# สารบัญ


| | หน้า |
|---|---|
| **ใบรับรองโครงงาน** | ก |
| **บทคัดย่อ** | ข |
| Abstract | ค |
| **กิตติกรรมประกาศ** | ง |
| สารบัญ | จ |
| สารบัญรูปภาพ | ช |
| สารบัญตาราง | ฌ |
| สัญลักษณ์ | ญ |
| บทที่ 1 บทนำ | |
| 1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงาน | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของโครงงาน | 2 |
| 1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงงาน | 3 |
| 1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| 1.6 งบประมาณ | 3 |
| 1.7 แผนการดำเนินโครงงาน | 4 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและวิธีการทดลอง | |
| 2.1 ความหมายและการไหลของเจ็ทที่ตกกระทบลงบนแผ่นเป้าหมาย | 5 |
| 2.2 วิธีดำเนินการทดลอง | 6 |
| 2.2.1 การศึกษาการไหลของเจ็ทของอากาศ | 6 |
| ก) สมการที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการไหล | 6 |
| ข) การสร้างโดเมนการคำนวณ | 7 |
| ค) พารามิเตอร์และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง | 8 |
| 2.2.2 การศึกษาการถ่ายเทความร้อนของอากาศ | 8 |
| ก) สมการเกี่ยวข้องกับปัญหาการถ่ายเทความร้อน | 9 |
| ข) การสร้างโดเมนการคำนวณ | 9 |
| ค) พารามิเตอร์และตัวแปรที่เกี่ยวข้อง | 10 |

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง

3.1 การเปรียบเทียบผลการคำนวณจากโปรแกรม COMSOL กับผลการทดลองจากเอกสารอ้างอิง (Program validation) 11

3.2 ผลกระทบของค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds number) 13

3.3 ผลกระทบของค่าระยะห่างระหว่างทางออกหัวฉีดถึงแผ่นเป้าหมาย (jet-to-plate spacing) 17

3.4 การสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง Average Nusselt number กับ Reynolds number 21

บทที่ 4 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

4.1 สรุปผลการทดลอง 26

4.2 ข้อเสนอแนะ 26

เอกสารอ้างอิง 27

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางคุณสมบัติของอากาศ 28

ภาคผนวก ข ตารางผลการทดลองของค่า Re 30

ภาคผนวก ค ตารางผลการทดลองของค่า $H/D_j$ 37

ประวัติผู้ทำโครงงาน 44

# สารบัญรูปภาพ

หน้า


รูปที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของการไหลของเจ็ทที่ตกกระทบลงบนแผ่นเป้าหมาย 5

รูปที่ 2.2 โดเมนการคำนวณสำหรับการไหลของเจ็ทที่ตกกระทบลงบนแผ่นเรียบ 7

รูปที่ 2.3 ลักษณะของการแบ่งกริด (Grid) แบบสามเหลี่ยมไร้ระเบียบกระจายทั่วโดเมน 8

รูปที่ 2.4 โดเมนการคำนวณสำหรับการถ่ายเทความร้อนของเจ็ทที่ตกกระทบลงบนแผ่นเรียบ 10

รูปที่ 3.1 การเปรียบเทียบผลของความเร็วเจ็ทตามแกนสมมาตรกับผลการทดลอง
ของ Baydar [4] ที่ Re = 1000 และ $H/D_j = 2$ 12

รูปที่ 3.2 การเปรียบเทียบผลของการถ่ายเทความร้อนเฉพาะที่ กับผลการทดลอง
ของ Glynn และคณะ[5] ที่ Re = 1000 และ $H/D_j = 2$ 12

รูปที่ 3.3 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
Re = 400-1500 และ $H/D_j = 2$ 14

รูปที่ 3.4 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)
Re = 400-1500 และ $H/D_j = 2$ 14

รูปที่ 3.5 ลักษณะสนามการไหลที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 2$ 15

รูปที่ 3.6 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$
ที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 2$ 16

รูปที่ 3.7 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1000 18

รูปที่ 3.8 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1000 18

รูปที่ 3.9 ลักษณะสนามการไหลที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1000 19

รูปที่ 3.10 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1000 20

รูปที่ 4.1 การแสดงความสัมพันธ์และสมการของ $\overline{Nu}$ กับ Re
โดยที่ (a) $H/D_j = 2$ ,(b) $H/D_j = 4$ และ (c) $H/D_j = 6$ 24

รูปที่ ข.1 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
Re = 400-1500 และ $H/D_j = 4$ 31

# สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า


**รูปที่ ข.2 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)**
**Re = 400-1500 ที่ $H/D_j = 4$** 31

**รูปที่ ข.3 ลักษณะสนามการไหลที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 4$** 32

รูปที่ ข.4 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$
ที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 4$ 33

รูปที่ ข.5 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
Re = 400-1500 และ $H/D_j = 6$ 34

รูปที่ ข.6 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)
Re = 400-1500 ที่ $H/D_j = 6$ 34

รูปที่ ข.7 ลักษณะสนามการไหลที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 6$ 35

รูปที่ ข.8 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$
ที่ Re = 400 - 1500 และ $H/D_j = 6$ 36

รูปที่ ค.1 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 400 38

รูปที่ ค.2 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 400 38

รูปที่ ค.3 ลักษณะสนามการไหลที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 400 39

รูปที่ ค.4 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 400 40

รูปที่ ค.5 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local nusselt number)
ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1500 41

รูปที่ ค.6 การเปรียบเทียบค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average nusselt number)
ที่ $H/D_j$= 2-6 และ Re = 1500 41

รูปที่ ค.7 ลักษณะสนามการไหลที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 1500 42

**รูปที่ ค.8 ความเร็วของเจ็ทตามระยะแกน r ที่ z = 0.001ซึ่งอยู่ในรูปตัวแปรไร้หน่วย $U/U_j$**
**ที่ $H/D_j$ = 2-6 และ Re = 400** 43

# สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1 ค่า $\overline{Nu}$ ที่ Re = 400-1500 และ $H/D_j$ = 2-6 23

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า $m_{av}$ และ $\ln C_{av}$ 26

# สัญลักษณ์

| | | | หน่วย |
|---|---|---|---|
| r | = | ระยะตามแนวแกน r | m |
| z | = | ระยะตามแนวแกน z | m |
| H | = | ความสูงตามแนวแกน z | m |
| $\rho$ | = | ความหนาแน่นของอากาศ | $kg/m^3$ |
| $\mu$ | = | ค่าความหนืด | $N \cdot s/m^2$ |
| $D_j$ | = | ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเจ็ท | m |
| $q''$ | = | ค่าฟลักซ์ความร้อน | $W/m^2$ |
| $h$ | = | สัมประสิทธิ์การพาความร้อน | $W/m^2 \cdot K$ |
| $T_1$ | = | อุณหภูมิที่อากาศทางออกเจ็ท | K |
| $T_2$ | = | อุณหภูมิที่อากาศผิวแผ่นเป้าหมาย | K |
| $k$ | = | ค่าการนำความร้อน | $W/m \cdot K$ |
| $C_p$ | = | ค่าความร้อนจำเพาะ | $kJ/kg \cdot K$ |
| U | = | ความเร็วของอากาศหลังตกกระทบกับแผ่นเป้าหมาย | m/s |
| $U_j$ | = | ความเร็วของอากาศ | m/s |
| Re | = | ค่าตัวเลขเรย์โนลด์ (Reynolds Number) | |
| $Nu$ | = | ค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉพาะที่ (Local Nusselt Number ) | |
| $\overline{Nu}$ | = | ค่าตัวเลขนัสเซิลท์เฉลี่ย (Average Nusselt Number) | |
| $H/D_j$ | = | ค่าระยะระหว่างทางออกหัวฉีดถึงแผ่นเป้าหมาย (jet-to-plate spacing) | |