

ภาคผนวก ก

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการต้มตั้งแต่เริ่มต้มจนถึงน้ำเดือดของหม้อแบบมีปล่อง

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				เวลา (นาที)
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
30	29.7	29.3	29.67	0
33.7	33.8	32.9	33.47	5
40.0	39.0	39.7	39.57	10
48.1	47.3	47.7	47.57	15
62.1	61.8	62.1	62.0	20
70.2	69.2	69.9	69.77	25
77.0	76.1	76.5	76.53	30
84.1	82.5	83.0	83.20	35
90.5	90.0	90.2	90.23	40
99.1	99.0	99.0	99.03	45

ตารางที่ 2 ผลการทดลองต้มน้ำตั้งแต่เริ่มต้มจนถึงน้ำเดือดของหม้อแบบทั่วไป

อุณหภูมิ(องศาเซลเซียส)				เวลา (นาที)
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย	
30.2	30.0	30.0	30.07	0
33.7	33.8	34.2	33.9	5
38.3	38.9	39.2	38.8	10
46.1	46.7	46.5	46.43	15
53.8	53.9	54.1	53.9	20
61.1	61.6	61.7	61.47	25
68.9	69.0	69.1	69.0	30
75.2	75.5	75.9	75.53	35
81.7	81.8	82.1	81.87	40
87.5	88.1	88.0	87.87	45
92.9	93.1	93.2	94.6	50
97.3	97.7	98.0	97.67	55
98.9	99.0	99.1	99.0	60

ตารางที่ 3 ผลการทดลองตมน้ำในช่วงน้ำเดือดของหม้อแบบมีใบตอง

Δm_r (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	2085	0.96	34	31.8	2.2	57.1	2010	0.995	34	31.9	2.1	54.5	2100	0.95	34	31.8	2.2	57.1
0.2	2040	0.98	31.8	29.7	2.1	54.5	2080	0.961	31.9	29.7	2.2	57.1	2075	0.963	31.8	29.6	2.2	57.1
0.2	2075	0.963	29.7	27.5	2.2	57.1	2070	0.966	29.7	27.5	2.2	57.1	2110	0.947	29.6	27.6	2.0	51.9
0.2	2090	0.956	27.5	25.4	2.1	54.5	2020	0.990	27.5	25.4	2.1	54.5	2030	0.985	27.6	25.5	2.1	54.5
0.2	2055	0.973	25.4	23.3	2.1	54.5	2050	0.975	25.4	23.4	2.0	51.9	2090	0.957	25.5	23.5	2.0	51.9
เฉลี่ย		9.66				55.54		0.974				55.02		0.96				54.5

ค่าเฉลี่ย
$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)
$\eta_{o,p}$ %
0.968
55.02

Δm_r (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	880	2.27	34	31.7	2.3	59.7	835	2.40	34	31.7	2.3	59.7	850	2.35	34	31.8	2.2	57.1
0.2	850	2.35	31.7	29.3	2.4	62.3	855	2.34	31.7	29.5	2.2	57.1	840	2.38	31.8	29.6	2.2	57.1
0.2	877	2.28	29.3	27.1	2.2	57.1	870	2.30	29.5	27.1	2.4	62.3	854	2.34	29.6	27.3	2.3	59.7
0.2	830	2.40	27.1	24.9	2.2	57.1	836	2.40	27.1	24.9	2.2	57.1	861	2.32	27.3	25.1	2.2	57.1
0.2	870	2.30	24.9	22.6	2.3	59.7	895	2.23	24.9	22.6	2.3	59.7	870	2.30	25.1	23.8	2.3	59.7
เฉลี่ย		2.32				59.18		2.334				59.18		2.32				58.14

ค่าเฉลี่ย	
$m_r \times 10^{-4}$ (kg/sec)	$\eta_{o,p}$ %
2.323	58.83

Δm_f (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	1340	1.49	34	31.8	2.2	57.1	1280	1.56	34	31.7	2.3	59.7	1300	1.54	34	31.8	2.2	57.1
0.2	1300	1.54	31.8	29.5	2.3	59.7	1320	1.51	31.7	29.5	2.2	57.1	1310	1.53	31.8	29.5	2.3	59.7
0.2	1250	1.6	29.5	27.4	2.1	54.5	1250	1.60	29.5	27.3	2.2	57.1	1260	1.59	29.5	27.3	2.2	57.1
0.2	1290	1.55	27.4	25.1	2.3	59.7	1300	1.53	27.3	25.2	2.1	54.5	1240	1.61	27.3	25.2	2.1	54.5
0.2	1275	1.56	25.1	23.0	2.1	54.5	1290	1.55	25.2	23.0	2.2	57.1	1280	1.56	25.2	23.0	2.2	57.1
เฉลี่ย		1.548				57.1		1.55				57.1		1.566				57.1

ค่าเฉลี่ย
$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)
1.5546
$\eta_{o,p}$ %
57.1

ตารางที่ 4 ผลการทดลองต้มน้ำในช่วงน้ำเดือดของหม้อแบบทั่วไป

Δm_f (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_i (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_i (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_i (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	2100	0.950	34	32.2	1.8	46.7	2020	0.990	34	32.3	1.7	44.1	2120	0.943	34	31.1	1.9	49.3
0.2	2050	0.976	32.2	30.4	1.8	46.7	2060	0.971	32.3	30.5	1.8	46.7	2100	0.930	32.1	30.2	1.9	49.3
0.2	2070	0.966	30.4	28.5	1.9	49.3	2090	0.957	30.5	28.6	1.9	49.3	2090	0.940	30.2	28.4	1.8	46.7
0.2	2030	0.985	28.5	26.8	1.7	44.1	2030	0.985	28.6	26.7	1.7	44.1	2050	0.975	28.4	26.7	1.7	44.1
0.2	2080	0.962	26.8	24.9	1.9	49.3	2100	0.952	26.7	24.9	1.8	46.7	2070	0.966	26.7	25.0	1.7	44.1
เฉลี่ย		0.9678				47.22		0.971				46.18		0.951				46.7

ค่าเฉลี่ย
$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)
0.9632
$\eta_{o,p}$ %
46.7

Δm_f (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	850	2.35	34	31.9	2.1	54.5	880	2.27	34	32	2.0	51.9	870	2.30	34	32	2.0	51.9
0.2	870	2.30	31.9	29.9	2.0	51.9	870	2.30	32	29.9	2.1	54.5	850	2.35	32	29.9	2.1	54.5
0.2	830	2.41	29.9	27.8	2.1	54.5	840	2.38	29.9	27.8	2.1	54.5	860	2.33	29.9	27.9	2.0	51.9
0.2	890	2.25	27.8	25.8	2.0	51.9	870	2.30	27.8	25.7	2.0	51.9	830	2.41	27.9	25.8	2.1	54.5
0.2	880	2.27	25.8	23.8	2.0	51.9	890	2.25	23.7	23.7	2.0	51.9	850	2.35	25.8	23.8	2.1	54.5
เฉลี่ย		2.316				52.94		2.30				52.94		2.332				53.46

ค่าเฉลี่ย
$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)
$\eta_{o,p}$ %
2.316
53.11

Δm_f (kg)	ครั้งที่ 1						ครั้งที่ 2						ครั้งที่ 3					
	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %	Δt (sec)	$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)	H_1 (cm)	H_2 (cm)	ΔH (cm)	$\eta_{o,p}$ %
0.2	1240	1.61	34	32.1	1.9	49.3	1290	1.55	34	32.1	1.9	49.3	1300	1.53	34	32.1	1.9	49.3
0.2	1280	1.56	32.1	30.1	2.0	51.9	1280	1.56	32.1	30.2	1.9	49.3	1320	1.51	32.1	30.2	1.9	49.3
0.2	1260	1.59	30.1	28.2	1.9	49.3	1290	1.55	30.2	28.2	2.0	51.9	1250	1.60	30.2	28.2	2.0	51.9
0.2	1300	1.53	28.2	26.3	1.9	49.3	1250	1.6	28.2	26.3	1.9	49.3	1290	1.55	28.2	26.2	2.0	51.9
0.2	1315	1.52	26.3	24.3	2.0	51.9	1300	1.53	26.3	24.3	2.0	51.9	1310	1.52	26.2	24.2	2.0	51.9
เฉลี่ย		1.562				50.34		1.55				50.34		1.542				50.86

ค่าเฉลี่ย
$m_f \times 10^{-4}$ (kg/sec)
1.5540
$\eta_{o,p}$ %
50.51

ภาคผนวก ข

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นกับเวลา

เวลาในการต้ม	อุณหภูมิ	
	หม้อแบบทั่วไป	หม้อแบบมีปล่อง
เริ่มต้น	29.7	29.5
5	35.3	32.6
10	39.2	39.9
15	46.5	47.7
20	54.1	62.1
25	61.7	69.9
30	69.1	76.5
35	75.9	83.0
40	82.1	90.2
45	88.0	99.1
50	93.2	99.1
55	98.0	99.1
60	99.3	99.1

ตารางที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการใช้ก๊าซหุงต้มกับประสิทธิภาพของหม้อ
ถ้วยเต็ว

อัตราการใช้ ก๊าซเชื้อเพลิง $\times 10^{-4}$	ประสิทธิภาพหม้อถ้วยเต็ว (%)	
	หม้อแบบทั่วไป	หม้อแบบมีปล่อง
0.96	46.7	55.02
1.55	50.51	57.1
2.32	53.11	58.83



ภาคผนวก ค

ตัวอย่างการคำนวณประสิทธิภาพของหม้อก๋วยเตี๋ยว

จากผลการทดลองเราได้นำมาหาค่าประสิทธิภาพของหม้อก๋วยเตี๋ยวดังนี้

จากตารางคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกเราสามารถหาค่าต่างๆที่อุณหภูมิ 100°C ได้ดังนี้

$$v_{g1} = 1.6729 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$v_{f1} = 0.001004 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_{g2} = 2,676.0 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$h_{f2} = 419.02 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

จากการทดลองจะได้ค่าคุณสมบัติต่างๆดังนี้

$$d = 0.385 \text{ m}$$

$$H_1 = 0.34 \text{ m}$$

$$H_2 = 0.322 \text{ m}$$

$$V_1 := \frac{\pi d^2 H_1}{4}$$

$$V_1 = 0.04 \text{ m}^3$$

$$V_2 := \frac{\pi d^2 H_2}{4}$$

$$V_2 = 0.037 \text{ m}^3$$

$$m_1 := \frac{V_1}{v_{f1}}$$

$$m_1 = 39.424 \text{ kg}$$

$$m_{2f} := \frac{V_2}{v_{f1}}$$

$$m_{2f} = 37.336 \text{ kg}$$

$$m_{2g} := \frac{V_1 - V_2}{v_{g1}}$$

$$m_{2g} = 1.253 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$m_2 := m_{2f} + m_{2g}$$

$$m_2 = 37.338 \text{ kg}$$

$$\eta_{\text{comb}} = 0.7$$

$$\text{LHV} = 50383.95 \times 10^3 \text{ J/kg}$$

$$m_f = 0.2 \text{ kg}$$

จากค่าคุณสมบัติต่างๆที่ได้เราสามารถหาประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำได้จากสมการ

$$\eta_p := \frac{(m_1 - m_2) (h_{g2} - h_{f2})}{m_f \text{ LHV}}$$

$$\eta_p = 0.467$$

ประสิทธิภาพของหม้อไอน้ำที่สร้างมีค่าเท่ากับ 46.7%



ภาคผนวก ง

ตารางที่ 7 ตารางคุณสมบัติทางอุณหพลวัตของไอน้ำ

Temp. °C T	Press. MPa P	Specific Volume m ³ /kg		Internal Energy kJ/kg			Enthalpy kJ/kg			Entropy kJ/kg K		
		Sat. Liquid v _f	Sat. Vapor v _g	Sat. Liquid u _f	Evap. u _{fg}	Sat. Vapor u _g	Sat. Liquid h _f	Evap. h _{fg}	Sat. Vapor h _g	Sat. Liquid s _f	Evap. s _{fg}	Sat. Vapor s _g
100	0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698
200	1.5538	0.001 157	0.127 36	850.65	1744.7	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	4.1014	6.4323
205	1.7230	0.001 164	0.115 21	873.04	1724.5	2597.5	875.04	1921.0	2796.0	2.3780	4.0172	6.3952
210	1.9062	0.001 173	0.104 41	895.53	1703.9	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	3.9337	6.3585

ตารางที่ 8 Metallic Solids

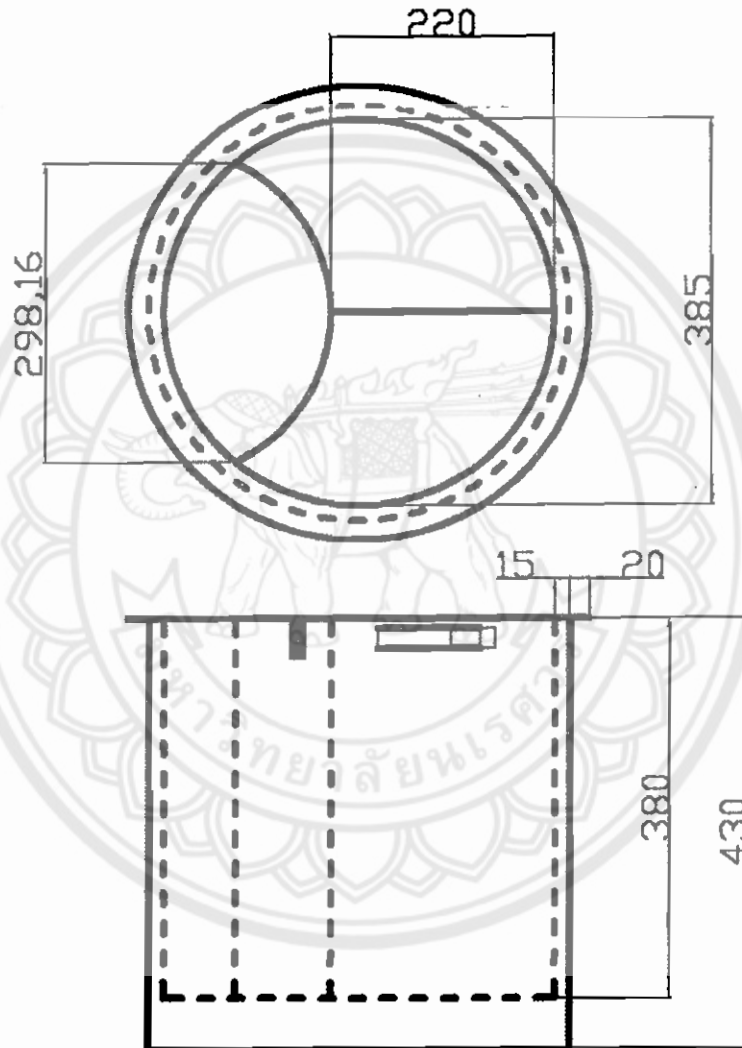
Metals: Alloys	Properties at 20°C (293 K)				Thermal conductivity k (W/m·K) ^a						
	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	k (W/m·K)	α (cm ² /s)	-100°C (173 K)	0°C (273 K)	100°C (373 K)	200°C (473 K)	400°C (673 K)	600°C (873 K)	1000°C (1273 K)
Gold	19300	0.129	315	1.27		318		309			
Iron											
Pure	7897	0.452	73	0.205	87	73	67	62	48	40	35
Cast (5% C)	7272	0.420	52	0.170							
Carbon steel, 0.5% C	7833	0.465	54	0.148		55	52	48	42	35	29
1.0% C	7801	0.473	43	0.117		43	43	42	36	33	28
1.5% C	7753	0.486	36	0.097		36	36	36	33	31	28
Chrome steel, 1% Cr	7865	0.460	61	0.167		62	55	52	42	36	33
5% Cr	7833	0.460	40	0.111		40	38	36	33	29	29
20% Cr	7689	0.460	22	0.064		22	22	22	24	24	29
Chrome-Nickel steel,											
15% Cr, 10% Ni	7865	0.460	19	0.053							
20% Cr, 15% Ni	7833	0.460	15.1	0.042							
Invar (36% Ni)	8137	0.460	10.7	0.029							
Manganese steel, 1% Mn	7865	0.460	50	0.139							
5% Mn	7849	0.460	22	0.064							
Nickel-Chrome steel											
80% Ni, 15% Cr	8522	0.460	17	0.045							
20% Ni, 15% Cr	7865	0.460	14	0.039		14	15.1	15.1	17	19	
Silicon steel, 1% Si	7769	0.460	42	0.116							
5% Si	7417	0.460	19	0.056							
Stainless steel, Type 304	7817	0.460	13.8	0.040			15	17	21	25	
Type 347	7817	0.420	15	0.044	13		16	18	20	23	28
Tungsten steel, 2% W	7961	0.444	62	0.176		62	59	54	48	45	36
10% W	8314	0.419	48	0.139							
Wrought (0.5% CH)	7849	0.460	59	0.163		59	57	52	45	36	33
Lead	11340	0.130	34.8	0.236	36.9	35.1	33.4	31.6	23.3		
Lithium	530	3.391	61	0.340		61	61				
Magnesium											
Pure	1746	1.013	171	0.970	178	171	168	163			
6-8% Al, 1-2% Zn electrolytic	1810	1.000	66	0.360		52	62	74			
2% Mn	1778	1.000	114	0.640	93	111	125	130			

ตารางที่ 9 Nonmetallic Solids

Material	T (°C)	ρ (kg/m ³)	c_p (kJ/kg·K)	k (W/m·K)	α (cm ² /s)
Soil (see also Earth)					
Dry	15	1500	1.84	1	0.004
Wet	15	1930		2	
Strawberries, dry	-18			0.59	
Sugar (fine)	0	1600	1.25	0.58	0.0029
Sulfur	20	2070	0.72	0.27	0.0018
Teflon (polytetrafluoroethylene)	20	2200	1.04	0.23	0.001
Wood, perpendicular to grain					
Ash	15	740		0.15-0.3	
Balsa	15	100		0.05	
Cedar	15	480		0.11	
Mahogany	20	700		0.16	
Oak	20	600-800	2.4	0.17-0.25	-0.0012
Pine, Fir, Spruce	20	416-421	2.72	0.15	0.0012
Plywood	20	590		0.11	
Wool					
Sheep	20	100	1.72	0.036	0.0021
Mineral	50	200	0.92	0.042	0.0025
Slag	25	200	0.8	0.05	0.0031

*Constructed based on data compiled in Refs. [1-9].

ภาคผนวก จ



NOTE : ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETRE

FACULTY OF ENGINEERING

NARESUAN UNIVERSITY

หม้อก๊วยเดี่ยวเพิ่มพื้นที่รับความร้อนด้านข้าง

scale 1:7

DN BY ME.4


DRAWING

DATE 5/6/45

PROJECT

PLATE 1

1	ตัวหม้อ
2	ปล่อง
วัสดุ	
1	สแตนเลส
2	สแตนเลส



FACUTY OF ENGINEERING		
NARESUAN UNIVERSITY		
หม้อไอน้ำเตี้ยเพิ่มพื้นที่รับความร้อนด้านข้าง		
scale 1:7	DN BY ME.4	DRAWING
DATE 5/6/45	PROJECT	PLATE 1