



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



ภาคผนวก ก
คำสำคัญ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ท่อความร้อน (Heat pipe)

ท่อความร้อน คือ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดหนึ่ง มีประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนสูง ทำงานโดยใช้หลักการถ่ายเทความร้อนจากความร้อนแฝงของสารทำงานภายในท่อความร้อน ระเหยโดยรับความร้อนจากแหล่งให้ความร้อนแล้วถ่ายเทออกที่ส่วนควบแน่น

ท่อความร้อนแบบสั่น (Oscillating Heat pipe)

ท่อความร้อนแบบสั่น คือท่อความร้อนชนิดหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการส่งถ่ายความร้อนสูงเช่นเดียวกับท่อความร้อนแบบทั่วไป ทำมาจากท่อที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเล็กๆแล้วนำมาขดไปมาเป็นโค้งเลี้ยวหลังจากนั้นเติมสารทำงานเข้าไป ทำงานโดยการเคลื่อนที่แบบสั่นของของไหลทำงานซึ่งมีการกระตุ้นการสั่นด้วยตัวเองจากแรงขับของคลื่นแรงดัน

รูปแบบการไหล (Flow Pattern)

รูปแบบการไหล คือลักษณะการเคลื่อนที่ของของไหลทำงานภายในท่อความร้อนซึ่งมีสถานะเป็นของเหลวและก๊าซ โดยแบ่งการพิจารณารูปแบบการไหลออกเป็นสองสถานะคือที่สถานะปกติและสถานะวิกฤต

สถานะวิกฤต (Critical State)

สถานะวิกฤต คือเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่วนทำระเหยสูงขึ้น จะทำให้ความดันไอเพิ่มมากขึ้นจนทำให้ก้อนของเหลวภายในท่อความร้อนไม่สามารถเคลื่อนที่มารับความร้อนที่ส่วนทำระเหยได้ จึงทำให้เกิดการแห้งขึ้นทำให้ท่อความร้อนไม่สามารถถ่ายเทความร้อนไปยังส่วนควบแน่นได้

การท่วม (Flooding)

การท่วม คือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นจากการไหลสองสถานะสวนทางกันของไอที่ระเหยกับฟิล์มของเหลวที่ไหลตามผนังท่อความร้อน เมื่อเพิ่มอัตราความร้อนขึ้น การไหลของฟิล์มตามผนังจะน้อยลงเนื่องจากแรงจากการไหลของไอที่ระเหยตัว ทำให้เกิดการกอดตัวของฟิล์มของเหลว

อัตราส่วนสกัด (Aspect Ratio)

อัตราส่วนสกัด คืออัตราส่วนระหว่างความยาวส่วนทำระเหยของท่อความร้อนต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อความร้อน



ภาคผนวก ข

การคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ของท่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตัวอย่างการคำนวณหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ของท่อความร้อนแบบสั้น
ปลายปิดโดยจะสามารถหาค่าอัตราการถ่ายเทความร้อนต่อพื้นที่ของท่อความร้อนจากสมการ
ดังต่อไปนี้

$$q = \frac{Q}{A}$$

$$Q = m c_p \Delta T$$

$$A = \pi DL$$

จากการทดลองที่ใช้สารทำงาน HP 62

เมื่อ $L_e = L_c = 50 \text{ mm}$ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 1.5 มิลลิเมตร และขนาดเส้นผ่าน
ศูนย์กลางภายนอก 4 มิลลิเมตร จำนวน 5 โค้งเลี้ยว ที่อุณหภูมิแหล่งให้ความร้อน 100°C

$$\text{อัตราการไหล (} m^0 \text{)} = 0.00241 \text{ kg/sec}$$

$$\text{ผลต่างอุณหภูมิ (} \Delta T \text{)} = 3^\circ\text{C or K}$$

$$C_p \text{ ของน้ำหล่อเย็นที่ } 20^\circ\text{C} = 4.183 \text{ kJ/kg K}$$

$$\text{แทนค่าในสมการของ } Q \text{ จะได้ } Q = (0.00241 \text{ kg/sec}) (4.183 \text{ kJ/kg K}) (3^\circ\text{C or K})$$

$$Q = 0.03024 \text{ kJ/sec}$$

แทนค่าหาพื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนในสมการของ A จะได้ $A = \pi (0.0025\text{m})(0.5\text{m})$

$$A = 0.00392\text{m}^2$$

แทนค่าของ Q และ A ในสมการของ q จะได้ $q = (0.03024 \text{ kJ/sec}) / (0.00392\text{m}^2)$

$$q = 7.71428 \text{ kW/m}^2$$

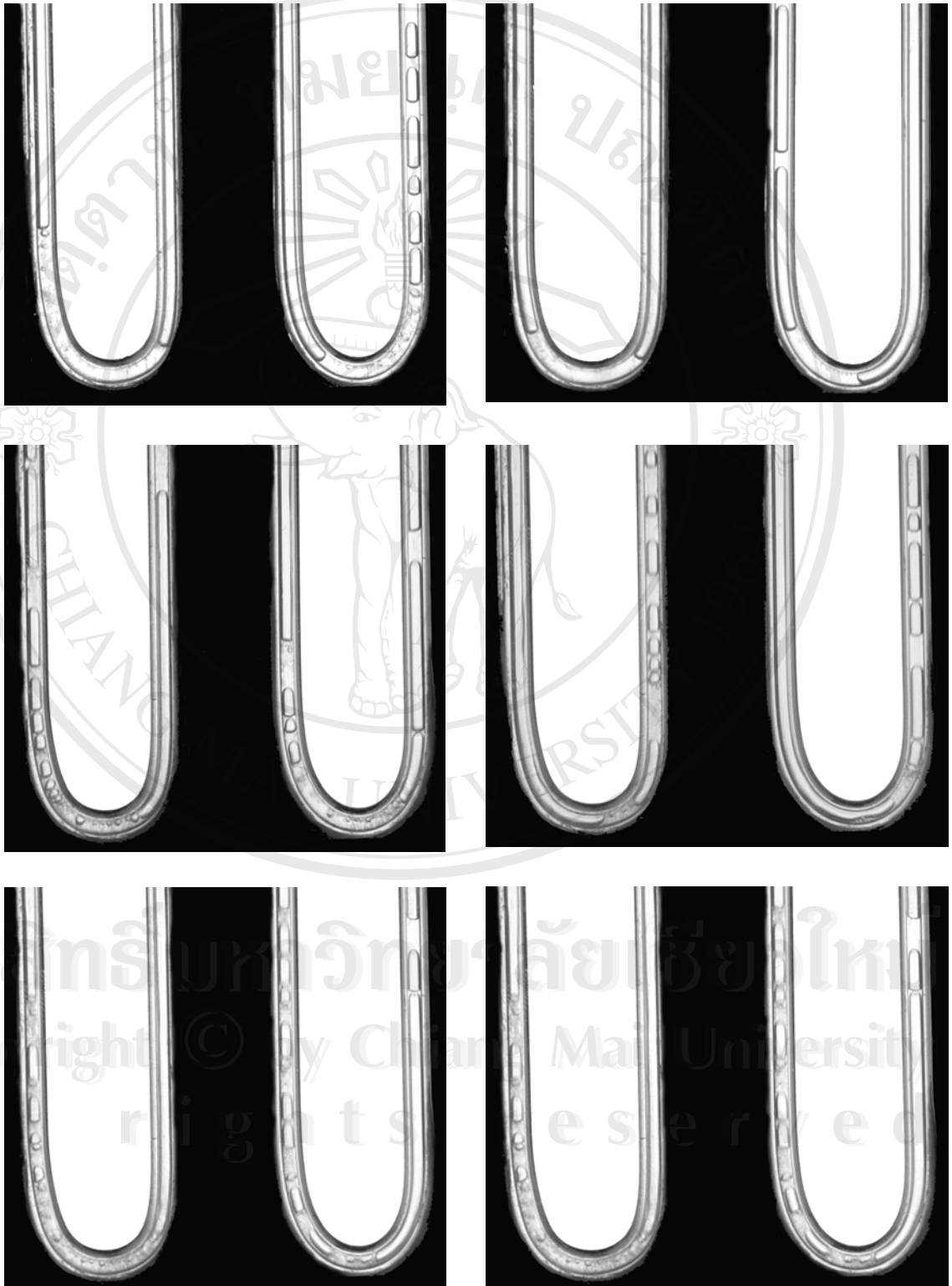


ภาคผนวก ค

แสดงรูปแบบการไหลภายในท่อความร้อนแบบสันปลายปิดที่สภาวะการทำงานวิกฤต

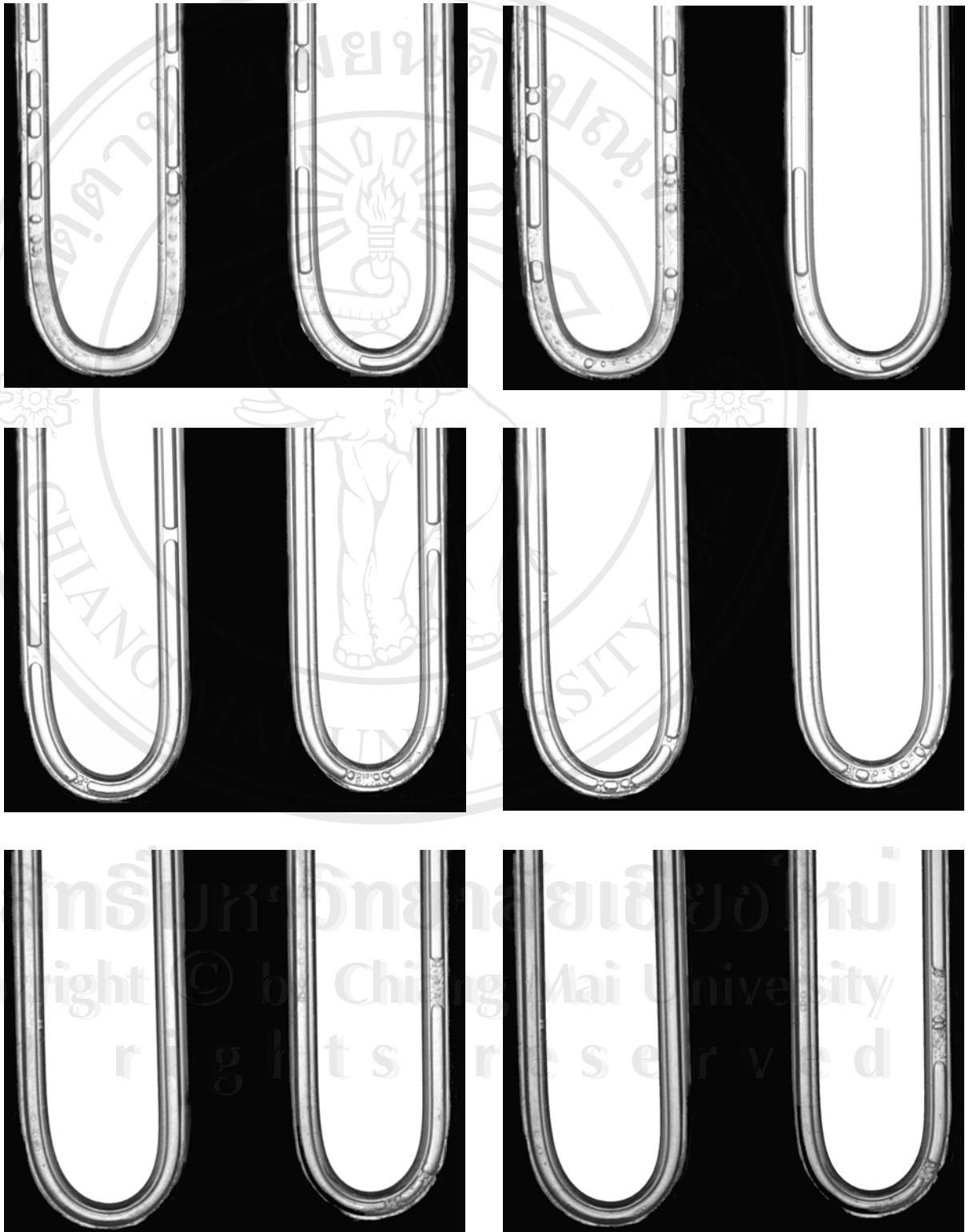
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-1 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โคน์เงี้ยว มุม 90

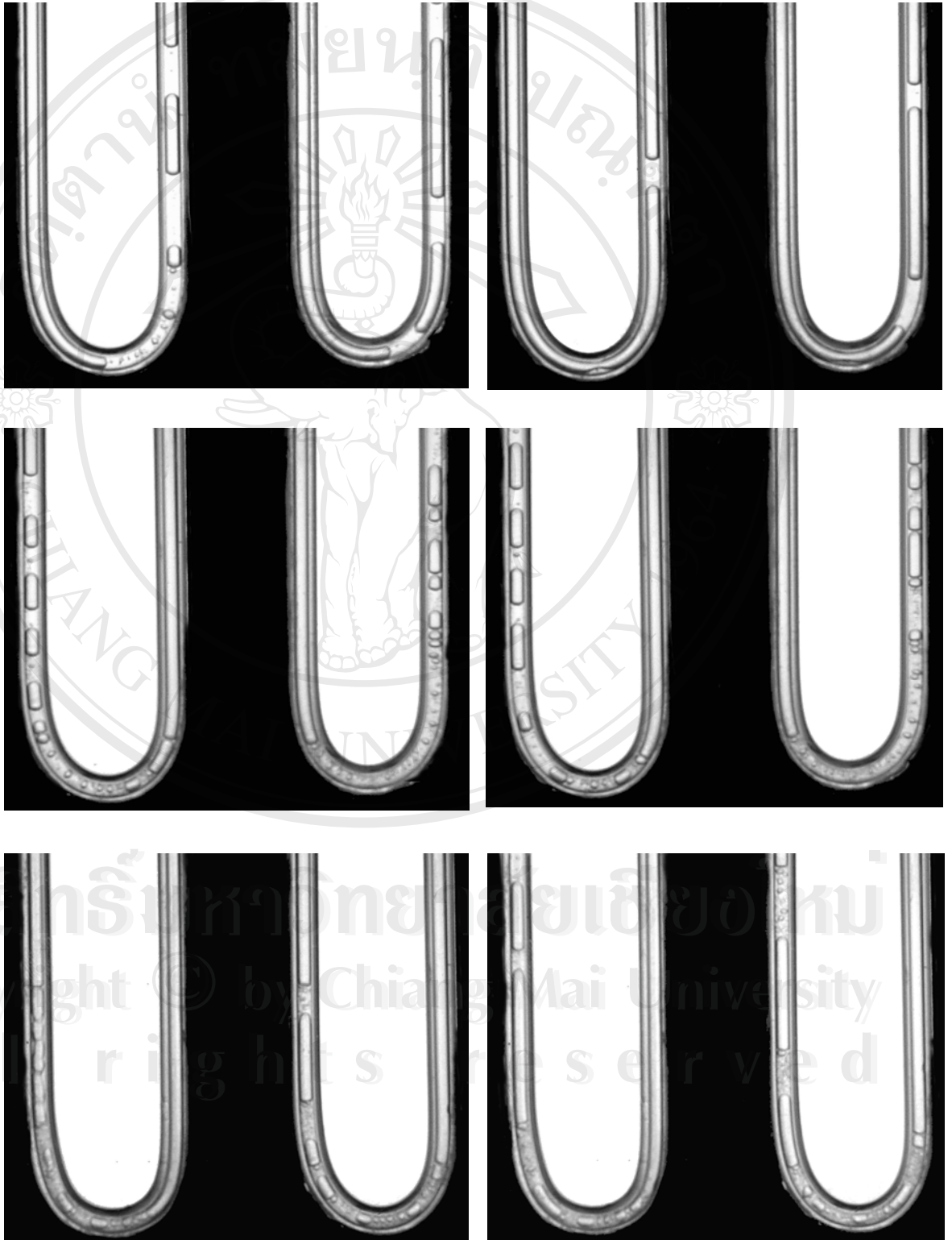


ลิขสิทธิ์บทความนี้เป็นของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-2 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โถ้งเล็ก ๆ มุม 60

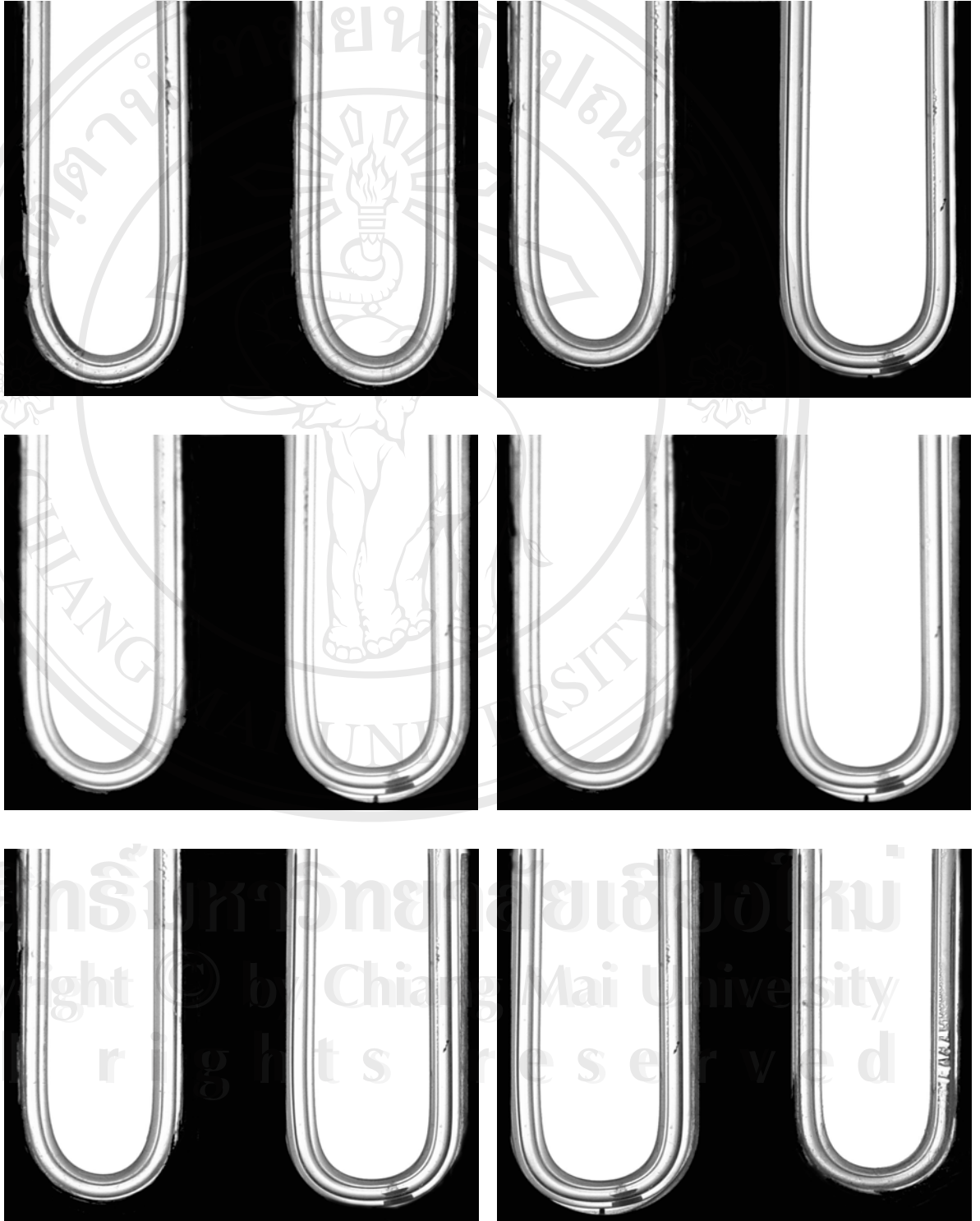


ค-3 ผลการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิดสารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โคนี่เดี่ยว มุม40

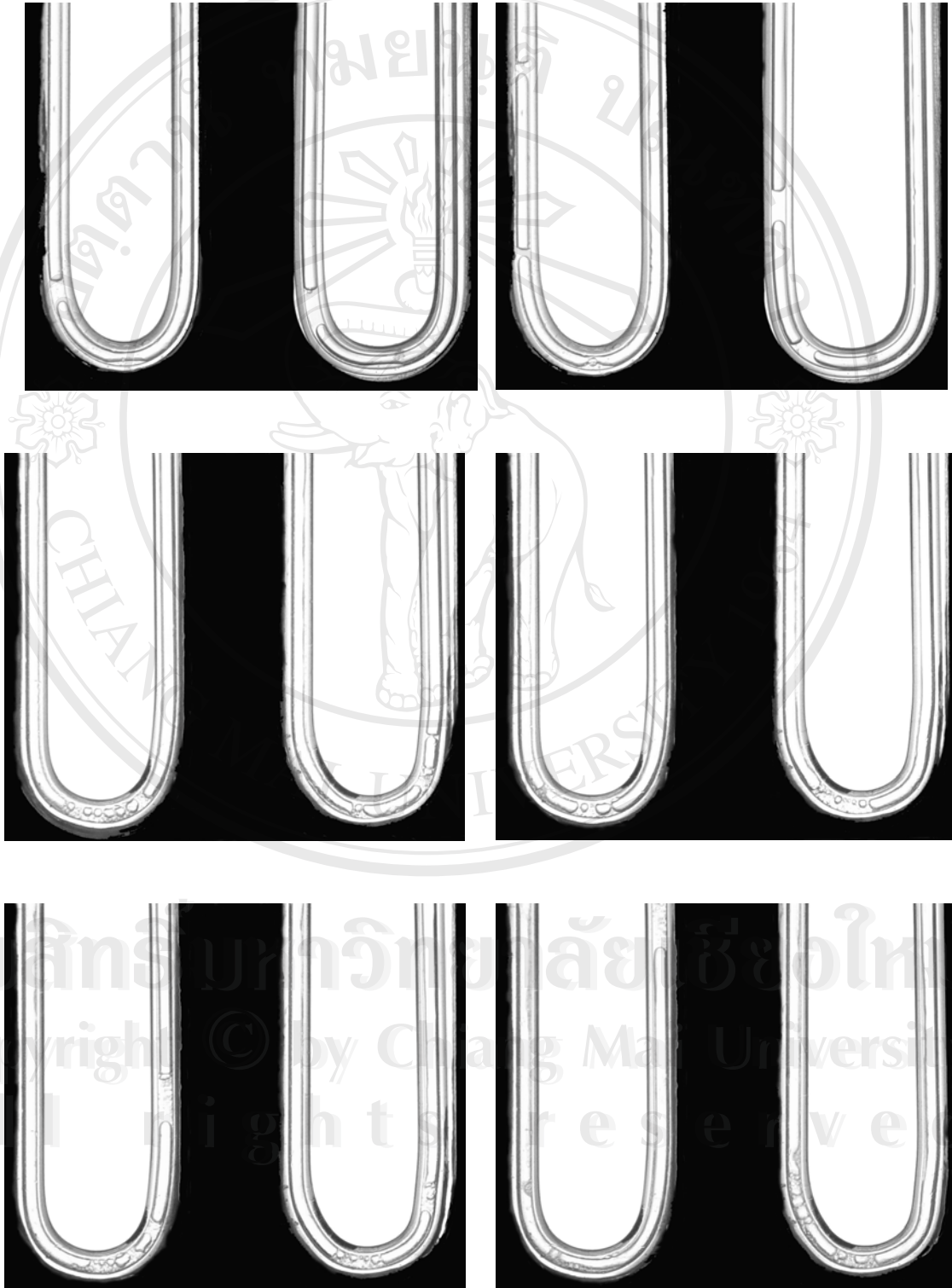


ลิขสิทธิ์ในภาพนี้สงวนไว้สำหรับ
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

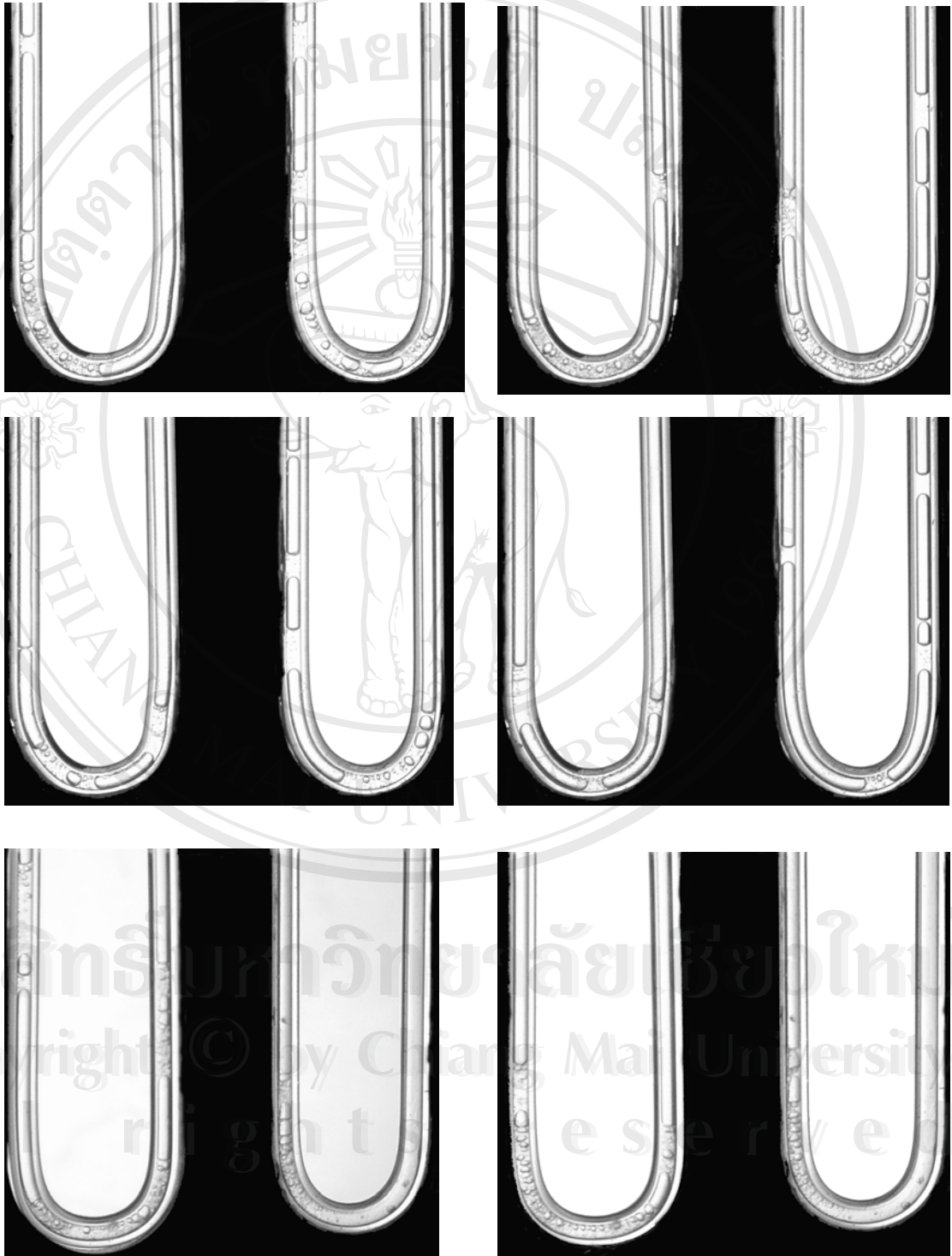
ค-4 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสันปลายปิดสารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โคน์งเดี่ยวมุม 0



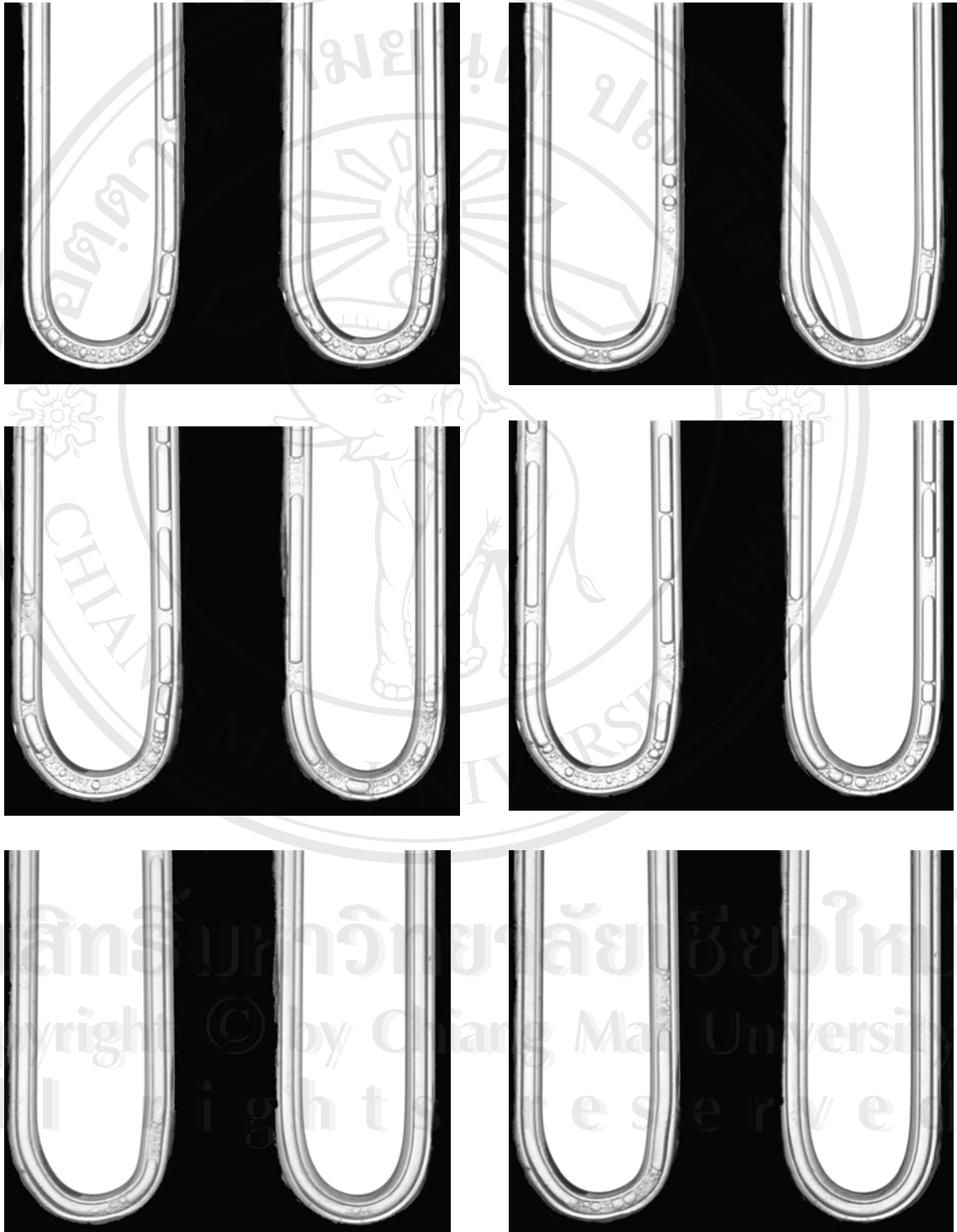
ค-5 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสันปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โคนังเลี้ยว มุม 90



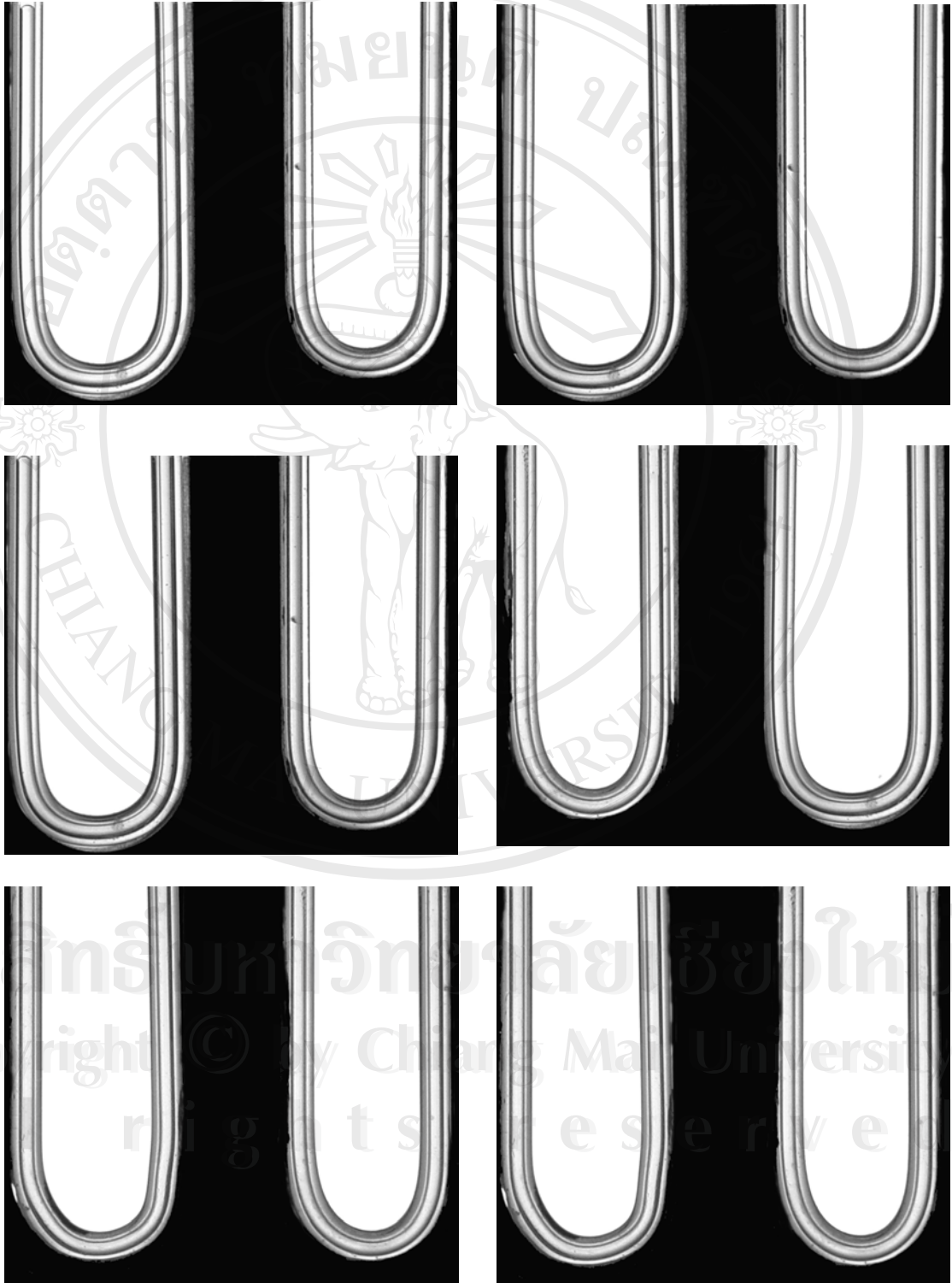
ค-6 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสันปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โถ้งเดี่ยว มุม 60



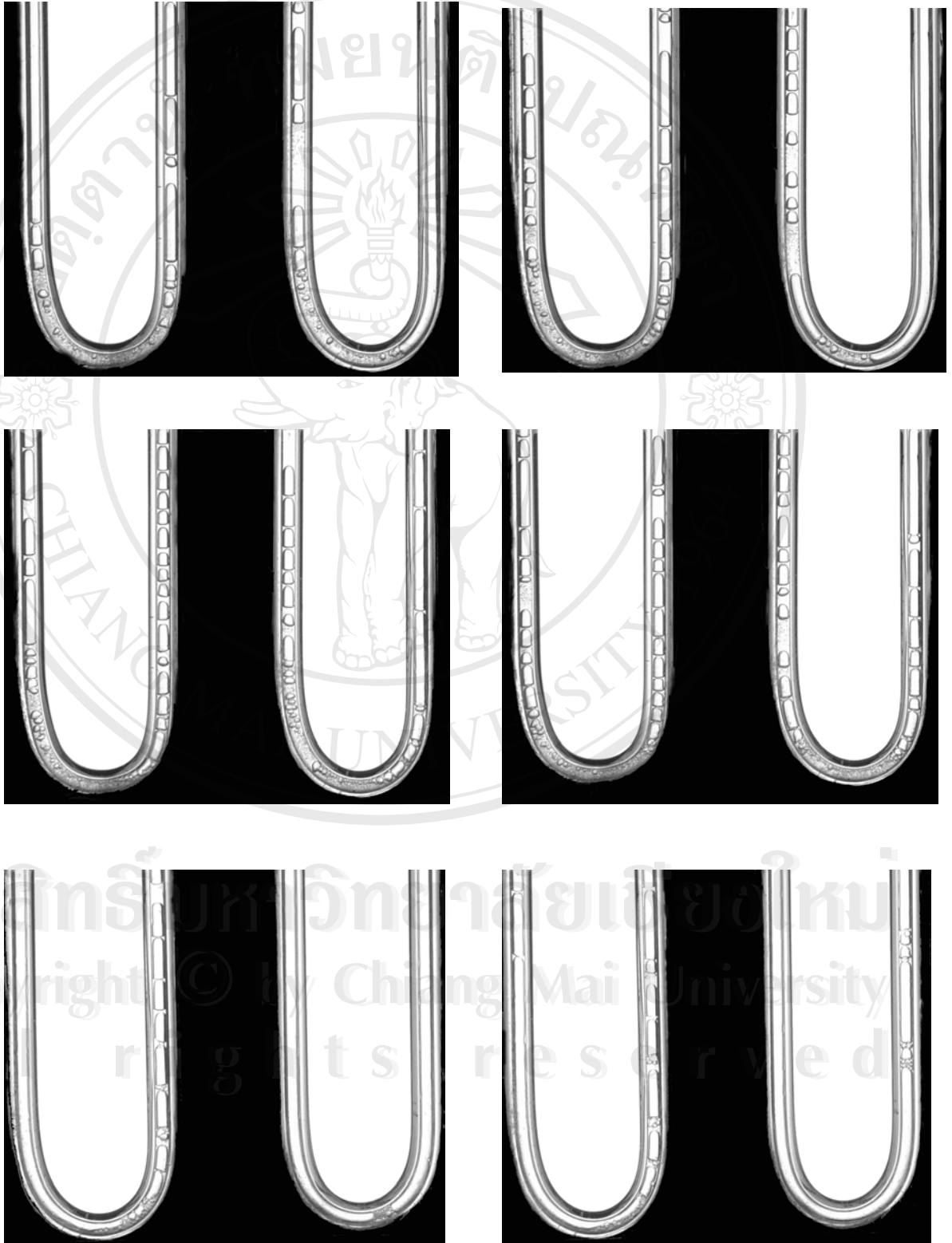
ค-7 ผลการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โท้งเลี้ยว มุม 40



ค-8 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สารทำงาน MP 39 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 ไร่้งเลียวมุม 0

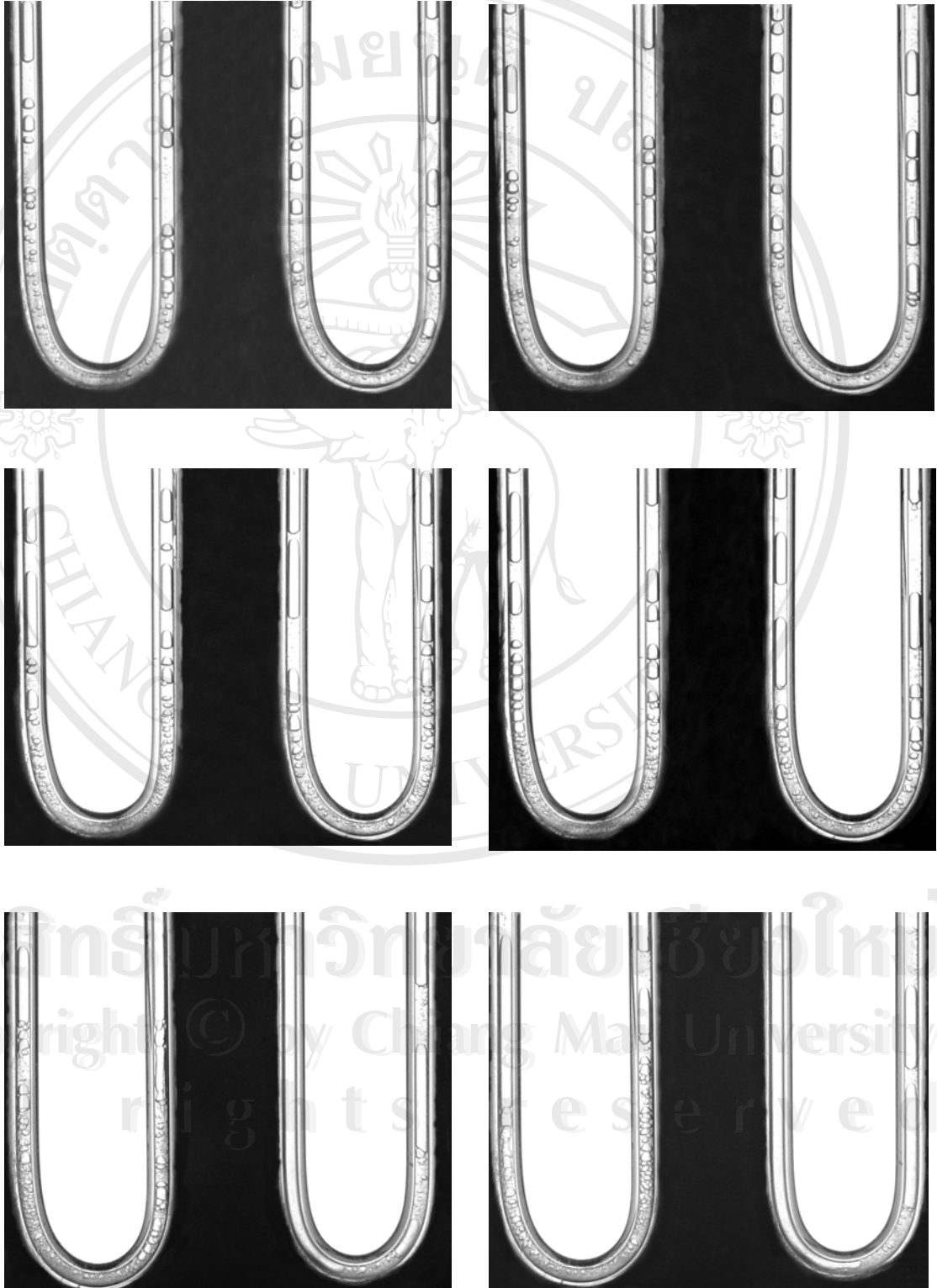


ค-9 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โคนังเดี่ยว มุม 90



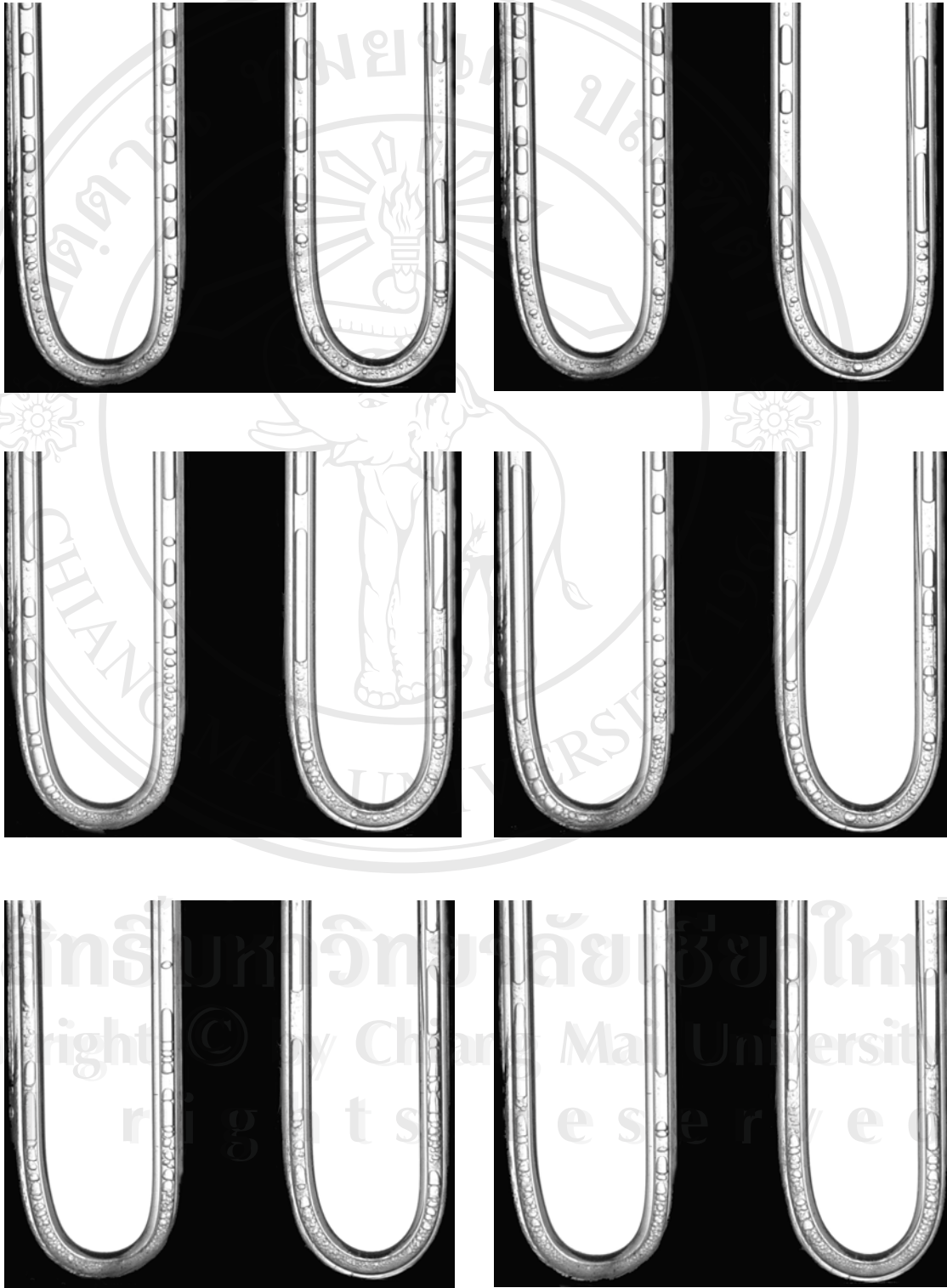
ลิขสิทธิ์ © โดย Chiang Mai University
All rights reserved

ค-10 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โถงเล็กยาว มุม 60



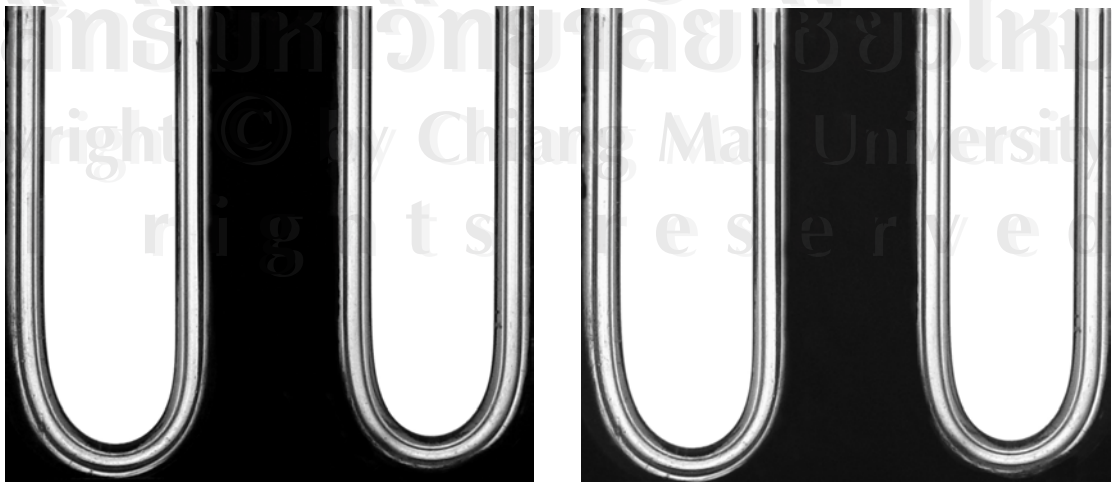
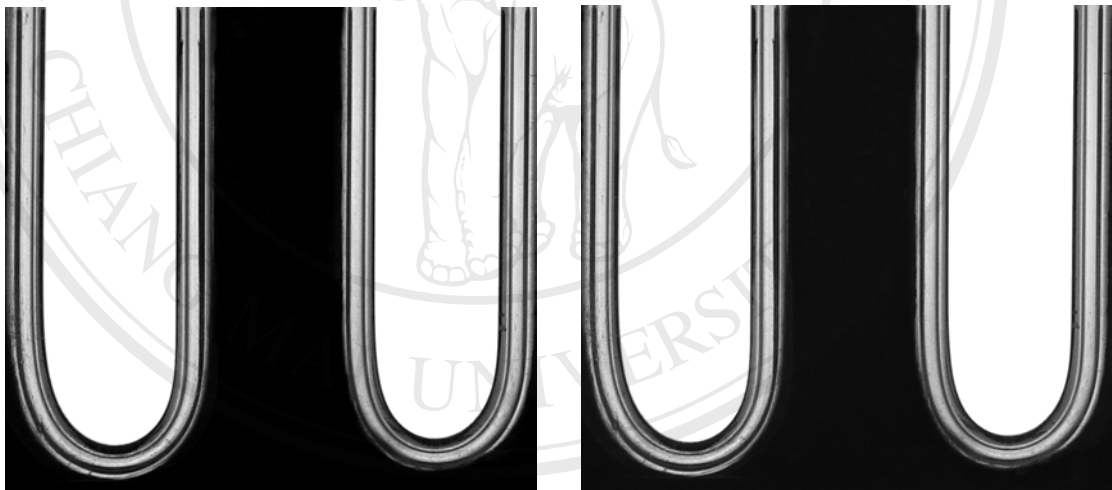
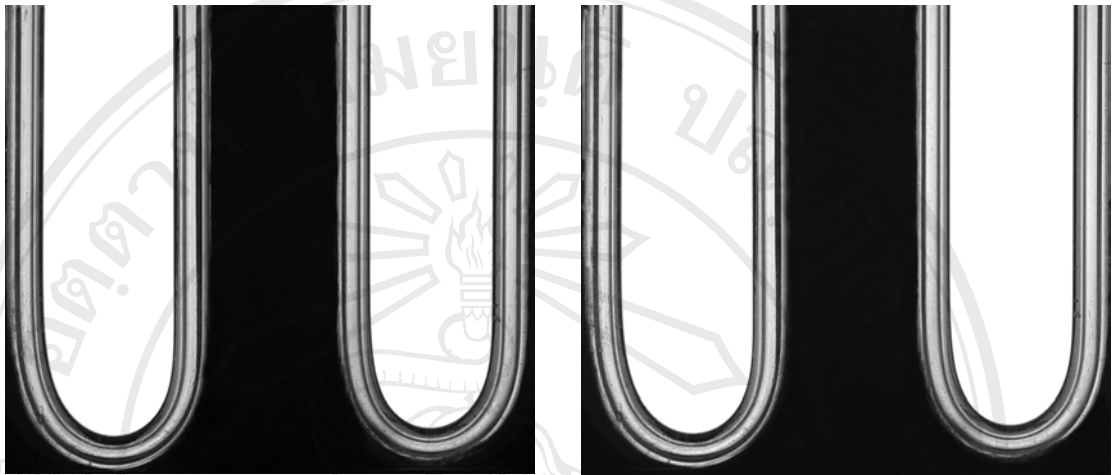
ลิขสิทธิ์ในบทความนี้สงวนไว้สำหรับ
Copyright © by Chang Mai University
All rights reserved

ค-11 ผลการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โคนังเดี่ยว มุม 40

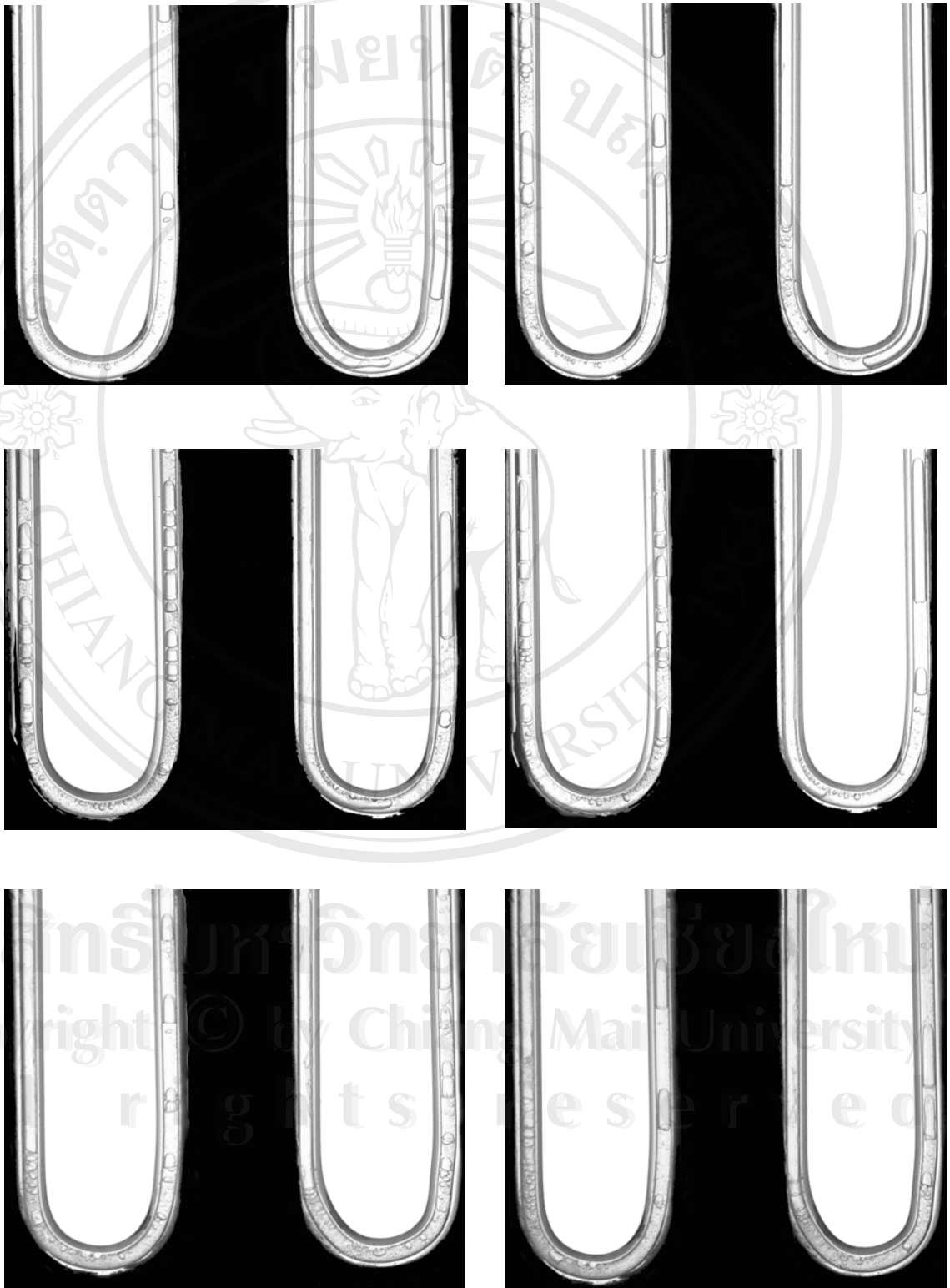


ลิขสิทธิ์ในบทความนี้สงวนไว้สำหรับ
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

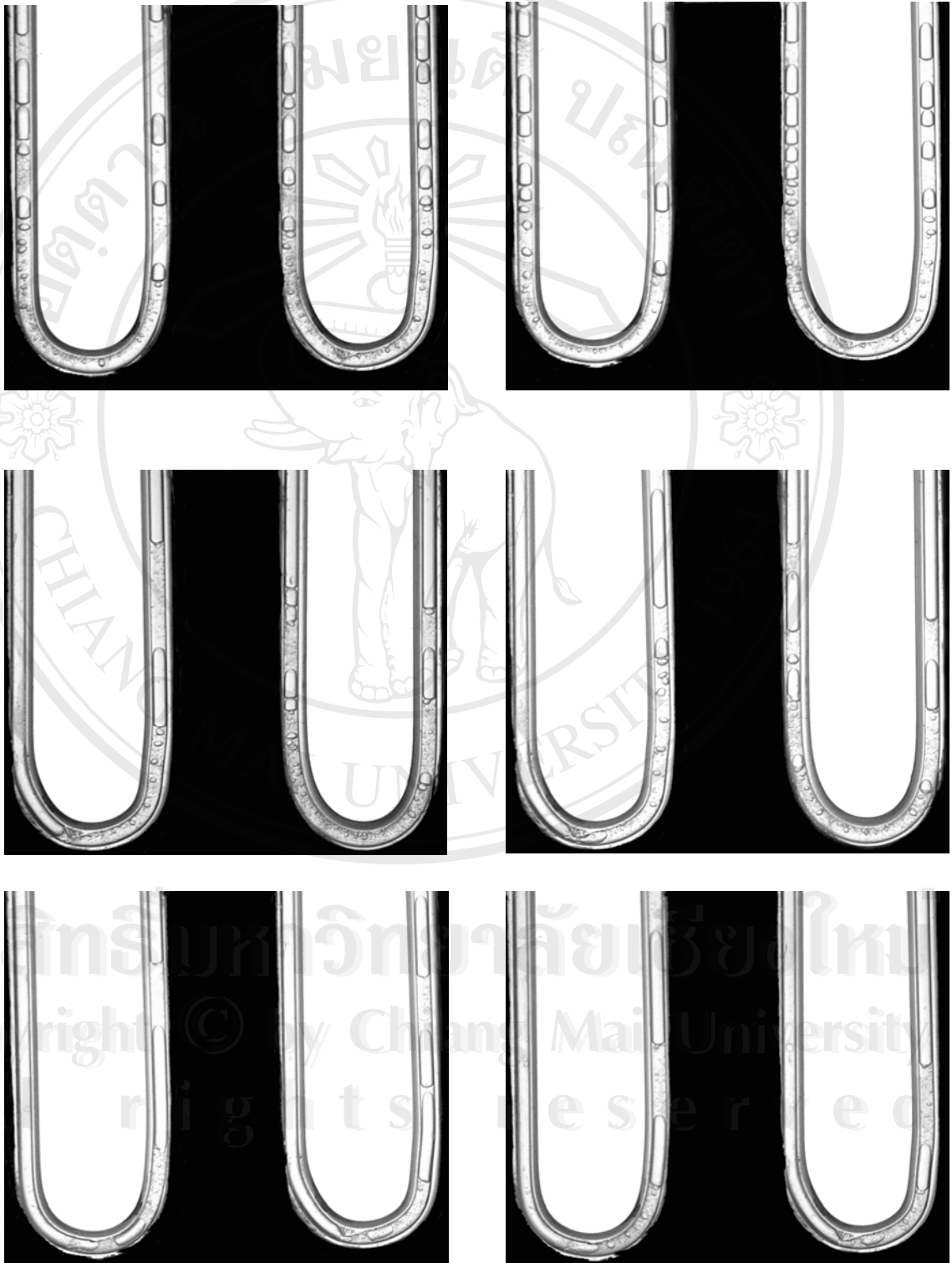
ค-12 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 5 โค้งถี่ขามุม 0



ค-13 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 ไร่่งเลี้ยว มุม 90

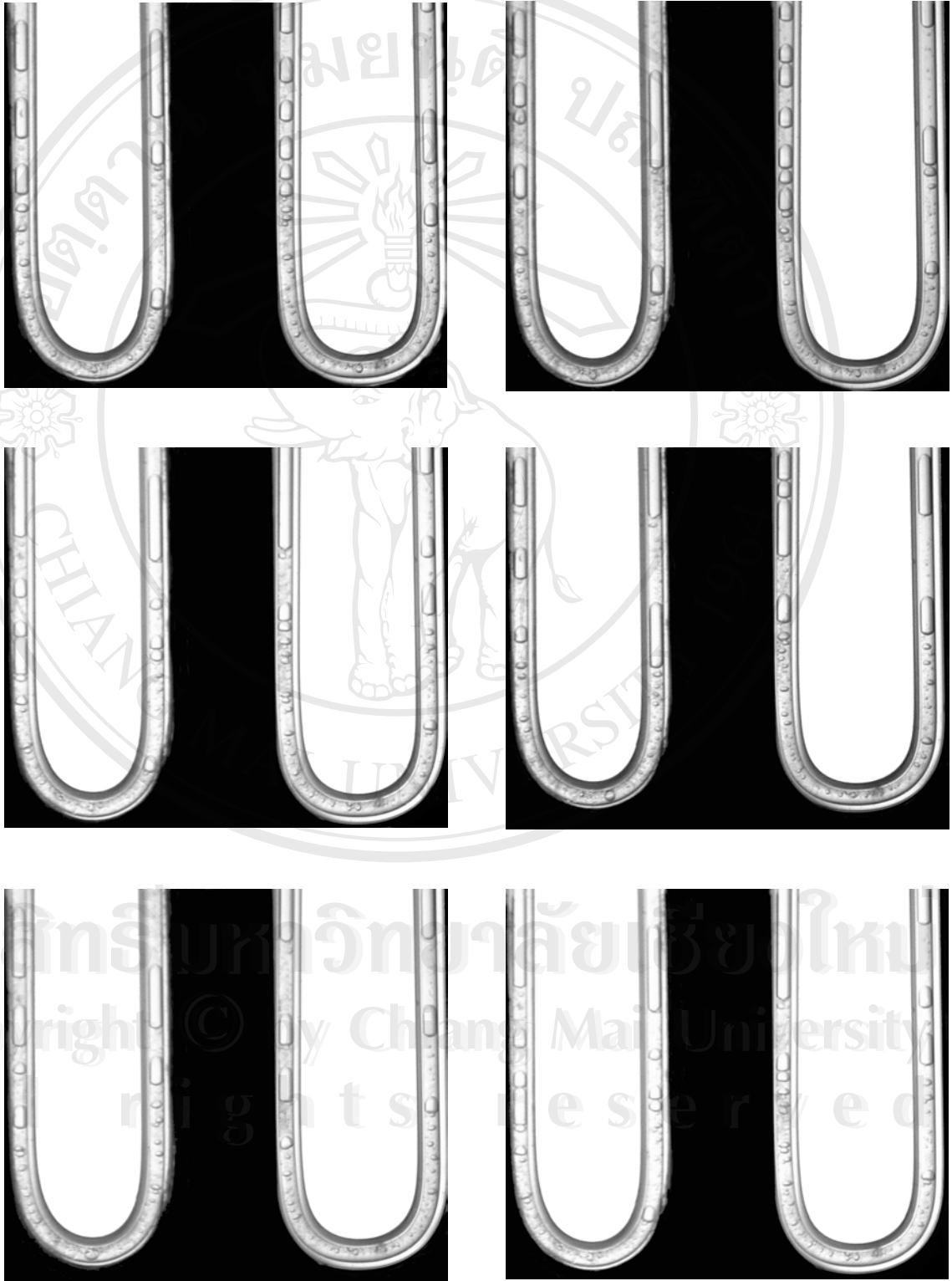


ค-14 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โคนังเลี้ยว มุม 60

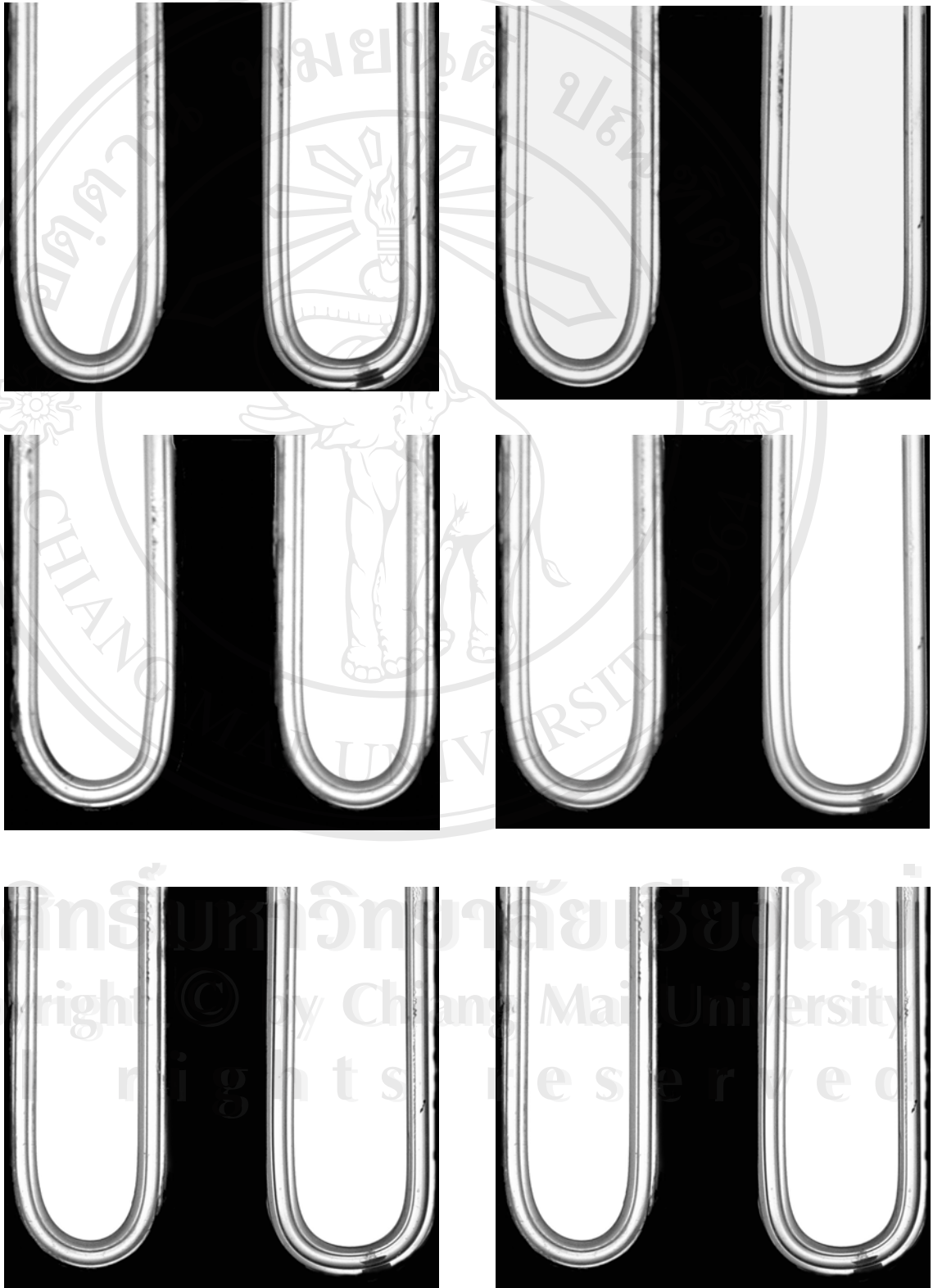


ลิขสิทธิ์บทความวิจัยนี้โดย
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ค-15 ผลการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โคนังเลี้ยว มุม40



ค-16 รูปการทดลองต่อความร้อนแบบสั้นปลายปิด สาร HP 62 ความยาวส่วนทำระเหย 50 มิลลิเมตร 10 โคง่งเลี้ยวมุม 0



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาคผนวก ง

ตารางคุณสมบัติของสารทำงาน HP62 และ MP39

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

ตาราง ง-1 คุณสมบัติทางกายภาพของสารทำงาน HP62 และ MP39

Property	HP62	MP39
Refrigerant Number	R-404A	R-401A
Replaces	R-502, R-22	R-12
Chemical Formular / Composition	R125/R143a/R134a 44/52/4 wt%	R22/R152a/R124 53/13/34 wt%
Molecular Weight	97.6	94.4
Boiling Point at 1 atm, °C	-46.5	-33
Liquid Density at 25 °C, kg/m ³	1048	1194
Vapor Pressure of Satd. Liquid at 25°C, kPa	1255	772.9
Heat Capacity of Liquid at 1 atm at 25°C, kJ/kg·K	1.54	1.3
Heat Capacity of Vapor at 1 atm at 25°C, kJ/kg·K	0.867	0.737
Thermal Conductivity of Liquid at 25°C, W/m·K	0.0683	0.09
Thermal Conductivity of Vapor at 1 atm, W/m·K	0.01346	0.0119
Critical Temperature, °C	72.1	108
Critical Pressure, kPa	3732	4604
ODP, CFC-12=1	0	0.03

ตาราง ง-2 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงาน HP62

Temp K	P(L) kPa	P(V) kPa	Density L kg/m ³	Density V kg/m ³	h(L) kJ/kg	h(V) kJ/kg	Cp L kJ/K-kg	Cp V kJ/K-kg	Viscosity L uPa-s	Viscosity V uPa-s	Therm Cond L W/m-K	Therm Cond V W/m-K	Surf Tension N/m
273	611.3	600.9	1151	30.50	199.8	365.0	1.379	1.022	177.3	11.05	0.07783	0.01284	0.00750
274	630.8	620.3	1147	31.48	201.2	365.5	1.384	1.029	175.1	11.09	0.07741	0.01295	0.00738
275	650.7	640.1	1143	32.50	202.6	366.0	1.389	1.035	172.8	11.14	0.07698	0.01305	0.00727
276	671.1	660.3	1139	33.54	204.0	366.5	1.394	1.042	170.6	11.19	0.07656	0.01316	0.00715
277	692.0	681.1	1135	34.61	205.4	367.0	1.399	1.049	168.4	11.24	0.07614	0.01327	0.00703
278	713.4	702.3	1131	35.71	206.8	367.5	1.404	1.057	166.2	11.29	0.07571	0.01338	0.00691
279	735.3	724.0	1127	36.83	208.2	367.9	1.409	1.064	164.0	11.34	0.07529	0.01349	0.00679
280	757.6	746.2	1123	37.99	209.6	368.4	1.414	1.071	161.9	11.39	0.07487	0.01361	0.00667
281	780.5	768.9	1119	39.18	211.0	368.9	1.419	1.079	159.8	11.44	0.07445	0.01372	0.00656
282	803.9	792.2	1115	40.40	212.4	369.3	1.425	1.087	157.7	11.49	0.07403	0.01384	0.00644
283	827.8	815.9	1111	41.65	213.8	369.8	1.430	1.095	155.7	11.55	0.07361	0.01396	0.00632
284	852.2	840.2	1107	42.94	215.3	370.3	1.436	1.103	153.6	11.60	0.07319	0.01409	0.00620
285	877.2	865.0	1103	44.26	216.7	370.7	1.442	1.111	151.6	11.65	0.07277	0.01421	0.00608
286	902.7	890.4	1099	45.62	218.1	371.1	1.448	1.120	149.6	11.71	0.07235	0.01434	0.00596
287	928.8	916.3	1094	47.02	219.6	371.6	1.454	1.129	147.6	11.76	0.07193	0.01447	0.00584
288	955.4	942.8	1090	48.45	221.0	372.0	1.461	1.138	145.6	11.82	0.07151	0.01460	0.00573
289	982.6	969.8	1086	49.92	222.5	372.4	1.467	1.147	143.7	11.87	0.07109	0.01473	0.00561
290	1010	997.4	1081	51.43	224.0	372.8	1.474	1.157	141.8	11.93	0.07068	0.01487	0.00549
291	1039	1026	1077	52.99	225.4	373.2	1.481	1.167	139.9	11.99	0.07026	0.01501	0.00537
292	1068	1054	1073	54.58	226.9	373.7	1.488	1.177	138.0	12.04	0.06984	0.01515	0.00525
293	1097	1084	1068	56.22	228.4	374.0	1.495	1.187	136.1	12.10	0.06942	0.01530	0.00514
294	1127	1114	1064	57.91	229.9	374.4	1.503	1.198	134.2	12.16	0.06900	0.01545	0.00502
295	1158	1144	1059	59.64	231.4	374.8	1.510	1.209	132.4	12.22	0.06859	0.01560	0.00490
296	1189	1176	1054	61.42	232.9	375.2	1.518	1.220	130.5	12.29	0.06817	0.01576	0.00478
297	1221	1208	1050	63.25	234.4	375.5	1.527	1.232	128.7	12.35	0.06775	0.01592	0.00467
298	1254	1240	1045	65.13	235.9	375.9	1.535	1.245	126.9	12.41	0.06733	0.01608	0.00455
299	1287	1273	1040	67.07	237.4	376.2	1.544	1.257	125.1	12.48	0.06692	0.01625	0.00443
300	1321	1307	1035	69.06	239.0	376.6	1.553	1.271	123.4	12.54	0.06650	0.01642	0.00432
301	1356	1342	1030	71.11	240.5	376.9	1.563	1.284	121.6	12.61	0.06608	0.01660	0.00420
302	1391	1377	1025	73.21	242.1	377.2	1.572	1.299	119.8	12.68	0.06566	0.01679	0.00409
303	1427	1413	1020	75.38	243.6	377.5	1.583	1.313	118.1	12.75	0.06524	0.01698	0.00397
304	1464	1449	1015	77.62	245.2	377.8	1.593	1.329	116.4	12.82	0.06482	0.01717	0.00386
305	1501	1486	1010	79.92	246.7	378.1	1.604	1.345	114.7	12.90	0.06440	0.01738	0.00374
306	1539	1524	1005	82.29	248.3	378.4	1.616	1.362	112.9	12.97	0.06398	0.01759	0.00363
307	1578	1563	999.6	84.74	249.9	378.7	1.628	1.380	111.2	13.05	0.06356	0.01780	0.00351
308	1618	1603	994.2	87.26	251.5	378.9	1.640	1.398	109.6	13.13	0.06314	0.01803	0.0034
309	1658	1643	988.8	89.86	253.1	379.1	1.653	1.418	107.9	13.21	0.06272	0.01826	0.00329
310	1699	1684	983.2	92.54	254.7	379.4	1.667	1.438	106.2	13.29	0.06229	0.01850	0.00318
311	1741	1726	977.6	95.30	256.4	379.6	1.681	1.460	104.5	13.38	0.06187	0.01875	0.00306
312	1783	1768	971.8	98.16	258.0	379.8	1.697	1.483	102.9	13.46	0.06145	0.01901	0.00295
313	1827	1811	966.0	101.1	259.7	379.9	1.713	1.507	101.2	13.55	0.06102	0.01928	0.00284
314	1871	1855	960.1	104.2	261.3	380.1	1.729	1.532	99.58	13.65	0.06060	0.01956	0.00273
315	1916	1900	954.1	107.3	263.0	380.3	1.747	1.559	97.94	13.74	0.06017	0.01986	0.00262
316	1962	1946	947.9	110.6	264.7	380.4	1.766	1.588	96.31	13.84	0.05974	0.02017	0.00251
317	2008	1993	941.7	114.0	266.4	380.5	1.786	1.619	94.67	13.94	0.05932	0.02049	0.00241
318	2056	2040	935.3	117.5	268.1	380.6	1.808	1.652	93.04	14.05	0.05889	0.02083	0.0023
319	2104	2088	928.7	121.1	269.9	380.6	1.831	1.687	91.41	14.16	0.05846	0.02118	0.00219

ตาราง ง-2 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงาน HP62 (ต่อ)

Temp K	P(L) kPa	P(V) kPa	Density L kg/m ³	Density V kg/m ³	h(L) kJ/kg	h(V) kJ/kg	Cp L kJ/K-kg	Cp V kJ/K-kg	Viscosity L uPa-s	Viscosity V uPa-s	Therm Cond L W/m-K	Therm Cond V W/m-K	Surf Tension N/m
320	2153	2137	922.1	124.9	271.6	380.7	1.855	1.725	89.79	14.27	0.05803	0.02156	0.00209
321	2203	2187	915.3	128.8	273.4	380.7	1.882	1.766	88.16	14.39	0.05760	0.02195	0.00199
322	2254	2238	908.3	132.9	275.2	380.7	1.910	1.810	86.53	14.51	0.05717	0.02237	0.00188
323	2306	2290	901.1	137.2	277.0	380.7	1.941	1.858	84.90	14.64	0.05674	0.02281	0.00178
324	2359	2343	893.8	141.6	278.8	380.6	1.974	1.911	83.27	14.77	0.05631	0.02328	0.00168
325	2412	2397	886.3	146.2	280.6	380.5	2.011	1.968	81.63	14.91	0.05588	0.02377	0.00158
326	2467	2451	878.6	151.1	282.5	380.4	2.051	2.032	79.98	15.06	0.05545	0.0243	0.00148
327	2522	2507	870.6	156.2	284.4	380.2	2.095	2.102	78.33	15.21	0.05502	0.02486	0.00138
328	2579	2564	862.4	161.5	286.3	380	2.144	2.18	76.67	15.38	0.05459	0.02547	0.00129
329	2637	2622	853.9	167.1	288.2	379.8	2.198	2.267	74.99	15.55	0.05417	0.02611	0.00119
330	2695	2680	845	173	290.2	379.5	2.26	2.366	73.3	15.73	0.05375	0.02681	0.0011
331	2755	2740	835.9	179.2	292.2	379.1	2.33	2.478	71.6	15.93	0.05334	0.02756	0.00101
332	2816	2801	826.4	185.8	294.3	378.7	2.41	2.607	69.87	16.14	0.05293	0.02838	0.00092
333	2877	2863	816.4	192.8	296.4	378.2	2.502	2.757	68.11	16.36	0.05254	0.02928	0.00083
334	2940	2926	806	200.3	298.5	377.7	2.611	2.933	66.33	16.6	0.05216	0.03027	0.00074
335	3004	2990	795	208.3	300.7	377.1	2.741	3.143	64.5	16.87	0.05181	0.03136	0.00066
336	3069	3056	783.4	217	303	376.3	2.899	3.398	62.64	17.16	0.05148	0.03258	0.00058
337	3136	3123	771	226.4	305.3	375.5	3.096	3.714	60.71	17.48	0.0512	0.03397	0.0005
338	3203	3191	757.7	236.8	307.8	374.5	3.347	4.117	58.72	17.84	0.05099	0.03556	0.00042
339	3272	3260	743.2	248.2	310.3	373.4	3.681	4.647	56.64	18.25	0.05087	0.03743	0.00035
340	3342	3331	727.3	261.1	313	372	4.149	5.378	54.44	18.73	0.05089	0.03968	0.00027
341	3414	3403	709.3	275.9	315.9	370.3	4.849	6.452	52.07	19.29	0.05115	0.04252	0.00021
342	3560	3477	710.7	293.5	317.1	368.3	4.358	8.183	52.32	19.99	0.05064	0.04628	0.00015

ตาราง ง-3 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงาน MP39

Temp K	P(L) kPa	P(V) kPa	Density L kg/m ³	Density V kg/m ³	h(L) kJ/kg	h(V) kJ/kg	Cp L kJ/K-kg	Cp V kJ/K-kg	Viscosity L uPa-s	Viscosity V uPa-s	Therm Cond L W/m-K	Therm Cond V W/m-K	Surf Tension N/m
273	380.7	320.8	1266	14.56	199.8	401.2	1.207	0.7755	232.8	11.05	0.08984	0.00985	0.01245
274	393.6	332.3	1262	15.06	201	401.7	1.209	0.7792	230.2	11.1	0.08943	0.00993	0.01231
275	406.7	344.1	1259	15.57	202.2	402.2	1.212	0.783	227.7	11.1	0.08903	0.00994	0.01216
276	420.2	356.2	1256	16.1	203.5	402.7	1.215	0.7868	225.1	11.15	0.08862	0.01002	0.01202
277	434	368.7	1253	16.64	204.7	403.2	1.217	0.7907	222.6	11.19	0.08822	0.01009	0.01187
278	448.1	381.4	1250	17.19	205.9	403.6	1.22	0.7946	220.1	11.24	0.08782	0.01017	0.01173
279	462.6	394.5	1246	17.76	207.1	404.1	1.223	0.7986	217.7	11.28	0.08742	0.01024	0.01159
280	477.4	407.9	1243	18.35	208.4	404.6	1.226	0.8026	215.3	11.33	0.08701	0.01032	0.01144
281	492.6	421.7	1240	18.95	209.6	405.1	1.228	0.8067	212.9	11.37	0.08661	0.01039	0.0113
282	508.2	435.8	1237	19.56	210.8	405.5	1.231	0.8108	210.5	11.42	0.08621	0.01047	0.01116
283	524.1	450.3	1233	20.19	212.1	406	1.234	0.815	208.2	11.46	0.08581	0.01055	0.01101
284	540.4	465.2	1230	20.84	213.3	406.5	1.237	0.8193	205.9	11.51	0.08541	0.01063	0.01087
285	557.1	480.4	1227	21.5	214.5	406.9	1.24	0.8236	203.6	11.55	0.08501	0.01071	0.01073
286	574.1	496	1223	22.18	215.8	407.4	1.243	0.828	201.4	11.6	0.08461	0.01079	0.01059
287	591.5	511.9	1220	22.88	217	407.8	1.246	0.8324	199.1	11.64	0.08421	0.01087	0.01045
288	609.4	528.3	1217	23.6	218.3	408.3	1.249	0.8369	196.9	11.69	0.08381	0.01095	0.01031
289	627.6	545	1213	24.33	219.5	408.7	1.253	0.8414	194.8	11.73	0.08342	0.01103	0.01017
290	646.2	562.1	1210	25.08	220.8	409.2	1.256	0.8461	192.6	11.78	0.08302	0.01111	0.01003
291	665.3	579.7	1206	25.85	222	409.6	1.259	0.8508	190.5	11.82	0.08262	0.0112	0.00989
292	684.7	597.6	1203	26.64	223.3	410.1	1.263	0.8556	188.4	11.87	0.08222	0.01128	0.00975
293	704.6	616	1200	27.45	224.6	410.5	1.266	0.8604	186.3	11.91	0.08183	0.01136	0.00961
294	724.9	634.8	1196	28.27	225.8	410.9	1.27	0.8653	184.2	11.96	0.08143	0.01145	0.00947
295	745.6	654	1193	29.12	227.1	411.4	1.273	0.8703	182.2	12	0.08103	0.01154	0.00934
296	766.8	673.6	1189	29.99	228.4	411.8	1.277	0.8754	180.1	12.05	0.08064	0.01163	0.0092
297	788.4	693.7	1185	30.88	229.7	412.2	1.28	0.8806	178.1	12.1	0.08024	0.01171	0.00906
298	810.5	714.2	1182	31.79	231	412.6	1.284	0.8859	176.1	12.14	0.07985	0.0118	0.00893
299	833	735.2	1178	32.73	232.2	413	1.288	0.8912	174.2	12.19	0.07945	0.01189	0.00879
300	856	756.6	1175	33.68	233.5	413.4	1.292	0.8967	172.2	12.24	0.07906	0.01199	0.00865
301	879.4	778.5	1171	34.66	234.8	413.9	1.296	0.9022	170.3	12.29	0.07866	0.01208	0.00852
302	903.3	800.9	1167	35.67	236.1	414.3	1.3	0.9079	168.4	12.34	0.07827	0.01217	0.00838
303	927.7	823.8	1164	36.7	237.4	414.6	1.304	0.9137	166.5	12.38	0.07787	0.01227	0.00825
304	952.6	847.1	1160	37.75	238.7	415	1.308	0.9195	164.6	12.43	0.07748	0.01237	0.00811
305	978	870.9	1156	38.83	240	415.4	1.313	0.9255	162.7	12.47	0.07708	0.01246	0.00798
306	1004	895.3	1152	39.93	241.4	415.8	1.317	0.9316	160.9	12.52	0.07669	0.01256	0.00785
307	1030	920.1	1149	41.06	242.7	416.2	1.322	0.9378	159.1	12.56	0.0763	0.01267	0.00771
308	1057	945.4	1145	42.22	244	416.6	1.326	0.9442	157.2	12.61	0.0759	0.01277	0.00758
309	1084	971.3	1141	43.41	245.3	416.9	1.331	0.9507	155.4	12.65	0.07551	0.01287	0.00745
310	1112	997.7	1137	44.62	246.7	417.3	1.336	0.9573	153.7	12.7	0.07512	0.01298	0.00732
311	1141	1025	1133	45.87	248	417.6	1.341	0.9641	151.9	12.75	0.07472	0.01309	0.00719
312	1170	1052	1129	47.14	249.3	418	1.346	0.971	150.1	12.8	0.07433	0.0132	0.00706
313	1199	1080	1125	48.44	250.7	418.3	1.351	0.9781	148.4	12.85	0.07393	0.01331	0.00693
314	1229	1109	1121	49.78	252	418.7	1.357	0.9853	146.7	12.9	0.07354	0.01342	0.0068
315	1260	1138	1117	51.15	253.4	419	1.362	0.9927	144.9	12.95	0.07315	0.01354	0.00667
316	1291	1167	1113	52.55	254.7	419.3	1.368	1	143.2	13	0.07275	0.01365	0.00654
317	1323	1198	1109	53.99	256.1	419.7	1.374	1.008	141.5	13.06	0.07236	0.01377	0.00641
318	1355	1228	1105	55.46	257.5	420	1.38	1.016	139.9	13.11	0.07196	0.0139	0.00628
319	1388	1260	1101	56.97	258.8	420.3	1.386	1.024	138.2	13.16	0.07157	0.01402	0.00615

ตาราง ง-3 คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำงาน MP39 (ต่อ)

Temp K	P(L) kPa	P(V) kPa	Density L kg/m ³	Density V kg/m ³	h(L) kJ/kg	h(V) kJ/kg	Cp L kJ/K-kg	Cp V kJ/K-kg	Viscosity L uPa-s	Viscosity V uPa-s	Therm Cond L W/m-K	Therm Cond V W/m-K	Surf Tension N/m
320	1421	1292	1097	58.51	260.2	420.6	1.392	1.033	136.5	13.22	0.07117	0.01415	0.00603
321	1455	1325	1093	60.09	261.6	420.9	1.399	1.041	134.9	13.28	0.07078	0.01428	0.0059
322	1490	1358	1088	61.72	263	421.2	1.405	1.05	133.3	13.33	0.07038	0.01441	0.00578
323	1525	1392	1084	63.38	264.4	421.5	1.412	1.059	131.6	13.39	0.06999	0.01455	0.00565
324	1561	1426	1080	65.08	265.8	421.7	1.419	1.069	130	13.45	0.06959	0.01468	0.00553
325	1597	1461	1075	66.83	267.2	422	1.427	1.079	128.4	13.51	0.0692	0.01483	0.0054
326	1635	1497	1071	68.62	268.6	422.3	1.434	1.089	126.8	13.57	0.0688	0.01497	0.00528
327	1672	1533	1066	70.45	270	422.5	1.442	1.099	125.2	13.63	0.06841	0.01512	0.00515
328	1711	1571	1062	72.34	271.5	422.8	1.45	1.11	123.7	13.69	0.06801	0.01527	0.00503
329	1750	1608	1057	74.27	272.9	423	1.459	1.121	122.1	13.75	0.06761	0.01543	0.00491
330	1789	1647	1053	76.25	274.3	423.2	1.467	1.132	120.5	13.82	0.06721	0.01559	0.00479
331	1829	1686	1048	78.28	275.8	423.4	1.476	1.144	119	13.88	0.06682	0.01575	0.00467
332	1870	1726	1043	80.37	277.2	423.7	1.486	1.156	117.5	13.95	0.06642	0.01592	0.00455
333	1912	1766	1038	82.51	278.7	423.9	1.496	1.169	115.9	14.02	0.06602	0.0161	0.00443
334	1954	1807	1033	84.71	280.2	424	1.506	1.182	114.4	14.09	0.06562	0.01628	0.00431
335	1997	1849	1029	86.97	281.7	424.2	1.517	1.196	112.9	14.16	0.06522	0.01646	0.00419
336	2041	1892	1024	89.29	283.1	424.4	1.528	1.21	111.4	14.23	0.06482	0.01665	0.00407
337	2085	1935	1019	91.68	284.6	424.5	1.539	1.225	109.8	14.31	0.06442	0.01685	0.00395
338	2130	1980	1013	94.13	286.1	424.7	1.551	1.24	108.3	14.38	0.06402	0.01705	0.00384
339	2176	2025	1008	96.65	287.7	424.8	1.564	1.256	106.8	14.46	0.06362	0.01726	0.00372
340	2223	2070	1003	99.24	289.2	424.9	1.577	1.273	105.3	14.54	0.06322	0.01748	0.00361
341	2270	2117	997.6	101.9	290.7	425	1.591	1.291	103.9	14.62	0.06282	0.01771	0.00349
342	2318	2164	992.2	104.7	292.3	425.1	1.606	1.31	102.4	14.71	0.06242	0.01794	0.00338
343	2366	2212	986.7	107.5	293.8	425.2	1.621	1.329	100.9	14.79	0.06201	0.01818	0.00326
344	2416	2261	981.1	110.4	295.4	425.3	1.638	1.35	99.41	14.88	0.06161	0.01843	0.00315
345	2466	2311	975.5	113.4	297	425.3	1.655	1.371	97.94	14.97	0.06121	0.0187	0.00304
346	2517	2361	969.7	116.5	298.5	425.3	1.673	1.394	96.47	15.07	0.06081	0.01897	0.00293
347	2569	2413	963.8	119.7	300.1	425.4	1.692	1.418	94.99	15.16	0.06041	0.01925	0.00282
348	2621	2465	957.8	123	301.8	425.4	1.713	1.444	93.52	15.26	0.06001	0.01955	0.00271
349	2675	2518	951.7	126.4	303.4	425.3	1.735	1.471	92.05	15.37	0.05961	0.01986	0.0026
350	2729	2572	945.5	129.9	305	425.3	1.758	1.5	90.58	15.48	0.05921	0.02018	0.00249
351	2784	2627	939.1	133.6	306.7	425.2	1.783	1.531	89.11	15.59	0.05881	0.02052	0.00238
352	2840	2683	932.6	137.3	308.4	425.1	1.81	1.564	87.63	15.7	0.05842	0.02087	0.00228
353	2896	2740	925.9	141.2	310.1	425	1.838	1.599	86.15	15.82	0.05802	0.02125	0.00217
354	2954	2797	919.1	145.3	311.8	424.9	1.869	1.637	84.67	15.95	0.05763	0.02164	0.00207
355	3012	2856	912.2	149.5	313.5	424.7	1.903	1.678	83.19	16.08	0.05725	0.02205	0.00197
356	3071	2916	905	153.9	315.3	424.6	1.939	1.723	81.69	16.21	0.05686	0.02249	0.00186
357	3131	2976	897.7	158.4	317	424.3	1.979	1.771	80.19	16.35	0.05649	0.02295	0.00176
358	3192	3038	890.1	163.2	318.8	424.1	2.023	1.824	78.69	16.5	0.05612	0.02344	0.00166
359	3254	3101	882.4	168.1	320.7	423.8	2.071	1.882	77.17	16.66	0.05576	0.02396	0.00156
360	3316	3165	874.3	173.3	322.5	423.5	2.124	1.945	75.64	16.82	0.05542	0.02451	0.00146
361	3380	3229	866	178.7	324.4	423.1	2.183	2.016	74.09	17	0.05509	0.0251	0.00137
362	3444	3295	857.4	184.4	326.3	422.7	2.25	2.095	72.53	17.18	0.05478	0.02574	0.00127
363	3510	3363	848.5	190.4	328.3	422.2	2.325	2.183	70.96	17.38	0.05449	0.02642	0.00118
364	3576	3431	839.3	196.7	330.3	421.7	2.411	2.283	69.35	17.58	0.05424	0.02716	0.00109
365	3643	3500	829.6	203.4	332.3	421.1	2.51	2.396	67.73	17.8	0.05403	0.02796	0.00099
366	3712	3571	819.4	210.5	334.4	420.5	2.625	2.527	66.07	18.04	0.05388	0.02883	0.0009

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายสุระ ตันดี

วัน เดือน ปี เกิด 18 มกราคม 2507

ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ

วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปีการศึกษา 2526

สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

วิทยาลัยเทคนิคนครราชสีมา ปีการศึกษา 2528

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรม เครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตพระนครเหนือ ปีการศึกษา 2532

ปริญญาศิลปศาสตรบัณฑิต สาขาบริหารการศึกษา

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ปีการศึกษา 2533

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปีการศึกษา 2544

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved