

รายการอ้างอิง

1. Sadik Kakac, Shah R.K., Win Aung. Handbook of Single-Phase Convective Heat Transfer.
New York: McGraw-Hill, Inc., 1991.
2. Shah, R.K., and London, A.L. "Laminar Flow Forced Convective Heat Transfer and Flow Friction in Straight and Curved Ducts-A Summary of Analytical Solutions"
Technical Report No.75, Prepared under Contract Nonr 225(91) (NR-090-342)
for Office of Naval Research, Department of Mechanical Engineering, Standford University., November 1971.
3. Ch.Ramesh Babu, C.R.K.Prasad, and T.L.Sitharama Roa. "Effect of Entrance Geometries On Turbulent Heat Transfer in Pipes" J. of Energy, Heat and Mass Transfer, Vol.12, pp. 157-162, 1990.
4. F.Burggraf. "Experimental Heat Transfer and Pressure Drop with Two-dimensional Discrete Turbulence Promoters Applied to Two opposite Walls of a square Tube" Heat Transfer Design Technology, Aircraft Engine Group, General Electric Company, Ohio, 1970.
5. Ching-Jen Chen ,and Jenq Shing Chiou. "Laminar and Turbulent Heat Transfer in The Pipe Entrance Region For Liquid Metals" Int.J. Heat Mass Transfer, Vol.24, No.7, pp. 179-1189, 1981.
6. พงษ์ธร จรรย์ญากรณ์. "การพาความร้อนโดยบังคับในท่อสามเหลี่ยม" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 1977.
7. กฤตย์ ศรีนภาสวัสดิ์. "การถ่ายเทความร้อนในท่อถูกผูก" วิทยานิพนธ์ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 1977.
8. Ozisik, M.Necati. Heat Transfer. McGraw-Hill, Inc., 1985.
9. Frank P.Incropera. David P. De Witt. Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 3rd ed.
New York: John Willey&Sons, Inc., 1990.
10. Kays, W.M. and Crawford, M.E. Convective Heat and Mass Transfer. 3rd ed.
McGraw-Hill, Inc., 1993.
11. Grober, H., Erk, S. and Grigull. Fundamentals of Heat Transfer. 3rd ed. : McGraw-Hill,

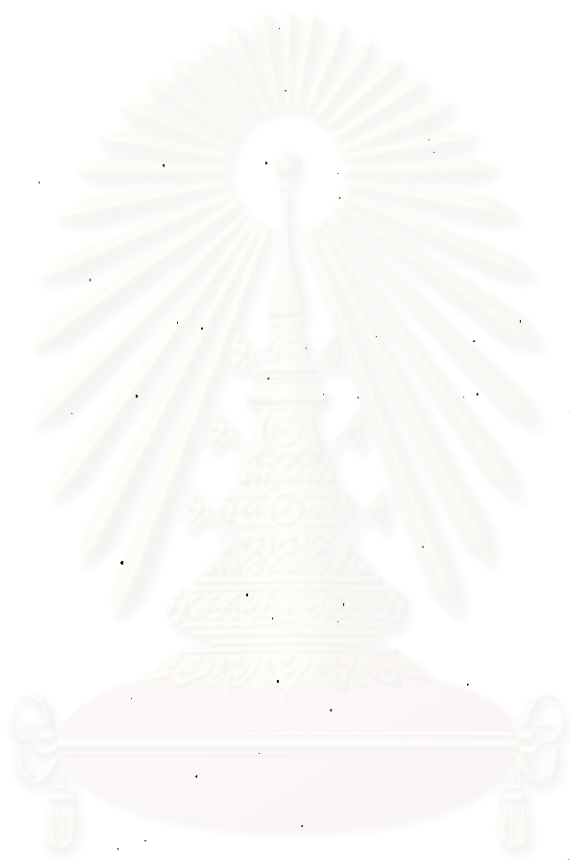
- Inc., 1961.
12. General Electric. Data Book Heat Transfer and Fluid Flow. 1972.
 13. Louis C. Burmeister. Convective Heat Transfer. Singapore: John Willey & Sons, 1993
 14. Boelter L.M.K., Young, G. and Iverson, H.W. "Investigation of Aircraft Heaters", NACA TN 1451, July 1948.
 15. Sadik Kakac. Heat Exchanger Design Course. , Present at Kasetsart University, 1996.



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก.

ขอมูลการทดลองและผลการทดลอง



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๑-1 ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
19.854	0			43.8	
	25.98				50.3
	103.92				56.0
	207.84				58.2
	311.77	35.5	47.0		59.6
	415.69				62.6
	519.61				66.0
	623.54				76.0
	727.46				84.6
18.366	0			44.2	
	25.98				49.3
	103.92				54.8
	207.84				56.8
	311.77	34.0	46.0		58.4
	415.69				60.0
	519.61				65.2
	623.54				75.2
	727.46				83.0

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
16.804	0			43.8	
	25.98				49.6
	103.92				56.8
	207.84				58.2
	311.77	34.0	47.0		60.2
	415.69				62.6
	519.61				68.8
	623.54				77.8
	727.46				81.8
15.067	0			43.6	
	25.98				50.2
	103.92				57.0
	207.84				59.8
	311.77	34.0	47.6		61.2
	415.69				63.0
	519.61				71.0
	623.54				82.0
	727.46				90.8

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
13.124	0			46.0	
	25.98				53
	103.92				61.0
	207.84				63.6
	311.77	35.0	50.4		65.2
	415.69				68.2
	519.61				76.0
	623.54				89.8
	727.46				101.8
10.751	0			44.6	
	25.98				51.8
	103.92				59.8
	207.84				61.6
	311.77	34.0	50.0		63.8
	415.69				66.0
	519.61				74.8
	623.54				86.8
	727.46				96.4

ตารางที่ ก-1 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
8.577	0			49.2	
	25.98				55.9
	103.92				63.6
	207.84				65.2
	311.77	34.5	53.4		67
	415.69				69.6
	519.61				81.4
	623.54				97.0
	727.46				106.6
7.707	0			48.6	
	25.98				57.1
	103.92				66.6
	207.84				68.6
	311.77	34.0	55.6		71.0
	415.69				74.2
	519.61				81.1
	623.54				90.0
	727.46				95.1

ตารางที่ ก-2 ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
19.657	0			41.8	
	25.98				43.7
	103.92				48.2
	207.84				50.2
	311.77	30.0	40.0		52.5
	415.69				55.0
	519.61				58.6
	623.54				64.0
	727.46				67.5
18.23	0			42.6	
	25.98				44.9
	103.92				48.8
	207.84				51.0
	311.77	30.0	40.7		52.4
	415.69				54.2
	519.61				57.8
	623.54				65.6
	727.46				70.0

ตารางที่ ก-2 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
16.678	0			45.4	
	25.98				46.3
	103.92				50.2
	207.84				52.2
	311.77	30.0	41.6		53.8
	415.69				56.0
	519.61				58.6
	623.54				65.8
	727.46				70.7
14.958	0			47.0	
	25.98				48.0
	103.92				51.0
	207.84				52.6
	311.77	30.0	42.6		53.8
	415.69				55.6
	519.61				61.2
	623.54				67.5
	727.46				71.8

ตารางที่ ก-2 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
13.008	0			48.4	
	25.98				49.7
	103.92				53.6
	207.84				55.2
	311.77	30.0	44.4		56.4
	415.69				58.6
	519.61				65.6
	623.54				68.0
	727.46				72.0
10.701	0			51.4	
	25.98				53.3
	103.92				57.0
	207.84				58.2
	311.77	31.0	47.4		61.2
	415.69				63.0
	519.61				65.0
	623.54				72.7
	727.46				77.2

ตารางที่ ก-2 (ต่อ) ผลการทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิววงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	Distance (mm)	Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)		Surface Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	
		Inlet $T_{m,i}$	Outlet $T_{m,o}$	Inlet $T_{s,i}$	$T_{s,x}$
8.540	0			52.8	
	25.98				53.9
	103.92				58.2
	207.84				60.8
	311.77	33.0	49.6		63.4
	415.69				65.4
	519.61				69.8
	623.54				78.5
	727.46				83.0
7.696	0			55.6	
	25.98				56.7
	103.92				61.6
	207.84				62.6
	311.77	35.0	52.8		64.0
	415.69				66.0
	519.61				74.0
	623.54				82.0
	727.46				86.3

ตารางที่ ก-3 ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
19.854	25.98/25.98	34,448.14	157.01	157.72	1.84
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				
18.366	25.98/25.98	32,086.04	147.87	150.85	1.86
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				

ตารางที่ ก-3 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนแปลงพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
16.804	25.98/25.98	29,276.59	143.96	138.82	1.85
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				
15.067	25.98/25.98	26,206.05	130.05	128.38	1.86
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				

ตารางที่ ก-3 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
13.124	25.98/25.98	22,590.45	114.85	111.84	1.83
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				
10.751	25.98/25.98	18,576.14	99.53	96.83	1.85
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				

ตารางที่ ก-3 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
8.577	25.98/25.98	14,662.30	77.74	79.55	1.84
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				
7.707	25.98/25.98	13,113.16	74.27	73.86	1.87
	103.92/25.98				
	207.84/25.98				
	311.77/25.98				
	415.69/25.98				
	519.61/25.98				
	623.54/25.98				
	727.46/25.98				

ตารางที่ ก-4 ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
19.657	25.98/26.36	31,015.40	134.07		
	103.92/26.36			139.05	1.77
	207.84/26.36			119.69	1.52
	311.77/26.36			111.12	1.41
	415.69/26.36			105.21	1.33
	519.61/26.36			99.67	1.26
	623.54/26.36			93.84	1.19
	727.46/26.36			88.86	1.13
18.230	25.98/26.36	28,708.69	122.27		
	103.92/26.36			132.19	1.79
	207.84/26.36			114.14	1.54
	311.77/26.36			107.77	1.45
	415.69/26.36			103.83	1.40
	519.61/26.36			99.33	1.34
	623.54/26.36			93.00	1.25
	727.46/26.36			87.52	1.18

ตารางที่ ก-4 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
16.678	25.98/26.36	26,199.48	110.82		
	103.92/26.36			121.54	1.77
	207.84/26.36			105.97	1.54
	311.77/26.36			100.30	1.46
	415.69/26.36			96.46	1.40
	519.61/26.36			93.09	1.35
	623.54/26.36			87.88	1.27
	727.46/26.36			83.06	1.21
14.958	25.98/26.36	23,432.81	97.72		
	103.92/26.36			112.63	1.79
	207.84/26.36			99.97	1.59
	311.77/26.36			96.06	1.53
	415.69/26.36			93.66	1.49
	519.61/26.36			89.05	1.41
	623.54/26.36			83.85	1.33
	727.46/26.36			79.31	1.26

ตารางที่ ก-4 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

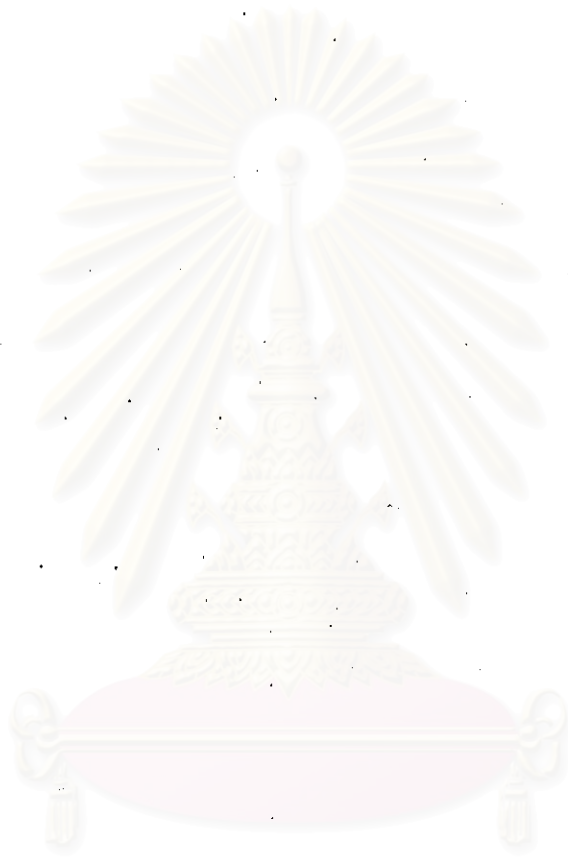
Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
13.008	25.98/26.36	20,277.42	88.81	100.25	1.79
	103.92/26.36				
	207.84/26.36				
	311.77/26.36				
	415.69/26.36				
	519.61/26.36				
	623.54/26.36				
	727.46/26.36				
10.701	25.98/26.36	16,499.97	73.10	84.42	1.78
	103.92/26.36				
	207.84/26.36				
	311.77/26.36				
	415.69/26.36				
	519.61/26.36				
	623.54/26.36				
	727.46/26.36				

ตารางที่ ก-4 (ต่อ) ผลการคำนวณจากผลทดลองการพาความร้อนแบบบังคับในท่อสามเหลี่ยมมุมฉากซึ่งมีการไหลเป็นแบบเทอร์บิวเลนต์ (Turbulent) ในช่วงที่มีการแจกแจงรูปร่างความเร็วและอุณหภูมิของไหลกำลังเปลี่ยนรูปพร้อมๆ กัน (Simultaneously Developing Velocity and Temperature Profiles) โดยมีสภาพการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวคงที่

Flow Rate ($10^{-3} \text{ m}^3 / \text{s}$)	L/Dh	Re	Nux	Nul	Nul/Nuco
8.540	25.98/26.36	13,015.39	62.41	70.31	1.79
	103.92/26.36				
	207.84/26.36				
	311.77/26.36				
	415.69/26.36				
	519.61/26.36				
	623.54/26.36				
	727.46/26.36				
7.696	25.98/26.36	11,562.10	57.48	63.94	1.79
	103.92/26.36				
	207.84/26.36				
	311.77/26.36				
	415.69/26.36				
	519.61/26.36				
	623.54/26.36				
	727.46/26.36				

ภาคผนวก ข.

ตัวอย่างการคำนวณ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างการคำนวณต่อไปนี้เป็นการคำนวณในกรณีของท่อสามเหลี่ยมด้านเท่าที่
 $L/D_h = 20$ และอัตราการไหลของอากาศมีค่าเป็น $19.854 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$

ข้อมูลที่วัดได้

ความยาวท่อที่ได้รับความร้อน L	= 830	mm
เส้นรอบรูป p	= 135.00	mm
พื้นที่หน้าตัด A_c	= 876.85	m^2
ความยาวของท่อที่พิจารณา $L_{519.6}$	= 519.60	mm
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่เข้าท่อ $T_{m,i}$	= 35.5	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ออกจากท่อ $T_{m,o}$	= 47.0	$^{\circ}\text{C}$
อุณหภูมิเฉลี่ยผิวท่อที่ระยะ 25.98 mm $T_{s,25.98}$	= 50.3	$^{\circ}\text{C}$
ที่ระยะ 103.92 mm $T_{s,103.92}$	= 56.0	$^{\circ}\text{C}$
ที่ระยะ 207.84 mm $T_{s,207.84}$	= 58.2	$^{\circ}\text{C}$
ที่ระยะ 311.76 mm $T_{s,311.76}$	= 59.6	$^{\circ}\text{C}$
ที่ระยะ 415.68 mm $T_{s,415.68}$	= 62.6	$^{\circ}\text{C}$
ที่ระยะ 519.60 mm $T_{s,519.60}$	= 66.0	$^{\circ}\text{C}$

การคำนวณ

$$\begin{aligned} \text{เส้นผ่าศูนย์กลางไฮโดรลิก } D_h &= 4A_c / p \\ &= 4 \times 876.85 / 135 \\ &= 25.98 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเร็วเฉลี่ยของอากาศ } u_m &= Q / A_c \\ &= 19.854 \times 10^{-3} / 876.85 \times 10^{-6} \\ &= 22.64 \text{ m/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{อัตราการไหลของอากาศ } \dot{m} &= \rho Q \\ &= 19.854 \times 10^{-3} \times 1.1228 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 22.29 \times 10^{-3} \text{ kg/s} \\
 \text{อัตราการให้ความร้อนต่อพื้นที่ผิวท่อ } q_o'' &= \frac{\dot{m} c_p (T_{m,o} - T_{m,i})}{pL} \\
 &= \frac{22.29 \times 10^{-3} \times 1,005.14 \times (47.0 - 35.5)}{0.135 \times 0.830} \\
 &= 2,299.44 \text{ W/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อุณหภูมิของอากาศที่ } L_{519.6} \cdot T_{m,519.6} &= T_{m,i} + \frac{q_o'' P}{\dot{m} c_p} L_{519.6} \\
 &= 35.5 + \frac{2,299.44 \times 0.135}{0.02229 \times 1,005.14} \times 0.5196 \\
 &= 42.69 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{อุณหภูมิของอากาศเฉลี่ย } T_b &= \frac{T_{m,i} + T_{m,519.6}}{2} \\
 &= \frac{35.5 + 42.69}{2} \\
 &= 39.09 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

สำหรับการหาค่าตัวเลขที่นับเบอร์เฉลี่ยนั้นจะต้องใช้ค่า k , ρ , c_p และ μ ของอากาศที่อุณหภูมิอากาศเฉลี่ย $39.09 \text{ }^\circ\text{C}$

$$k = 0.02703 \text{ W/m.K}$$

$$\rho = 1.1303 \text{ kg/m}^3$$

$$c_p = 1,004.92 \text{ J/kg.K}$$

$$\alpha = 2.38 \times 10^{-5}$$

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าเฉลี่ยของผลต่างอุณหภูมิ } \Delta T_{l,x} &= \left(\frac{1}{l} \sum \frac{1}{T_{s,x} - T_{b,x}} dx \right)^{-1} \\
 &= \left(\frac{1}{519.6} \left[\frac{1}{50.3 - 35.86} \times 25.98 + \frac{1}{56.0 - 36.94} \times 103.92 + \frac{1}{58.2 - 38.38} \times 103.92 + \frac{1}{59.6 - 39.82} \times 103.92 + \frac{1}{62.6 - 41.26} \times 103.92 + \frac{1}{66.0 - 42.69} \times 103.92 \right] \right)^{-1} \\
 &= 19.19 \text{ }^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

$$\text{นิตเซลที่นับเบอร์เฉลี่ย } Nu_l = \frac{1}{4} \frac{u_m D_h^2 (T_{m,x} - T_{m,i})}{\alpha L \Delta T_{l,x}}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{1}{4} \frac{22.64 \times 0.02598^2 (42.69 - 35.5)}{2.38 \times 10^{-5} \times 0.5196 \times 19.19} \\
 &= 115.90
 \end{aligned}$$

น้สเขตท้มน้เบอร้ของ Disstus และ Boelter Nu_{∞}

$$\begin{aligned}
 &= 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \\
 &= 0.023 \times 34,448.14^{0.8} \times 0.709^{0.4} \\
 &= 85.44
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{Nu_i}{Nu_{\infty}} &= \frac{115.90}{85.44} \\
 &= 1.35
 \end{aligned}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียน

นาย ฐิติภูมิ ผดุงญาติ เกิดวันที่ 4 ตุลาคม พ.ศ. 2515 ที่อำเภอเมือง จังหวัดอ่างทอง
 สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรม
 เครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2533
 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี พ.ศ.
 2537 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่บริษัท ไฮฟ คี. เค. จำกัด



สถาบันวิทยบริการ
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย