

เอกสารอ้างอิง

ส่งเสริมการเกษตร, กรม. ฝ่ายเคหกิจเกษตร และฝ่ายจักรกลการเกษตร "แบบและขั้นตอนการก่อสร้างเตาเคหกรรมกิจ"

สุขสันต์ สุทธิผลไพบูลย์ สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์ "เตาประหยัดระดับหมู่บ้าน"

น้อย พลายภู่ สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย "เตาเคหกรรมกิจและเชื้อเพลิง"

สุวัฒน์ ไทชนะ และไพฑูรย์ เมธีคชเดช "เตาหุงต้มจากเศษวัสดุ" รายงานภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล โครงการเลขที่ ME/2522/8 มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

จุลละพงศ์ จุลละโพธิ์ และ พิเชษฐ์ ลุนทรวรากาศ "ประสิทธิภาพเตาถ่าน" รายงานการวิจัยเสนอต่อที่ประชุมวิชาการ เรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการพัฒนาภาคเหนือ, สหประชาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย

จุลละพงศ์ จุลละโพธิ์ และ เกรียงศักดิ์ กุณทีกาญจน์ "การปรับปรุงประสิทธิภาพของเตาถ่าน" วารสารสงขลานครินทร์ ปีที่ 1 ฉบับที่ 2

โยชิฮิโกะ ทาคามูระ "เทคนิคการประหยัดพลังงาน ภาควิชาความร้อน" สหประชาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

Holman, T.P. "Heat Transfer" 4th ed, McGraw-Hill Kogakusha, Ltd Japan, 1976

Gautum S. Datt. "Reducing Looking Energy Use In Rural India" Report PU/CES 74, November 21, 1978

Volunteer in Technical Assistance (VITA) "TESTING THE EFFICIENCY OF WOOD-BURNING COOKSTOVES" Arlington, Virginia 22209-2079 USA, December 1982.



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างการคำนวณ

1. วิธีการคำนวณ หา E_H , E_S และ E สำหรับเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

1.1 พิสูจน์ข้อสมมุติฐาน

1.1.1 จากสมมุติฐานที่ได้กล่าวไว้ว่า "ที่ขณะใดขณะหนึ่ง อุณหภูมิของน้ำและทุก ๆ จุดของอุณหภูมิของหม้อจะเท่ากัน"

พิสูจน์ สำหรับช่วงที่อุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา

ข้อมูลของการทดลองได้จากตารางที่ ข - 7 สำหรับการทดลองครั้งที่ 18 สำหรับหม้อขนาดใหญ่

| | | | |
|---------------|--------------------------------------|---|--|
| T_{s1} | อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดใหญ่ | = | 98.6 °c |
| T_{s3} | อุณหภูมิที่ผิวของฝาหม้อขนาดใหญ่ | = | 99.2 °c |
| T_{s4} | อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดใหญ่ | = | 98.6 °c |
| T_{s16} | อุณหภูมิของน้ำในหม้อขนาดใหญ่ | = | 100 °c |
| $T_{av, ผิว}$ | อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวของหม้อขนาดใหญ่ | = | $T_{s1} + T_{s3} + T_{s4}$ |
| | | = | $\frac{98.6 + 99.2 + 98.6}{3} = 98.8 °c$ |

จากผลที่ได้ข้างต้น จะเห็นว่า

$$T_{av, ผิว} = T_{s16} = 100 °c$$

∴ สมมุติฐานดังกล่าวข้างต้นจึงใช้ได้

ทูลัจฉน์ สำหรับช่วงที่อุณหภูมิของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

สำหรับหม้อขนาดใหญ่

$$\begin{aligned}
 T_{s1} \text{ อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดใหญ่} &= 98.6 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s3} \text{ อุณหภูมิที่ฝาของหม้อขนาดใหญ่} &= 99.2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s4} \text{ อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดใหญ่} &= 98.8 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s16} \text{ อุณหภูมิของน้ำในหม้อขนาดใหญ่} &= 100 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{av, \text{ ผิว}} \text{ อุณหภูมิเฉลี่ยที่ผิวของหม้อขนาดใหญ่} &= \frac{T_{s1} + T_{s3} + T_{s4}}{3} \\
 &= \frac{98.6 + 99.2 + 98.8}{3} = 98.9 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

จากผลที่ได้ข้างต้น จะเห็นได้ว่า

$$T_{av, \text{ ผิว}} \approx T_{s16} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

∴ สมมุติฐานดังกล่าวข้างต้นจึงใช้ได้

สำหรับหม้อขนาดเล็ก อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงตามเวลา

$$\begin{aligned}
 T_{s8} \text{ อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดเล็ก} &= 54.4 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s9} \text{ อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดเล็ก} &= 58.2 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s11} \text{ อุณหภูมิที่ผิวรอบข้างของหม้อขนาดเล็ก} &= 57.6 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s12} \text{ อุณหภูมิที่ฝาของหม้อขนาดเล็ก} &= 53.8 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{s7, \text{ ผิว}} \text{ อุณหภูมิของน้ำในหม้อขนาดเล็ก} &= 59.4 \text{ } ^\circ\text{C} \\
 T_{av, \text{ ผิว}} \text{ อุณหภูมิเฉลี่ยของผิวของหม้อขนาดเล็ก} &= \frac{T_{s8} + T_{s9} + T_{s11} + T_{s12}}{4} \\
 &= \frac{54.4 + 58.2 + 57.6 + 53.8}{4} \\
 &= 56 \text{ } ^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

จากผลที่ได้ข้างต้น จะเห็นได้ว่า

$$T_{av, \text{ ผิว}} \approx T_{s7} = 59.4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

∴ สมมุติฐานดังกล่าวข้างต้นจึงใช้ได้



1.2 วิธีการหาค่า h_r

สำหรับหม้อขนาดใหญ๋

หาค่า h_r รอบหม้อ

$$\text{จากสูตร } h_r = 4 \zeta b (T^*)^3$$

$$T^* = \frac{T_x + T_o}{2} \quad T_x = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K}, T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$= \frac{373 + 304.2}{2} = 338.6^\circ\text{K}$$

$$b = 5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\zeta = 0.09 \text{ ที่ } 212^\circ\text{F (Steam-Babcock \& Wilcox 38th Edition)}$$

$$\therefore h_r = 4 \times 0.09 \times 5.669 \times 10^{-8} (338.6)^3$$

$$= 0.7922 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

(ถ้า $h_r = \zeta b (T_x^2 + T_o^2) (T_x + T_o) = 0.8004 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ จะต่างกัน 1.04% ที่ 373 K)

สำหรับหม้อขนาดเล็ก

หาค่า h_r รอบหม้อ

$$T_x = 56^\circ\text{C} = 329^\circ\text{K}, T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$T^* = \frac{T_x + T_o}{2}$$

$$= \frac{329 + 304.2}{2}$$

$$= 316.6^\circ\text{K}$$

$$h_r = 4 \times 0.09 \times 5.669 \times 10^{-8} (316.6)^3$$

$$= 0.6476 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

ค่า h_r ของฝา = h_r รองหม้อ เพราะว่าจากข้อสมมุติฐานที่ได้กล่าวไว้ว่า

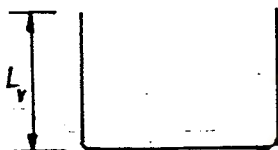
"อุณหภูมิของหม้อเท่ากันทุกจุดที่ขณะใดขณะหนึ่ง"

1.3 วิธีการหาค่า h_c

จากหนังสือ Heat Transfer ของ J.P. Hollman หน้า 253 ได้กล่าวไว้ว่า

สำหรับ Free convection

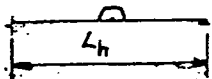
1. ที่ผิวหม้อมีลักษณะเป็น vertical cylinder



$$h_c = 1.42 \left(\frac{\Delta T}{L_v} \right)^{\frac{1}{4}} - \text{การไหลของอากาศเป็นแบบ Laminar}$$

2. ที่ฝาของหม้อมีลักษณะเป็นแบบ horizontal plate

heated plate facing downward



$$h_c = 0.61 \left(\frac{\Delta T}{L_h} \right)^{\frac{1}{5}} - \text{ไม่ว่าการไหลของอากาศเป็นแบบ Laminar หรือ Turbulent}$$

สำหรับหม้อขนาดใหญ่

หาค่า h_c รอบหม้อ
$$h_c = 1.42 \left(\frac{T_x - T_o}{L_1} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$T_x = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K}, T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$= 1.42 \left(\frac{373 - 304.2}{0.164} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= 6.42649 \quad \text{W/m}^2\text{-K}$$

ถ้าใช้ $L_1 = 0.124\text{m}$, $h_c = 6.89175\text{W/m}^2\text{-K} \therefore h_c$ ต่างกัน 6%

หาค่า h_c ที่ฝา

$$h_c = 0.61 \left(\frac{\Delta T}{L_2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 0.61 \left(\frac{T_x - T_o}{L_2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T_x = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K}; \quad T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$= 0.61 \left(\frac{373 - 304.2}{(0.287)^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 0.61 \times 3.84029$$

$$= 2.34258 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{c,av} = \frac{6.42649 + 2.34258}{2}$$

$$= 4.384535 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

ถ้าคิด $h_{c,av} = \frac{(h_c A)_{\text{รอบหม้อ}} + (h_c A)_{\text{ฝา}}}{A_{\text{รอบหม้อ+ฝา}}}$ = 5.186 W/m² · K,

$h_{c,av}$ ต่างกัน 18% แต่ E เกือบเท่ากัน

E_H น้อยกว่า 1.4%

E_S มากกว่า 1%

$h_{c,av}$ ในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงตามเวลาเท่ากับ $h_{c,av}$ ในช่วงที่อุณหภูมิของ

น้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

สำหรับหม้อขนาดเล็ก

หาค่า h_c รอบหม้อ

$$h_c = 1.42 \left(\frac{T_x - T_o}{L_3} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$T_x = 56^\circ\text{C} = 329^\circ\text{K}, \quad T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$= 1.42 \left(\frac{329 - 304.2}{0.11} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= 1.42 \times 3.87493$$

$$= 5.50241 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

ถ้า $L_3 = 0.09\text{m}$, $h_c = 5.78549 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ h_c ต่างกัน 3.6%

หาค่า h_c ที่ฝา

$$h_c = 0.61 \left(\frac{T_x - T_o}{L_c^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T_x = 56^\circ\text{C} = 329^\circ\text{K}, T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{C} \frac{1}{5}$$

$$= 0.61 \left(\frac{329 - 304.2}{(0.186)^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 0.61 \times 3.7246473$$

$$= 2.27203 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_{c,av} = \frac{5.50241 + 2.27203}{2}$$

$$= 3.88722 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

ถ้าคิด $h_{c,av} = \frac{(h_c A)_{\text{รอบหม้อ}} + (h_c A)_{\text{ฝา}}}{A_{\text{รอบหม้อ+ฝา}}} = 4.538 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, $h_{c,av}$ ต่างกัน 16%

แต่

E เกือบเท่ากัน

E_H น้อยกว่า 1.4%

E_S มากกว่า 1%

1.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพการหุงต้มเมื่อน้ำเดือดเพียงหม้อเดียว

1.4.1 สำหรับในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนตามเวลา (Q)

1.4.1.1 วิธีการหาปริมาณความร้อนที่ให้แก่หม้อ

สำหรับหม้อขนาดใหญ่

จากสูตร $T_1 = -\frac{1}{R_1} \ln \left[1 - \frac{h_1 A_1}{Q_1} (T_1 - T_o) \right]$

$$T_1 = 100^\circ\text{C} = 373^\circ\text{K}, T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$\therefore t_1 = -\frac{1}{R_1} \ln \left[1 - \frac{h_1 A_1}{Q_1} (373 - 304.2) \right]$$

โดยที่

$$t_1 = 61 \text{ นาที} = 3660 \text{ วินาที}$$

$$h_1 = h_{r1} + (h_c)_{av1} = 4.384535 + 0.7922 = 5.1767 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$Z_1 = m_1 C_p = 2 \times 4,200 = 8,400 \quad \text{J/K}$$

$$R_1 = \frac{h_1 A_1}{Z_1} = \frac{5.1768 \times 0.2}{8,400} = 1.2325 \times 10^{-4} \quad \text{1/sec}$$

แทนค่าในสูตร

$$3,660 = - \frac{1}{1.2325 \times 10^{-4}} \ln \left[1 - \frac{5.1768 \times 0.2}{Q_1} (373 - 304.2) \right]$$

$$-0.45109 = \ln \left[1 - \frac{71.23276}{Q_1} \right]$$

$$Q_1 = 196,19566 \quad \text{W}$$

$$Q_1 t_1 = 196.19566 \times 3,660 = 718076.11 \text{ J} = 718.07611 \text{ kJ} \quad (1)$$

1.4.2 สำหรับในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

สำหรับหม้อขนาดใหญ่

1.4.2.1 หาปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอ

$$\text{น้ำหนักน้ำกลายเป็นไอ } (W_1) = 0.161 \quad \text{kg}$$

$$\text{ความร้อนแฝงที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอ } (h_{fg}) = 2257.036 \text{ kJ/kg}$$

ที่ 212°F (จากหนังสือ Fundamental of classical

Thermodynamics, Second Edition, By Gordon J. Van Wylene and Richard E. Sonntag, หน้า 650 Table A1.1

$$W_1 h_{fg} = 0.161 \times 2257.036 = 363.38279 \quad \text{kJ} \quad (2)$$

1.4.2.2 หาปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการพาและการแผ่รังสี

ความร้อน

$$\text{จากสูตร } Q_3 = (h_c)_{av_1} A_1 (373 - 306.4) + h_{rl} A_1 (373 - 306.4)$$

$$= (h_c)_{av_1} + h_{rl} A_1 (373 - 304.2)$$

$$= 5.1768 \times 0.2 \times 68.8 = 71.23276 \quad \text{W}$$

$$\begin{aligned} Q_3 t_3 - 71.23276 \times 900 &= 64109.48 \quad \text{J} \\ &= 64.10948 \quad \text{KJ} \quad (3) \end{aligned}$$

1.4.3. สำหรับในช่วงที่อุณหภูมิของน้ำเปลี่ยนแปลงตามเวลา

สำหรับหม้อขนาดเล็ก

$$\text{จากสูตร } t_2 = -\frac{1}{R_2} \ln \left[1 - \frac{h_2 A_2}{Q_2} (T_2 - T_0) \right]$$

$$T_2 = 59.4^\circ\text{C} = 332.4^\circ\text{K}, \quad T_0 = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}$$

$$\therefore t_2^{59.4^\circ\text{C}} = -\frac{1}{R_2} \ln \left[1 - \frac{h_2 A_2}{Q_2} (332.4 - 304.2) \right]$$

โดยที่

$$t_2 = .76 \text{ min} = 4,560 \text{ วินาที}$$

$$Z_2 = m_2 C_P = 0.8 \times 4,200 = 3,360 \quad \text{J/K}$$

$$h_2 = h_{r2} + (h_{c2}) = 3.88722 + 0.6476 = 4.53482 \quad \text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{K}$$

$$R_2 = \frac{h_2 A_2}{Z_2} = \frac{4.53482 \times 0.087}{3,360} = 1.17419 \times 10^{-4} \quad \text{1/sec}$$

แทนค่าในสูตร

$$4,560 = -\frac{1}{1.17419 \times 10^{-4}} \ln \left[1 - \frac{4.53482 \times 0.087}{Q_2} (332.4 - 304.2) \right]$$

$$-0.53543 = \ln \left[1 - \frac{11.12572}{Q_2} \right]$$

$$Q_2 = 26.83613 \quad \text{W}$$

$$Q_2 t_2 = 26.83613 \times 4560 = 122,372.78 \text{ J} = 122.37278 \text{ KJ} \quad (4)$$

พลังงานทั้งหมดที่หม้อขนาดใหญ่นและขนาดเล็กได้รับ

$$\begin{aligned}
 &= Q_1 t_1 + W_1 h_{fg} + Q_3 t_3 + Q_2 t_2 \\
 &= 718.07611 + 363.38279 + 64.10948 + 122.37278 \\
 &= 1267.941 \quad \text{kJ}
 \end{aligned}$$

1.4.4 หาพลังงานที่ใช้เป็นประโยชน์

$$\text{พลังงานที่ใช้เป็นประโยชน์} = \underbrace{\left[m_1 C_P (373 - T_o) \right]}_{\text{หม้อใหญ่}} + \underbrace{\left[m_2 C_P (273 + x) - T_o \right]}_{\text{หม้อเล็ก}} + W_1 h_{fg}$$

โดยที่

$$m_1 = 2 \text{ kg}, \quad C_P = 4.2 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{K}$$

$$T_o = 31.2^\circ\text{C} = 304.2^\circ\text{K}, \quad m_2 = 0.8 \text{ kg}$$

$$x = 59.4^\circ\text{C} = 332.4^\circ\text{K}$$

แทนค่าในสูตร

$$\begin{aligned}
 \text{พลังงานที่ใช้เป็นประโยชน์} &= 2 \times 4.2 (373 - 304.2) + 0.8 \times 4.2 (332.4 - 304.2) + \\
 &363.38279 \\
 &= 577.92 + 94.752 + 363.38279 \\
 &= 1,036.0547 \quad \text{kJ}
 \end{aligned}$$

1.4.5 หาค่า E_H , E_S , E

จากสูตร

$$\frac{E_H}{E} = \frac{\text{พลังงานที่ใช้เป็นประโยชน์}}{\text{พลังงานทั้งหมดที่หม้อได้รับ}} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i C_P T_i + \sum_{i=1}^n W_i h_{fg}}{\sum_{i=1}^n Q_i t_i + \sum_{i=1}^n W_i h_{fg}}$$

$$= \frac{\left[m_1 C_P (373 - T_o) \right]_{\text{หม้อใหญ่}} + \left[m_2 C_P (273 + x) - T_o \right]_{\text{หม้อเล็ก}} + W_1 h_{fg}}{Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3 + W_1 h_{fg}}$$

$$= \frac{1036.0547}{1267.8410} = 81.7 \%$$

$$E_s = \frac{\text{พลังงานทั้งหมดที่หม้อได้รับ}}{\text{พลังงานที่เชื้อเพลิงจะให้ได้}} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i t_i + \sum_{i=1}^n W_i h_{fg}}{m' L}$$

$$= \frac{Q_1 t_1 + Q_2 t_2 + Q_3 t_3 + W_1 h_{fg}}{m' L}$$

$$= \frac{1267.8410}{0.725 \times 15584}$$

$$= 0.112223 = 11.2\%$$

จากสูตร

$$\begin{aligned} E &= E_H \cdot E_s \\ &= 0.8171158 \times 0.112223 \\ &= 0.0916991 = 9.2\% \end{aligned}$$

1.5 หาปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปที่ท่อปล่องควัน

$$T_e = 260^\circ\text{F} = 720^\circ\text{R} \quad P_v = 0.008 \text{ in-H}_2\text{O}$$

$$T_o = 31.2^\circ\text{C} = 88.16^\circ\text{F} = 548.16^\circ\text{R}$$

จากสูตร

$$D_e = 1.325 \times \frac{P_B}{T}$$

$$P_B = \text{ความดันบรรยากาศ} = 29.92126 \text{ in-Hg}$$

แทนค่า

$$D_e = \frac{1.325 \times 29.92126}{720}$$

$$= 0.05506 \text{ lb/ft}^3$$

$$v_e = 1096.2 \sqrt{\frac{P_v}{D_e}}$$

$$= 1096.2 \sqrt{\frac{0.008}{0.05506}}$$

$$\begin{aligned}
 &= 417.8463 \text{ ft/min} \\
 \dot{m}_e &= (DVA)_e \\
 &= 0.05506 \times 417.84633 \times 0.078 \\
 &= 1.79451 \text{ lb/min} \\
 \dot{Q}_e &= \dot{m}_e C_{Pm} (T_2 - T_0) \\
 C_{Pm} &= 0.336 \text{ kcal/Nm}^3\text{-c} \text{ เมื่ออุณหภูมิก๊าซเสียที่ทางออก } 300^\circ\text{c} \\
 &\text{(เมื่อ } 200^\circ\text{c} = 0.332 \text{ และ } 400^\circ\text{c} = 0.340 \text{ kcal/Nm}^3\text{-c)} \\
 &= 0.3809 \text{ Btu/lbm-R} \\
 &\text{(หนังสือเทคโนโลยีการประหยัดพลังงาน ภาคความร้อน)} \\
 \dot{Q}_e &= 1.7945 \times 0.3809 (720-548.16) \\
 &= 117.4569 \text{ Btu/min} = 123.9 \text{ kJ/min} \\
 \dot{Q}_T &= 123.9 \times 76 \\
 &= 9416.4 \text{ kJ}
 \end{aligned}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. วิธีการคำนวณ $E_r E_s$ และ E_H เมื่อน้ำเดือดทั้งสองหม้อ หลังปรับปรุงเตา

2.1 ตัวอย่างแสดงวิธีการคำนวณ E_H , E_s , E เมื่อน้ำเดือดทั้งสองหม้อ

ข้อมูลของการทดลองได้จากตารางที่ ข-8 วันที่ 25 ก.พ.

$$A_1 = 0.2117 \text{ m}^2, A_2 = 0.09140 \text{ m}^2, z_1 = 8400, z_2 = 3360 \text{ J}^\circ\text{K}$$

$$m_1 = 2 \text{ kg}, m_2 = 0.8 \text{ kg}, W_1 = 0.836 \text{ kg}, m' = 0.955 \text{ kg}, W_2 = 0.101 \text{ kg}$$

2.1.1 สำหรับหม้อขนาดใหญ่ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงตามเวลา

หาปริมาณความร้อนที่ให้แก่มื้อ

$$\text{จากสูตร} \quad t_1 = -\frac{1}{R_1} \ln \left[1 - \frac{h_1 A_1}{Q_1} (T_1 - T_0) \right] \quad (1)$$

$$T_1 = 100^\circ\text{C} = 373 \text{ K}, T_0 = 28.2^\circ\text{C} = 301.2 \text{ K}$$

$$h_1 = h_{r1} + (h_c)_{av1}$$

$$h_r = 4 \zeta 6 (T^*)^3$$

$$T^* = \frac{T_x + T_0}{2}$$

$$T_x = 373 \text{ K}, T_0 = 301.2 \text{ K}$$

$$T^* = \frac{373 + 301.2}{2} = 337.1 \text{ K}$$

$$6 = 5.669 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$\zeta = 0.09 \text{ ที่ } 212^\circ\text{F หรือ } 373 \text{ K}$$

$$h_{r1} = 4 \times 0.09 \times 5.669 \times 10^{-8} \times (337.1)^3 = 0.785963 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{\text{รอบหม้อ}} = 1.42 \left(\frac{T_1 - T_o}{L_1} \right)^{\frac{1}{4}} = 1.42 \left(\frac{373 - 301.2}{0.164} \right)^{\frac{1}{4}}$$

$$= 1.42 \times 4.5742 = 6.4953 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{\text{ฝา}} = 0.61 \left(\frac{\Delta T}{L_2} \right)^{\frac{1}{5}} = 0.61 \left(\frac{373 - 301.2}{(0.287)^2} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$= 0.61 \times 3.87322 = 2.3626 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{\text{av}_1} = \frac{6.4953 + 2.3626}{2} = 4.4289 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_1 = h_{r1} + (h_c)_{\text{av}_1} = 0.7859 + 4.4289 = 5.2148 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_1 = \frac{h_1 A_1}{Z_1} = \frac{5.2148 \times 0.2117}{8,400} = 1.3142 \times 10^{-4} \quad \text{1/sec}$$

$$t_1 = 13 \times 60 = 780 \quad \text{sec}$$

แทนค่าในสมการ (1)

$$780 = - \frac{1}{1.3142 \times 10^{-4}} \ln \left[1 - \frac{5,2148 \times 0.2117 \times 71.8}{Q_1} \right]$$

$$Q_1 = 813.5721 \quad \text{W}$$

$$Q_1 t_1 = 634.5862 \quad \text{kJ} \quad (2)$$



2.1.2 เมื่ออุณหภูมิหน้าไม่เปลี่ยนตามเวลา

2.1.2.1 ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอ

$$w_1 h_{fg} = 0.836 \times 2257.036 = 1,886.882 \quad \text{kJ} \quad (3)$$

2.1.2.2 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปโดยการพาและการแผ่รังสีที่ผิว

ของหม้อ

$$\begin{aligned} Q_3 &= h_1 A_1 (T_1 - T_o) \\ &= 5.2148 \times 0.2117 \times 71.8 = 79.2652 \quad \text{W} \end{aligned}$$

$$Q_3 t_3 = 79.2652 \times 34 \times 60 = 161.701 \quad \text{kJ} \quad (4)$$

2.1.3 เมื่ออุณหภูมิหน้าเปลี่ยนตามเวลา

สำหรับหม้อขนาดเล็ก

หาปริมาณความร้อนที่ให้แก่มื้อ

$$\text{จากสูตร} \quad t_2 = - \frac{1}{R_2} \ln \left[1 - \frac{h_2 A_2}{Q_2} (T_2 - T_o) \right] \quad (5)$$

$$h_2 = h_{r2} + (h_c)_{av2}$$

$$h_{r2} = 0.785963 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{\text{รอบหม้อ}} = 1.42 \left(\frac{373 - 301.20}{0.09} \right)^{\frac{1}{4}} = 7.546732 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{\text{ฝา}} = 0.61 \left(\frac{373 - 301.2}{(0.186)^2} \right)^{\frac{1}{5}} = 2.81027 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$(h_c)_{av2} = \frac{7.546732 + 2.81027}{2} = 5.178501 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$h_2 = 0.785963 + 5.17850 = 5.964464 \quad \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

$$R_2 = \frac{h_2 A_2}{Z_2} = \frac{5.964464 \times 0.087}{3360} = 1.54436 \times 10^{-4}$$

$$t_2 = 19 \times 60 = 1,140 \quad \text{sec}$$

แทนค่าในสมการ (5)

$$1,140 = - \frac{1}{1.54436 \times 10^{-4}} \ln \left[1 - \frac{5.964464 \times 0.087 \times 71.8}{Q_2} \right]$$

$$Q_2 = 230.7988 \quad \text{W}, \quad Q_2 t_2 = 263.11063 \quad \text{kJ} \quad (6)$$

2.1.4 เมื่ออุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา

2.1.4.1 ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำกลายเป็นไอ

$$w_2 h_{fg} = 0.101 \times 2257.036 = 227.96036 \quad \text{kJ}$$

2.1.4.2 ปริมาณความร้อนที่สูญเสียโดยการพาและการแผ่รังสีที่ผิวหม้อ

$$Q_4 = h_2 A_2 (T_2 - T_o) \\ = 5.964464 \times 0.087 \times 71.8 = 37.25762 \quad \text{W}$$

$$Q_4 t_4 = 37.25762 \times 28 \times 60 = 62.59279 \quad \text{kJ}$$

พลังงานทั้งหมดที่หม้อขนาดเล็กและขนาดใหญ่ได้รับ

$$= Q_1 t_1 + w_1 h_{fg} + Q_3 t_3 + Q_2 t_2 + w_2 h_{fg} + Q_4 t_4$$

$$= 634.5862 + 1886.882 + 161.701 + 263.11063 + 227.96036 + \\ 62.59279$$

$$= 3236.8328 \quad \text{kJ}$$

พลังงานทั้งหมดที่ใช้เป็นประโยชน์ทั้งหม้อขนาดเล็กและขนาดใหญ่

$$\begin{aligned}
 &= m_1 C_p (373-301.2) + m_2 C_p (373-301.2) + W_1 h_{fg} + W_2 h_{fg} \\
 &= 2 \times 4.2 (373-301.2) + 0.8 \times 4.2 (373-301.2) + 1886.822 + 227.96036 \\
 &= 2 \times 4.2 \times 71.8 + 0.8 \times 4.2 \times 71.8 + 1886.882 + 227.96036 \\
 &= 2959.2103 \quad \text{kJ}
 \end{aligned}$$

$$E_H = \frac{2959.2103}{3236.8328} \times 100 = 91.4 \quad \%$$

$$E_s = \frac{3236.8327 \times 100}{m \cdot L} = \frac{3236.8328 \times 100}{0.955 \times 18209.1} = 18.6$$

$$E = 0.91423 \times 0.18613 \times 100 = 17.0 \quad \%$$

3. ตัวอย่างวิธีการคำนวณหาปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปที่ท่อปล่องควัน

วันที่ 25 กุมภาพันธ์

มุมของกระบังลม 80°

$$P_B = 29.92126 \quad \text{in-Hg}$$

$$T_e = 193.4^\circ \text{C} = 380.12^\circ \text{F} = 840.12 \quad \text{R}$$

$$P_v = 0.005 \quad \text{in-H}_2\text{O}$$

$$\begin{aligned}
 \text{จากสูตร } D_e &= 1.325 \times \sqrt{\frac{P_B}{T_e}} \\
 &= 1.325 \times \sqrt{\frac{29.92126}{840.12}} = 4.719 \times 10^{-2} \quad \text{lb/ft}^3
 \end{aligned}$$

$$V_e = 1096.2 \sqrt{\frac{P_v}{D_e}}$$

$$= 1096.2 \sqrt{\frac{0.005}{4.719 \times 10^{-2}}} = 356.81867 \quad \text{ft/min}$$

$$\begin{aligned}\dot{m}_e &= (DVA)_e \\ &= 4.719 \times 10^{-2} \times 356.81867 \times A_e\end{aligned}$$

$$90^\circ, A_e = 0.04144 \text{ ft}^2$$

$$\dot{m}_e = 4.719 \times 10^{-2} \times 356.81867 \times 0.04144 = 0.698 \text{ lb/min}$$

$$\dot{Q}_e = \dot{m}_e C_{Pm} (T_e - T_o)$$

$$C_{Pm} = 0.3809 \text{ Btu/lbm} \cdot ^\circ\text{R}$$

$$T_o = 28.2^\circ\text{C} = 82.76^\circ\text{F} = 542.76^\circ\text{R}$$

$$T_e = 380.12^\circ\text{F} = 840.12^\circ\text{R}$$

$$\dot{Q}_e = 0.697 \times 0.3809 (840.12 - 542.76)$$

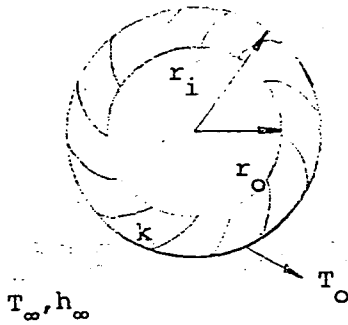
$$= 78.945 \text{ Btu/min} = 83.3 \text{ kJ/min}$$

$$Q_T = 83.3 \times 47$$

$$= 3915.1 \text{ kJ}$$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3. วิธีการหาความหนาของวัสดุที่จะนำมาทำเตา



$$q/L = \frac{\frac{1}{2}\pi(T_i - T_o)}{\ln(r_o/r_i)} = h_c 2\pi r_o (T_o - T_\infty) + h_r 2\pi r_o (T_o - T_\infty)$$

$$T_i - T_o = \frac{q \ln(r_o/r_i)}{2\pi k l} \quad (1)$$

$$T_o - T_\infty = \frac{q}{2\pi r_o l (h_c + h_r)} \quad (2)$$

$$T_i - T_o = q \frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k l} + \frac{1}{2\pi r_o L (h_c + h_r)}$$

$$q = \frac{T_i - T_\infty}{\frac{\ln(r_o/r_i)}{2\pi k L} + \frac{1}{2\pi r_o L (h_c + h_r)}}$$

$$q = \frac{2\pi L (T_i - T_o)}{\frac{\ln(r_o/r_i)}{k} + \frac{1}{r_o (h_c + h_r)}}$$

$$q/L = \frac{2\pi (T_i - T_o)}{\frac{\ln(r_o/r_i)}{k} + \frac{1}{r_o (h_c + h_r)}} \quad (3)$$

Diff สมการ(3) w.r.t. r_o และให้เท่ากับศูนย์

$$\text{จะได้ } r_o = \frac{k}{(h_c + h_r)} = r_c \quad (4)$$

ที่ r_c q/L จะสูงที่สุดหรือต่ำที่สุดนั้น ดูได้จาก การ Diff dq/dr_o w.r.t. r_o ถ้าได้เครื่องหมายลบ

นั่นแสดงว่าที่ critical radius จะเกิดการสูญเสียความร้อนสูงที่สุด

วิธีการหาว่าการสูญเสียความร้อนจะลดลงหรือไม่ถ้าเพิ่มความหนาจากเตาเดิม

เนื่องจากวัสดุดิบที่ใช้ทำเตาเป็น Cement

$$k = 0.29 \text{ W/m}^{\circ}\text{K} \text{ (หนังสือ Heat Transfer ของ J.P.Holman หน้า 538)}$$

Table A-3)

$$h_{\infty, \text{air}} = 1 \text{ Btu/ft-hr-F}$$

$$= 5.68 \text{ W/m}^{\circ}\text{K}$$

จากสมการ (4)

$$r_c = \frac{k}{h_c + h_r}$$

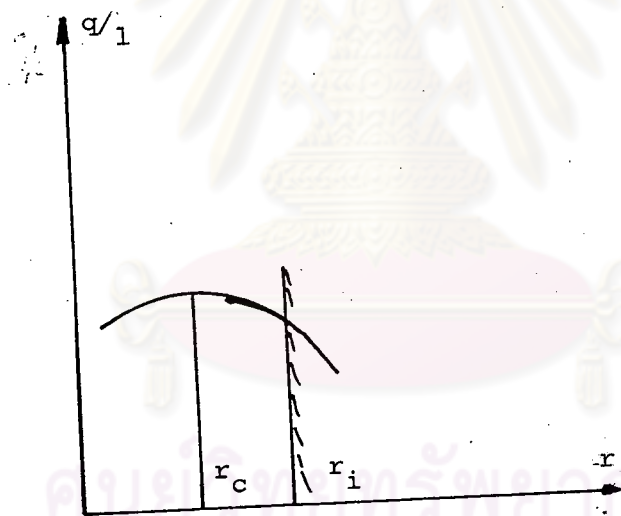
เนื่องจาก Cement ไม่มี Emissivity $\therefore h_r = 0$

$$r_c = \frac{k}{h_c}$$

$$= \frac{0.29}{5.68} = 0.051 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

$R_o =$ รัศมีเตาเดิม 20 cm = 0.20 m, $R_i = 0.13$ m

เนื่องจาก $r_c < r_i$



จากรูปจะเห็นว่า เพิ่มความหนาจากผนังเตาเดิมเท่าไรก็ตาม q/L จะลดลงเสมอ

สรุป ถ้าจะให้ heat loss ลดลง จะต้อง Insulate เพิ่มขึ้น

ภาคผนวก ข.
ผลและข้อมูลของการทดลอง

| ลำดับที่ | m' (kg) | T _o (c) | W ₁ (kg) | E _H (%) | E _s (%) | E (%) | t (Min) | t ₁ (min) | m ₁ (kg) | m ₂ (kg) | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T _e (°F) | P _v (in-H ₂ O) | E _{H,av} (%) | E _{s,av} (%) | E _{av} (%) |
|----------|------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|---|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 1 | 0.539 | 31.4 | - | 90.7 | 9.9 | 8.9 | 39 | - | 3 | 0.8 | 0.6 | 270 | 0.008 | | | |
| 2 | 0.533 | 33.2 | - | 90.0 | 9.7 | 8.8 | 42 | - | 3 | 0.8 | 0.6 | 270 | 0.008 | 90.9 | 9.9 | 9.0 |
| 3 | 0.535 | 33.2 | - | 92.0 | 10.2 | 9.4 | 33 | - | 3 | 0.8 | 0.6 | 290 | 0.01 | | | |
| 4 | 0.531 | 31.8 | - | 90.7 | 9.7 | 8.8 | 33 | - | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 300 | 0.01 | | | |
| 5 | 0.532 | 32.8 | - | 89.4 | 9.0 | 8.0 | 38 | - | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | 89.8 | 9.3 | 8.4 |
| 6 | 0.540 | 33.4 | - | 88.9 | 9.2 | 8.2 | 40 | - | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | | | |
| 7 | 0.514 | 31.6 | - | 90.2 | 9.4 | 8.5 | 35 | - | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | | | |
| 8 | 0.512 | 31.2 | - | 87.3 | 9.1 | 7.9 | 43 | - | 2 | 0.8 | 0.6 | 290 | 0.01 | | | |
| 9 | 0.512 | 33.3 | 0.047 | 87.3 | 10.8 | 9.4 | 40 | 5 | 2 | 0.8 | 0.6 | 310 | 0.01 | 87.4 | 10 | 8.7 |
| 10 | 0.530 | 33.6 | 0.050 | 87.6 | 10.0 | 8.8 | 32 | 6 | 2 | 0.8 | 0.6 | 350 | 0.012 | | | |

ตารางที่ ข - 1 ผลการทดลองของเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

ตารางที่ ข - 1 (ต่อ)

| ลำดับที่ | m' (kg) | T_o (°c) | W_1 (kg) | E_H (%) | E_s (%) | E (%) | t (min) | t_1 (min) | m_1 (kg) | m_2 (kg) | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T_e (°F) | P_v (in-H ₂ O) | $E_{H,av}$ (%) | $E_{s,av}$ (%) | E_{av} (%) |
|----------|--------------|---------------|---------------|--------------|--------------|------------|--------------|----------------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| 11 | 0.707 | 30.0 | - | 89.1 | 10.1 | 9.0 | 61 | - | 3 | 0.8 | 0.8 | 280 | 0.009 | | | |
| 12 | 0.711 | 30.2 | - | 88.8 | 10.0 | 8.8 | 47 | - | 3 | 0.8 | 0.8 | 300 | 0.010 | 89.3 | 10.4 | 9.2 |
| 13 | 0.710 | 30.2 | 0.067 | 89.94 | 11.0 | 9.9 | 45 | 4 | 3 | 0.8 | 0.8 | 350 | 0.120 | | | |
| 14 | 0.719 | 30.0 | 0.085 | 86.9 | 10.6 | 9.2 | 54 | 5 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 290 | 0.010 | 88.8 | 10.6 | 9.3 |
| 15 | 0.715 | 29.2 | 0.095 | 90.7 | 10.5 | 9.5 | 52 | 2 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 270 | 0.008 | | | |
| 16 | 0.722 | 32.0 | 0.150 | 88.8 | 10.1 | 9.0 | 43 | 8 | 2 | 0.8 | 0.8 | 330 | 0.011 | | | |
| 17 | 0.705 | 33.2 | 0.110 | 85.8 | 9.5 | 8.2 | 49 | 13 | 2 | 0.8 | 0.8 | 290 | 0.010 | 85.4 | 10.3 | 8.8 |
| 18 | 0.725 | 31.2 | 0.161 | 81.7 | 11.2 | 9.2 | 76 | 15 | 2 | 0.8 | 0.8 | 260 | 0.008 | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 1 (ต่อ)

| ลำดับที่ | m' | T _o | W ₁ | E _H | E _s | E | t | t ₁ | m ₁ | m ₂ | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T _e | P _v | E _{H,av} | E _{s,av} | E _{av} |
|----------|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
| | (kg) | (°c) | (kg) | (%) | (%) | (%) | (min) | (min) | (kg) | (kg) | (kg) | (°F) | (in-H ₂ o) | (%) | (%) | (%) |
| 19 | 0.908 | 28.2 | 0.135 | 85.9 | 10.9 | 9.3 | 67 | 14 | 3 | 0.8 | 1 | 300 | 0.01 | | | |
| 20 | 0.926 | 29.4 | 0.145 | 87.8 | 10.9 | 9.5 | 80 | 15 | 3 | 0.8 | 1 | 270 | 0.008 | 87.1 | 10.9 | 9.4 |
| 21 | 0.913 | 31.6 | 0.161 | 87.6 | 10.8 | 9.5 | 59 | 15 | 3 | 0.8 | 1 | 315 | 0.01 | | | |
| 22 | 0.918 | 27.4 | 0.205 | 84.3 | 11.2 | 9.45 | 72 | 21 | 2.5 | 0.8 | 1 | 260 | 0.007 | | | |
| 23 | 0.905 | 28.4 | 0.200 | 84.6 | 11.1 | 9.42 | 70 | 20 | 2.5 | 0.8 | 1 | 280 | 0.008 | 84.5 | 11.2 | 9.44 |
| 24 | 0.900 | 29 | 0.270 | 83.6 | 11.3 | 9.43 | 69 | 32 | 2 | 0.8 | 1 | 280 | 0.009 | | | |
| 25 | 0.890 | 27.2 | 0.260 | 84.6 | 11.2 | 9.44 | 62 | 31 | 2 | 0.8 | 1 | 300 | 0.01 | 84.1 | 11.3 | 9.48 |
| 26 | 0.865 | 27.8 | 0.250 | 84.0 | 11.4 | 9.56 | 66 | 28 | 2 | 0.8 | 1 | 300 | 0.01 | | | |

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ลำดับที่ | m_1 (kg) | m_2 (kg) | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T_e (°F) | P_v (in-H ₂ O) | T_o (°C) | D_e (kg/m ³) | v_e (m/min) | \dot{m}_e (kg/min) | \dot{Q}_e (kJ/min) | Q_T (kJ) | $v_{e,av}$ (m/min) | $\dot{m}_{e,av}$ (kg/min) | $\dot{Q}_{e,av}$ (kJ/min) | $Q_{T,av}$ (kJ) | \dot{m}_f (kg/min) | $\dot{m}_{f,av}$ (kg/min) | $\dot{m}_{a,av}$ (kg/min) |
|----------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1 | 3 | 0.8 | 0.6 | 270 | 0.008 | 31.4 | 0.869 | 128.237 | 0.808 | 130.0 | 5070.0 | | | | | 0.014 | | |
| 2 | 3 | 0.8 | 0.6 | 270 | 0.008 | 33.2 | 0.869 | 128.237 | 0.808 | 127.7 | 5363.4 | 133.9 | 0.836 | 138.1 | 5200.4 | 0.013 | 0.014 | 0.822 |
| 3 | 3 | 0.8 | 0.6 | 290 | 0.010 | 33.2 | 0.846 | 145.324 | 0.892 | 156.6 | 5167.8 | | | | | 0.016 | | |
| 4 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 300 | 0.010 | 31.8 | 0.835 | 146.298 | 0.886 | 165.4 | 5458.2 | | | | | 0.016 | | |
| 5 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | 32.8 | 0.857 | 136.944 | 0.851 | 142.6 | 5418.2 | | | | | 0.014 | | |
| 6 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | 33.4 | 0.857 | 136.944 | 0.851 | 141.8 | 5672.0 | 139.3 | 0.860 | 148.5 | 5399.0 | 0.014 | 0.015 | 0.845 |
| 7 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 280 | 0.009 | 31.6 | 0.857 | 136.944 | 0.851 | 144.2 | 5047.0 | | | | | 0.015 | | |
| 8 | 2 | 0.8 | 0.6 | 290 | 0.010 | 31.2 | 0.846 | 145.916 | 0.892 | 159.5 | 6856.5 | | | | | 0.012 | | |
| 9 | 2 | 0.8 | 0.6 | 310 | 0.010 | 33.3 | 0.824 | 147.250 | 0.880 | 170.0 | 6800.0 | 152.9 | 0.904 | 181.3 | 6839.2 | 0.013 | 0.014 | 0.890 |
| 10 | 2 | 0.8 | 0.6 | 350 | 0.012 | 33.6 | 0.783 | 165.440 | 10.940 | 214.4 | 6860.8 | | | | | 0.017 | | |

ตารางที่ ข - 2 ผลการทดลองของท่อควีนสำหรับเตาที่ยังไม่ได้ปรับปรุง

ตาราง ข-2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | $\dot{m}_{a,av} / \dot{m}_{f,av}$ |
|----------|-----------------------------------|
| 1 | 58.7 |
| 2 | |
| 3 | |
| 4 | 56.3 |
| 5 | |
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | 63.6 |
| 9 | |
| 10 | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | m_1 (kg) | m_2 (kg) | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T_e (°F) | P_v (in-H ₂ O) | T_o (°C) | D_e (kg/m ³) | V_e (m/min) | \dot{m}_e (kg/min) | \dot{Q}_e (kJ/min) | Q_T (kJ) | $v_{e,av}$ (m/min) | $\dot{m}_{e,av}$ (kg/min) | $\dot{Q}_{e,av}$ (kJ/min) | $Q_{T,av}$ (kJ) | \dot{m}_f (kg/min) | $\dot{m}_{f,av}$ (kg/min) | $\dot{m}_{a,av}$ (kg/min) |
|----------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 11 | 3 | 0.8 | 0.8 | 280 | 0.009 | 30 | 0.857 | 136.944 | 0.850 | 146.4 | 8930.4 | | | | | 0.012 | | |
| 12 | 3 | 0.8 | 0.8 | 300 | 0.01 | 30.2 | 0.835 | 146.289 | 0.886 | 167.7 | 7881.9 | 149.558 | 0.892 | 176.4 | 8829.1 | 0.015 | 0.019 | 0.878 |
| 13 | 3 | 0.8 | 0.8 | 350 | 0.012 | 33.2 | 0.783 | 165.440 | 0.940 | 215.0 | 9675.0 | | | | | 0.015 | | |
| 14 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 290 | 0.01 | 30 | 0.846 | 145.324 | 0.892 | 161.2 | 8704.8 | | | | | 0.013 | | |
| 15 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 270 | 0.008 | 29.2 | 0.869 | 128.236 | 0.808 | 132.8 | 6905.6 | 136.78 | 0.850 | 147 | 7805.2 | 0.014 | 0.014 | 0.836 |
| 16 | 2 | 0.8 | 0.8 | 330 | 0.011 | 32 | 0.803 | 156.428 | 0.911 | 194.1 | 8346.3 | | | | | 0.017 | | |
| 17 | 2 | 0.8 | 0.8 | 290 | 0.01 | 33.2 | 0.846 | 145.324 | 0.891 | 156.6 | 7673.4 | 143.037 | 0.872 | 158.2 | 8478.8 | 0.014 | 0.013 | 0.859 |
| 18 | 2 | 0.8 | 0.8 | 260 | 0.008 | 31.2 | 0.881 | 127.359 | 0.814 | 123.9 | 9416.4 | | | | | 0.009 | | |
| 19 | 3 | 0.8 | 1 | 300 | 0.01 | 28.2 | 0.835 | 146.289 | 0.886 | 170.5 | 11423.5 | | | | | 0.013 | | |
| 20 | 3 | 0.8 | 1 | 270 | 0.008 | 29.4 | 0.869 | 128.236 | 0.808 | 132.6 | 10604.0 | 140.750 | 0.857 | 159.6 | 10799.3 | 0.012 | 0.013 | 0.844 |
| 21 | 3 | 0.8 | 1 | 315 | 0.01 | 31.6 | 0.819 | 147.726 | 0.877 | 175.7 | 10366.3 | | | | | 0.015 | | |

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | $\frac{m_{a,av}}{m_{f,av}}$ |
|----------|-----------------------------|
| 11 | 62.7 |
| 12 | |
| 13 | |
| 14 | 59.7 |
| 15 | |
| 16 | 66.1 |
| 17 | |
| 18 | |
| 19 | 64.9 |
| 20 | |
| 21 | |

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ข - 2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | m_1 (kg) | m_2 (kg) | น้ำหนัก ของหิน (kg) | T_e (°F) | P_v (in-H ₂ O) | T_o (°C) | D_e (kg/m ³) | v_e (m/min) | \dot{m}_e (kg/min) | \dot{Q}_e (kJ/min) | Q_T (kJ) | $v_{e,av}$ (m/min) | $\dot{m}_{e,av}$ (kg/min) | $\dot{Q}_{e,av}$ (kJ/min) | $Q_{T,av}$ (kJ) | \dot{m}_f (kg/min) | $\dot{m}_{f,av}$ (kg/min) | $\dot{m}_{a,av}$ (kg/min) |
|----------|---------------|---------------|---------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 22 | 2.5 | 0.8 | 1 | 260 | 0.007 | 27.4 | 0.881 | 119.130 | 0.761 | 120.5 | 8676.0 | | | | | 0.013 | | |
| 23 | 2.5 | 0.8 | 1 | 280 | 0.008 | 28.4 | 0.857 | 129.112 | 0.803 | 140.1 | 9807.0 | 124.121 | 0.782 | 130.3 | 9241.5 | 0.013 | 0.013 | 0.769 |
| 24 | 2 | 0.8 | 1 | 300 | 0.010 | 27.8 | 0.835 | 146.289 | 0.886 | 171.6 | 11840.4 | | | | | 0.013 | | |
| 25 | 2 | 0.8 | 1 | 300 | 0.010 | 27.2 | 0.835 | 146.289 | 0.886 | 171.9 | 10657.8 | 143.174 | 0.874 | 163.7 | 10748.8 | 0.014 | 0.013 | 0.861 |
| 26 | 2 | 0.8 | 1 | 280 | 0.009 | 29.0 | 0.857 | 136.944 | 0.851 | 147.7 | 9748.2 | | | | | 0.013 | | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตาราง ย-2 (ต่อ)

| ลำดับที่ | $\dot{m}_{a,av} / \dot{m}_{f,av}$ |
|----------|-----------------------------------|
| 22 | 59.2 |
| 23 | |
| 24 | 66.2 |
| 25 | |
| 26 | |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| วันที่ | มุมของ กระบังลม (องศา) | t (min) | t ₁ (min) | t ₂ (min) | T _o (°c) | T _{e,av} (°c) | P _v (in-H ₂ O) | m ₁ (kg) | m ₂ (kg) | m' (kg) | ชนิดของ เชื้อเพลิง | W ₁ (kg) | W ₂ (kg) | E _s (%) | E _H (%) | E (%) | E _{s,av} (%) | E _{H,av} (%) | E _{av} (%) |
|---------|------------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---|------------------------|------------------------|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 23ก.พ. | 90° | 52 | 12 | 40 | 29.4 | 126.66 | 0.005 | 2 | 0.8 | 0.9469 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.745 | 0.120 | 17.4 | 88.6 | 15.4 | 18.0 | 89.5 | 16.0 |
| 24ก.พ. | 90° | 55 | 12 | 42 | 29.0 | 123.88 | 0.005 | 2 | 0.8 | 0.932 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.750 | 0.121 | 18.5 | 90.4 | 16.5 | | | |
| 25ก.พ. | 80° | 47 | 13 | 19 | 28.2 | 193.40 | 0.005 | 2 | 0.8 | 0.935 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.836 | 0.101 | 18.6 | 91.4 | 17.0 | 19.2 | 91.8 | 17.7 |
| 10มี.ค. | 80° | 46 | 11 | 14 | 28.4 | 189.00 | 0.005 | 2 | 0.8 | 0.966 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.913 | 0.138 | 19.8 | 92.2 | 18.3 | | | |
| 11มี.ค. | 70° | 45 | 11.5 | 13 | 28.2 | 237.88 | 0.004 | 2 | 0.8 | 0.9795 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.841 | 0.162 | 19.0 | 91.9 | 17.4 | 19.3 | 92.4 | 17.8 |
| 12มี.ค. | 70° | 42 | 11 | 17 | 29.4 | 299.85 | 0.004 | 2 | 0.8 | 0.9625 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.886 | 0.155 | 19.6 | 92.8 | 18.1 | | | |
| 3มี.ค. | 60° | 39 | 10 | 17 | 28.6 | 288.03 | 0.0051 | 2 | 0.8 | 0.9555 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.804 | 0.101 | 17.9 | 92.6 | 16.6 | 18.0 | 93.3 | 16.8 |
| 13มี.ค. | 60° | 35 | 12 | 18 | 28.8 | 284.64 | 0.007 | 2 | 0.8 | 0.9695 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.849 | 0.108 | 18.1 | 93.9 | 17.0 | | | |
| 4มี.ค. | 50° | 42 | 12 | 25 | 27.8 | 306.62 | 0.005 | 2 | 0.8 | 0.9495 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.802 | 0.093 | 19.4 | 92.3 | 17.9 | 19.1 | 92.7 | 17.7 |
| 23มี.ค. | 50° | 41 | 14 | 22 | 28.6 | 309.64 | 0.0047 | 2 | 0.8 | 0.9565 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.856 | 0.116 | 18.7 | 93.0 | 17.4 | | | |
| 7มี.ค. | 40° | 47 | 12 | 23 | 28.2 | 161.81 | 0.002 | 2 | 0.8 | 0.9215 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.848 | 0.066 | 19.0 | 91.3 | 17.3 | 19.9 | 87.8 | 17.4 |
| 24มี.ค. | 40° | 49 | 16 | 30 | 30.6 | 153.11 | 0.0013 | 2 | 0.8 | 0.974 | ไม้ลั่นประตีก๊าซ | 0.876 | 0.188 | 20.7 | 84.3 | 17.4 | | | |

ตารางที่ ข - 3 ผลที่ทดลองได้ หลังปรับปรุงเตา .

| วันที่ | มุมของ กระบังลม (องศา) | T_o (°C) | t (min) | T_e (°C) | P_v (in-H ₂ O) | D_e (kg/m ³) | v_e (m/min) | \dot{m}_e (kg/min) | \dot{Q}_e (kJ/min) | Q_T (kJ) | $v_{e,av}$ (m/min) | $\dot{m}_{e,av}$ (kg/min) | $\dot{Q}_{e,av}$ (kJ/min) | $Q_{T,av}$ (kJ) | \dot{m}_f (kg/min) | $\dot{m}_{f,av}$ (kg/min) | $\dot{m}_{a,av}$ (kg/min) |
|--------|------------------------------|---------------|------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 23ก.พ. | 90° | 29.4 | 52 | 126.66 | 0.005 | 0.881 | 100.677 | 0.328 | 53.0 | 2756.0 | 100.505 | 0.329 | 52.5 | 2805.3 | 0.018 | 0.018 | 0.311 |
| 24ก.พ. | 90° | 29.0 | 55 | 123.88 | 0.005 | 0.887 | 100.333 | 0.329 | 51.9 | 2854.5 | | | | | 0.017 | | |
| 25ก.พ. | 80° | 28.2 | 47 | 193.40 | 0.005 | 0.755 | 108.758 | 0.304 | 83.3 | 3915.1 | 108.502 | 0.305 | 82.4 | 3829.8 | 0.020 | 0.020 | 0.285 |
| 10ธ.ค. | 80° | 28.4 | 46 | 189.00 | 0.005 | 0.762 | 108.245 | 0.305 | 81.4 | 3744.4 | | | | | 0.021 | | |
| 11ธ.ค. | 70° | 28.2 | 45 | 237.88 | 0.004 | 0.690 | 101.806 | 0.258 | 90.2 | 4059.0 | 104.803 | 0.266 | 106.7 | 4616.7 | 0.022 | 0.023 | 0.243 |
| 12ธ.ค. | 70° | 29.4 | 42 | 295.85 | 0.004 | 0.615 | 107.800 | 0.274 | 123.2 | 5174.4 | | | | | 0.023 | | |
| 3ธ.ค. | 60° | 28.6 | 39 | 288.03 | 0.0051 | 0.628 | 120.462 | 0.327 | 141.1 | 5502.9 | 130.594 | 0.328 | 140.3 | 5191.0 | 0.025 | 0.027 | 0.301 |
| 13ธ.ค. | 60° | 28.8 | 35 | 284.64 | 0.007 | 0.632 | 140.726 | 0.328 | 139.4 | 4879.0 | | | | | 0.028 | | |
| 4ธ.ค. | 50° | 27.8 | 42 | 306.62 | 0.005 | 0.608 | 121.234 | 0.272 | 126.1 | 5296.2 | 119.288 | 0.254 | 124.7 | 5173.7 | 0.023 | 0.023 | 0.231 |
| 23ธ.ค. | 50° | 28.6 | 41 | 309.64 | 0.0047 | 0.610 | 117.341 | 0.263 | 123.2 | 5051.2 | | | | | 0.023 | | |
| 7ธ.ค. | 40° | 28.2 | 47 | 161.81 | 0.002 | 0.810 | 66.416 | 0.199 | 44.2 | 2077.4 | 59.713 | 0.181 | 38.5 | 1847.2 | 0.020 | 0.020 | 0.161 |
| 24ธ.ค. | 40° | 30.6 | 49 | 153.11 | 0.0013 | 0.827 | 53.009 | 0.162 | 33.0 | 1617.0 | | | | | 0.020 | | |

ตารางที่ ย - 4 ผลที่ทดลองได้ของท่อคาร์บอน หลังปรับปรุงเตา

ตาราง ข-4 (ต่อ)

| มุมของกระ บังลม (องศา) | $\dot{m}_{a,av} / \dot{m}_{f,av}$ |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 90° | 17.3 |
| 90° | |
| 80° | 14.3 |
| 80° | |
| 70° | 10.6 |
| 70° | |
| 60° | 11.1 |
| 60° | |
| 50° | 10.0 |
| 50° | |
| 40° | 8.1 |
| 40° | |



ศูนย์วิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| วันที่ | มุมของ กระป๋อง (องศา) | t (min) | t ₁ (min) | t ₂ (min) | T _o (°c) | T _e (°c) | P _v (in-H ₂ O) | m ₁ (kg) | m ₂ (kg) | m' (kg) | ชนิดของ เชื้อเพลิง | W ₁ (kg) | W ₂ (kg) | E _s (%) | E _H (%) | E (%) | E _{s,av} (%) | E _{H,av} (%) | E _{av} (%) |
|---------|-----------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|---|------------------------|------------------------|------------|-----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|----------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 19ธ.บ. | 80° | 32 | 9 | 16 | 31.2 | 255.54 | 0.0052 | 2 | 0.8 | 0.9645 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.756 | 0.149 | 17.2 | 94.3 | 16.2 | | | |
| 20ธ.บ. | 80° | 34 | 10.5 | 16.5 | 30 | 269.48 | 0.0043 | 2 | 0.8 | 0.9560 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.769 | 0.187 | 18.1 | 93.0 | 16.8 | 17.7 | 93.7 | 16.5 |
| 26ธ.ค. | 70° | 35 | 11 | 16 | 31 | 239.73 | 0.0044 | 2 | 0.8 | 0.9185 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.816 | 0.203 | 19.8 | 94.2 | 18.6 | | | |
| 27ธ.ค. | 70° | 45 | 10.5 | 16 | 30 | 272.05 | 0.0054 | 2 | 0.8 | 0.9740 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.863 | 0.188 | 19.5 | 92.4 | 18.0 | 19.9 | 93.0 | 18.5 |
| 28ธ.ค. | 70° | 47 | 12 | 17.5 | 30 | 224.05 | 0.0050 | 2 | 0.8 | 0.9575 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.846 | 0.244 | 20.4 | 92.3 | 18.8 | | | |
| 21 ธ.บ. | 60° | 45 | 13 | 22 | 29.2 | 272.20 | 0.0038 | 2 | 0.8 | 0.9640 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.808 | 0.145 | 18.4 | 92.1 | 17.0 | | | |
| 22ธ.บ. | 60° | 43 | 10 | 24 | 30.6 | 212.68 | 0.0040 | 2 | 0.8 | 0.9590 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.884 | 0.134 | 19.2 | 92.8 | 17.5 | 18.8 | 92.5 | 17.3 |
| 23ธ.บ. | 50° | 37 | 12.5 | 24 | 30.2 | 281.05 | 0.0016 | 2 | 0.8 | 0.9380 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.790 | 0.074 | 17.3 | 93.4 | 16.1 | | | |
| 27ธ.บ. | 50° | 32 | 13 | 24 | 30.4 | 223.33 | 0.0015 | 2 | 0.8 | 0.9440 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.701 | 0.076 | 16.0 | 94.1 | 15.1 | 16.7 | 93.8 | 15.6 |
| 5ก.ค. | 40° | 36 | 14 | 21 | 32 | 240.82 | 0.0010 | 2 | 0.8 | 0.9740 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.716 | 0.074 | 16.7 | 93.4 | 15.1 | | | |
| 1ล.ค. | 40° | 39 | 11 | 22 | 30.4 | 259.37 | 0.0023 | 2 | 0.8 | 0.8959 | ไม้เส้นประศิวพัทธ์ | 0.761 | 0.120 | 18.5 | 92.9 | 17.2 | 17.6 | 93.2 | 16.2 |

ตารางที่ ข - 5 ผลที่ทดลองได้ หลังจากปรับปรุงดินตักควิน สำหรับเตาที่ปรับปรุงแล้ว

| วันที่ | มุมของ กระป๋อง (องศา) | T_o (°C) | t (min) | T_e (°C) | P_v (in-H ₂ O) | D_e (kg/m ³) | v_e (m/min) | \dot{m}_e (kg/min) | \dot{Q}_e (kJ/min) | Q_T (kJ) | $v_{e,av}$ (m/min) | $\dot{m}_{e,av}$ (kg/min) | $\dot{Q}_{e,av}$ (kJ/min) | $Q_{T,av}$ (kJ) | \dot{m}_f (kg/min) | $\dot{m}_{f,av}$ (kg/min) | $\dot{m}_{a,av}$ (kg/min) |
|--------|-----------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------|-------------------------|---------------|-----------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 19ต.ย. | 80° | 31.2 | 32 | 255.54 | 0.0053 | 0.666 | 118.631 | 0.292 | 109.1 | 3491.2 | 114.141 | 0.307 | 116.8 | 3860.4 | 0.030 | 0.029 | 0.278 |
| 20ต.ย. | 80° | 30 | 34 | 269.48 | 0.0044 | 0.650 | 109.650 | 0.321 | 124.4 | 4229.6 | | | | | 0.028 | | |
| 26ต.ค. | 70° | 31 | 35 | 239.73 | 0.0044 | 0.687 | 101.990 | 0.272 | 94.4 | 3304.0 | | | | | 0.026 | | |
| 27ต.ค. | 70° | 30 | 45 | 272.05 | 0.0054 | 0.646 | 122.177 | 0.292 | 117.5 | 5287.5 | 112.146 | 0.286 | 102.3 | 4350.6 | 0.022 | 0.023 | 0.263 |
| 28ต.ค. | 70° | 30 | 47 | 224.05 | 0.005 | 0.709 | 112.272 | 0.294 | 94.9 | 4460.3 | | | | | 0.020 | | |
| 21ต.ย. | 60° | 29.2 | 45 | 272.20 | 0.0038 | 0.646 | 102.505 | 0.245 | 99.0 | 4455.0 | | | | | 0.021 | | |
| 22ต.ย. | 60° | 30.6 | 43 | 212.68 | 0.0040 | 0.725 | 98.642 | 0.262 | 79.4 | 3414.2 | 100.574 | 0.254 | 89.2 | 3934.6 | 0.022 | 0.021 | 0.233 |
| 23ต.ย. | 50° | 30.2 | 37 | 281.05 | 0.0016 | 0.636 | 67.051 | 0.157 | 65.7 | 2430.9 | | | | | 0.025 | | |
| 27ต.ย. | 50° | 30.4 | 32 | 223.33 | 0.0015 | 0.710 | 61.450 | 0.161 | 51.6 | 1651.2 | 64.251 | 0.159 | 58.7 | 2041.1 | 0.030 | 0.028 | 0.131 |
| 5ก.ค. | 40° | 32 | 36 | 240.82 | 0.0010 | 0.686 | 51.049 | 0.097 | 24.4 | 878.4 | | | | | 0.027 | | |
| 1ส.ค. | 40° | 30.4 | 39 | 259.37 | 0.0023 | 0.662 | 77.943 | 0.129 | 44.9 | 1751.1 | 64.496 | 0.113 | 34.7 | 1314.8 | 0.023 | 0.025 | 0.088 |

ตารางที่ ข - 6 ผลที่ทดลองได้ของท่อคัมหลังจากปรับปรุงหินที่คัม

ตาราง ข-6 (ต่อ)

| มุมของกระ บังลม (องศา) | $\dot{m}_{a,av} / \dot{m}_{f,av}$ |
|------------------------------|-----------------------------------|
| 80° 80° | 9.6 |
| 70° 70° 70° | 11.4 |
| 60° 60° | 11.1 |
| 50° 50° | 4.7 |
| 40° 40° | 3.5 |

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| ทดลอง ครั้งที่ | m ₁ (kg) | m ₂ (kg) | น้ำหนัก (kg) | T _{S1} (°c) | T _{S2} (°c) | T _{S3} (°c) | T _{S4} (°c) | T _{S5} (°c) | T _{S6} (°c) | T _{S7} (°c) | T _{S8} (°c) | T _{S9} (°c) | T _{S10} (°c) | T _{S11} (°c) | T _{S12} (°c) | T _{S16} (°c) | W ₁ (kg) | W ₂ (kg) | m' (kg) |
|-------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|
| 1 | 3.0 | 0.8 | 0.6 | 80.8 | 90.2 | 79.2 | 79.0 | 70.0 | 55.0 | 54.0 | 49.6 | 52.2 | 56.8 | 52.2 | 49.4 | 85.0 | - | - | 0.539 |
| 2 | 3.0 | 0.8 | 0.6 | 81.4 | 88.6 | 79.4 | 77.8 | 70.4 | 56.6 | 55.4 | 51.4 | 53.6 | 60.4 | 53.8 | 50.6 | 85.0 | - | - | 0.533 |
| 3 | 3.0 | 0.8 | 0.6 | 81.0 | 89.2 | 79.0 | 78.2 | 70.2 | 56.2 | 55.2 | 50.6 | 52.4 | 59.8 | 53.0 | 50.2 | 87.0 | - | - | 0.535 |
| 4 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 89.0 | 98.8 | 89.0 | 88.6 | 72.0 | 55.8 | 55.0 | 50.4 | 53.0 | 60.2 | 53.0 | 50.6 | 93.6 | - | - | 0.531 |
| 5 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 85.4 | 93.8 | 84.6 | 83.0 | 69.4 | 55.2 | 54.0 | 50.0 | 52.6 | 60.4 | 52.6 | 49.6 | 89.4 | - | - | 0.532 |
| 6 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 84.2 | 96.8 | 83.2 | 81.2 | 71.8 | 57.4 | 52.4 | 49.0 | 51.0 | 61.4 | 51.6 | 48.2 | 85.6 | - | - | 0.540 |
| 7 | 2.5 | 0.8 | 0.6 | 87.6 | 82.0 | 87.0 | 85.2 | 63.8 | 51.8 | 56.6 | 51.2 | 54.0 | 54.6 | 54.6 | 50.8 | 91.6 | - | - | 0.514 |
| 8 | 2.0 | 0.8 | 0.6 | 92.6 | 100.4 | 93.4 | 92.8 | 69.0 | 55.0 | 54.2 | 50.4 | 52.8 | 57.6 | 52.2 | 49.8 | 97.0 | - | - | 0.512 |
| 9 | 2.0 | 0.8 | 0.6 | 98.0 | 105.2 | 98.6 | 98.4 | 73.1 | 60.0 | 57.8 | 53.6 | 56.2 | 63.6 | 55.8 | 52.8 | 100.0 | 0.047 | - | 0.512 |
| 10 | 2.0 | 0.8 | 0.6 | 98.4 | 106.4 | 98.8 | 99.2 | 74.2 | 61.6 | 60.8 | 54.8 | 58.4 | 64.8 | 56.6 | 53.8 | 100.0 | 0.050 | - | 0.530 |
| 11 | 3.0 | 0.8 | 0.8 | 98.2 | 104.4 | 98.8 | 98.6 | 87.6 | 62.6 | 61.8 | 60.0 | 60.0 | 67.6 | 60.0 | 56.4 | 99.6 | - | - | 0.707 |
| 12 | 3.0 | 0.8 | 0.8 | 94.6 | 105.4 | 95.0 | 94.4 | 80.0 | 61.6 | 60.0 | 58.0 | 58.0 | 66.0 | 57.8 | 54.2 | 99.4 | - | - | 0.711 |
| 13 | 3.0 | 0.8 | 0.8 | 98.6 | 109.2 | 99.2 | 98.8 | 89.2 | 66.6 | 62.4 | 59.4 | 59.4 | 68.2 | 60.0 | 57.8 | 100.0 | 0.067 | - | 0.710 |
| 14 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 98.2 | 107.6 | 99.0 | 98.6 | 74.6 | 62.5 | 60.0 | 57.6 | 57.6 | 61.9 | 57.6 | 54.6 | 100.0 | 0.085 | - | 0.719 |
| 15 | 2.5 | 0.8 | 0.8 | 98.2 | 105.8 | 99.2 | 98.8 | 77.2 | 60.7 | 59.6 | 57.2 | 57.2 | 63.3 | 57.6 | 53.6 | 100.0 | 0.095 | - | 0.715 |
| 16 | 2.0 | 0.8 | 0.8 | 98.4 | 107.5 | 99.0 | 98.6 | 80.5 | 63.2 | 62.2 | 59.6 | 59.6 | 67.6 | 60.0 | 56.2 | 100.0 | 0.150 | - | 0.722 |
| 17 | 2.0 | 0.8 | 0.8 | 98.6 | 109.2 | 99.4 | 99.0 | 79.2 | 62.0 | 59.4 | 57.0 | 57.0 | 65.8 | 57.4 | 53.8 | 100.0 | 0.110 | - | 0.705 |
| 18 | 2.0 | 0.8 | 0.8 | 98.6 | 109.1 | 99.2 | 98.8 | 78.1 | 60.1 | 59.4 | 58.2 | 58.2 | 64.7 | 57.6 | 53.8 | 100.0 | 0.161 | - | 0.725 |
| 19 | 3.0 | 0.8 | 1.0 | 98.6 | 107.4 | 99.4 | 99.0 | 82.1 | 64.5 | 61.4 | 59.2 | 59.2 | 67.8 | 59.6 | 55.8 | 100.0 | 0.135 | - | 0.908 |
| 20 | 3.0 | 0.8 | 1.0 | 98.6 | 107.4 | 99.4 | 98.8 | 81.7 | 60.0 | 59.2 | 57.4 | 57.4 | 65.7 | 57.2 | 53.0 | 100.0 | 0.145 | - | 0.926 |
| 21 | 3.0 | 0.8 | 1.0 | 98.6 | 106.2 | 99.4 | 99.0 | 80.6 | 66.2 | 62.8 | 60.4 | 60.4 | 65.2 | 61.4 | 57.2 | 100.0 | 0.161 | - | 0.913 |
| 22 | 2.5 | 0.8 | 1.0 | 98.2 | 105.3 | 99.2 | 98.8 | 80.0 | 60.5 | 65.4 | 59.2 | 59.2 | 62.1 | 58.8 | 55.2 | 100.0 | 0.205 | - | 0.918 |
| 23 | 2.5 | 0.8 | 1.0 | 97.8 | 105.3 | 99.2 | 98.8 | 80.5 | 61.1 | 66.0 | 58.6 | 58.6 | 65.3 | 58.2 | 54.8 | 100.0 | 0.200 | - | 0.905 |
| 24 | 2.0 | 0.8 | 1.0 | 98.6 | 108.0 | 99.4 | 99.0 | 79.3 | 63.0 | 64.0 | 62.2 | 62.2 | 64.8 | 61.4 | 58.2 | 100.0 | 0.270 | - | 0.900 |
| 25 | 2.0 | 0.8 | 1.0 | 98.2 | 105.2 | 99.4 | 98.8 | 78.9 | 58.2 | 60.4 | 58.4 | 58.4 | 62.5 | 57.8 | 54.0 | 100.0 | 0.260 | - | 0.890 |
| 26 | 2.0 | 0.8 | 1.0 | 98.2 | 106.3 | 99.4 | 99.2 | 76.4 | 58.4 | 63.0 | 57.2 | 57.2 | 62.8 | 56.8 | 53.6 | 100.0 | 0.250 | - | 0.865 |

ตารางที่ ข - 7 ข้อมูลก่อนปรับปรุงเตา

ตารางที่ ย - 7 (ต่อ)

| ทดลอง ครั้งที่ | t ₁ (min) | t ₂ (min) | t (min) | อุณหภูมิสุดท้าย ของน้ำในหม้อ (°c) | | T _o (°c) | T _e (°c) | T _{S2,av} (°c) | T _{S5,av} (°c) | T _{S6,av} (°c) | T _{S10,av} (°c) | W _{l,av} (kg) | m' _{av} (kg) | t _{l,av} (min) | t _{av} (min) | T _{e,av} (°c) | อุณหภูมิเฉลี่ย สุดท้ายของน้ำ ในหม้อเล็ก (°c) |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------|--------------------------------------|------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| | | | | ใหญ่ | เล็ก | | | | | | | | | | | | |
| 1 | - | - | 39 | 85.0 | 54.0 | 31.4 | 132.2 | | | | | - | 0.536 | - | 38.0 | 135.9 | 54.9 |
| 2 | - | - | 42 | 85.0 | 55.4 | 33.2 | 132.2 | 89.3 | 70.2 | 55.9 | 59.0 | - | 0.536 | - | 38.0 | 135.9 | 54.9 |
| 3 | - | - | 33 | 87.0 | 55.2 | 33.2 | 143.3 | | | | | | | | | | |
| 4 | - | - | 33 | 93.6 | 55.0 | 31.8 | 148.9 | | | | | | | | | | |
| 5 | - | - | 38 | 89.4 | 54.0 | 32.8 | 137.8 | 92.9 | 69.3 | 55.1 | 59.2 | - | 0.530 | - | 36.5 | 140.6 | 54.5 |
| 6 | - | - | 40 | 85.6 | 52.4 | 33.4 | 137.8 | | | | | | | | | | |
| 7 | - | - | 35 | 91.6 | 56.6 | 31.6 | 137.8 | | | | | | | | | | |
| 8 | - | - | 43 | 97.0 | 54.2 | 31.2 | 143.3 | | | | | | | | | | |
| 9 | 35 | - | 40 | 100.0 | 57.8 | 33.3 | 154.4 | 104.0 | 72.1 | 58.9 | 62.0 | 0.049 | 0.518 | 30.5 | 38.3 | 158.1 | 57.4 |
| 10 | 26 | - | 32 | 100.0 | 60.2 | 33.6 | 176.7 | | | | | | | | | | |
| 11 | - | - | 61 | 99.6 | 61.8 | 30.0 | 137.8 | | | | | | | | | | |
| 12 | - | - | 47 | 99.4 | 60.0 | 30.2 | 148.9 | 106.3 | 85.6 | 63.6 | 67.3 | 0.067 | 0.709 | 41.0 | 51.0 | 154.5 | 61.4 |
| 13 | 41 | - | 45 | 100.0 | 62.4 | 33.2 | 176.7 | | | | | | | | | | |
| 14 | 49 | - | 54 | 100.0 | 60.0 | 30.0 | 143.3 | 106.7 | 75.9 | 61.6 | 62.6 | 0.090 | 0.717 | 49.5 | 53.0 | 137.8 | 59.8 |
| 15 | 50 | - | 52 | 100.0 | 59.6 | 29.2 | 132.2 | | | | | | | | | | |
| 16 | 35 | - | 43 | 100.0 | 62.2 | 32.0 | 165.6 | | | | | | | | | | |
| 17 | 36 | - | 49 | 100.0 | 59.4 | 33.2 | 143.3 | 108.6 | 79.3 | 61.8 | 66.0 | 0.140 | 0.717 | 44.0 | 56.0 | 145.2 | 60.3 |
| 18 | 61 | - | 76 | 100.0 | 59.4 | 31.2 | 126.7 | | | | | | | | | | |
| 19 | 53 | - | 67 | 100.0 | 61.4 | 28.2 | 148.9 | | | | | | | | | | |
| 20 | 65 | - | 80 | 100.0 | 59.2 | 29.4 | 132.2 | 107.0 | 81.5 | 63.6 | 66.2 | 0.147 | 0.916 | 54.0 | 68.7 | 146.1 | 61.1 |
| 21 | 44 | - | 59 | 100.0 | 62.8 | 31.6 | 157.2 | | | | | | | | | | |
| 22 | 51 | - | 72 | 100.0 | 65.4 | 27.4 | 126.7 | 105.3 | 80.3 | 60.8 | 63.7 | 0.203 | 0.912 | 50.5 | 71.0 | 132.3 | 65.7 |
| 23 | 50 | - | 70 | 100.0 | 66.0 | 28.4 | 137.8 | | | | | | | | | | |
| 24 | 37 | - | 69 | 100.0 | 64.0 | 29.0 | 137.8 | | | | | | | | | | |
| 25 | 31 | - | 62 | 100.0 | 60.4 | 27.2 | 148.9 | 106.5 | 78.2 | 59.9 | 63.4 | 0.260 | 0.885 | 35.3 | 65.7 | 145.2 | 62.5 |
| 26 | 38 | - | 66 | 100.0 | 63.0 | 27.8 | 148.9 | | | | | | | | | | |

av = average

| วันที่ | มุมของ กระจังลม | T _{S1} (°c) | T _{S2} (°c) | T _{S3} (°c) | T _{S4} (°c) | T _{S5} (°c) | T _{S6} (°c) | T _{S7} (°c) | T _{S8} (°c) | T _{S9} (°c) | T _{S10} (°c) | T _{S11} (°c) | T _{S12} (°c) | T _{S16} (°c) | W ₁ (kg) | W ₂ (kg) | m' (kg) | t ₁ (min) | t ₂ (min) |
|---------|--------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|------------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| 23ก.พ. | 90° | 98.8 | 107.3 | 99.4 | 98.8 | 54.1 | 107.7 | 100 | 99.4 | 99.6 | 44.3 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.745 | 0.120 | 0.947 | 12.0 | 40.0 |
| 24ก.พ. | 90° | 98.8 | 107.0 | 99.2 | 98.8 | 53.6 | 106.8 | 100 | 99.4 | 99.6 | 40.2 | 99.4 | 99.2 | 100 | 0.750 | 0.121 | 0.932 | 12.0 | 42.0 |
| 25ก.พ. | 80° | 99.0 | 149.0 | 99.4 | 99.2 | 44.9 | 98.4 | 100 | 99.8 | 99.6 | 40.3 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.836 | 0.101 | 0.955 | 13.0 | 19.0 |
| 10มี.ค. | 80° | 98.8 | 169.0 | 99.2 | 99.0 | 56.9 | 97.5 | 100 | 99.4 | 99.6 | 44.5 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.913 | 0.138 | 0.966 | 11.0 | 14.0 |
| 11มี.ค. | 70° | 98.8 | 116.2 | 99.2 | 99.0 | 49.8 | 121.8 | 100 | 99.4 | 99.6 | 42.0 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.841 | 0.162 | 0.980 | 11.5 | 13.0 |
| 12มี.ค. | 70° | 98.8 | 119.6 | 99.2 | 99.0 | 50.0 | 122.5 | 100 | 99.8 | 99.8 | 39.7 | 99.8 | 99.4 | 100 | 0.886 | 0.155 | 0.963 | 11.0 | 17.0 |
| 3มี.ค. | 60° | 98.8 | 118.3 | 99.4 | 99.0 | 49.8 | 124.6 | 100 | 99.4 | 99.6 | 38.2 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.804 | 0.101 | 0.956 | 10.0 | 17.0 |
| 13มี.ค. | 60° | 99.0 | 111.7 | 99.4 | 99.2 | 53.2 | 107.5 | 100 | 99.6 | 99.8 | 40.3 | 99.8 | 99.2 | 100 | 0.849 | 0.108 | 0.970 | 12.0 | 18.0 |
| 4มี.ค. | 50° | 98.8 | 113.7 | 99.4 | 99.0 | 54.6 | 107.7 | 100 | 99.4 | 99.6 | 40.6 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.802 | 0.093 | 0.950 | 12.0 | 25.0 |
| 23มี.ค. | 50° | 99.0 | 117.1 | 99.4 | 99.2 | 54.0 | 122.1 | 100 | 99.6 | 99.8 | 38.9 | 99.8 | 99.2 | 100 | 0.856 | 0.116 | 0.957 | 14.0 | 22.0 |
| 7มี.ค. | 40° | 98.8 | 111.6 | 99.4 | 98.8 | 48.4 | 95.9 | 100 | 99.4 | 99.6 | 39.6 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.848 | 0.066 | 0.922 | 12.0 | 23.0 |
| 24มี.ค. | 40° | 99.0 | 121.2 | 99.4 | 99.0 | 51.6 | 110.7 | 100 | 99.4 | 99.6 | 46.3 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.876 | 0.188 | 0.974 | 16.0 | 30.0 |
| 19มี.ย. | 80° | 98.8 | 119.4 | 99.6 | 99.0 | 44.2 | 132.3 | 100 | 99.4 | 99.6 | 37.3 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.756 | 0.149 | 0.965 | 9.0 | 16.0 |
| 20มี.ย. | 80° | 98.8 | 119.4 | 99.6 | 99.0 | 43.6 | 128.4 | 100 | 99.4 | 99.6 | 37.2 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.769 | 0.187 | 0.956 | 10.5 | 16.5 |
| 26มี.ค. | 70° | 98.8 | 113.5 | 99.4 | 99.0 | 49.5 | 118.8 | 100 | 99.4 | 99.6 | 40.7 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.816 | 0.203 | 0.982 | 11.0 | 16.0 |
| 27มี.ค. | 70° | 98.8 | 111.4 | 99.4 | 99.6 | 55.4 | 111.5 | 100 | 99.4 | 99.6 | 46.3 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.863 | 0.188 | 0.974 | 10.5 | 16.0 |
| 28มี.ค. | 70° | 98.8 | 111.9 | 99.4 | 99.0 | 56.2 | 127.4 | 100 | 99.6 | 99.8 | 46.5 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.846 | 0.244 | 0.958 | 12.0 | 17.5 |
| 21มี.ย. | 60° | 98.8 | 112.6 | 99.2 | 99.0 | 46.4 | 116.6 | 100 | 99.4 | 99.6 | 41.5 | 99.8 | 99.2 | 100 | 0.808 | 0.145 | 0.964 | 13.0 | 22.0 |
| 22มี.ย. | 60° | 98.8 | 117.1 | 99.2 | 99.0 | 39.8 | 129.4 | 100 | 99.4 | 99.6 | 42.7 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.884 | 0.134 | 0.959 | 10.0 | 24.0 |
| 23มี.ย. | 50° | 98.8 | 116.2 | 99.2 | 99.0 | 44.2 | 114.4 | 100 | 99.4 | 99.6 | 40.1 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.790 | 0.047 | 0.938 | 12.5 | 24.0 |
| 27มี.ย. | 50° | 98.8 | 116.8 | 99.2 | 99.0 | 47.9 | 114.3 | 100 | 99.4 | 99.6 | 38.7 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.701 | 0.076 | 0.944 | 13.0 | 24.0 |
| 5ก.ค. | 40° | 98.8 | 112.7 | 99.2 | 99.0 | 48.9 | 106.2 | 100 | 99.4 | 99.6 | 39.8 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.716 | 0.074 | 0.974 | 14.0 | 21.0 |
| 1ส.ค. | 40° | 98.8 | 114.8 | 99.2 | 99.0 | 47.2 | 110.8 | 100 | 99.4 | 99.6 | 39.6 | 99.6 | 99.2 | 100 | 0.761 | 0.120 | 0.896 | 11.0 | 22.0 |

ตารางที่ ข - 8 ตั้งแต่ 23 ก.พ. ถึง 24 มี.ค. เป็นข้อมูลหลังปรับปรุงเตา
ตั้งแต่ 26 มี.ค. ถึง 1 ส.ค. เป็นข้อมูลปรับปรุงดินสักรัน

น้ำหนักน้ำที่หม้อขนาดใหญ่ 2 kg
น้ำหนักน้ำที่หม้อขนาดเล็ก 0.8 kg
น้ำหนักไม้ 1 kg

ตารางที่ ข - 8 (ต่อ)

| วันที่ | มุมของ กระจังลม | t (min) | จุดที่มีอุณหภูมิต่ำสุด ของน้ำในหม้อ(°c) | | T _o (°c) | T _e (°c) | T _{S2,av} (°c) | T _{S5,av} (°c) | T _{S6,av} (°c) | T _{S10,av} (°c) | W _{1,av} (kg) | W _{2,av} (kg) | m' _{av} (kg) | t _{1,av} (min) | t _{2,av} (min) | t _{av} (min) | T _{e,av} (°c) |
|--------|--------------------|------------|--|------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------|---------------------------|
| | | | ใหญ่ | เล็ก | | | | | | | | | | | | | |
| 23ก.พ. | 90° | 52 | 97.2 | 97.6 | 29.4 | 126.66 | 107.2 | 53.9 | 107.3 | 42.3 | 0.748 | 0.121 | 0.940 | 12.0 | 41.0 | 53.5 | 125.27 |
| 24ก.พ. | 90° | 55 | 98.8 | 98.2 | 29.0 | 123.88 | | | | | | | | | | | |
| 25ก.พ. | 80° | 47 | 97.0 | 97.6 | 28.2 | 193.40 | 159.0 | 50.9 | 98.0 | 42.4 | 0.875 | 0.120 | 0.951 | 12.0 | 16.5 | 46.5 | 191.20 |
| 1ค.ค. | 80° | 46 | 97.6 | 96.8 | 28.4 | 189.00 | | | | | | | | | | | |
| 11ค.ค. | 70° | 45 | 97.4 | 97.8 | 28.2 | 237.88 | 117.9 | 49.9 | 122.2 | 40.9 | 0.864 | 0.159 | 0.972 | 11.3 | 15.0 | 43.5 | 268.73 |
| 12ค.ค. | 70° | 42 | 97.0 | 97.2 | 29.4 | 299.58 | | | | | | | | | | | |
| 3ค.ค. | 60° | 39 | 96.8 | 96.6 | 28.6 | 288.03 | 115.0 | 51.5 | 116.1 | 39.3 | 0.827 | 0.105 | 0.963 | 11.0 | 17.5 | 37.0 | 286.34 |
| 13ค.ค. | 60° | 35 | 97.0 | 96.8 | 28.8 | 284.64 | | | | | | | | | | | |
| 4ค.ค. | 50° | 42 | 97.0 | 99.8 | 27.8 | 306.62 | 115.4 | 54.3 | 114.9 | 39.8 | 0.829 | 0.105 | 0.954 | 13.0 | 23.5 | 41.5 | 308.13 |
| 23ค.ค. | 50° | 41 | 97.2 | 96.0 | 28.6 | 309.64 | | | | | | | | | | | |
| 7ค.ค. | 40° | 47 | 98.6 | 96.8 | 28.2 | 161.81 | 116.4 | 50.0 | 103.3 | 43.0 | 0.862 | 0.127 | 0.948 | 14.0 | 26.5 | 48.0 | 157.46 |
| 24ค.ค. | 40° | 49 | 98.4 | 97.0 | 30.6 | 153.11 | | | | | | | | | | | |
| 19ค.ย. | 80° | 32 | 97.6 | 97.2 | 31.2 | 255.54 | 119.4 | 43.9 | 130.4 | 37.3 | 0.763 | 0.168 | 0.961 | 9.8 | 16.3 | 33.0 | 262.51 |
| 20ค.ย. | 80° | 34 | 97.8 | 97.2 | 30.0 | 269.48 | | | | | | | | | | | |
| 26ค.ย. | 70° | 35 | 97.4 | 97.0 | 31.0 | 239.73 | 112.3 | 53.7 | 119.2 | 44.5 | 0.842 | 0.212 | 0.971 | 11.2 | 16.5 | 42.3 | 245.28 |
| 27ค.ย. | 70° | 45 | 97.0 | 96.8 | 30.0 | 272.05 | | | | | | | | | | | |
| 28ค.ย. | 70° | 47 | 96.8 | 98.6 | 30.0 | 224.05 | | | | | | | | | | | |
| 21ค.ย. | 60° | 45 | 97.2 | 97.4 | 29.2 | 272.20 | 114.9 | 43.1 | 123.0 | 42.1 | 0.846 | 0.140 | 0.962 | 11.5 | 23.0 | 44.0 | 242.44 |
| 22ค.ย. | 60° | 43 | 97.4 | 96.8 | 30.6 | 212.68 | | | | | | | | | | | |
| 23ค.ย. | 50° | 37 | 97.4 | 97.2 | 30.2 | 281.05 | 116.5 | 46.1 | 114.4 | 39.4 | 0.746 | 0.062 | 0.941 | 12.8 | 24.0 | 34.5 | 252.19 |
| 27ค.ย. | 50° | 32 | 97.0 | 97.0 | 30.4 | 223.33 | | | | | | | | | | | |
| 5ค.ค. | 40° | 36 | 97.6 | 99.6 | 32.0 | 240.82 | 113.8 | 48.1 | 108.5 | 39.7 | 0.739 | 0.097 | 0.935 | 13.0 | 21.5 | 37.5 | 250.10 |
| 1ส.ค. | 40° | 39 | 97.4 | 99.0 | 30.4 | 259.37 | | | | | | | | | | | |

av = average

ประวัติการศึกษา

| | |
|--------------|-----------------------|
| ชื่อ | นายวิทยา ชัดติยะวิทย์ |
| วุฒิการศึกษา | วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต |
| สถานศึกษา | สงขลานครินทร์ |
| ปีที่สำเร็จ | 2519 |



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย