภาคผนวก ง)




รูปที่ 4.3 แผนผัง Input/Output Port

## 4.2 จัดสร้างระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศของเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์

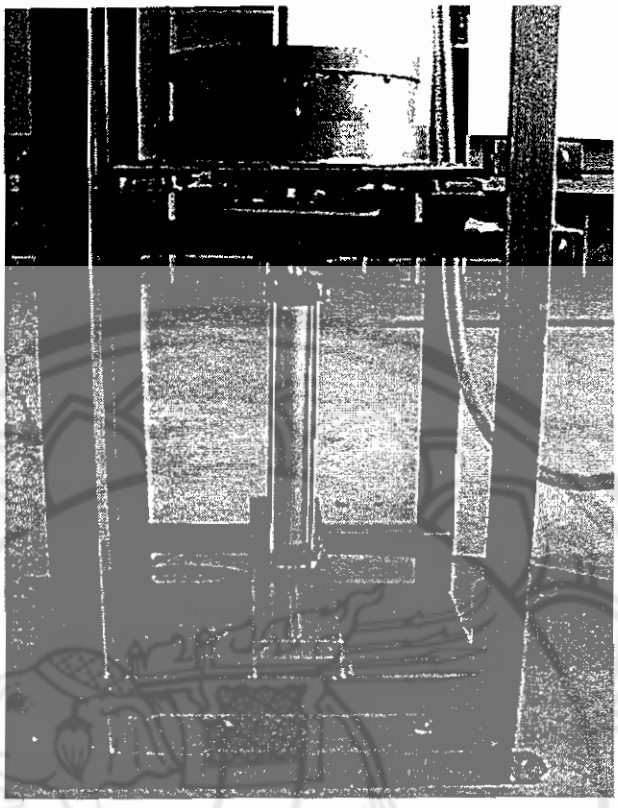
### 4.2.1 สร้างระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศ

ใช้กระบอกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ระยะชัก 150 มิลลิเมตร ติดตั้งเข้ากับฝาเตาเพื่อทำการยึดเทอร์โมคัปเปิล

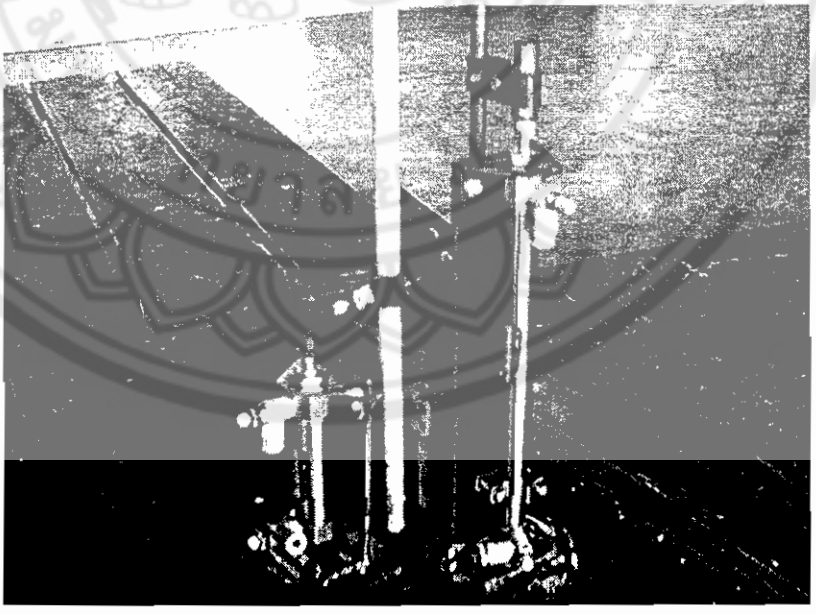
ใช้กระบอกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 18 มิลลิเมตร ระยะชัก 50 มิลลิเมตร ติดตั้งเข้ากับฝาเตาเพื่อทำการยึดปลั๊กอุด

ใช้กระบอกสูบที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร ระยะชัก 300 มิลลิเมตร ติดตั้งเข้ากับโครงขาตั้งเตาหลอมเพื่อใช้ยกชุดติดตั้งแบบหล่อขึ้น

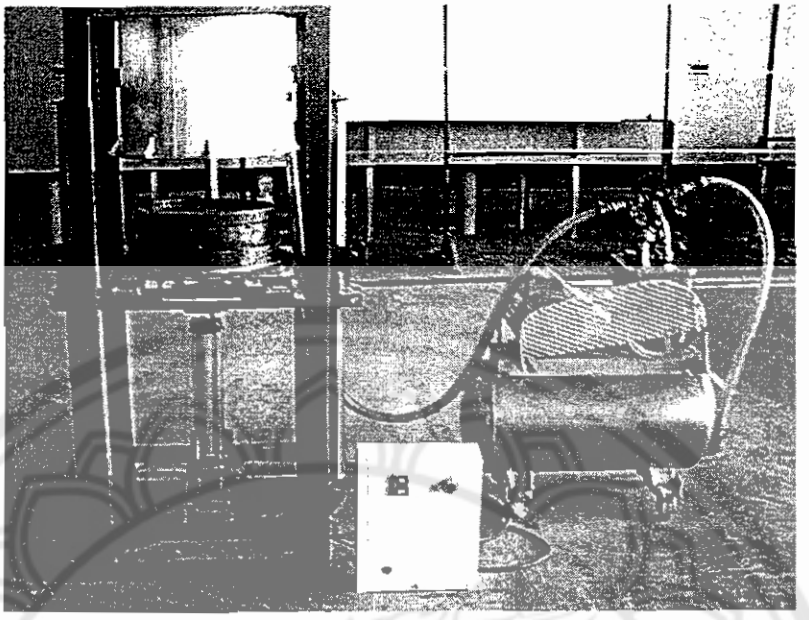
จากภาคผนวก ข ขนาดเส้นผ่านศูนย์ของกระบอกสูบที่คำนวณได้นั้นเป็นขนาดที่เล็กที่สุดที่ยอมรับได้ในการใช้งานและไม่สามารถหาซื้อได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ขนาดดังกล่าว



รูปที่ 4.4 การติดตั้งกระบอกสูบเข้ากับชุดติดตั้งแบบหล่อ

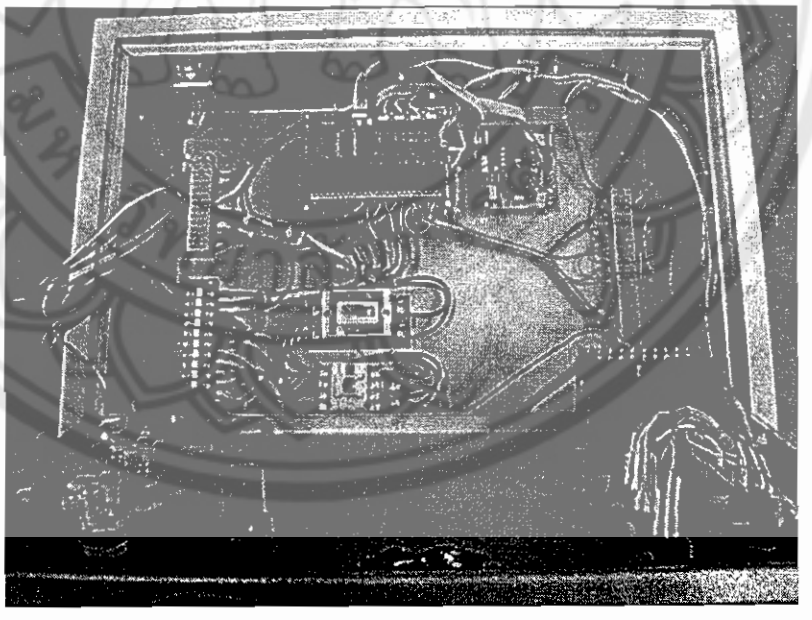


รูปที่ 4.5 การติดตั้งกระบอกสูบของเทอร์โมคัปเปิลและปลั๊กอุดที่ฝาเตา



รูปที่ 4.6 การติดตั้งระบบสุญญากาศ

4.2.2 สร้างระบบควบคุมการทำงาน



**รูปที่** 4.7 ตู้ควบคุมระบบการทำงาน

4.3 Flow Chart **การทำงานของเครื่อง**

**ขั้นตอนการทำงานของเครื่อง (ภาคผนวก ค)**

4.4 **การเขียนโปรแกรมลงในไมโครคอนโทรลเลอร์**

**ใช้** Input / Output Port **ตามที่ได้ออกแบบไว้ในหัวข้อ** 4.1.4 **และทำการเขียนโปรแกรมลง** ไมโครคอนโทรลเลอร์ตามภาคผนวก ง

4.5 **ขั้นตอนการทดสอบระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศของเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์**

1. ให้เสียบปลั๊ก สับเบรกเกอร์ตู้ control ไปที่ ON ตรวจสอบระบบลม ระบบสุญญากาศ ให้อยู่ในลักษณะพร้อมที่ใช้งาน และตั้งอุณหภูมิที่จะเทน้ำโลหะไว้

2. หลอมโลหะในเตาหลอมโลหะสำหรับงานหล่อแบบอินเวสเมนต์

3. ในระหว่างที่หลอมโลหะต้องค่อยๆเพิ่มอุณหภูมิหลอม โดยจะเพิ่มทีละ 50°C โดยมีระยะห่างกันทุก 20 นาทีจนใกล้ถึงอุณหภูมิเทน้ำโลหะ

4. กดปุ่ม Start เพื่อให้ระบบควบคุมกึ่งอัตโนมัติเริ่มทำงานตามโปรแกรมที่เขียนไว้

5. กดปุ่ม SW-Temp เพื่อวัดอุณหภูมิน้ำโลหะ พร้อมทั้งเปิด Vacuum Pump (กด switch ON)

6. เมื่ออุณหภูมิน้ำโลหะถึงอุณหภูมิเทที่ตั้งไว้จะได้ยินเสียงสัญญาณและสัญญาณไฟเตือนที่ SW_OK

7. หยิบแบบหล่อที่ผ่านการเผาไล่ความชื้นแล้ว นำมาวางบนชุดติดตั้งแบบหล่อ

8. ดันชุดติดตั้งแบบหล่อเข้าไปชน limit switch ตัวที่ 1 จนมีสัญญาณไฟเตือนที่ SW_OK

9. กดปุ่ม SW_OK เพื่อเลื่อนชุดติดตั้งแบบหล่อขึ้น

10. เมื่อชุดติดตั้งแบบหล่อเลื่อนขึ้นชน limit switch ตัวที่ 2 จะมีสัญญาณไฟเตือนที่ SW_OK

11. กดปุ่ม SW_OK เพื่อเปิดระบบสุญญากาศและเทน้ำโลหะ

12. เมื่อทำการเทน้ำโลหะเสร็จสิ้น ชุดติดตั้งแบบหล่อจะเลื่อนลงชน limit switch ตัวที่ 3 จะมีเสียงสัญญาณเตือน ให้ดึงชุดติดตั้งแบบหล่อออก

13. จะมีสัญญาณเตือนที่ SW_OK กด SW_OK เพื่อเริ่มกระบวนการทำงานใหม่

14. ทิ้งแบบหล่อไว้ให้เย็น แล้วแกะชิ้นงานออกมาวัดระยะทางการไหลของน้ำโลหะเพื่อบันทึกผลการทดลองในตารางที่ 4.1

15. ทำการทดสอบซ้ำอีกครั้ง โดยทำการเปรียบเทียบระยะทางการไหลของน้ำโลหะระหว่างการเปิดระบบสุญญากาศกับการปิดระบบสุญญากาศ

16. เมื่อเสร็จสิ้นการทำงานให้กดปุ่ม STOP และปิดเบรกเกอร์

## 4.6 ผลการทดสอบ

การทดสอบระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศสามารถทำได้โดย เปิดเครื่องเพื่อตรวจสอบการเคลื่อนที่ของกระบอกสูบ ผลที่ได้คือกระบอกสูบสามารถทำงานได้ตามที่โปรแกรมไว้ โดยใช้แรงดันลมที่ 5 บาร์ และระบบสุญญากาศทำให้เกิดความดันแตกต่างระหว่างบรรยากาศภายนอกกับภายใน chamber ซึ่งผลที่ได้จะออกมาในรูปของชิ้นงานโดยทำการหล่อเพื่อเปรียบเทียบระยะทางการไหลของน้ำโลหะระหว่างการเปิดระบบสุญญากาศกับการปิดระบบสุญญากาศ ผลที่ได้ดังตารางที่ 4.1

กำหนดค่าตัวแปร

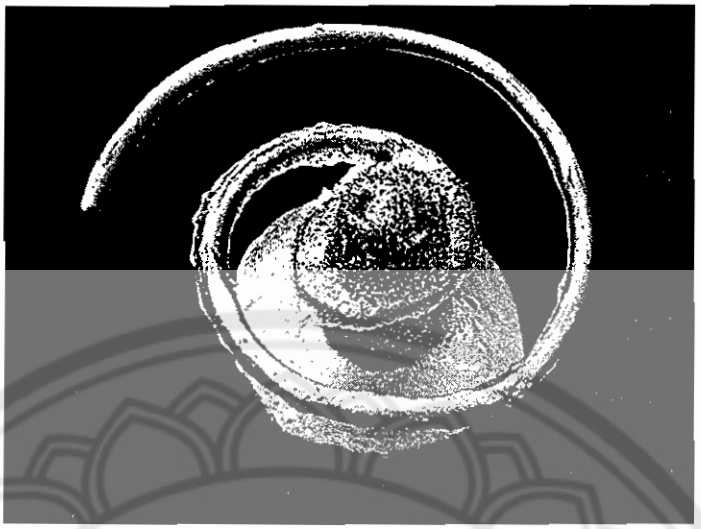
- อลูมิเนียม 300 กรัม
- ตั้งค่าอุณหภูมิเท 810 °C
- ใช้แบบหล่อทรายรูปก้นหอย

โดยมีระยะทางการไหลทั้งหมด 1400 mm

**ตารางที่** 4.1 ผลการทดสอบความสามารถการไหลของน้ำโลหะ

| สถานะการทำงาน | ระยะทางการไหล (mm) |
|---|---|
| ปิดระบบสุญญากาศ | 570 |
| เปิดระบบสุญญากาศ | 665 |

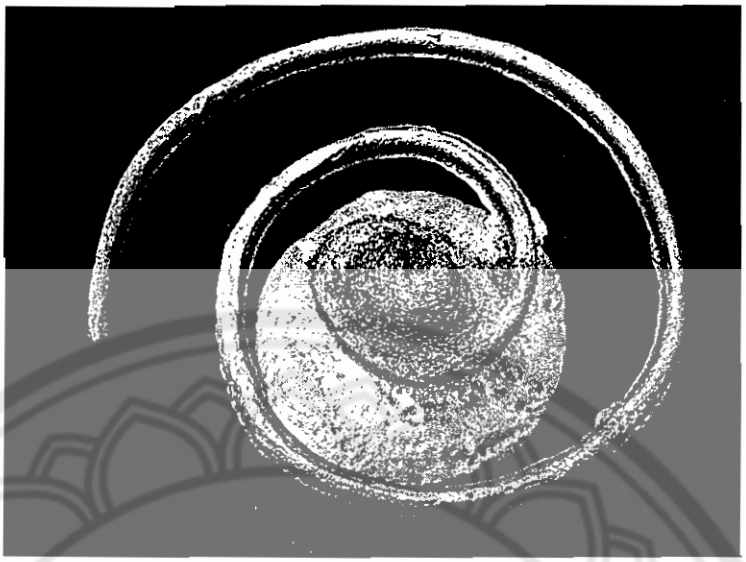
ชิ้นงานที่ได้จากการปล่อยน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อโดยปิดระบบสุญญากาศทำให้ได้ชิ้นงานที่มีระยะทางการไหลของน้ำโลหะ 570 มิลลิเมตร ชิ้นงานมีน้ำหนัก 286 กรัม อีกทั้งยังคงเหลือน้ำโลหะและฟิล์มออกไซด์ค้างอยู่ภายในเบ้าหลอมโลหะมีน้ำหนัก 14 กรัม ดังรูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.9 ตามลำดับ



**รูปที่** 4.8 ชิ้นงานที่ปิดระบบสุญญากาศในการปล่อยน้ำโลหะ

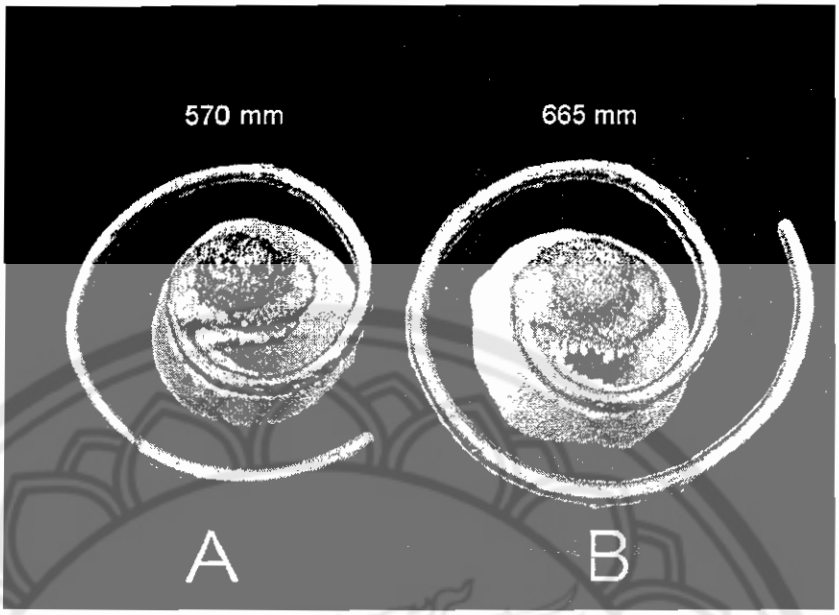
**รูปที่** 4.9 น้ำโลหะและฟิล์มออกไซด์ที่ค้างอยู่ที่เบ้าหลอมโลหะโดยปิดระบบสุญญากาศ

**ชิ้นงานที่ได้จากการปล่อยน้ำโลหะลงสู่แบบหล่อโดยเปิดระบบสุญญากาศทำให้ได้ชิ้นงานที่มีระยะทางการไหลของน้ำโลหะ 665 มิลลิเมตร ชิ้นงานมีน้ำหนัก 292 กรัม อีกทั้งยังคงเหลือน้ำโลหะและฟิล์มออกไซด์ค้างอยู่ภายในเบ้าหลอมโลหะมีน้ำหนัก 8 กรัม ดังรูปที่ 4.10 และรูปที่ 4.11 ตามลำดับ**



รูปที่ 4.10 ชิ้นงานที่เปิดระบบสุญญากาศในการปล่อยน้ำโลหะ

รูปที่ 4.11 น้ำโลหะและฟิล์มออกไซด์ที่ค้างอยู่ที่เบ้าหลอมโลหะโดยเปิดระบบสุญญากาศ




**รูปที่** 4.12 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางของชิ้นงานชิ้นงาน Aปิดระบบสุญญากาศ**ใน**การปล่อยน้ำโลหะ B เปิดระบบสุญญากาศในการปล่อยน้ำโลหะ

จากรูปที่ 4.12 ชิ้นงานที่ได้จากการปล่อยน้ำโลหะโดยปิดระบบสุญญากาศได้ชิ้นงานที่มีระยะทางการไหลของน้ำโลหะ 570 มิลลิเมตร และเมื่อเปิดระบบสุญญากาศในขณะปล่อยน้ำโลหะชิ้นงานที่ได้มีระยะทางการไหล 665 มิลลิเมตร

## 4.7 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

ในการหล่อชิ้นงานทุกครั้งจะต้องอาศัยการทำงานของระบบนิวแมติกส์และระบบสุญญากาศเข้ามาช่วยซึ่งถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ ระบบนิวแมติกส์ช่วยให้การทำงานง่ายขึ้น **โดย**เริ่มตั้งแต่การใช้กระบอกสูบยึดติดกับเทอร์โมคัปเปิลจุ่มวัดอุณหภูมิของน้ำโลหะ , กระบอกสูบ**ยก**แบบหล่อและกระบอกสูบดึงปลั๊กอุดขึ้น เพื่อให้น้ำโลหะไหลออกทางก้นเบ้าจะได้สัมผัสกับบรรยากาศภายนอกน้อยกว่าการหลอมในเตาแล้วยกเบ้าออกมาเทข้างนอก ซึ่งกระบวนการ**ทั้งหมดนี้จะส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานทั้งสิ้น**

**ระบบสุญญากาศเข้ามาช่วยในขณะทำการเทน้ำโลหะเข้าสู่แบบหล่อ เมื่อทำการเปรียบเทียบกรเทแบบไม่ใช้ระบบสุญญากาศกับการเทแบบใช้ระบบสุญญากาศพบว่าระยะทางการไหลของน้ำโลหะนั้นไปได้ไกลขึ้น 7% จากเดิม 570 mm เป็น 665 mm ที่อุณหภูมิเทเดียวกัน คือ 810 °C**