รายการอ้างอิง

Abramovich, G. N. The theory of turbulent jets. The MIT Press. Massachusetts Institute of Technology, 1963.

Anderson, D. J. Modern Compressible Flow. 2nd ed. McGraw-Hill, 1990.

Burneister, C. L. Convective Heat Transfer. 2nd ed. John Wiley & Sons,1993.

Byron, R. B., Sewart, E. W., Lightfoot, N.E. Transport Phenomena. John Wiley & Sons, 1990.

Eastop, T. D, Mcconkey, A. Applied Thermodynamics for Engineering Technologists. Longman : 1990

Fox, W. R., McDonald, T.A. Introduction to Fluid Mechanics. 4th ed. John Wiley & Sons, 1994.

Gilbert, G. B., Hill, P. G. Analysis and Testing of Two-dimensional Slot Nozzle Ejectors. Symposium on Jet Pumps & Ejector and Gas Lift Techniques, pp 45-64. England, 1975.

Haluk, M. A. Cahit, O. E. Gas Dynamics. Prentice Hall, 1994

Hickman, K. E., Hill P. G., Gilbert G.B. Analysis and Testing of Compressible Flow Ejector With Variable Area Mixing Tubes. Journal of Basic Engineer (June 1972) : 407-416

Hodge, B. K, Koenig, K. Compressible Fluid Dynamics. Prentice-Hall, 1995.

Incropera, P. F, Dewitt, P. D. Introduction to Heat Transfer. 2nd ed. Singapore: John Wiley & Sons, 1985.

Kurtz, E. F.Theoretical Model for Predicting Steam-Ejector Performance. Journal of Engineering for Industry (May 1976) : 645-651

Papamoschou, D. Model of Entropy Production and Pressure Variation in Confined Turbulent Mixing. AIAA Journal. (September 1993): 1643-1650

Papamoschou, D., Bunyajitradulya A. Evolution of Large Eddies in Compressible Shear Layers. Phys Fluid 9(3) (March 1997) : 756-765

Power, B. R. Steam Jet Ejector for the Process Industries. McGraw-Hill, 1994

Reynolds, W. C. Thermodynamics Properties in SI. Department of Mechanical

Engineering. Standford University, 1979

Shapiro, H. Ascher. The Dynamics and Thermodynamics of Compressible Fluid Flow Volume I. The Ronald Press Company, 1953.

Shames, H. I. Mechanic of Fluids. 3rd ed. McGraw-Hill, 1992

Van Wylen, J. G., Sonntag, E.R. Fundamental of Classical Thermodynamics. 2nd ed. :USA, 1973.

White, M. F. Fluid Mechanics. 2nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 1986.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ศัพท์วิชาการ

เนื่องจากการใช้ศัพท์วิทยาการทางวิศวกรรมศาสตร์ ที่เป็นภาษาไทยยังไม่เป็นมาตรฐานเดียวกันหมด ถึงแม้ว่าวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) จะได้บัญญัติศัพท์ขึ้นมาบ้างแล้วก็ตาม ผู้วิจัยได้ใช้ศัพท์บางคำแตกต่างออกไปบ้าง ดังนั้นผู้ที่สนใจงานวิจัยนี้พึงตรวจสอบความหมายที่แท้จริงจากรากศัพท์ภาษาอังกฤษดังต่อไปนี้

adiabatic process	กระบวนการที่ไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม
convergence nozzle	ส่วนลดหน้าตัดของนอซเซิล
dimensionless variable	ตัวแปรไร้มิติ
diffuser	ส่วนหน้าตัดท่อขยาย
boundary layer	ชั้นขอบเขต
energy balance	สมดุลพลังงาน
friction	ความเสียดทาน
friction coefficient	สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน
fully developed velocity profile	รูปแบบของความเร็วคงรูปแล้ว
gradient	ความลาดเอียง
laminar flow	การไหลแบบราบเรียบ
mach number	ความเร็วมัคนัมเบอร์
pressure loss	ความดันสูญเสีย
primary steam	ไอน้ำปฐมภูมิ
reynold number	เรย์โนลด์นัมเบอร์
secondary steam	ไอน้ำทุติยภูมิ
stagnation condition	สภาวะที่เทียบความเร็วมีค่าเป็นศูนย์
temperature gradient	ความลาดเอียงของอุณหภูมิ
thermal	ความร้อน
throat	คอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

temperature profile	รูปแบบของอุณหภูมิ
turbulent flow	การไหลแบบปั่นป่วน
velocity profile	รูปแบบของความเร็ว
wall shear stress	ความเค้นเฉือนที่ผิว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข

ตารางบันทึกผลการทดลองและการคำนวณ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	44	0.10	104.0	32	0.17	116.0	0.73	1.70	7.10	0.14	0.69
0.71	163.0	44	0.10	103.0	30	0.17	116.0	0.68	1.70	7.10	0.14	0.70
0.71	163.0	45	0.10	104.0	27	0.17	116.0	0.60	1.70	7.10	0.14	0.72
0.71	163.0	46	0.10	103.0	25	0.17	117.0	0.54	1.70	7.10	0.14	0.74
0.71	163.0	45	0.10	104.0	22.5	0.18	119.0	0.50	1.80	7.10	0.14	0.72
0.71	163.0	46.5	0.10	104.0	20	0.18	118.0	0.43	1.80	7.10	0.14	0.74
0.71	163.0	45	0.10	102.0	17.5	0.18	118.0	0.39	1.80	7.10	0.14	0.75
0.71	163.0	46	0.10	102.0	14	0.18	120.0	0.30	1.80	7.10	0.14	0.78
0.71	163.0	45	0.10	104.0	11	0.18	120.0	0.24	1.80	7.10	0.14	0.79
0.71	163.0	46	0.10	103.0	8.5	0.18	120.0	0.18	1.80	7.10	0.14	0.81
0.71	163.0	43	0.15	115.0	26	0.22	123.0	0.60	1.47	4.73	0.21	0.73
0.71	163.0	43	0.15	114.0	24	0.22	123.0	0.56	1.47	4.73	0.21	0.74
0.71	163.0	45	0.15	114.0	21	0.22	123.0	0.47	1.47	4.73	0.21	0.76
0.71	163.0	45.5	0.15	115.0	19	0.22	123.0	0.42	1.47	4.73	0.21	0.77
0.71	163.0	46	0.15	114.0	15.5	0.22	123.0	0.34	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163.0	46	0.15	115.0	13.5	0.22	124.0	0.29	1.47	4.73	0.21	0.80
0.71	163.0	46	0.15	115.0	10	0.22	124.0	0.22	1.47	4.73	0.21	0.82
0.71	163.0	46	0.15	115.0	8.5	0.22	124.0	0.18	1.47	4.73	0.21	0.83
0.71	163.0	42	0.20	121.0	26.5	0.26	128.0	0.63	1.30	3.55	0.28	0.75
0.71	163.0	43	0.20	122.0	23.5	0.26	128.0	0.55	1.30	3.55	0.28	0.77

ตารางที่ 1ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	44	0.20	122.0	19.5	0.26	128.0	0.44	1.30	3.55	0.28	0.79
0.71	163.0	44	0.20	122.0	17.5	0.27	129.0	0.40	1.35	3.55	0.28	0.77
0.71	163.0	44	0.20	122.0	14	0.27	129.0	0.32	1.35	3.55	0.28	0.78
0.71	163.0	44	0.20	122.0	11.5	0.27	130.0	0.26	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163.0	44	0.20	123.0	9	0.27	130.0	0.20	1.35	3.55	0.28	0.81
0.71	163.0	42	0.25	130.0	19.5	0.31	134.0	0.46	1.24	2.84	0.35	0.77
0.71	163.0	44	0.25	130.0	16	0.31	134.0	0.36	1.24	2.84	0.35	0.79
0.71	163.0	44	0.25	129.0	14.5	0.31	134.0	0.33	1.24	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	44	0.25	130.0	12	0.32	135.0	0.27	1.28	2.84	0.35	0.78
0.71	163.0	43.5	0.25	130.0	8.5	0.32	135.0	0.20	1.28	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	41.5	0.30	133.0	27	0.35	138.0	0.65	1.17	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	43	0.30	135.0	25	0.35	139.0	0.58	1.17	2.37	0.42	0.77
0.71	163.0	43.5	0.30	135.0	23.5	0.35	139.0	0.54	1.17	2.37	0.42	0.78
0.71	163.0	45	0.30	135.0	19.5	0.36	139.0	0.43	1.20	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	44	0.30	135.0	17.5	0.36	139.0	0.40	1.20	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	45	0.30	135.0	13	0.36	139.0	0.29	1.20	2.37	0.42	0.79
0.71	163.0	45	0.30	135.0	15	0.36	139.0	0.33	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163.0	45.5	0.30	135.0	10	0.36	139.0	0.22	1.20	2.37	0.42	0.80
0.71	163.0	40.5	0.35	140.0	29.5	0.40	143.0	0.73	1.14	2.03	0.49	0.72
0.71	163.0	42	0.35	140.0	27.5	0.40	143.0	0.65	1.14	2.03	0.49	0.73

ตารางที่ 1ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	43	0.35	140.0	25	0.40	143.0	0.58	1.14	2.03	0.49	0.75
0.71	163.0	44	0.35	140.0	22	0.40	143.0	0.50	1.14	2.03	0.49	0.76
0.71	163.0	43	0.35	140.0	19.5	0.40	143.0	0.45	1.14	2.03	0.49	0.77
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	17	0.40	143.0	0.38	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	14	0.40	143.0	0.31	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163.0	44	0.35	140.0	12	0.40	143.0	0.27	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163.0	44	0.35	140.0	8	0.40	143.0	0.18	1.14	2.03	0.49	0.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=13

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	44	0.10	102.0	23	0.18	115.0	0.52	1.80	7.10	0.14	0.71
0.71	163.0	44	0.10	102.0	20.5	0.18	115.0	0.47	1.80	7.10	0.14	0.73
0.71	163.0	46	0.10	101.0	18	0.18	115.0	0.39	1.80	7.10	0.14	0.75
0.71	163.0	46	0.10	102.0	16	0.18	117.0	0.35	1.80	7.10	0.14	0.76
0.71	163.0	45	0.10	102.0	13	0.18	116.0	0.29	1.80	7.10	0.14	0.78
0.71	163.0	44	0.10	101.0	10.5	0.18	116.0	0.24	1.80	7.10	0.14	0.80
0.71	163.0	43	0.15	112.0	21.5	0.22	122.0	0.50	1.47	4.73	0.21	0.75
0.71	163.0	44	0.15	114.0	18	0.23	124.0	0.41	1.53	4.73	0.21	0.74
0.71	163.0	44	0.15	114.0	16	0.23	124.0	0.36	1.53	4.73	0.21	0.75
0.71	163.0	44	0.15	114.0	14	0.23	124.0	0.32	1.53	4.73	0.21	0.77
0.71	163.0	44	0.15	114.0	11.5	0.23	124.0	0.26	1.53	4.73	0.21	0.78
0.71	163.0	44	0.15	114.0	8	0.23	124.0	0.18	1.53	4.73	0.21	0.80
0.71	163.0	42.5	0.20	122.0	24.5	0.27	129.0	0.58	1.35	3.55	0.28	0.72
0.71	163.0	43.5	0.20	122.0	21.5	0.27	129.0	0.49	1.35	3.55	0.28	0.74
0.71	163.0	44	0.20	122.0	19	0.27	129.0	0.43	1.35	3.55	0.28	0.76
0.71	163.0	43	0.20	122.0	17	0.27	129.0	0.40	1.35	3.55	0.28	0.77
0.71	163.0	43	0.20	122.0	13.5	0.27	130.0	0.31	1.35	3.55	0.28	0.79
0.71	163.0	43	0.20	122.0	11	0.27	130.0	0.26	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163.0	42.5	0.20	122.0	9	0.27	130.0	0.21	1.35	3.55	0.28	0.81

ตารางที่ 2ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=13 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	41	0.25	129.0	30.5	0.31	134.0	0.74	1.24	2.84	0.35	0.72
0.71	163.0	42	0.25	130.0	28.5	0.31	135.0	0.68	1.24	2.84	0.35	0.73
0.71	163.0	43	0.25	129.0	26	0.31	134.0	0.60	1.24	2.84	0.35	0.74
0.71	163.0	43.5	0.25	130.0	23.5	0.31	134.0	0.54	1.24	2.84	0.35	0.76
0.71	163.0	43	0.25	129.0	21	0.31	134.0	0.49	1.24	2.84	0.35	0.77
0.71	163.0	44	0.25	130.0	19	0.32	135.0	0.43	1.28	2.84	0.35	0.74
0.71	163.0	44	0.25	130.0	16.5	0.32	135.0	0.38	1.28	2.84	0.35	0.75
0.71	163.0	44	0.25	129.0	13.5	0.32	135.0	0.31	1.28	2.84	0.35	0.77
0.71	163.0	44	0.25	130.0	11.5	0.32	136.0	0.26	1.28	2.84	0.35	0.78
0.71	163.0	45	0.25	130.0	9	0.32	136.0	0.20	1.28	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	42	0.30	135.0	32	0.36	140.0	0.76	1.20	2.37	0.42	0.69
0.71	163.0	43	0.30	135.0	29	0.36	139.0	0.67	1.20	2.37	0.42	0.71
0.71	163.0	43.5	0.30	135.0	27	0.36	139.0	0.62	1.20	2.37	0.42	0.72
0.71	163.0	45	0.30	135.0	23.5	0.36	140.0	0.52	1.20	2.37	0.42	0.74
0.71	163.0	45	0.30	135.0	20	0.36	140.0	0.44	1.20	2.37	0.42	0.75
0.71	163.0	45	0.30	135.0	18	0.36	140.0	0.40	1.20	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	45	0.30	135.0	14	0.37	140.0	0.31	1.23	2.37	0.42	0.75
0.71	163.0	45	0.30	135.0	11.5	0.37	140.0	0.26	1.23	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	45	0.30	135.0	9.5	0.37	140.0	0.21	1.23	2.37	0.42	0.77

ตารางที่ 2ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=13 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	45	0.35	140.0	20.5	0.40	144.0	0.46	1.14	2.03	0.49	0.77
0.71	163.0	45	0.35	140.0	17.5	0.40	143.0	0.39	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	12	0.40	144.0	0.27	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	14	0.40	144.0	0.31	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163.0	43	0.35	140.0	9.5	0.40	144.0	0.22	1.14	2.03	0.49	0.81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=29

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	43	0.10	102.0	25.5	0.17	114.0	0.59	1.70	7.10	0.14	0.73
0.71	163.0	46	0.10	102.0	21.5	0.17	114.0	0.47	1.70	7.10	0.14	0.76
0.71	163.0	45	0.10	103.0	23	0.17	114.0	0.51	1.70	7.10	0.14	0.75
0.71	163.0	45	0.10	103.0	18	0.18	115.0	0.40	1.80	7.10	0.14	0.75
0.71	163.0	46.5	0.10	103.0	15	0.18	115.0	0.32	1.80	7.10	0.14	0.77
0.71	163.0	46	0.10	102.0	13.5	0.18	115.0	0.29	1.80	7.10	0.14	0.78
0.71	163.0	46	0.10	102.0	9.5	0.18	115.0	0.21	1.80	7.10	0.14	0.81
0.71	163.0	44	0.15	103.0	28.5	0.22	120.0	0.65	1.47	4.73	0.21	0.72
0.71	163.0	44	0.15	103.0	25	0.22	122.0	0.57	1.47	4.73	0.21	0.74
0.71	163.0	45	0.15	103.0	22.5	0.22	122.0	0.50	1.47	4.73	0.21	0.75
0.71	163.0	47	0.15	103.0	19.5	0.22	122.0	0.41	1.47	4.73	0.21	0.77
0.71	163.0	47	0.15	103.0	17	0.22	123.0	0.36	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163.0	47	0.15	103.0	14	0.22	123.0	0.30	1.47	4.73	0.21	0.80
0.71	163.0	47.5	0.15	103.0	10.5	0.22	123.0	0.22	1.47	4.73	0.21	0.82
0.71	163.0	48	0.15	103.0	6	0.22	123.0	0.13	1.47	4.73	0.21	0.84
0.71	163.0	43	0.20	123.0	29	0.26	129.0	0.67	1.30	3.55	0.28	0.74
0.71	163.0	44	0.20	122.0	27	0.27	130.0	0.61	1.35	3.55	0.28	0.72
0.71	163.0	44	0.20	122.0	25	0.27	129.0	0.57	1.35	3.55	0.28	0.73
0.71	163.0	46	0.20	122.0	22	0.27	129.0	0.48	1.35	3.55	0.28	0.75
0.71	163.0	47	0.20	121.0	19.5	0.27	129.0	0.41	1.35	3.55	0.28	0.76

ตารางที่ 3ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	47	0.20	123.0	16	0.27	130.0	0.34	1.35	3.55	0.28	0.78
0.71	163.0	47	0.20	122.0	13	0.27	130.0	0.28	1.35	3.55	0.28	0.79
0.71	163.0	48	0.20	122.0	8	0.27	130.0	0.17	1.35	3.55	0.28	0.82
0.71	163.0	47	0.20	122.0	11	0.27	130.0	0.23	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163.0	44	0.25	130.0	27	0.31	134.0	0.61	1.24	2.84	0.35	0.74
0.71	163.0	45	0.25	130.0	24.5	0.31	135.0	0.54	1.24	2.84	0.35	0.76
0.71	163.0	46	0.25	130.0	21.5	0.32	135.0	0.47	1.28	2.84	0.35	0.73
0.71	163.0	47	0.25	130.0	18	0.32	134.0	0.38	1.28	2.84	0.35	0.75
0.71	163.0	46	0.25	129.0	15.5	0.32	135.0	0.34	1.28	2.84	0.35	0.76
0.71	163.0	47	0.25	130.0	12.5	0.32	135.0	0.27	1.28	2.84	0.35	0.78
0.71	163.0	47	0.25	129.0	7.5	0.32	135.0	0.16	1.28	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	47	0.30	135.0	29	0.36	139.0	0.62	1.20	2.37	0.42	0.72
0.71	163.0	46	0.30	135.0	26.5	0.36	139.0	0.58	1.20	2.37	0.42	0.73
0.71	163.0	46	0.30	135.0	24.5	0.36	139.0	0.53	1.20	2.37	0.42	0.74
0.71	163.0	46	0.30	135.0	21	0.36	140.0	0.46	1.20	2.37	0.42	0.75
0.71	163.0	44	0.30	135.0	17	0.36	140.0	0.39	1.20	2.37	0.42	0.77
0.71	163.0	45	0.30	135.0	15	0.36	140.0	0.33	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163.0	45	0.30	135.0	12	0.37	140.0	0.27	1.23	2.37	0.42	0.76
0.71	163.0	45	0.30	135.0	8	0.37	140.0	0.18	1.23	2.37	0.42	0.78
0.71	163.0	45	0.30	136.0	10	0.37	140.0	0.22	1.23	2.37	0.42	0.77

ตารางที่ 3ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7, Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	46	0.35	140.0	26	0.40	143.0	0.57	1.14	2.03	0.49	0.75
0.71	163.0	46	0.35	140.0	22.5	0.40	143.0	0.49	1.14	2.03	0.49	0.76
0.71	163.0	47	0.35	140.0	20	0.40	143.0	0.43	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	47	0.35	140.0	17.5	0.40	143.0	0.37	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	47	0.35	140.0	15	0.40	143.0	0.32	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163.0	46	0.35	140.0	12	0.40	143.0	0.26	1.14	2.03	0.49	0.81
0.71	163.0	47	0.35	140.0	10	0.41	144.0	0.21	1.17	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	48	0.35	140.0	8	0.41	144.0	0.17	1.17	2.03	0.49	0.79

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=55

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	45	0.10	103.0	25.5	0.17	114.0	0.57	1.70	7.10	0.14	0.73
0.71	163.0	45	0.10	102.0	23	0.17	115.0	0.51	1.70	7.10	0.14	0.75
0.71	163.0	45	0.10	100.0	20	0.17	113.0	0.44	1.70	7.10	0.14	0.77
0.71	163.0	47	0.10	102.0	17.5	0.17	114.0	0.37	1.70	7.10	0.14	0.79
0.71	163.0	47	0.10	102.0	14	0.17	114.0	0.30	1.70	7.10	0.14	0.81
0.71	163.0	47	0.10	102.0	11.5	0.17	115.0	0.24	1.70	7.10	0.14	0.82
0.71	163.0	47	0.10	101.0	8	0.17	115.0	0.17	1.70	7.10	0.14	0.84
0.71	163.0	44	0.15	113.0	30.5	0.21	121.0	0.69	1.40	4.73	0.21	0.75
0.71	163.0	44	0.15	113.0	27.5	0.21	121.0	0.63	1.40	4.73	0.21	0.76
0.71	163.0	44	0.15	113.0	25	0.21	121.0	0.57	1.40	4.73	0.21	0.77
0.71	163.0	47	0.15	113.0	22	0.22	122.0	0.47	1.47	4.73	0.21	0.76
0.71	163.0	47	0.15	113.0	19	0.22	123.0	0.40	1.47	4.73	0.21	0.77
0.71	163.0	46	0.15	113.0	16.5	0.22	122.0	0.36	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163.0	47	0.15	114.0	14.5	0.22	123.0	0.31	1.47	4.73	0.21	0.80
0.71	163.0	47	0.15	113.0	12	0.22	123.0	0.26	1.47	4.73	0.21	0.81
0.71	163.0	47	0.15	113.0	9	0.22	123.0	0.19	1.47	4.73	0.21	0.83
0.71	163.0	45	0.20	122.0	24.5	0.26	128.0	0.54	1.30	3.55	0.28	0.77
0.71	163.0	45	0.20	122.0	21.5	0.27	128.0	0.48	1.35	3.55	0.28	0.75
0.71	163.0	44.5	0.20	122.0	19	0.27	129.0	0.43	1.35	3.55	0.28	0.76
0.71	163.0	44.5	0.20	122.0	17	0.27	129.0	0.38	1.35	3.55	0.28	0.77

ตารางที่ 4ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	46.5	0.20	122.0	14.5	0.27	129.0	0.31	1.35	3.55	0.28	0.79
0.71	163.0	46.5	0.20	122.0	12	0.27	130.0	0.26	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163.0	47	0.20	123.0	7	0.27	130.0	0.15	1.35	3.55	0.28	0.82
0.71	163.0	46	0.20	123.0	10	0.27	130.0	0.22	1.35	3.55	0.28	0.81
0.71	163.0	45	0.25	130.0	24	0.31	134.0	0.53	1.24	2.84	0.35	0.76
0.71	163.0	47	0.25	129.0	21.5	0.31	134.0	0.46	1.24	2.84	0.35	0.77
0.71	163.0	47	0.25	130.0	18.5	0.31	135.0	0.39	1.24	2.84	0.35	0.79
0.71	163.0	47	0.25	129.0	16	0.31	134.0	0.34	1.24	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	47.5	0.25	129.0	14	0.31	134.0	0.29	1.24	2.84	0.35	0.81
0.71	163.0	47	0.25	130.0	11	0.31	134.0	0.23	1.24	2.84	0.35	0.82
0.71	163.0	47.5	0.25	130.0	5.5	0.32	135.0	0.12	1.28	2.84	0.35	0.82
0.71	163.0	47	0.25	129.0	8	0.32	135.0	0.17	1.28	2.84	0.35	0.80
0.71	163.0	45	0.30	135.0	17	0.36	139.0	0.38	1.20	2.37	0.42	0.77
0.71	163.0	46	0.30	135.0	14	0.36	140.0	0.30	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163.0	46	0.30	135.0	12.5	0.36	139.0	0.27	1.20	2.37	0.42	0.79
0.71	163.0	47	0.30	135.0	10	0.36	139.0	0.21	1.20	2.37	0.42	0.80
0.71	163.0	46	0.30	135.0	8	0.36	140.0	0.17	1.20	2.37	0.42	0.81
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	33.5	0.40	143.0	0.75	1.14	2.03	0.49	0.72
0.71	163.0	44.5	0.35	140.0	30	0.40	143.0	0.67	1.14	2.03	0.49	0.73
0.71	163.0	45	0.35	140.0	28	0.40	143.0	0.62	1.14	2.03	0.49	0.74

ตารางที่ 4ข ผลการทดลองที่ Mp=1.7 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163.0	45	0.35	140.0	25	0.40	143.0	0.56	1.14	2.03	0.49	0.75
0.71	163.0	47	0.35	140.0	22	0.40	143.0	0.47	1.14	2.03	0.49	0.77
0.71	163.0	47	0.35	140.0	19	0.40	143.0	0.40	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	46	0.35	140.0	17.5	0.40	143.0	0.38	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163.0	45	0.35	140.0	14.5	0.40	143.0	0.32	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163.0	46.4	0.35	140.0	11.5	0.40	143.0	0.25	1.14	2.03	0.49	0.81
0.71	163.0	47	0.35	140.0	8.5	0.40	143.0	0.18	1.14	2.03	0.49	0.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5ช ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	164	37	0.2	122	12.5	0.21	122	0.34	1.05	3.55	0.28	0.97
0.71	164	35	0.2	122	12.5	0.2	120	0.36	1.00	3.55	0.28	1.00
0.71	164	35	0.2	122	12	0.22	123	0.34	1.10	3.55	0.28	0.94
0.71	164	35	0.2	122	11.5	0.23	122	0.33	1.15	3.55	0.28	0.91
0.71	164	36	0.2	122	11	0.22	122	0.31	1.10	3.55	0.28	0.94
0.71	164	38	0.2	122	9	0.2	118	0.24	1.00	3.55	0.28	1.00
0.71	163	40	0.25	129	14	0.25	124	0.35	1.00	2.84	0.35	1.00
0.71	163	39	0.25	130	14	0.26	128	0.36	1.04	2.84	0.35	0.97
0.71	163	38	0.25	129	7.5	0.28	130	0.20	1.12	2.84	0.35	0.91
0.71	163	39	0.25	129	13.5	0.25	126	0.35	1.00	2.84	0.35	1.00
0.71	163	39	0.25	129	12	0.26	128	0.31	1.04	2.84	0.35	0.97
0.71	163	36	0.3	134	17	0.3	123	0.47	1.00	2.37	0.42	1.00
0.71	163	38	0.3	135	12.5	0.33	137	0.33	1.10	2.37	0.42	0.89
0.71	163	36.5	0.3	134	15.5	0.31	134	0.42	1.03	2.37	0.42	0.96
0.71	163	36	0.3	135	16.5	0.32	135	0.46	1.07	2.37	0.42	0.92

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	31	0.1	102	33	0.16	111	1.06	1.60	7.10	0.14	0.65
0.71	163	31	0.1	102	29.5	0.16	111	0.95	1.60	7.10	0.14	0.68
0.71	163	31.5	0.1	102	27	0.16	111	0.86	1.60	7.10	0.14	0.70
0.71	163	34	0.1	102	23.5	0.16	111	0.69	1.60	7.10	0.14	0.74
0.71	163	32	0.1	102	20	0.16	111	0.63	1.60	7.10	0.14	0.76
0.71	163	34	0.1	100	15.5	0.16	111	0.46	1.60	7.10	0.14	0.80
0.71	163	33.5	0.1	100	9.5	0.16	111	0.28	1.60	7.10	0.14	0.84
0.71	163	33	0.15	113	28	0.2	120	0.85	1.33	4.73	0.21	0.76
0.71	163	33	0.15	114	24	0.2	120	0.73	1.33	4.73	0.21	0.78
0.71	163	33	0.15	114	19	0.2	120	0.58	1.33	4.73	0.21	0.81
0.71	163	33	0.15	113	17.5	0.2	120	0.53	1.33	4.73	0.21	0.82
0.71	163	35	0.15	113	13.5	0.2	120	0.39	1.33	4.73	0.21	0.84
0.71	163	35.5	0.15	113	10	0.2	120	0.28	1.33	4.73	0.21	0.86
0.71	163	32	0.2	122	30.5	0.24	126	0.95	1.20	3.55	0.28	0.79
0.71	163	31.5	0.2	122	28.5	0.25	127	0.90	1.25	3.55	0.28	0.75
0.71	163	33	0.2	122	24	0.25	127	0.73	1.25	3.55	0.28	0.78
0.71	163	34	0.2	122	20	0.25	127	0.59	1.25	3.55	0.28	0.80
0.71	163	34	0.2	122	15.5	0.25	127	0.46	1.25	3.55	0.28	0.82
0.71	163	34.5	0.2	122	13	0.25	127	0.38	1.25	3.55	0.28	0.84
0.71	163	34.5	0.2	122	9.5	0.25	127	0.28	1.25	3.55	0.28	0.85

ตารางที่ 6ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	31.5	0.25	130	28	0.3	132	0.89	1.20	2.84	0.35	0.74
0.71	163	33.5	0.25	130	25	0.3	133	0.75	1.20	2.84	0.35	0.76
0.71	163	34	0.25	130	21.5	0.3	133	0.63	1.20	2.84	0.35	0.78
0.71	163	35	0.25	129	16	0.3	133	0.46	1.20	2.84	0.35	0.81
0.71	163	35.5	0.25	130	13.5	0.3	134	0.38	1.20	2.84	0.35	0.82
0.71	163	35	0.25	129	11	0.3	133	0.31	1.20	2.84	0.35	0.83
0.71	163	32	0.3	135	30	0.34	138	0.94	1.13	2.37	0.42	0.77
0.71	163	33	0.3	135	28	0.34	138	0.85	1.13	2.37	0.42	0.78
0.71	163	33.5	0.3	135	23.5	0.35	138	0.70	1.17	2.37	0.42	0.75
0.71	163	33	0.3	135	20	0.35	138	0.61	1.17	2.37	0.42	0.77
0.71	163	35	0.3	135	15.5	0.35	138	0.44	1.17	2.37	0.42	0.80
0.71	163	35	0.3	135	13	0.35	138	0.37	1.17	2.37	0.42	0.81
0.71	163	35	0.3	135	7.5	0.35	138	0.21	1.17	2.37	0.42	0.84
0.71	163	32	0.35	140	23	0.39	142	0.72	1.11	2.03	0.49	0.78
0.71	163	34	0.35	140	18.5	0.39	142	0.54	1.11	2.03	0.49	0.80
0.71	163	33.5	0.35	140	13.5	0.4	143	0.40	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163	34	0.35	140	11	0.4	143	0.32	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163	33.5	0.35	140	8.5	0.4	143	0.25	1.14	2.03	0.49	0.81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	30	0.1	104	30	0.15	110	1.00	1.50	7.10	0.14	0.72
0.71	163	30	0.1	104	25	0.16	112	0.83	1.60	7.10	0.14	0.71
0.71	163	31	0.1	104	22	0.16	112	0.71	1.60	7.10	0.14	0.74
0.71	163	30	0.1	104	18	0.16	112	0.60	1.60	7.10	0.14	0.76
0.71	163	31.5	0.1	105	14.5	0.16	113	0.46	1.60	7.10	0.14	0.80
0.71	163	30	0.1	104	10.5	0.16	113	0.35	1.60	7.10	0.14	0.82
0.71	163	31	0.15	114	31	0.2	118	1.00	1.33	4.73	0.21	0.74
0.71	163	31	0.15	115	28	0.2	120	0.90	1.33	4.73	0.21	0.75
0.71	163	32	0.15	115	25	0.2	120	0.78	1.33	4.73	0.21	0.77
0.71	163	31	0.15	115	21.5	0.2	120	0.69	1.33	4.73	0.21	0.79
0.71	163	32.5	0.15	115	16.5	0.2	120	0.51	1.33	4.73	0.21	0.82
0.71	163	33	0.15	115	14	0.2	120	0.42	1.33	4.73	0.21	0.84
0.71	163	32	0.15	115	9	0.21	121	0.28	1.40	4.73	0.21	0.83
0.71	163	29	0.2	122	33.5	0.24	125	1.16	1.20	3.55	0.28	0.77
0.71	163	29	0.2	122	28.5	0.24	125	0.98	1.20	3.55	0.28	0.79
0.71	163	33	0.2	122	23.5	0.25	126	0.71	1.25	3.55	0.28	0.78
0.71	163	33.5	0.2	122	20	0.25	126	0.60	1.25	3.55	0.28	0.80
0.71	163	34	0.2	122	17.5	0.25	126	0.51	1.25	3.55	0.28	0.81
0.71	163	33	0.2	122	13.5	0.25	127	0.41	1.25	3.55	0.28	0.83
0.71	163	33.5	0.2	122	9	0.26	127	0.27	1.30	3.55	0.28	0.83

ตารางที่ 7ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	33	0.25	130	33	0.3	133	1.00	1.20	2.84	0.35	0.72
0.71	163	32	0.25	130	29	0.3	133	0.91	1.20	2.84	0.35	0.74
0.71	163	34	0.25	129	25	0.3	133	0.74	1.20	2.84	0.35	0.77
0.71	163	34	0.25	129	22	0.3	133	0.65	1.20	2.84	0.35	0.78
0.71	163	35	0.25	128	17.5	0.3	133	0.50	1.20	2.84	0.35	0.80
0.71	163	36	0.25	128	14.5	0.3	133	0.40	1.20	2.84	0.35	0.82
0.71	163	36	0.25	128	8.5	0.3	133	0.24	1.20	2.84	0.35	0.85
0.71	163	33	0.3	135	35.5	0.34	138	1.08	1.13	2.37	0.42	0.75
0.71	163	35.5	0.3	135	29.5	0.34	138	0.83	1.13	2.37	0.42	0.78
0.71	163	35	0.3	134	26.5	0.34	137	0.76	1.13	2.37	0.42	0.79
0.71	163	35	0.3	135	21	0.34	138	0.60	1.13	2.37	0.42	0.82
0.71	163	35	0.3	135	17.5	0.34	138	0.50	1.13	2.37	0.42	0.83
0.71	163	34	0.3	135	12.5	0.34	138	0.37	1.13	2.37	0.42	0.85
0.71	163	34.5	0.3	135	9	0.34	139	0.26	1.13	2.37	0.42	0.86
0.71	163	33	0.35	140	34.5	0.39	142	1.05	1.11	2.03	0.49	0.73
0.71	163	34	0.35	140	29	0.39	142	0.85	1.11	2.03	0.49	0.76
0.71	163	33	0.35	140	25	0.39	142	0.76	1.11	2.03	0.49	0.77
0.71	163	34	0.35	140	20	0.39	142	0.59	1.11	2.03	0.49	0.80
0.71	163	34	0.35	140	16	0.4	143	0.47	1.14	2.03	0.49	0.77
0.71	163	34	0.35	140	12	0.4	143	0.35	1.14	2.03	0.49	0.79

ตารางที่ 7ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	33.5	0.35	140	11	0.4	143	0.33	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163	33	0.35	140	8	0.4	144	0.24	1.14	2.03	0.49	0.81

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8ช ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 55

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	33	0.1	103	34.5	0.15	109	1.05	1.50	7.10	0.14	0.72
0.71	163	33	0.1	101	29.5	0.15	108	0.89	1.50	7.10	0.14	0.75
0.71	163	34	0.1	102	25.5	0.15	110	0.75	1.50	7.10	0.14	0.77
0.71	163	34	0.1	100	21	0.15	109	0.62	1.50	7.10	0.14	0.80
0.71	163	33.5	0.1	102	18.5	0.15	110	0.55	1.50	7.10	0.14	0.81
0.71	163	35	0.1	102	15	0.15	111	0.43	1.50	7.10	0.14	0.84
0.71	163	35.5	0.1	102	10.5	0.15	112	0.30	1.50	7.10	0.14	0.86
0.71	163	32.5	0.15	113	32.5	0.2	119	1.00	1.33	4.73	0.21	0.74
0.71	163	33.5	0.15	113	29.5	0.2	119	0.88	1.33	4.73	0.21	0.76
0.71	163	33	0.15	114	25	0.2	120	0.76	1.33	4.73	0.21	0.78
0.71	163	34	0.15	114	20.5	0.2	120	0.60	1.33	4.73	0.21	0.80
0.71	163	35	0.15	114	16	0.21	120	0.46	1.40	4.73	0.21	0.80
0.71	163	35	0.15	113	12.5	0.21	120	0.36	1.40	4.73	0.21	0.82
0.71	163	35	0.15	113	9	0.21	120	0.26	1.40	4.73	0.21	0.84
0.71	163	34	0.2	122	35	0.24	125	1.03	1.20	3.55	0.28	0.78
0.71	163	33	0.2	123	30	0.24	126	0.91	1.20	3.55	0.28	0.80
0.71	163	34	0.2	122	25.5	0.24	126	0.75	1.20	3.55	0.28	0.82
0.71	163	34	0.2	122	21	0.24	126	0.62	1.20	3.55	0.28	0.84
0.71	163	34	0.2	121	17	0.25	126	0.50	1.25	3.55	0.28	0.82
0.71	163	33	0.2	122	15.6	0.25	126	0.47	1.25	3.55	0.28	0.82

ตารางที่ 8ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	34.5	0.2	122	11	0.25	127	0.32	1.25	3.55	0.28	0.85
0.71	163	35	0.2	122	9	0.25	127	0.26	1.25	3.55	0.28	0.86
0.71	163	33	0.25	128	37	0.28	131	1.12	1.12	2.84	0.35	0.82
0.71	163	32.5	0.25	128	32	0.28	131	0.98	1.12	2.84	0.35	0.84
0.71	163	33	0.25	128	29	0.28	131	0.88	1.12	2.84	0.35	0.85
0.71	163	34	0.25	130	25	0.3	132	0.74	1.20	2.84	0.35	0.77
0.71	163	34	0.25	130	21.5	0.3	132	0.63	1.20	2.84	0.35	0.78
0.71	163	34	0.25	130	18	0.3	132	0.53	1.20	2.84	0.35	0.80
0.71	163	34	0.25	128	15	0.3	132	0.44	1.20	2.84	0.35	0.81
0.71	163	34	0.25	130	11.5	0.3	133	0.34	1.20	2.84	0.35	0.83
0.71	163	34	0.25	129	8	0.3	133	0.24	1.20	2.84	0.35	0.85
0.71	163	32	0.3	135	38.5	0.34	137	1.20	1.13	2.37	0.42	0.74
0.71	163	32	0.3	135	32.5	0.34	137	1.02	1.13	2.37	0.42	0.76
0.71	163	32	0.3	135	30	0.34	137	0.94	1.13	2.37	0.42	0.77
0.71	163	33.5	0.3	135	26.5	0.34	137	0.79	1.13	2.37	0.42	0.79
0.71	163	34	0.3	135	22	0.34	137	0.65	1.13	2.37	0.42	0.81
0.71	163	34	0.3	135	18.5	0.34	137	0.54	1.13	2.37	0.42	0.82
0.71	163	34	0.3	135	14	0.34	137	0.41	1.13	2.37	0.42	0.84
0.71	163	33.5	0.3	135	12.5	0.34	138	0.37	1.13	2.37	0.42	0.85
0.71	163	34	0.3	135	7.5	0.34	138	0.22	1.13	2.37	0.42	0.87

ตารางที่ 8ข ผลการทดลองที่ Mp=1.9 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	164	32	0.35	140	32	0.38	142	1.00	1.09	2.03	0.49	0.80
0.71	163	31	0.35	140	28	0.38	142	0.90	1.09	2.03	0.49	0.81
0.71	163	32	0.35	140	24	0.38	142	0.75	1.09	2.03	0.49	0.83
0.71	163	31	0.35	140	19.5	0.38	142	0.63	1.09	2.03	0.49	0.84
0.71	163	33.5	0.35	140	16	0.39	142	0.48	1.11	2.03	0.49	0.81
0.71	163	33	0.35	140	10	0.39	142	0.30	1.11	2.03	0.49	0.84
0.71	163	32	0.35	140	12	0.39	142	0.38	1.11	2.03	0.49	0.83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 9ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	47	0.1	103	22	0.17	114	0.47	1.70	7.10	0.14	0.76
0.71	163	47	0.1	101	18.5	0.17	114	0.39	1.70	7.10	0.14	0.78
0.71	163	48.5	0.1	103	15.4	0.18	116	0.32	1.80	7.10	0.14	0.77
0.71	163	48.5	0.1	102	13	0.18	116	0.27	1.80	7.10	0.14	0.79
0.71	163	47.5	0.1	102	10.5	0.18	116	0.22	1.80	7.10	0.14	0.80
0.71	163	45	0.1	104	8	0.19	117	0.18	1.90	7.10	0.14	0.79
0.71	163	47	0.15	105	24.5	0.22	123	0.52	1.47	4.73	0.21	0.75
0.71	163	47.5	0.15	104	21	0.22	123	0.44	1.47	4.73	0.21	0.77
0.71	163	49	0.15	103	17.5	0.22	122	0.36	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163	50	0.15	105	14	0.22	123	0.28	1.47	4.73	0.21	0.80
0.71	163	50	0.15	104	10.5	0.22	123	0.21	1.47	4.73	0.21	0.82
0.71	163	50	0.15	105	8	0.23	124	0.16	1.53	4.73	0.21	0.81
0.71	163	46.5	0.2	122	25.5	0.26	129	0.55	1.30	3.55	0.28	0.77
0.71	163	47	0.2	123	20	0.27	130	0.43	1.35	3.55	0.28	0.76
0.71	163	49.5	0.2	121	16.5	0.27	129	0.33	1.35	3.55	0.28	0.78
0.71	163	50	0.2	122	13	0.27	129	0.26	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163	50	0.2	122	10	0.27	130	0.20	1.35	3.55	0.28	0.81
0.71	163	47	0.25	128	21	0.31	134	0.45	1.24	2.84	0.35	0.78
0.71	163	48	0.25	128	17	0.31	134	0.35	1.24	2.84	0.35	0.79
0.71	163	49	0.25	130	13.5	0.32	135	0.28	1.28	2.84	0.35	0.78

ตารางที่ 9ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ;Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	47	0.25	129	11.5	0.32	135	0.24	1.28	2.84	0.35	0.78
0.71	163	48.5	0.25	130	10.5	0.32	135	0.22	1.28	2.84	0.35	0.79
0.71	163	48	0.3	135	20	0.36	139	0.42	1.20	2.37	0.42	0.76
0.71	163	48	0.3	135	16.5	0.36	139	0.34	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163	48	0.3	135	11	0.36	140	0.23	1.20	2.37	0.42	0.80
0.71	163	48.5	0.3	135	10	0.36	139	0.21	1.20	2.37	0.42	0.80
0.71	163	46	0.35	140	32.5	0.4	143	0.71	1.14	2.03	0.49	0.72
0.71	163	46.5	0.35	140	30.5	0.4	143	0.66	1.14	2.03	0.49	0.73
0.71	163	48	0.35	140	24.5	0.4	143	0.51	1.14	2.03	0.49	0.76
0.71	163	48.5	0.35	140	21	0.4	143	0.43	1.14	2.03	0.49	0.77
0.71	163	49	0.35	140	17	0.4	143	0.35	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163	49	0.35	140	11.5	0.4	144	0.23	1.14	2.03	0.49	0.81
0.71	163	49	0.35	140	9	0.4	144	0.18	1.14	2.03	0.49	0.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 10ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	48	0.1	100	15	0.17	114	0.31	1.70	7.10	0.14	0.80
0.71	163	50	0.1	103	10.5	0.18	117	0.21	1.80	7.10	0.14	0.80
0.71	163	50.6	0.1	103	8.5	0.18	117	0.17	1.80	7.10	0.14	0.82
0.71	163	51	0.15	113	17	0.22	122	0.33	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163	52	0.15	114	14.5	0.22	123	0.28	1.47	4.73	0.21	0.81
0.71	163	51	0.15	113	11.5	0.22	123	0.23	1.47	4.73	0.21	0.82
0.71	163	55	0.15	115	8.5	0.23	124	0.15	1.53	4.73	0.21	0.81
0.71	163	52	0.2	122	18.5	0.27	129	0.36	1.35	3.55	0.28	0.78
0.71	163	52	0.2	122	14	0.27	130	0.27	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163	54	0.2	123	10	0.27	130	0.19	1.35	3.55	0.28	0.82
0.71	163	54	0.2	123	12.5	0.27	130	0.23	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163	54	0.2	123	8	0.27	130	0.15	1.35	3.55	0.28	0.82
0.71	163	52	0.25	130	15.5	0.31	134	0.30	1.24	2.84	0.35	0.80
0.71	163	52	0.25	129	11	0.31	134	0.21	1.24	2.84	0.35	0.82
0.71	163	53	0.25	129	7.5	0.31	134	0.14	1.24	2.84	0.35	0.84
0.71	163	49	0.3	135	23	0.36	139	0.47	1.20	2.37	0.42	0.75
0.71	163	49.5	0.3	135	20.5	0.36	138	0.41	1.20	2.37	0.42	0.76
0.71	163	49	0.3	135	16.5	0.36	139	0.34	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163	49.5	0.3	135	14.5	0.36	139	0.29	1.20	2.37	0.42	0.79
0.71	163	49.5	0.3	135	9.5	0.36	139	0.19	1.20	2.37	0.42	0.81

ตารางที่ 10ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	48	0.35	140	19	0.4	143	0.40	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163	49.5	0.35	140	11.5	0.4	143	0.23	1.14	2.03	0.49	0.81
0.71	163	50	0.35	140	15	0.4	143	0.30	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163	50	0.35	140	7	0.4	143	0.14	1.14	2.03	0.49	0.83

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 11ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	49	0.1	102	20	0.17	115	0.41	1.70	7.10	0.14	0.78
0.71	163	52	0.1	102	18	0.18	115	0.35	1.80	7.10	0.14	0.76
0.71	163	52	0.1	102	15	0.18	115	0.29	1.80	7.10	0.14	0.78
0.71	163	51.5	0.1	101	12.5	0.18	115	0.24	1.80	7.10	0.14	0.79
0.71	163	51	0.1	101	8.5	0.18	115	0.17	1.80	7.10	0.14	0.82
0.71	163	50	0.15	113	22.5	0.22	123	0.45	1.47	4.73	0.21	0.76
0.71	163	53	0.15	113	19.5	0.22	122	0.37	1.47	4.73	0.21	0.78
0.71	163	55	0.15	113	15.5	0.22	122	0.28	1.47	4.73	0.21	0.80
0.71	163	59	0.15	113	13.5	0.22	123	0.23	1.47	4.73	0.21	0.82
0.71	163	56.5	0.15	113	10.5	0.22	123	0.19	1.47	4.73	0.21	0.83
0.71	163	53	0.15	113	8.5	0.22	123	0.16	1.47	4.73	0.21	0.83
0.71	163	51	0.2	122	23	0.26	128	0.45	1.30	3.55	0.28	0.79
0.71	163	51	0.2	122	20	0.26	128	0.39	1.30	3.55	0.28	0.80
0.71	163	51.5	0.2	122	16.5	0.26	128	0.32	1.30	3.55	0.28	0.81
0.71	163	51.5	0.2	122	12	0.27	129	0.23	1.35	3.55	0.28	0.80
0.71	163	51.5	0.2	122	9	0.27	129	0.17	1.35	3.55	0.28	0.82
0.71	163	51	0.25	129	20.5	0.31	134	0.40	1.24	2.84	0.35	0.78
0.71	163	50.5	0.25	130	16.5	0.31	134	0.33	1.24	2.84	0.35	0.80
0.71	163	51	0.25	130	13	0.31	135	0.25	1.24	2.84	0.35	0.81
0.71	163	51	0.25	129	8	0.31	134	0.16	1.24	2.84	0.35	0.83

ตารางที่ 11ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	50	0.3	135	22	0.35	138	0.44	1.17	2.37	0.42	0.80
0.71	163	49	0.3	135	17.5	0.35	139	0.36	1.17	2.37	0.42	0.81
0.71	163	50	0.3	135	11.5	0.36	140	0.23	1.20	2.37	0.42	0.80
0.71	163	50	0.3	135	15.5	0.36	139	0.31	1.20	2.37	0.42	0.78
0.71	163	50	0.3	135	9.5	0.36	139	0.19	1.20	2.37	0.42	0.81
0.71	163	48	0.35	140	28	0.39	142	0.58	1.11	2.03	0.49	0.80
0.71	163	48	0.35	140	26	0.39	143	0.54	1.11	2.03	0.49	0.80
0.71	163	49	0.35	140	23	0.39	143	0.47	1.11	2.03	0.49	0.81
0.71	163	50	0.35	140	20.5	0.4	143	0.41	1.14	2.03	0.49	0.78
0.71	163	50	0.35	140	17	0.4	143	0.34	1.14	2.03	0.49	0.79
0.71	163	50	0.35	140	15	0.4	144	0.30	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163	50	0.35	140	13.5	0.4	143	0.27	1.14	2.03	0.49	0.80
0.71	163	53	0.35	140	11.5	0.4	144	0.22	1.14	2.03	0.49	0.81
0.71	163	49	0.35	140	10	0.4	144	0.20	1.14	2.03	0.49	0.82

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 12ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=55

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	49	0.1	101	22.5	0.16	102	0.46	1.60	7.10	0.14	0.80
0.71	163	49	0.1	102	20	0.16	103	0.41	1.60	7.10	0.14	0.81
0.71	163	49	0.1	102	17.5	0.17	103	0.36	1.70	7.10	0.14	0.79
0.71	163	51	0.1	104	13.5	0.17	104	0.26	1.70	7.10	0.14	0.81
0.71	163	51	0.1	104	15.5	0.17	104	0.30	1.70	7.10	0.14	0.80
0.71	163	52	0.1	103	8	0.17	103	0.15	1.70	7.10	0.14	0.84
0.71	163	49	0.15	115	22	0.22	122	0.45	1.47	4.73	0.21	0.76
0.71	163	49.5	0.15	114	19	0.22	121	0.38	1.47	4.73	0.21	0.78
0.71	163	49	0.15	114	16	0.22	121	0.33	1.47	4.73	0.21	0.79
0.71	163	49.5	0.15	114	13	0.22	121	0.26	1.47	4.73	0.21	0.81
0.71	163	50	0.15	114	9.5	0.22	121	0.19	1.47	4.73	0.21	0.83
0.71	163	49	0.2	122	26.5	0.25	126	0.54	1.25	3.55	0.28	0.81
0.71	163	49.5	0.2	123	23	0.25	127	0.46	1.25	3.55	0.28	0.82
0.71	163	50	0.2	122	20.5	0.25	127	0.41	1.25	3.55	0.28	0.83
0.71	163	51	0.2	123	16.5	0.26	127	0.32	1.30	3.55	0.28	0.81
0.71	163	51	0.2	123	13	0.26	128	0.25	1.30	3.55	0.28	0.83
0.71	163	51	0.2	122	11.5	0.26	128	0.23	1.30	3.55	0.28	0.83
0.71	163	49	0.2	122	8.5	0.26	128	0.17	1.30	3.55	0.28	0.84
0.71	163	49	0.25	130	25	0.29	132	0.51	1.16	2.84	0.35	0.84
0.71	163	49	0.25	129	20.5	0.29	132	0.42	1.16	2.84	0.35	0.85

ตารางที่ 12ข ผลการทดลองที่ Mp=2.2 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)=55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	50	0.25	130	17.5	0.3	132	0.35	1.20	2.84	0.35	0.83
0.71	163	50	0.25	130	14	0.3	132	0.28	1.20	2.84	0.35	0.84
0.71	163	50	0.25	129	13.5	0.3	132	0.27	1.20	2.84	0.35	0.84
0.71	163	49.5	0.25	129	11	0.3	133	0.22	1.20	2.84	0.35	0.85
0.71	163	51	0.25	130	8	0.3	133	0.16	1.20	2.84	0.35	0.86
0.71	163	48	0.3	135	24.5	0.34	138	0.51	1.13	2.37	0.42	0.83
0.71	163	49	0.3	135	22	0.34	137	0.45	1.13	2.37	0.42	0.84
0.71	163	49	0.3	135	19.5	0.34	138	0.40	1.13	2.37	0.42	0.84
0.71	163	50	0.3	135	15.5	0.35	138	0.31	1.17	2.37	0.42	0.82
0.71	163	50	0.3	135	12.5	0.34	137	0.25	1.13	2.37	0.42	0.86
0.71	163	49.5	0.3	135	7	0.35	138	0.14	1.17	2.37	0.42	0.85
0.71	163	48.5	0.35	140	22	0.38	142	0.45	1.09	2.03	0.49	0.86
0.71	163	49	0.35	140	17.5	0.39	142	0.36	1.11	2.03	0.49	0.83
0.71	163	49.5	0.35	140	14.5	0.39	142	0.29	1.11	2.03	0.49	0.84
0.71	163	49	0.35	140	11.5	0.39	142	0.23	1.11	2.03	0.49	0.85
0.71	163	49	0.35	140	9.5	0.39	142	0.19	1.11	2.03	0.49	0.85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 13ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	39	0.1	105	27.5	0.12	103	0.71	1.20	7.10	0.14	0.91
0.71	163	39.5	0.1	104	23.5	0.14	108	0.59	1.40	7.10	0.14	0.84
0.71	163	38	0.1	105	20.5	0.16	109	0.54	1.60	7.10	0.14	0.78
0.71	163	40	0.1	106	17.5	0.16	112	0.44	1.60	7.10	0.14	0.80
0.71	163	38	0.1	105	14	0.16	113	0.37	1.60	7.10	0.14	0.82
0.71	163	40	0.1	104	9	0.16	113	0.23	1.60	7.10	0.14	0.85
0.71	163	38	0.15	114	27.5	0.19	118	0.72	1.27	4.73	0.21	0.83
0.71	163	39	0.15	114	23.5	0.2	118	0.60	1.33	4.73	0.21	0.80
0.71	163	38	0.15	114	19.5	0.2	120	0.51	1.33	4.73	0.21	0.82
0.71	163	39	0.15	114	15	0.2	120	0.38	1.33	4.73	0.21	0.84
0.71	163	38	0.15	114	15	0.2	120	0.39	1.33	4.73	0.21	0.84
0.71	163	37	0.2	123	33	0.24	123	0.89	1.20	3.55	0.28	0.80
0.71	163	38	0.2	122	28.5	0.24	126	0.75	1.20	3.55	0.28	0.82
0.71	163	37	0.2	122	25	0.24	125	0.68	1.20	3.55	0.28	0.83
0.71	163	39	0.2	122	20	0.24	126	0.51	1.20	3.55	0.28	0.85
0.71	163	39	0.2	122	17	0.25	126	0.44	1.25	3.55	0.28	0.83
0.71	163	40	0.2	122	13	0.25	126	0.33	1.25	3.55	0.28	0.84
0.71	163	42	0.2	122	7	0.25	128	0.17	1.25	3.55	0.28	0.87
0.71	163	38	0.25	129	29.5	0.29	132	0.78	1.16	2.84	0.35	0.81
0.71	163	37	0.25	129	24	0.29	132	0.65	1.16	2.84	0.35	0.82

ตารางที่ 13ช ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 0 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	38	0.25	129	21	0.29	132	0.55	1.16	2.84	0.35	0.84
0.71	163	36	0.25	130	18.5	0.3	133	0.51	1.20	2.84	0.35	0.80
0.71	163	38	0.25	128	16	0.3	132	0.42	1.20	2.84	0.35	0.82
0.71	163	39	0.25	130	13	0.3	133	0.33	1.20	2.84	0.35	0.83
0.71	163	38.5	0.25	129	8.5	0.3	132	0.22	1.20	2.84	0.35	0.85
0.71	163	38.5	0.3	135	35	0.34	137	0.91	1.13	2.37	0.42	0.77
0.71	163	39	0.3	135	29	0.34	137	0.74	1.13	2.37	0.42	0.80
0.71	163	36	0.3	135	24.5	0.34	137	0.68	1.13	2.37	0.42	0.80
0.71	163	38	0.3	135	20	0.34	137	0.53	1.13	2.37	0.42	0.83
0.71	163	38	0.3	135	17	0.34	137	0.45	1.13	2.37	0.42	0.84
0.71	163	38	0.3	135	13	0.34	138	0.34	1.13	2.37	0.42	0.85
0.71	163	41	0.3	135	8	0.34	138	0.20	1.13	2.37	0.42	0.87
0.71	163	37	0.35	140	32	0.38	141	0.86	1.09	2.03	0.49	0.82
0.71	163	37	0.35	140	24.5	0.38	142	0.66	1.09	2.03	0.49	0.84
0.71	163	38	0.35	140	27.5	0.38	141	0.72	1.09	2.03	0.49	0.83
0.71	163	39	0.35	140	18	0.39	142	0.46	1.11	2.03	0.49	0.81
0.71	163	40	0.35	140	21.5	0.39	142	0.54	1.11	2.03	0.49	0.80
0.71	163	40	0.35	140	11	0.39	142	0.28	1.11	2.03	0.49	0.84
0.71	163	40	0.35	140	14	0.39	142	0.35	1.11	2.03	0.49	0.83
0.71	163	40	0.35	140	8	0.39	142	0.20	1.11	2.03	0.49	0.85

ตารางที่ 14ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	35.5	0.1	100	23.5	0.15	110	0.66	1.50	7.10	0.14	0.79
0.71	163	36	0.1	100	20	0.16	111	0.56	1.60	7.10	0.14	0.77
0.71	163	37	0.1	100	16.5	0.16	111	0.45	1.60	7.10	0.14	0.80
0.71	163	37	0.1	103	13	0.16	113	0.35	1.60	7.10	0.14	0.82
0.71	163	37	0.1	102	9	0.16	113	0.24	1.60	7.10	0.14	0.85
0.71	163	35	0.15	112	34	0.2	119	0.97	1.33	4.73	0.21	0.74
0.71	163	35	0.15	114	29	0.2	120	0.83	1.33	4.73	0.21	0.77
0.71	163	37	0.15	113	24	0.2	119	0.65	1.33	4.73	0.21	0.80
0.71	163	37.5	0.15	113	21.5	0.2	120	0.57	1.33	4.73	0.21	0.81
0.71	163	37.5	0.15	114	18.5	0.21	121	0.49	1.40	4.73	0.21	0.79
0.71	163	38	0.15	114	13.5	0.21	121	0.36	1.40	4.73	0.21	0.82
0.71	163	39	0.15	114	10.5	0.21	121	0.27	1.40	4.73	0.21	0.83
0.71	163	34	0.2	122	35	0.24	126	1.03	1.20	3.55	0.28	0.78
0.71	163	35	0.2	123	30	0.25	127	0.86	1.25	3.55	0.28	0.76
0.71	163	37	0.2	122	25.5	0.25	127	0.69	1.25	3.55	0.28	0.78
0.71	163	37	0.2	122	19	0.25	127	0.51	1.25	3.55	0.28	0.81
0.71	163	37	0.2	122	15.5	0.25	128	0.42	1.25	3.55	0.28	0.83
0.71	163	37	0.2	123	12.5	0.26	128	0.34	1.30	3.55	0.28	0.81
0.71	163	37	0.2	123	8	0.26	128	0.22	1.30	3.55	0.28	0.84

ตารางที่ 14ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 13 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	33	0.25	130	31	0.3	133	0.94	1.20	2.84	0.35	0.73
0.71	163	35	0.25	130	26	0.3	133	0.74	1.20	2.84	0.35	0.76
0.71	163	36	0.25	130	22	0.3	133	0.61	1.20	2.84	0.35	0.79
0.71	163	36.5	0.25	130	17	0.3	133	0.47	1.20	2.84	0.35	0.81
0.71	163	37	0.25	129	13.5	0.3	133	0.36	1.20	2.84	0.35	0.83
0.71	163	37	0.25	130	8	0.3	133	0.22	1.20	2.84	0.35	0.85
0.71	163	33	0.3	135	32	0.34	138	0.97	1.13	2.37	0.42	0.77
0.71	163	33	0.3	135	29	0.34	137	0.88	1.13	2.37	0.42	0.78
0.71	163	35	0.3	135	24	0.34	137	0.69	1.13	2.37	0.42	0.80
0.71	163	36	0.3	135	18.5	0.34	138	0.51	1.13	2.37	0.42	0.83
0.71	163	36	0.3	135	15	0.34	138	0.42	1.13	2.37	0.42	0.84
0.71	163	36	0.3	135	12	0.34	138	0.33	1.13	2.37	0.42	0.85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 15ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	33	0.1	100	31.5	0.15	108	0.95	1.50	7.10	0.14	0.73
0.71	163	36	0.1	102	26	0.15	110	0.72	1.50	7.10	0.14	0.78
0.71	163	35	0.1	102	22	0.16	110	0.63	1.60	7.10	0.14	0.76
0.71	163	35	0.1	100	18	0.16	110	0.51	1.60	7.10	0.14	0.78
0.71	163	35	0.1	101	13	0.16	110	0.37	1.60	7.10	0.14	0.82
0.71	163	36	0.1	101	8	0.16	110	0.22	1.60	7.10	0.14	0.85
0.71	163	34	0.15	113	38.5	0.18	116	1.13	1.20	4.73	0.21	0.83
0.71	163	34	0.15	113	30.5	0.19	118	0.90	1.27	4.73	0.21	0.80
0.71	163	34	0.15	114	25	0.2	120	0.74	1.33	4.73	0.21	0.78
0.71	163	36	0.15	113	21	0.2	119	0.58	1.33	4.73	0.21	0.81
0.71	163	37	0.15	113	17.5	0.2	120	0.47	1.33	4.73	0.21	0.83
0.71	163	37	0.15	114	13.5	0.21	121	0.36	1.40	4.73	0.21	0.82
0.71	163	37	0.15	114	10.5	0.21	121	0.28	1.40	4.73	0.21	0.83
0.71	163	33.5	0.2	123	38.5	0.24	125	1.15	1.20	3.55	0.28	0.77
0.71	163	33	0.2	122	31	0.24	126	0.94	1.20	3.55	0.28	0.80
0.71	163	34	0.2	122	25.5	0.24	126	0.75	1.20	3.55	0.28	0.82
0.71	163	36	0.2	122	21	0.25	127	0.58	1.25	3.55	0.28	0.80
0.71	163	36	0.2	124	15.5	0.26	128	0.43	1.30	3.55	0.28	0.79
0.71	163	36	0.2	123	13	0.26	128	0.36	1.30	3.55	0.28	0.81
0.71	163	32	0.2	123	9.5	0.26	128	0.30	1.30	3.55	0.28	0.82

ตารางที่ 15ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 29 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.71	163	32	0.25	130	30.5	0.29	132	0.95	1.16	2.84	0.35	0.78
0.71	163	35	0.25	130	24	0.3	132	0.69	1.20	2.84	0.35	0.77
0.71	163	36	0.25	130	19.5	0.3	132	0.54	1.20	2.84	0.35	0.80
0.71	163	36	0.25	130	18	0.3	132	0.50	1.20	2.84	0.35	0.80
0.71	163	36	0.25	130	14	0.3	132	0.39	1.20	2.84	0.35	0.82
0.71	163	36	0.25	130	10.5	0.3	133	0.29	1.20	2.84	0.35	0.84
0.71	163	34	0.3	135	31	0.34	137	0.91	1.13	2.37	0.42	0.77
0.71	163	35	0.3	135	25	0.34	137	0.71	1.13	2.37	0.42	0.80
0.71	163	36	0.3	135	21.5	0.34	138	0.60	1.13	2.37	0.42	0.82
0.71	163	37	0.3	136	17	0.34	138	0.46	1.13	2.37	0.42	0.83
0.71	163	36	0.3	136	11	0.34	138	0.31	1.13	2.37	0.42	0.86
0.71	163	35	0.3	135	12	0.34	138	0.34	1.13	2.37	0.42	0.85

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 16ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 55

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.72	164	42	0.1	102	34	0.14	107	0.81	1.40	7.20	0.14	0.81
0.72	164	43	0.1	101	28	0.14	108	0.65	1.40	7.20	0.14	0.84
0.72	164	43	0.1	102	23	0.15	110	0.53	1.50	7.20	0.14	0.82
0.72	164	44	0.1	101	18	0.15	110	0.41	1.50	7.20	0.14	0.84
0.72	164	43.5	0.1	102	11.5	0.16	113	0.26	1.60	7.20	0.14	0.84
0.72	164	44	0.1	100	10	0.16	110	0.23	1.60	7.20	0.14	0.85
0.72	164	41	0.15	116	36.5	0.2	120	0.89	1.33	4.80	0.21	0.76
0.72	164	43	0.15	116	30.5	0.2	120	0.71	1.33	4.80	0.21	0.79
0.72	164	43	0.15	114	26	0.2	120	0.60	1.33	4.80	0.21	0.81
0.72	164	43	0.15	116	22.5	0.2	120	0.52	1.33	4.80	0.21	0.82
0.72	164	41	0.15	114	18	0.2	120	0.44	1.33	4.80	0.21	0.84
0.72	164	43	0.15	115	11.5	0.2	120	0.27	1.33	4.80	0.21	0.86
0.72	164	38	0.2	123	39	0.23	122	1.03	1.15	3.60	0.28	0.84
0.72	164	39	0.2	124	32.5	0.24	126	0.83	1.20	3.60	0.28	0.81
0.72	164	41	0.2	122	27	0.24	125	0.66	1.20	3.60	0.28	0.83
0.72	164	41	0.2	122	23	0.24	125	0.56	1.20	3.60	0.28	0.85
0.72	164	42	0.2	124	19.5	0.24	126	0.46	1.20	3.60	0.28	0.86
0.72	164	43	0.2	122	14	0.24	126	0.33	1.20	3.60	0.28	0.88
0.72	164	43	0.2	122	10	0.24	125	0.23	1.20	3.60	0.28	0.89
0.72	164	38	0.25	130	36	0.28	130	0.95	1.12	2.88	0.35	0.84

ตารางที่ 16ข ผลการทดลองที่ Mp=2.4 ,Nozzle-Tip to Mixing-Tube-Throat Spacing(x,mm)= 55 (ต่อ)

Po1 Mpa(abs)	To1 C	m1 kg/hr	Po2 Mpa(abs)	To2 C	m2 kg/hr	Po Mpa(abs)	To C	Em	Po/Ps	Pp/Ps	Ps/Pp	(Poi-Po)/(Poi-Po2)
0.72	164	38	0.25	128	32.5	0.28	130	0.86	1.12	2.88	0.35	0.85
0.72	164	40	0.25	128	28.5	0.28	130	0.71	1.12	2.88	0.35	0.86
0.72	164	40	0.25	130	23.5	0.28	130	0.59	1.12	2.88	0.35	0.88
0.72	164	42	0.25	128	17	0.28	130	0.40	1.12	2.88	0.35	0.89
0.72	164	43	0.25	128	14	0.28	130	0.33	1.12	2.88	0.35	0.90
0.72	164	41	0.25	130	11	0.28	132	0.27	1.12	2.88	0.35	0.91
0.72	164	39	0.3	136	38	0.33	136	0.97	1.10	2.40	0.42	0.83
0.72	164	39	0.3	135	31	0.33	136	0.79	1.10	2.40	0.42	0.84
0.72	164	41	0.3	135	25	0.33	136	0.61	1.10	2.40	0.42	0.86
0.72	164	42	0.3	134	23	0.33	136	0.55	1.10	2.40	0.42	0.87
0.72	164	41	0.3	134	17.5	0.33	136	0.43	1.10	2.40	0.42	0.88
0.72	164	41	0.3	135	13	0.33	136	0.32	1.10	2.40	0.42	0.89
0.72	164	40	0.3	135	9.5	0.33	137	0.24	1.10	2.40	0.42	0.90
0.72	164	38	0.35	140	36	0.37	141	0.95	1.06	2.06	0.49	0.88
0.72	164	40	0.35	140	31	0.37	141	0.78	1.06	2.06	0.49	0.89
0.72	164	38	0.35	140	27	0.38	141	0.71	1.09	2.06	0.49	0.84
0.72	164	39	0.35	140	20	0.38	142	0.51	1.09	2.06	0.49	0.86
0.72	164	42	0.35	140	17	0.38	141	0.40	1.09	2.06	0.49	0.87
0.72	164	40	0.35	140	12.5	0.38	141	0.31	1.09	2.06	0.49	0.88
0.72	164	40	0.35	140	9	0.38	141	0.23	1.09	2.06	0.49	0.89

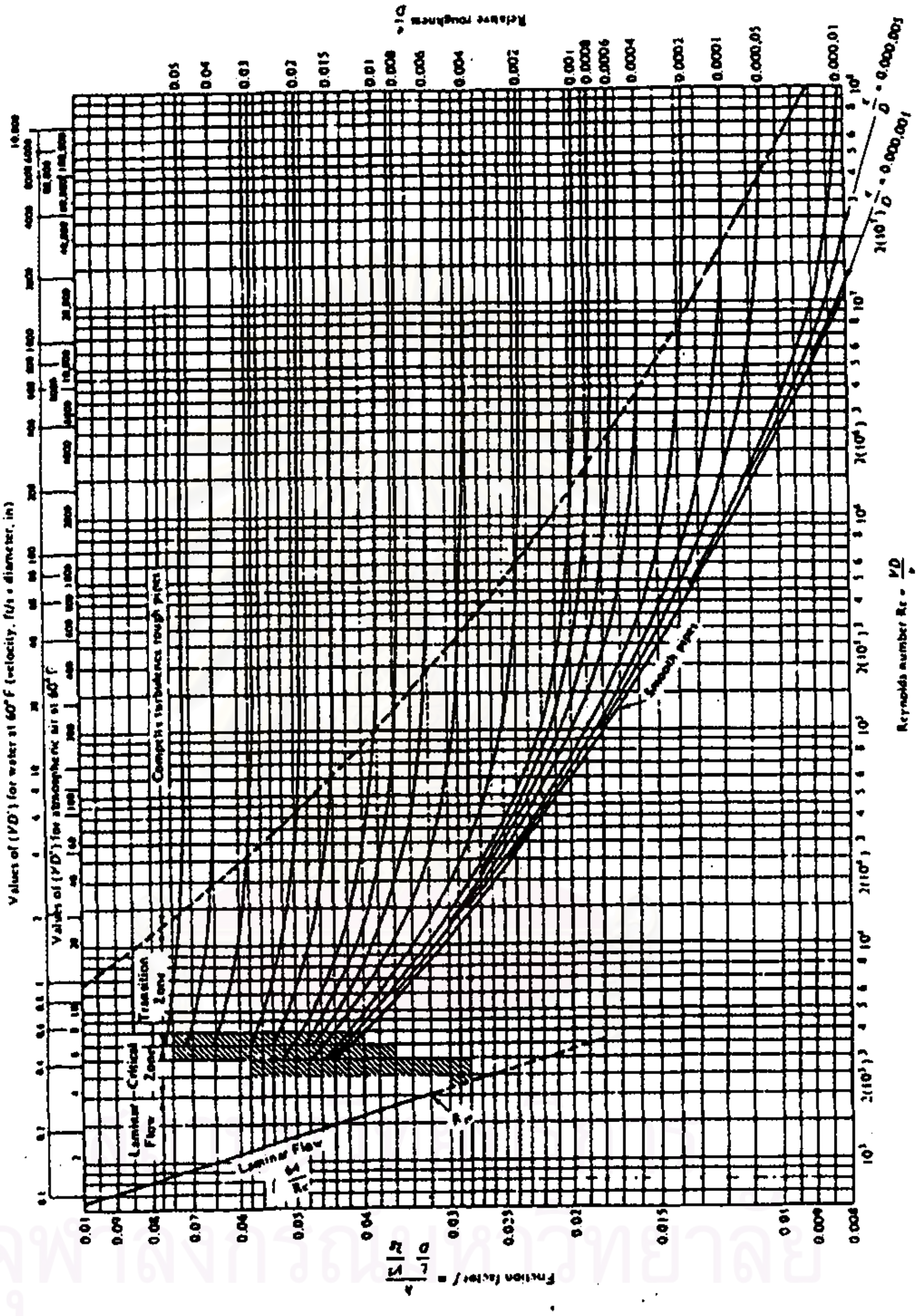
ภาคผนวก ค

ตารางและกราฟอ้างอิง

Pipe Type	e (roughness),in.
Drawn tubing	6×10^{-5}
Brass, lead, glass, spun cement	3×10^{-4}
Commercial steel, wrought iron	1.8×10^{-3}
Cast iron (asphalt dipped)	4.8×10^{-3}
Galvanized iron	6 x 10 -3
Wood stave	$0.72 - 3.6 \times 10^{-2}$
cast iron (uncoated)	1.02×10^{-2}
Concrete	$1.2 - 12 \times 10^{-2}$
Riveted steel	$3.2 - 3.6 \times 10^{-2}$

ตารางที่ 1 ค แสดง Roughness of Commercial Pipe ,Burmeister(1993)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>รูปที่ 2 ค</u> กราฟแสดงค่าแฟคเตอร์ความเสียดทานการไหลภายในท่อ Shames,1992

ภาคผนวก ง

กรณีศึกษาการออกแบบสตีมอีเจคเตอร์สำหรับเครื่องอบเส้นหมี่สำเร็จรูป

ตัวอย่างที่ 1

ในกระบวนการผลิตเส้นบะหมี่จำเป็นจะต้องใช้ไอน้ำ ดังนั้นทำให้มีไอน้ำความดันต่ำหลังผ่านกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการใช้ไอน้ำจำนวนให้เกิดประโยชน์ จึงนำมาผ่านสตีมอีเจคเตอร์เพื่อเพิ่มความดันแล้วนำกลับไปใช้อีกครั้งในกระบวนการผลิต ดังแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

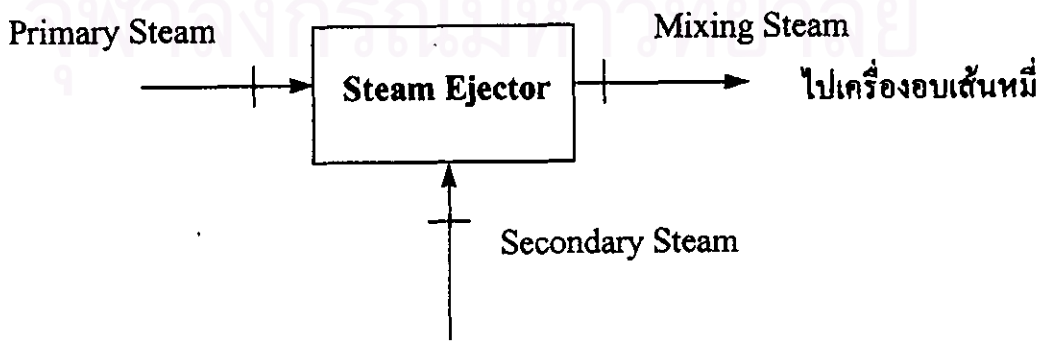
กำหนดให้

สภาวะของไอน้ำปฐมภูมิ (primary steam, driving steam)

ความดันไอน้ำเริ่มต้น	=	0.5	MPa abs
อัตราการไหล	=	640	kg/s
อุณหภูมิไอน้ำเริ่มต้น	=	151.74	$^{\circ}C$
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอน้ำ	=	25.4	mm.

สภาวะของไอน้ำทุติยภูมิ (secondary steam, driven steam)

ความดันไอน้ำเริ่มต้น	=	0.1	MPa abs
อุณหภูมิไอน้ำเริ่มต้น	=	99.62	$^{\circ}C$
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อไอน้ำ	=	52.5	mm.



รูปที่ 1 ง แผนผังการทำงานของ Steam Ejector

วิธีการคำนวณ

หาขนาดคอของนอซเซิลของไอน้ำปฐมภูมิจากโดยแทนสภาวะต่างๆ ลงในสมการ (3.38)

$$\frac{A}{\dot{m}} = \frac{1}{GPox10^6}\sqrt{RTo}\left[\frac{1}{M}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}\left(1+\left(\frac{\gamma-1}{2}\right)M^2\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}\right] \qquad (3.38)$$

จากสมการ (3.38) จะต้องทำการออกแบบให้ได้อัตราการไหลมากที่สุด ดังนั้นจะต้องออกแบบให้เกิดสภาวะการโช๊คที่คอของนอซเซิลปฐมภูมิ โดยความเร็วเลขมัคที่คอ (primary throat) จะต้องมีค่าเท่ากับ 1 ดังนั้นจะได้พื้นหน้าตัดของ primary throat =234.13mm^2 และเส้นผ่านศูนย์กลาง = 17.27 mm.ขั้นต่อไปจะต้องหาความดันที่ทางออกของนอซเซิลให้เข้ากับความดันของของไหลทุติยภูมิเพื่อลดการเกิดคลื่นช็อคจากสมการ (3.39)

$$\frac{P_0}{P} = \left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}} \qquad (3.39)$$

แทนค่าในสมการ (3.39) จะได้ M = 1.7 ต่อจากนั้นทำการแทนค่าดังเช่นขั้นตอนข้างต้นในสมการที่ (3.38) โดยค่าเลขมัคเป็น 1.7 จะได้พื้นที่ทางออกของนอซเซิล = 323.1 mm^2 และเส้นผ่านศูนย์กลาง = 20.28 mm.

จากสภาวะเริ่มต้นที่กำหนด จากตารางไอน้ำสามารถทราบคุณสมบัติของไอน้ำที่สภาวะนั้นๆ แล้วแทนค่าของในสมการสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน

$$h_{oi} = \frac{h_{01} + Em.h_{02}}{1+Em} \qquad (3.40)$$

$$h_{oi} = \frac{2747.59 + Em(2675.05)}{1+Em}$$

$$s_{oi} = \frac{s_{01} + Em.s_{02}}{1+Em} \qquad (3.41)$$

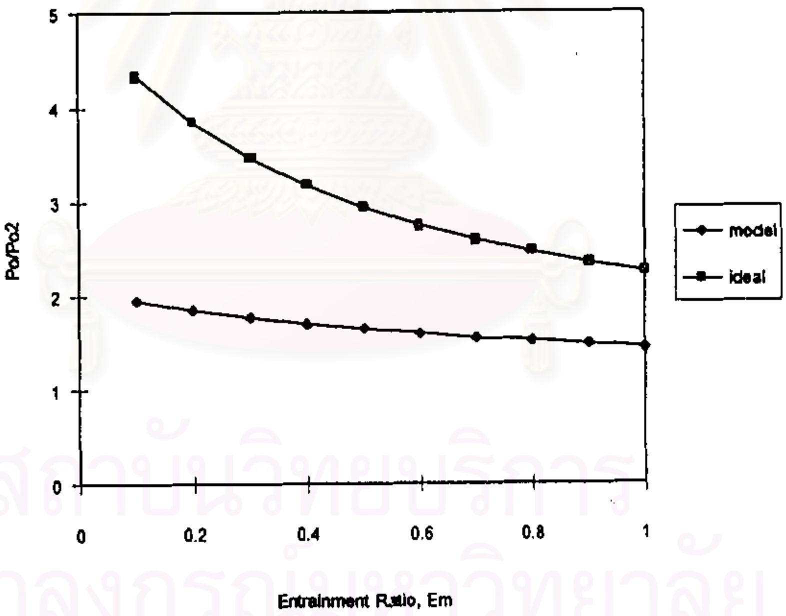
$$s_{oi} = \frac{6.8 + Em(7.36)}{1+Em}$$

จากสมการ (3.40) และ (3.41) จะทำการเปลี่ยนแปลงค่า Em ในช่วง 0.1 ถึง 1 เพื่อหาค่าความดันและอุณหภูมิเมื่อผสมที่อัตราส่วนอัตราการไหลโดยมวลต่างๆ เมื่อแทนค่า Em ในสมการ (3.40) และ (3.41) จะสามารถหาสภาวะของของไหลที่ผสมกันได้โดยเปิดตารางไอน้ำ

และหาขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางของ secondary เท่ากับ 52.5 mm. และความยาวจากตำแหน่งเริ่มของการผสมถึง mixing throat หาได้จากอัตราส่วน x/d = 3 ดังนั้นความยาวส่วนนี้เท่ากับ 60.8 mm.

การหาขนาดของ mixing throat จะใช้อัตราส่วนพื้นที่ mixing throat กับนอซเซิลปฐมภูมิเท่ากับ 7 ดังนั้นจะได้เส้นผ่านศูนย์กลางของ mixing throat เท่ากับ 55.8 mm. ความยาว 69.2 mm.

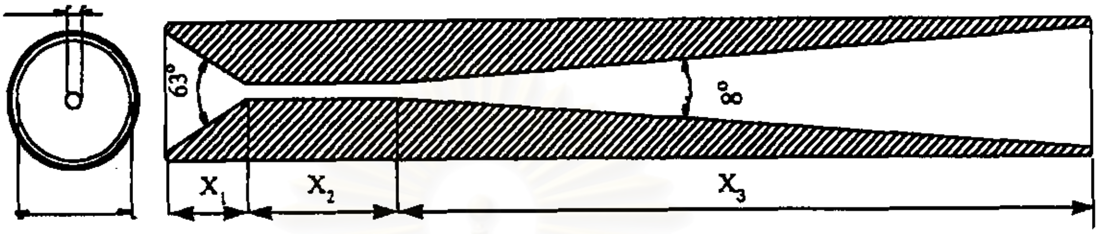
การหามิติหน้าตัดของทางออกของสตีมอีเจคเตอร์ ถ้าหากเรากำหนดให้สภาวะทางออกมีค่าความดันสถิตย์เท่ากับ 0.2 MPa (ความดันที่ทางออกของสตีมอีเจคเตอร์จะแปรตามพื้นที่นหน้าตัดที่ทางออก) สมมติให้เส้นผ่านศูนย์ที่ทางออกของ Mixing tube เท่ากับ 76.2 mm. โดยดิฟฟิวเซอร์มีมุมเอียงเท่ากับ 7 องศา เพื่อป้องกันการเกิด separation ดังนั้นจะได้ความยาวจาก mixing throat ถึงทางออกเท่ากับ 167 mm.



รูปที่ 1ง กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าอัตราส่วนความดันที่ทางออกของสตีมอีเจคเตอร์จาก ideal กับ model

จากรูปที่ 1ง แนวโน้มของกราฟจะให้ค่า P_o/P_{o2} ลดลงเมื่อ Em มากขึ้นโดยแนวโน้มของกราฟจะเปลี่ยนแปลงน้อยลงเมื่อ Em มีค่ามากกว่า 0.8 และพบว่าความสามารถในการอัดความดันของสตีมอีเจคเตอร์ตัวนี้สามารถอัดความดันได้สูงสุดไม่เกิน 0.2 MPa ที่ Em ต่ำๆ ดัง

นั้นถ้าหากต้องการใช้งานสตีมอีเจคเตอร์ตัวนี้ (ตามสภาวะเริ่มต้นที่กำหนดให้) ควรจะใช้งานที่ความดันประมาณ 0.18 MPa ช่วง Em ตั้งแต่ 0.2 ถึง 1 และถ้าหากต้องการความดันใช้งานที่มากขึ้นแล้วจะต้องเพิ่มความดันของไอน้ำปฐมภูมิที่จะเข้ามาผสมให้มีค่าสูงขึ้น



รูปที่ 2 ง แสดงขนาดของ Mixing Tube

Mach No.=	1.7	P_{o1}/P_{o2}=	4.7	Diffuser		
	Inlet dia (mm)	Throat dia (mm)	Outlet dia (mm)	x_1 (mm)	x_2 (mm)	x_3 (mm)
Primary Nozzle	25.4	17.3	20.3	46.46	4	20.3
Mixing Tube	82	55.8	76.2	60.8	69.2	167.2

ตารางที่ 1ง แสดงขนาดของ Steam Ejector

ตัวอย่างที่ 2

ตัวอย่างการคำนวณแบบจำลองการสูญเสีย

จากผลการทดลองที่ Mp = 1.9 ระยะห่างของ primary nozzle, x = 55 mm.และ P_{o1}/P_{o2} = 7.1

$$A = \frac{22}{7}\left(\frac{4.4\text{x}10^{-3}}{4}\right)^2 = 1.521\text{x}10^{-3}\,\text{m}^2$$

$$m = \frac{33}{3600}\,\text{kg/s}$$

$$P_o = 0.71\ \text{MPa}$$

แทนค่าต่างๆ ลงในสมการ (3.38)

$$\frac{A}{\dot{m}}=\frac{1}{GPox10^{6}}\sqrt{RTo}\left[\frac{1}{M}\left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}\left(1+\left(\frac{\gamma-1}{2}\right)M^{2}\right)^{\frac{\gamma+1}{2(\gamma-1)}}\right] \quad (3.38)$$

ทำการหาค่าเลขมัคโดยการ Iteration จะได้ เลขมัค = 2 และ สามารถหาค่าความดัน P_1 เพื่อใช้คำนวณ match pressure จากสมการ (3.39)

$$P_1=\frac{Po}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}}$$

$$= 0.09 \text{ MPa}$$

เนื่องจากค่าความเร็วของของไหลทุติยภูมิมีค่าต่ำมาก เมื่อเทียบกับค่าความเร็วเสียง ดังนั้น $P_{02} \approx P_2$ และ $T_{02} \approx T_2$ เพราะฉะนั้นเลือกชุดข้อมูลที่ P_{o2} = 0.1 MPa และคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ สามารถหาได้จาก steam-table ซึ่งจะได้ T_{01} = 437 K แทนค่าในสมการ (3.92) จาก

$$\frac{To}{T}=\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)$$

$$= 277 \text{ K}$$

เนื่องจากความเร็วของไอน้ำทุติยภูมิมีค่าต่ำมาก ๆ ดังนั้นสมมติให้สภาวะที่อ่านค่าได้จากการทดลอง static pressure และ static temperature จะถูกประมาณสภาวะทั้งสองเป็นแบบ total pressure และ total temperature จากตารางไอน้ำ ρ_2 จะได้ 0.59 kg/m^3 จาก continuity of mass จะได้ U_2 = 7.6 m/s โดยกำหนดให้ m_2 = 34.5 kg/hr

เราสามารถหาค่าความหนาแน่น ρ จากสมการ continuity of mass จะได้ค่า ρ_1 = 0.75 kg/m^3 และ จากสภาวะที่กำหนด T_1 = 262 K เมื่อทราบอุณหภูมิและเลขมัคของไอน้ำปฐมภูมิ สามารถหาความเร็วที่ปลายนอซเซิลได้จากสมการ

$$U=M\sqrt{\gamma RT} \quad (3.40)$$

$$= 807 \text{ m/s}$$

$$\overline{Mc}=\frac{U_1-U_2}{a_1+a_2} \quad (3.44)$$

$$= 0.91$$

$$dMc = 1.5\overline{Mc} - 0.4 \qquad \text{เมื่อ } \overline{Mc} \rangle 0.27 \tag{3.45}$$

$$= 0.886$$

$$Mc_1 = \overline{Mc} - \frac{dMc}{\sqrt{1+\left(\frac{a_1}{a_2}\right)^2}} \tag{3.43}$$

$$= 0.171$$

$$U_c = U_1 - (Mc_1) \cdot a_1 \tag{3.42}$$

$$= 738.4 \text{ m/s}$$

$$\Delta U = U_1 - U_2$$

$$= 799.3 \text{ m/s}$$

$$U_{avg} = \frac{U_1 + U_2}{2}$$

$$= 407 \text{ m/s}$$

$$f(Mc) \cong 0.25 + 0.75e^{-Mc^2} \tag{3.49}$$

$$= 0.33$$

$$\rho_{avg} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

$$= 0.669 \text{ kg/m}^3$$

$$\tau_{max} = c_\tau \rho_{avg} (\Delta U)^2 \frac{U_{avg}}{U_c} f(Mc) \tag{3.50}$$

$$= 2231$$

$$\frac{d\dot{S}_{12}}{dx} \approx \frac{\tau_{dsl}}{T\infty_1 T\infty_2}\left[Tavg\Delta U + C_p \frac{(\Delta T)^2}{\Delta U}\right] \tag{3.51}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$= 6483$$

Equivalent Total pressure ratio φ

$$\varphi = \exp\left(\frac{\dot{S}_{12}}{\dot{m}_{12}R_{12}}\right)$$

$$= 0.568$$

คำนวณหาสภาวะของ mixing steam โดยการใช้สมการสมดุลมวลและสมดุลพลังงาน ได้โดยหาค่าเอนธาลปีของไอน้ำทั้งสองกระแสได้จากตารางไอน้ำ

$$h_{0i} = \frac{h_{01} + (1+Em)h_{02}}{1+Em} \qquad (3.53)$$

$$= 2718$$

$$s_{0i} = \frac{s_{01} + (1+Em)s_{02}}{1+Em}$$

$$= 7.04$$

$$Em = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} = \frac{34.5}{33} = 1.04$$

เมื่อรู้ค่า เอนธาลปีและเอนโทรปี สามารถหาความดันและอุณหภูมิได้จากตารางไอน้ำ จะได้ P_{oi} = 0.261 MPa และ T_{oi} = 403.31 K

$$\varphi = \frac{P_{of}}{P_{oi}}$$

$$P_{of} = 0.239 \text{ Mpa}$$

เมื่อรู้สภาวะ P_{of} , T_{of} , area , $\dot{m}_{12}$ แล้วสามารถหาค่าเลขมัคที่หน้าตัดนั้นได้จากสมการ (3.8) แทนค่าหา Mach No.

$$Area = \left(12.1x10^{-3}\right)\frac{\pi}{4} = 1.149x10^{-4}\,m^2$$

$$\dot{m}_{12} = \dot{m}_1 + \dot{m}_2 = 67.5$$

จากสมการ (3.38) จะต้องทำการ Iteration เพื่อหาค่าเลขมัคดังเช่นขั้นตอนแรกซึ่งสามารถหาค่า Mach No. ที่หน้าตัดนี้ M_f = 0.464 MPa

การคำนวณการเปลี่ยนแปลงภายใน mixing throat เมื่อรู้ค่า P_o , T_o , Mach No. และความยาวของ mixing throat length , L = 69.2 mm. จากสมการการไหลของไหลแบบอัดตัวได้ผ่านพื้นที่หน้าตัดที่คงที่แบบมีความเสียดทาน

$$\frac{4\bar{f}L^*}{D} = \frac{1-M^2}{\gamma M^2} + \frac{\gamma+1}{2\gamma}\ln\left[\frac{(\gamma+1)M^2}{2+(\gamma-1)M^2}\right] \quad (3.53)$$

$$= \quad 1.49$$

เนื่องจากท่อผสมทำจากวัสดุทองเหลืองซึ่งให้ค่า $\varepsilon = 76.2\text{x}10^{-4}$ mm (Burmeister, 1993) จาก Moody chart $\bar{f} = 0.0175$ จากสมการ (3.53) แทนค่า $\bar{f}$,L และ D ได้

$$\frac{4\bar{f}L}{D} = \frac{4\text{x}0.0175\text{x}69.2\text{x}10^{-3}}{12.1\text{x}10^{-3}} = 0.40$$

จาก $L = L_1^*-L_2^*$ และ $L_2^*=L_1^*-L$

$$\frac{4\bar{f}L_2^*}{D} = \frac{4\bar{f}L_1^*}{D} - \frac{4\bar{f}L}{D}$$

$$= 7.29$$

และแทนค่าในสมการ (3.53) สามารถคำนวณหาค่า M_e = 0.505 หาสภาวะที่หน้าตัดทางออกจาก mixing throat

$$\frac{P_e}{P_f} = \frac{M_f}{M_e}\left[\frac{2+(\gamma-1)M_e^2}{2+(\gamma-1)M_f^2}\right]^{\frac{1}{2}} \quad (3.54)$$

$$= \ 0.915$$

P_e = 0.118 MPa

$$\frac{P_{oe}}{P_e} = \left(1+\frac{\gamma-1}{2}M_2^2\right)^{\gamma-1}$$

$P_{oe} = 0.14$ MPa

$$\frac{T_{oe}}{T_e} = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M_2^2$$

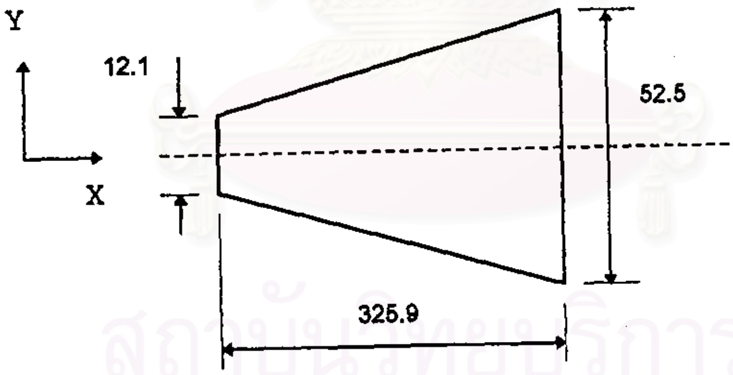
$$T_e = 398.49 \text{ k}$$

ขั้นตอนการคำนวณหา Loss ภายใน Diffuser

สมการการไหลผ่านดิฟฟิวเซอร์ที่มีความเสียดทานโดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าเลขมัคและพื้นที่แต่ละหน้าตัดเปลี่ยนแปลง

$$\frac{dM^2}{M^2 dx} = \frac{2\varphi}{1 - M^2}\frac{dA}{Adx} + \frac{\gamma M^2 \varphi}{1 - M^2}\left(\frac{4f}{D}\right) \tag{3.55}$$

โดยที่ $\varphi = 1 + \frac{\gamma - 1}{2} M^2$



รูปที่ 6.8 แสดงขนาดมิติของ Diffuser ที่ใช้ทดสอบ

จากรูปเราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางกับระบบ x ได้เป็น

$$D(x) = a + bx \tag{3.56}$$

ดังนั้น

$$A(x) = \frac{\pi}{4}(a + bx)^2 \tag{3.57}$$

$$\frac{1}{A}\frac{dA}{dx} = \frac{2b}{(a + bx)} \tag{3.58}$$

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$$\frac{4f}{D} = \frac{4f}{a+bx} \tag{3.59}$$

แทนสมการ (3.56)-(3.59)ในสมการ (3.55)

$$\frac{dM^2}{M^2dx} = \frac{-2\varphi}{1-M^2}\left[\frac{2b}{a+bx}\right] + \frac{\gamma M^2\varphi}{1-M^2}\left[\frac{4f}{a+bx}\right] \tag{3.60}$$

$$\frac{2dM}{\varphi M}\frac{\left(1-M^2\right)}{\left[-4b+\gamma M^2 4f\right]} = \frac{1}{(a+bx)}2x \tag{3.61}$$

แทนค่า $a = 0.0121$, $b = \dfrac{404}{325.9}$

$$\int_{Me}^{Mout} \frac{\left(1-M^2\right)}{\left(1+\frac{\gamma-1}{2}M^2\right)M\left(-2(0.0121)+2\gamma M^2 f\right)}dM$$

$$= \int_0^{0.3259} \frac{1}{0.0121+\frac{404}{325.9}x} = 11.839 \tag{3.62}$$

ทำการแทนค่า M_{out} โดยการ Iteration เพื่อให้ได้ค่าเท่ากับ 11.839 ซึ่งจะได้ M_{out} = 0.024 และจากสมการ continuity of mass

$$\dot{m}_E = \dot{m}_{out}$$

ดังนั้น
$$\frac{P_{out}}{P_E} = \frac{A_E}{A_{out}}\frac{M_E}{M_{out}}\sqrt{\frac{T_{out}}{T_E}}$$

จะได้ P_{out} = 0.137 MPa และ $P_{o\,out}$ = 0.137 MPa

$$U_{out} = M_{out}\left(\gamma RT_{out}\right)^{1/2}$$

$$= 11.8 \text{ m/s}$$

$$T_{out} = \frac{T_{oout}}{1+\frac{\gamma-1}{2}M^2}$$

$$= 403 \text{ K}$$

ประวัติผู้เขียน

นายไชยณรงค์ จักรธรานนท์ เกิดวันที่ 25 ตุลาคม 2514 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานครฯ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2538

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย