

## สารบัญ

|                                                      | หน้า |
|------------------------------------------------------|------|
| ใบรับรองโครงการ                                      | ก    |
| บทคัดย่อ                                             | ข    |
| Abstract                                             | ค    |
| กิตติกรรมประกาศ                                      | ง    |
| สารบัญ                                               | จ    |
| สารบัญตาราง                                          | ช    |
| สารบัญรูปภาพ                                         | ซ    |
| ลำดับสัญลักษณ์                                       | ญ    |
| บทที่ 1 บทนำ                                         |      |
| 1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงการ                      | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ                           | 2    |
| 1.3 ขอบข่ายของโครงการ                                | 2    |
| 1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน                              | 3    |
| 1.5 สรุปผลที่คาดว่าจะได้รับ                          | 3    |
| บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี                              |      |
| 2.1 การเก็บความร้อนของก๊าซทิ้งและนำกลับมาใช้ใหม่     | 4    |
| 2.2 การเผาไหม้                                       | 5    |
| 2.3 สมดุลทางเคมี                                     | 10   |
| 2.4 ก๊าซธรรมชาติ                                     | 12   |
| 2.5 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน                        | 13   |
| 2.6 การประหยัดเชื้อเพลิงโดยการทำอากาศให้ร้อนล่วงหน้า | 30   |
| บทที่ 3 การดำเนินโครงการ                             |      |
| 3.1 การสำรวจและรวบรวมข้อมูล                          | 31   |
| 3.2 ขั้นตอนการคำนวณ                                  | 39   |
| 3.3 การเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน                | 50   |
| 3.4 การประหยัดเชื้อเพลิง                             | 53   |

|                                                                                      |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| บทที่ 4 สรุปผลของโครงการ                                                             | 56  |
| ปัญหาและข้อเสนอแนะ                                                                   | 57  |
| เอกสารอ้างอิง                                                                        | 58  |
| <br>ภาคผนวก ก. ตาราง                                                                 |     |
| ตารางที่ ก.1-12 Selected thermodynamic properties of gases comprising C-H-O-N system | 61  |
| ตารางที่ ก.13 Fuel Properties                                                        | 73  |
| ตารางที่ ก.14 Select properties of Air, Nitrogen, and Oxygen                         | 74  |
| ตารางที่ ข.1 อัตราส่วนอากาศมาตรฐานสำหรับเตาอุตสาหกรรม (Industrial furnace)           | 76  |
| <br>ภาคผนวก ข. กราฟ                                                                  |     |
| กราฟที่ ข.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอากาศกับความสูญเสียในก๊าซทิ้ง                | 76  |
| <br>ภาคผนวก ค.                                                                       |     |
| ตัวอย่างการคำนวณ                                                                     | 77  |
| <br>ภาคผนวก ง.                                                                       |     |
| ตัวอย่างตารางบันทึกข้อมูลการใช้เชื้อเพลิง และก้อนอูมิเนียมที่ทำการหลอมในแต่ละวัน     | 80  |
| <br>ภาคผนวก จ. ลำดับสัญลักษณ์                                                        | 113 |
| <br>ประวัติผู้ทำโครงการ                                                              | 115 |

## สารบัญตาราง

|                                                                                                                          | หน้า |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ตารางที่ 2.1 ส่วนประกอบของก๊าซธรรมชาติของ ปตท.                                                                           | 12   |
| ตารางที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างของเหลวใช้งานกับอุณหภูมิ                                                                 | 28   |
| ตารางที่ 2.3 การเปรียบเทียบเชิงปริมาณของสมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน<br>แบบต่างๆ สำหรับกรณีของก๊าซร้อนและก๊าซเย็น | 29   |
| ตารางที่ 3.1 ข้อมูลปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในแต่ละวันต่อน้ำหนักของก้อนอลูมิเนียม<br>ที่ทำการหลอม                           | 34   |
| ตารางที่ 3.2 ปริมาณส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ                                                                   | 35   |
| ตารางที่ 3.3 ข้อมูลของก๊าซเสียที่ถูกปล่อยทิ้งของเตา SFM-102 Section AL-DC 3                                              | 38   |
| ตารางที่ 3.4 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลเกี่ยวกับเชื้อเพลิงของช่วง 2 การทำงาน(กลางวัน และกลางคืน)                                 | 41   |
| ตารางที่ 3.5 ข้อมูลสรุปส่วนประกอบของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติ                                                               | 43   |
| ตาราง 3.6 ค่า Adiabatic flame temperature สำหรับการเผาไหม้ที่ความดันคง<br>และ $H_{\text{reac}}$ จากโปรแกรม HP FLAME      | 49   |
| ตารางที่ 3.7 อัตราส่วนอากาศมาตรฐานของการเก็บคืนความร้อนทั้งสำหรับเตาในอุตสาหกรรม                                         | 50   |

## สารบัญรูปภาพ

|                                                                                           | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| รูปที่ 1.1 เขียนแบบของเตาหลอมอลูมิเนียม SFM-102                                           | 1    |
| รูปที่ 2.1 การเก็บคืนความร้อน                                                             | 4    |
| รูปที่ 2.2 ปฏิกริยาที่มีการไหลลงตัวใช้หาเอนทาลปีของการเผาไหม้                             | 7    |
| รูปที่ 2.3 โครงสร้างพันธะเคมีของ Methane, Ethane และ Propane                              | 13   |
| รูปที่ 2.4 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลขนาน<br>และแบบไหลสวนทาง | 14   |
| รูปที่ 2.5 จำนวนที่ขยการไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน                                    | 16   |
| รูปที่ 2.6 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ                                        | 16   |
| รูปที่ 2.7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบขดท่อ                                              | 17   |
| รูปที่ 2.8 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปิด                                               | 17   |
| รูปที่ 2.9 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อสองชั้น                                         | 18   |
| รูปที่ 2.10 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบคาบปลายป็น                                        | 19   |
| รูปที่ 2.11 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อหมุนวน                                         | 20   |
| รูปที่ 2.12 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ                            | 21   |
| รูปที่ 2.13 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น                                              | 23   |
| รูปที่ 2.14 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบปลอกหุ้ม                                          | 24   |
| รูปที่ 2.15 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบหอยโข่ง                                           | 25   |
| รูปที่ 2.16 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบบดล็อก                                            | 26   |
| รูปที่ 2.17 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบกะทัดรัด                                          | 26   |
| รูปที่ 2.18 ลักษณะการทำงานของฮีทไปป์                                                      | 27   |
| รูปที่ 2.19 โครงสร้างของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบฮีทไปป์                               | 28   |
| รูปที่ 2.20 (ก) ลักษณะการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนทั่วๆ ไป                        | 30   |
| รูปที่ 2.20 (ข) ลักษณะการทำงานของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนชนิด Air to Air                 | 30   |
| รูปที่ 3.1 จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิของอากาศที่เข้าห้องเผาไหม้                               | 32   |
| รูปที่ 3.2 การวาง Blower, ท่ออากาศ และท่อเชื้อเพลิง                                       | 32   |
| รูปที่ 3.3 บริเวณที่ติดตั้ง Flow meter บนท่อก๊าซ                                          | 33   |
| รูปที่ 3.4 จุดที่ทำการวัดอุณหภูมิ และอัตราการไหลของก๊าซเสีย                               | 38   |