

การทดสอบการหาค่าประสิทธิภาพของเตาอบไฟฟ้า

ศึกษาวิธีการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของเตาอบไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นวิธีการในการทดสอบหาค่าประสิทธิภาพของเตาอบไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

เตาอบไฟฟ้าเป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับให้ความร้อนในการอบอาหาร โดยวิธีการให้ความร้อนประกอบด้วย การพาความร้อนและการแผ่รังสีความร้อน ดังนั้นหลักในการหาค่าประสิทธิภาพพลังงานของเตาอบไฟฟ้าจะเป็นการหาอัตราส่วนระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการที่จะทำให้ก้อนทดสอบ (Test block) อุณหภูมิสูงขึ้นจากอุณหภูมิหนึ่งไปสู่อีกอุณหภูมิหนึ่งต่อหน่วยพลังงานไฟฟ้าป้อนเข้า โดยอ้างอิงตามมาตรฐาน Federal register, 10 CFR Part 430, Department of Energy, USA ซึ่งสามารถหาค่าประสิทธิภาพพลังงานของเตาอบไฟฟ้าได้ดังสมการที่ 1

$$\eta = \frac{W_1 \times C_p \times T_s}{E_o \times K_e} \times 100$$

สมการที่ 1

เมื่อ

W_1 : น้ำหนักอะลูมิเนียมอัลลอยเริ่มต้น	kg
C_p : ความจุความร้อนจำเพาะของวัตถุทดสอบ	0.96 kJ/kg.K
T_s : อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นของวัตถุทดสอบ	130 °C
E_o : การใช้พลังงานไฟฟ้า	W-h
K_e : ตัวคูณเพื่อเปลี่ยนหน่วยจาก W-h ไปเป็น	Btu 3.6 kJ/W-h
η : ค่าประสิทธิภาพของเตาอบไฟฟ้า	ร้อยละ

การเตรียมก้อนทดสอบ

ให้ใช้ก้อนทดสอบ (Test block) ที่ทำจากอะลูมิเนียมอัลลอย (Aluminum alloy) โดยมีขนาดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ก้อนทดสอบ	ขนาดใหญ่	ขนาดเล็ก
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง	158.8 ± 1.3 mm	158.8 ± 1.3 mm
ความสูง	71.0 mm	35.5 mm
น้ำหนัก	3.86 ± 0.05 kg	1.93 ± 0.05 kg
เส้นผ่านศูนย์กลางของรูด้านบน	2.03 mm	2.03 mm
ความลึกของรู	20.3 mm	17.75 mm

หมายเหตุ :

1. ผิวนอกเป็น Anodic black coating มีความหนาไม่น้อยกว่า 0.025 mm

2. บริเวณผิวล่างของก้อนทดสอบ (Test block) ต้องเรียบโดยมีความหยาบต่างกันไม่เกิน 0.051 mm
3. ก้อนทดสอบ (Test block) ที่ทำจากอะลูมิเนียมอัลลอย (Aluminum alloy No. 6061) จะต้องมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

ความจุความร้อนจำเพาะ	0.96 kJ/kg.K
Coefficient of thermal conductivity	154.8 –171.5 W/m. °C

ในการคำนวณค่าประสิทธิภาพจะต้องใช้ข้อมูลจริงของก้อนทดสอบ (Test block) ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการทดสอบ

ประเภท	ก้อนทดสอบ
ประเภทไม่มีระบบปรับตั้งอุณหภูมิขนาดต่ำกว่า ๑๒ ลิตร	ขนาดเล็ก
ประเภทไม่มีระบบปรับตั้งอุณหภูมิขนาดตั้งแต่ ๑๒ ลิตรขึ้นไป	ขนาดใหญ่
ประเภทมีระบบปรับตั้งอุณหภูมิขนาดต่ำกว่า ๓๕ ลิตร	ขนาดใหญ่
ประเภทมีระบบปรับตั้งอุณหภูมิขนาดตั้งแต่ ๓๕ ลิตรขึ้นไป	ขนาดใหญ่

เตาอบไฟฟ้ามีระบบการทำงานแบบการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (Forced convection oven using a fan) ถ้าเตาอบสามารถเลือกการทำงานได้สองระบบให้ทำการทดสอบทั้ง 2 ระบบการทำงานแล้วหาค่าเฉลี่ยของ energy consumption (E_o) ดังสมการที่ (2)

$$E_o = \frac{(E_o)_1 + (E_o)_2}{2}$$

สมการที่ 2

เมื่อ

$(E_o)_1$: Test energy consumption using the forced convection mode

$(E_o)_2$: Test energy consumption without using the forced convection mode

ถ้าเตาอบไฟฟ้ามีการทำงานแบบคาบเวลาการตัดต่อของ Thermostat สามารถหาค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าจากสมการที่ (3)

$$E_o = E_{AB} + \left[\left(\frac{T_O - T_{AB}}{T_{CD} - T_{AB}} \right) \times (E_{CD} - E_{AB}) \right]$$

สมการที่ 3

เมื่อ

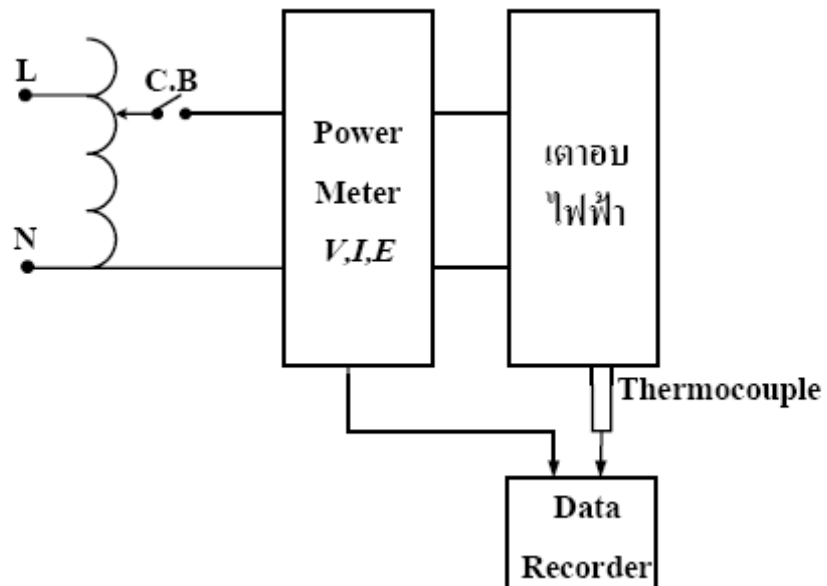
$$E_{AB} = \frac{(E_A + E_B)}{2} \quad , E_{CD} = \frac{(E_C + E_D)}{2}$$
$$T_{AB} = \frac{(T_A + T_B)}{2} \quad , T_{CD} = \frac{(T_C + T_D)}{2}$$

อุปกรณ์การทดสอบ

(1) เต้าอบไฟฟ้า	1	หน่วย
(2) อะลูมิเนียมอัลลอย	1	ก้อน
(3) เทอร์โมคัปเปิ้ล	2	เส้น
(4) เครื่องชั่งน้ำหนัก	1	เครื่อง
(5) Power Meter	1	เครื่อง
(6) Data Recorder	1	เครื่อง
(7) มัลติมิเตอร์	1	หน่วย
(8) Variable Voltage Transformer	1	หน่วย

วงจรการทดสอบ

การต่อวงจรทดสอบมุ่งเน้นการบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องซึ่งจะทำให้สามารถวิเคราะห์ผลการทดสอบได้อย่างชัดเจนดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรทดสอบหาค่าประสิทธิภาพพลังงานของเต้าอบไฟฟ้า

สภาพแวดล้อมในการทดสอบ

- (1) ควบคุมอุณหภูมิห้องตลอดการทดสอบให้มีค่าเท่ากับ $25 \pm 5^{\circ}\text{C}$
ระบบแสดงข้อมูลของเตาอบไฟฟ้า จะต้องมามีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$
ระบบแสดงข้อมูลของก้อนทดสอบ จะต้องมามีค่าผิดพลาดไม่มากกว่า $\pm 1.1^{\circ}\text{C}$
- (2) ควบคุมแรงดันไฟฟ้าป้อนเข้าตลอดการทดสอบให้มีค่าที่ผิดพลาดเครื่องใช้ไฟฟ้า $\pm 2\%$
- (3) อุณหภูมิปกติขณะที่ไม่ใช้งานก่อนการทดสอบ อุณหภูมิทั่วทุกพื้นที่ของทั้งเตาอบ จะต้องมามีอุณหภูมิเบี่ยงเบนไม่เกิน 2.8°C

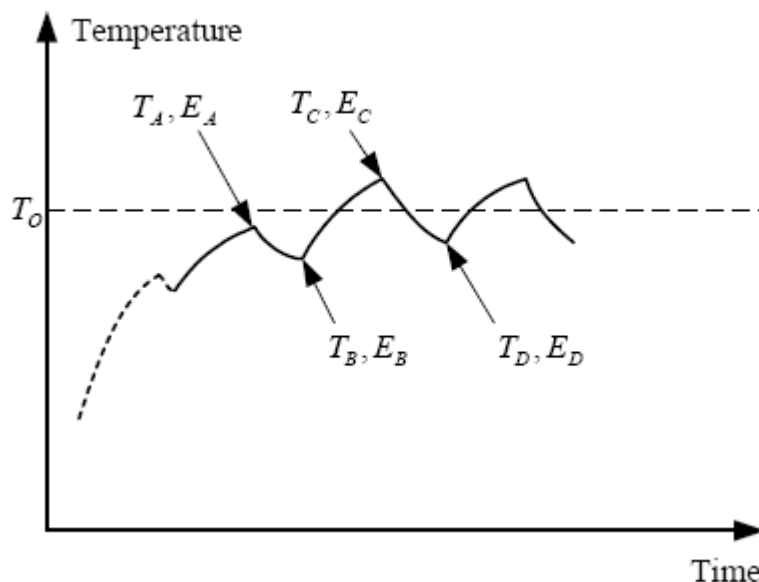
การเตรียมการทดสอบ

- (1) ในกรณีมี Thermostat สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิ
 - (ก) ทำการตั้งค่าของเทอร์โมสแตตของเตาอบไฟฟ้าและทำการวัดอุณหภูมิภายในเตาอบไฟฟ้าโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ลอยู่ที่ตำแหน่งประมาณจุดกึ่งกลางของปริมาตรที่ใช้สอยภายในเตาอบตั้งอุณหภูมิภายในให้สูงกว่าอุณหภูมิห้องอยู่ที่ $180.6 \pm 2.8^{\circ}\text{C}$ ทำได้โดยการวัดค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของการตัดต่อของตัวทำความร้อนทั้งสิ้น 3 ครั้ง
 - (ข) เมื่อ Thermostat ถูกตั้งค่าเรียบร้อยแล้วให้นำ Thermocouple ออกจากเตาอบไฟฟ้า
- (2) ในกรณีไม่มี Thermostat ไม่สามารถปรับตั้งค่าอุณหภูมิให้ทำการบันทึกอุณหภูมิสูงสุดขณะไม่ได้ทดสอบภาวะ

ขั้นตอนการทดสอบ

- (1) นำก้อนทดสอบ (Test block) ที่ทำจากอะลูมิเนียมอัลลอยที่มีอุณหภูมิเริ่มต้นไม่เกิน $\pm 2.2^{\circ}\text{C}$ จากอุณหภูมิห้อง ในกรณีที่ก้อนทดสอบต้องการทำการปรับอุณหภูมิให้อยู่ในย่านอุณหภูมิที่ต้องการ ต้องทิ้งก้อนทดสอบไว้ไม่น้อยกว่า 2 นาที หลังจากการปรับอุณหภูมิ และทำการบันทึกค่าอุณหภูมิเริ่มต้นของก้อนทดสอบ T_1 และทำการชั่งน้ำหนักของก้อนทดสอบก่อนการทดสอบ W_1
- (2) นำก้อนทดสอบ (Test block) วางไว้บริเวณตำแหน่งกึ่งกลางของเตาอบไฟฟ้า (Approximately in the center of the usable baking space)
หมายเหตุ : ในกรณีที่เตาอบไฟฟ้าทำงานแบบไม่มีคาบเวลาตัดต่อ (cycle on and off) ให้ทำตาม
- (3) เปิดการทำงานของเตาอบไฟฟ้าบันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของเตาอบไฟฟ้า E_0 เมื่ออุณหภูมิของก้อนทดสอบถึงระดับ 130°C เหนืออุณหภูมิเริ่มต้นของก้อนทดสอบ T_1 ทำการบันทึกค่าอุณหภูมิของก้อนทดสอบ T_0

- (4) หากเตาอบไฟฟ้ามีระบบการทำงานแบบการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (Forced convection oven using a fan) ถ้าเตาอบสามารถเลือกการทำงานได้ทั้งสองระบบให้ทำการทดสอบทั้ง 2 ระบบการทำงาน บันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า ในขณะที่ทำงานแบบมีการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (E_o)₁ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ทำงานแบบไม่มีการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (E_o)₂ แล้วนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย E_o ตามสมการที่(2)
หมายเหตุ : ในกรณีที่เตาอบไฟฟ้าทำงานแบบมีคาบเวลาตัดต่อ (cycle on and off) ให้ทำข้อ
- (5) ถ้าหากเตาอบไฟฟ้ามีการทำงานแบบมีคาบเวลาการตัดต่อของ Thermostat ดังแสดงตามรูปที่ 1 ช่วงการเก็บข้อมูลต่างๆถูกกำหนดขึ้นตอนดังต่อไปนี้



รูปที่ 2 แสดงช่วงการเก็บข้อมูลที่อุณหภูมิต่างๆของการทำงานแบบมีคาบเวลาการตัดต่อของ Thermostat

- (ก) ให้บันทึกค่าอุณหภูมิสุดท้ายของก่อนทดสอบ T_A และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า E_A เมื่อมีการต่อของเทอร์โมสแตตครั้งสุดท้ายก่อนที่อุณหภูมิของก่อนทดสอบจะถึง T_o
- (ข) บันทึกค่าอุณหภูมิของก่อนทดสอบ T_B และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า E_B เมื่อมีการเริ่มต่อของเทอร์โมสแตตครั้งต่อไป
- (ค) บันทึกค่าอุณหภูมิก่อนทดสอบ T_C และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า E_C เมื่อจุดสิ้นสุดการต่อของเทอร์โมสแตตครั้งนั้น
- (ง) บันทึกค่าอุณหภูมิก่อนทดสอบ T_D และค่าการใช้พลังงานไฟฟ้า E_D เมื่อมีการต่อของเทอร์โมสแตตอีกครั้ง
- (จ) ทำการคำนวณหาค่า Energy consumption ตามสมการที่ (3)

- (6) หากเตาอบไฟฟ้ามีระบบการทำงานแบบการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (Forced convection oven using a fan) ถ้าเตาอบสามารถเลือกการทำงานได้ทั้งสองระบบให้ทำการ ทดสอบทั้ง 2 ระบบการทำงาน บันทึกค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ทำงานแบบ มีการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (E_o)₁ และการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะที่ทำงานแบบไม่ มีการพาความร้อนโดยใช้พัดลม (E_o)₂ แล้วนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย E_o ตามสมการที่ (2)
- (7) ทำการคำนวณหาประสิทธิภาพพลังงานของเตาอบไฟฟ้า (η) จากสมการที่ (1)
- (8) บันทึกผลการทดสอบ

ในกรณีที่เตาอบไฟฟ้าทำงานแบบไม่มีคาบเวลาตัดต่อของ Thermostat

รายการ	ผลการทดสอบ
อุณหภูมิห้อง	°C
แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า	V
Weight of test block (W_1)	kg
Initial block temperature (T_I)	°C
Temperature setting (T_o)	°C
Energy consumption (E_o)	W-h
Efficiency (η)	%

ในกรณีที่เป็น Convectional oven ที่สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งใช้และไม่ใช้ Forced convection ให้บันทึกข้อมูลของการทำงานทั้ง (E_o)₁ และ (E_o)₂ แล้วนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย E_o ตามสมการที่ (2)

ในกรณีที่มีการทำงานแบบมีคาบเวลาการตัดต่อของ Thermostat

รายการ	ผลการทดสอบ
อุณหภูมิห้อง	$^{\circ}\text{C}$
แรงดันไฟฟ้าป้อนเข้า	V
Weight of test block (W_1)	kg
Initial block temperature (T_I)	$^{\circ}\text{C}$
Temperature setting (T_O) (above initial temperature 130°C)	$^{\circ}\text{C}$
T_A	$^{\circ}\text{C}$
T_B	$^{\circ}\text{C}$
T_C	$^{\circ}\text{C}$
T_D	$^{\circ}\text{C}$
E_A	W-h
E_B	W-h
E_C	W-h
E_D	W-h
Energy consumption (E_O)	W-h
Efficiency (η)	%

ในกรณีที่เป็น Convectonal oven ที่สามารถเลือกให้ทำงานได้ทั้งใช้และไม่ใช้ Forced convection ให้บันทึกข้อมูลของการทำงานทั้ง (E_{O1} และ E_{O2}) แล้วนำค่ามาหาค่าเฉลี่ย E_O ตามสมการที่ (2)