



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ก

ตารางแสดงผลการวิจัย

ตาราง ก.1 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน 0 เมตร

แรงดัน อากาศ หัวหัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi),0m	830	0.00015	231.483	0.00053784	246.33	2.83	1.163	0.031	0.10202999
	830	0.00015	204.157	0.00060982	314.67	2.7	1.163	0.031	0.0973431
	830	0.00015	215.03	0.00057899	335.33	2.43	1.163	0.031	0.08760879
	830	0.00015	224.13	0.00055548	361.33	1.9	1.163	0.031	0.0685007
	830	0.00015	200.323	0.0006215	258.67	2.8	1.163	0.031	0.1009484
137.8 kPa (20psi),0m	830	0.00015	196.106	0.00063486	298	2.7	1.163	0.031	0.0973431
	830	0.00015	192.817	0.00064569	311.67	2.4	1.163	0.031	0.0865272
	830	0.00015	194.5	0.0006401	339.67	2	1.163	0.031	0.072106
	830	0.00015	193.397	0.00064375	253	2.8	1.163	0.031	0.1009484
206.8 kPa (30psi),0m	830	0.00015	203.663	0.0006113	314	2.6	1.163	0.031	0.0937378
	830	0.00015	198.673	0.00062666	356.33	2.4	1.163	0.031	0.0865272
	830	0.00015	202.493	0.00061484	379	2.1	1.163	0.031	0.0757113
	830	0.00015	203.22	0.00061264	249	2.8	1.163	0.031	0.1009484
275.7 kPa (40psi),0m	830	0.00015	203.12	0.00061294	346.33	2.6	1.163	0.031	0.0937378
	830	0.00015	199.55	0.0006239	371	2.5	1.163	0.031	0.0901325
	830	0.00015	197.06	0.00063179	426	2.1	1.163	0.031	0.0757113

ตาราง ก.2 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.15 เมตร

แรงดัน อากาศ ช่วยหัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi), -0.15m	830	0.00015	266.57	0.000467044	222.33	2.96	1.163	0.031	0.10671688
	830	0.00015	265.3	0.00046928	235.66	2.73	1.163	0.031	0.09842469
	830	0.00015	218.83	0.000568935	278.33	2.06	1.163	0.031	0.07426918
	830	0.00015	251.2	0.000495621	281.33	1.9	1.163	0.031	0.0685007
	830	0.00015	226.39	0.000549936	256.33	2.96	1.163	0.031	0.10671688
137.8 kPa (20psi), -0.15m	830	0.00015	205.056	0.000607151	283.33	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	830	0.00015	197.9	0.000629106	253.33	2.16	1.163	0.031	0.07787448
	830	0.00015	207.94	0.00059873	310	1.93	1.163	0.031	0.06958229
	830	0.00015	213.66	0.000582701	209.266	2.93	1.163	0.031	0.10563529
206.8 kPa (30psi), -0.15m	830	0.00015	209.54	0.000594159	290	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	830	0.00015	204.15	0.000609846	283.66	2.26	1.163	0.031	0.08147978
	830	0.00015	199.703	0.000623426	342.33	2	1.163	0.031	0.072106
	830	0.00015	229.69	0.000542035	335.66	2.93	1.163	0.031	0.10563529
275.7 kPa (40psi), -0.15m	830	0.00015	215.32	0.000578209	325.66	2.73	1.163	0.031	0.09842469
	830	0.00015	203.44	0.000611974	331.33	2.3	1.163	0.031	0.0829219
	830	0.00015	191.93	0.000648674	328.33	2.06	1.163	0.031	0.07426918

ตาราง ก.3 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.30 เมตร

แรงดัน อากาศช่วย หัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi), -0.30m	830	0.00015	254.103	0.000489959	258.66	2.96	1.163	0.031	0.10671688
	830	0.00015	260.95	0.000477103	270	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	830	0.00015	264.72	0.000470308	274	2.3	1.163	0.031	0.0829219
	830	0.00015	261.06	0.000476902	277.66	1.8	1.163	0.031	0.0648954
	830	0.00015	211.77	0.000587902	306.66	2.93	1.163	0.031	0.10563529
137.8 kPa (20psi), -0.30m	830	0.00015	216.08	0.000576175	310.33	2.7	1.163	0.031	0.0973431
	830	0.00015	219.67	0.000566759	319.33	2.23	1.163	0.031	0.08039819
	830	0.00015	222.5	0.000559551	337	1.9	1.163	0.031	0.0685007
	830	0.00015	208.94	0.000595865	329.33	3.03	1.163	0.031	0.10924059
206.8 kPa (30psi), -0.30m	830	0.00015	206.17	0.000603871	355.66	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	830	0.00015	214.97	0.000579151	350	2.26	1.163	0.031	0.08147978
	830	0.00015	210.31	0.000591983	380.33	1.8	1.163	0.031	0.0648954
	830	0.00015	221.29	0.00056261	314	3	1.163	0.031	0.108159
275.7 kPa (40psi), -0.30m	830	0.00015	217.66	0.000571993	319	2.63	1.163	0.031	0.09481939
	830	0.00015	225.21	0.000552817	337.33	2.13	1.163	0.031	0.07679289
	830	0.00015	215.86	0.000576763	361.66	1.83	1.163	0.031	0.06597699

ตาราง ก.4 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันดีเซลที่ความสูงไซฟอน -0.45 เมตร

แรงดัน อากาศ ช่วยหัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	Air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi), -0.45m	830	0.00015	296.99	0.00041921	200	2.96	1.163	0.031	0.10671688
	830	0.00015	267.25	0.00046586	246	2.63	1.163	0.031	0.09481939
	830	0.00015	262.86	0.00047364	256.66	2.2	1.163	0.031	0.0793166
	830	0.00015	287.66	0.0004328	287.66	1.83	1.163	0.031	0.06597699
	830	0.00015	230.37	0.00054043	281	2.96	1.163	0.031	0.10671688
137.8 kPa (20psi), -0.45m	830	0.00015	237.25	0.00052476	292.66	2.6	1.163	0.031	0.0937378
	830	0.00015	222.51	0.00055953	303	2.16	1.163	0.031	0.07787448
	830	0.00015	226.61	0.0005494	325.67	1.8	1.163	0.031	0.0648954
	830	0.00015	230.21	0.00054081	323	3	1.163	0.031	0.108159
206.8 kPa (30psi), -0.45m	830	0.00015	219.366	0.00056754	352	2.7	1.163	0.031	0.0973431
	830	0.00015	212.24	0.0005866	364	2.5	1.163	0.031	0.0901325
	830	0.00015	222.02	0.00056076	398	1.76	1.163	0.031	0.06345328
	830	0.00015	230.44	0.00054027	322	2.96	1.163	0.031	0.10671688
275.7 kPa (40psi), -0.45m	830	0.00015	217.41	0.00057265	369.33	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	830	0.00015	227.24	0.00054788	383.33	2.26	1.163	0.031	0.08147978
	830	0.00015	236.8	0.00052576	390.66	1.9	1.163	0.031	0.0685007

ตาราง ก.5 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ความสูงไซฟอน 0 เมตร

แรงดัน อากาศ ช่วยหัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi),0m	898	0.00015	1,082.5	0.00012443	354.66	2.96	1.163	0.031	0.1067169
	898	0.00015	885.3	0.00015215	362.66	2.53	1.163	0.031	0.0912141
	898	0.00015	980.63	0.00013736	366.67	2.33	1.163	0.031	0.0840035
	898	0.00015	948.81	0.00014197	422	2.03	1.163	0.031	0.0731876
	898	0.00015	769.35	0.00017508	467.66	2.93	1.163	0.031	0.1056353
137.8 kPa (20psi),0m	898	0.00015	655.67	0.00020544	396.33	2.56	1.163	0.031	0.0922957
	898	0.00015	733.67	0.0001836	478	2.33	1.163	0.031	0.0840035
	898	0.00015	718.73	0.00018741	538.33	2.03	1.163	0.031	0.0731876
	898	0.00015	565	0.00023841	555	2.93	1.163	0.031	0.1056353
206.8 kPa (30psi),0m	898	0.00015	562.47	0.00023948	589	2.56	1.163	0.031	0.0922957
	898	0.00015	544.35	0.00024745	492	2.33	1.163	0.031	0.0840035
	898	0.00015	570.79	0.00023599	521.66	2.1	1.163	0.031	0.0757113
	898	0.00015	447.54	0.00030098	564.66	2.9	1.163	0.031	0.1045537
275.7 kPa (40psi),0m	898	0.00015	424.2	0.00031754	565	2.56	1.163	0.031	0.0922957
	898	0.00015	629.85	0.00021386	596.67	2.43	1.163	0.031	0.0876088
	898	0.00015	493.21	0.00027311	645.33	2	1.163	0.031	0.072106

ตาราง ก.6 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้น้ำมันปาล์มที่ความสูงไซฟอน -0.45 เมตร

แรงดัน อากาศ ช่วยหัวฉีด	fuel density (kg/m ³)	fuel vol (m ³)	fuel time(s)	Fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)
68.9 kPa (10psi), -0.45m	898	0.00015	1,153.56	0.00011677	349.33	2.96	1.163	0.031	0.10671688
	898	0.00015	1,113.57	0.00012096	357	2.63	1.163	0.031	0.09481939
	898	0.00015	1,119.68	0.0001203	421	2.36	1.163	0.031	0.08508508
	898	0.00015	1,106.45	0.00012174	440	1.96	1.163	0.031	0.07066388
	898	0.00015	977.5	0.0001378	308.33	2.93	1.163	0.031	0.10563529
137.8 kPa (20psi), -0.45m	898	0.00015	968.34	0.0001391	326.33	2.63	1.163	0.031	0.09481939
	898	0.00015	988.45	0.00013627	347	2.43	1.163	0.031	0.08760879
	898	0.00015	978.6	0.00013765	413.33	1.96	1.163	0.031	0.07066388
	898	0.00015	646.05	0.0002085	389.33	3.03	1.163	0.031	0.10924059
206.8 kPa (30psi), -0.45m	898	0.00015	698.316	0.00019289	437.66	2.73	1.163	0.031	0.09842469
	898	0.00015	730.38	0.00018442	449.33	2.43	1.163	0.031	0.08760879
	898	0.00015	677.98	0.00019868	487	1.9	1.163	0.031	0.0685007
	898	0.00015	778.103	0.00017311	358	2.96	1.163	0.031	0.10671688
275.7 kPa (40psi), -0.45m	898	0.00015	700.03	0.00019242	372	2.66	1.163	0.031	0.09590098
	898	0.00015	675.65	0.00019936	488.33	2.36	1.163	0.031	0.08508508
	898	0.00015	695.91	0.00019356	498	1.93	1.163	0.031	0.06958229

All rights reserved

ตาราง ก.7 ผลการวิจัยห้องเผาไหม้เมื่อใช้ก๊าซหุงต้มที่แรงดันใช้งาน 6.8 kPa

fuel time(s)	fuel flow rate (kg/s)	อุณหภูมิ (°C)	V air (m/s)	air density (kg/m ³)	area (m ²)	air flow rate (kg/s)	T LPG start (°C)	m gas (kg)	gas flow rate (kg/s)
1,082.5	0.00012443	354.66	2.96	1.163	0.031	0.10671688	280	0.53	0.00048961
885.3	0.00015215	362.66	2.53	1.163	0.031	0.09121409	273	0.73	0.00082458
980.63	0.00013736	366.67	2.33	1.163	0.031	0.08400349	285	0.5	0.00050988
948.81	0.00014197	422	2.03	1.163	0.031	0.07318759	330	0.63	0.00066399
769.35	0.00017508	467.66	2.93	1.163	0.031	0.10563529	392	0.43	0.00055891
655.67	0.00020544	396.33	2.56	1.163	0.031	0.09229568	283	0.33	0.0005033
733.67	0.0001836	478	2.33	1.163	0.031	0.08400349	380	0.36	0.00049068
718.73	0.00018741	538.33	2.03	1.163	0.031	0.07318759	415	0.5	0.00069567
565	0.00023841	555	2.93	1.163	0.031	0.10563529	397	0.4	0.00070796
562.47	0.00023948	589	2.56	1.163	0.031	0.09229568	350	0.3	0.00053336
544.35	0.00024745	492	2.33	1.163	0.031	0.08400349	384	0.3	0.00055112
570.79	0.00023599	521.66	2.1	1.163	0.031	0.0757113	409	0.3	0.00052559
447.54	0.00030098	564.66	2.9	1.163	0.031	0.1045537	513	0.23	0.00051392
424.2	0.00031754	565	2.56	1.163	0.031	0.09229568	410	0.23	0.0005422
629.85	0.00021386	596.67	2.43	1.163	0.031	0.08760879	487	0.26	0.0004128
493.21	0.00027311	645.33	2	1.163	0.031	0.072106	495	0.28	0.00056771

ตารางที่ ก.8 ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LHV) ที่ใช้ทดสอบเป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง
ของเชื้อเพลิงแต่ละชนิด

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (kJ/kg)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)
1. น้ำมันดีเซล	45,906	4.24
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	38,191	7.39
3. ไบโอมันปาล์มบริสุทธิ์	38,206	4.81
4. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	37,530	5.73
5. น้ำมันถั่วเหลือง	36,770	8.06
6. น้ำมันรำข้าว	34,360	6.15

ตารางที่ ก.9 ค่าความถ่วงจำเพาะเชื้อเพลิงทดสอบ เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง
วัดที่อุณหภูมิห้อง 28° C

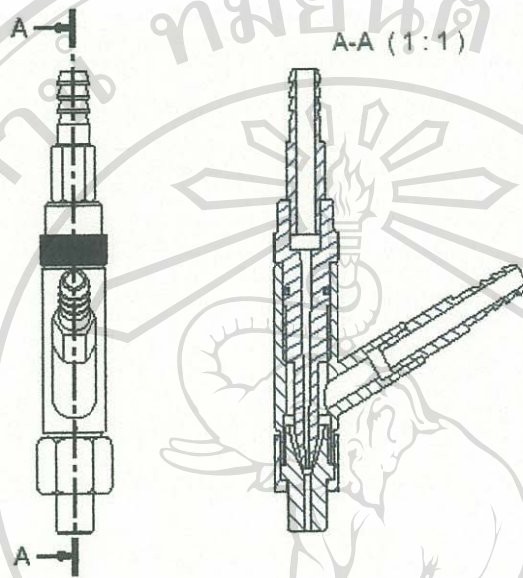
เชื้อเพลิง	ค่าความถ่วงจำเพาะ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D)
1. น้ำมันดีเซล	0.830	0.483
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	0.946	0.395
3. ไบโอมบาส์บรืสุทธิ	0.914	0.548
4. น้ำมันปาล์มบรืสุทธิ	0.898	0.372
5. น้ำมันถั่วเหลือง	0.908	0.622
6. น้ำมันรำข้าว	0.864	0.454

ตารางที่ ก.10 ค่าความหนืดของเชื้อเพลิงที่ใช้ทดสอบ เป็นค่าเฉลี่ยจากการทดลอง 7 ครั้ง

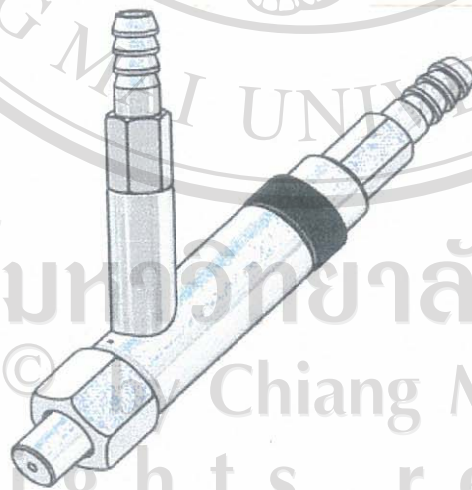
เชื้อเพลิง	ค่าความหนืดที่ 37.8° c (cSt)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D)	ค่าความหนืดที่ 98.9° c (cSt)	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน (S.D)
1. น้ำมันดีเซล	3.34	2.13	1.82	0.26
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	26.0	3.87	6.73	0.48
3. ไบโอมบาส์บรืสุทธิ	56.0	2.91	7.29	0.31
4. น้ำมันปาล์มบรืสุทธิ	28.31	4.06	7.10	0.69
5. น้ำมันถั่วเหลือง	46.0	3.10	7.18	0.23
6. น้ำมันรำข้าว	49.83	1.75	7.24	0.75

ภาคผนวก ข

แบบโครงสร้างหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยและห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง

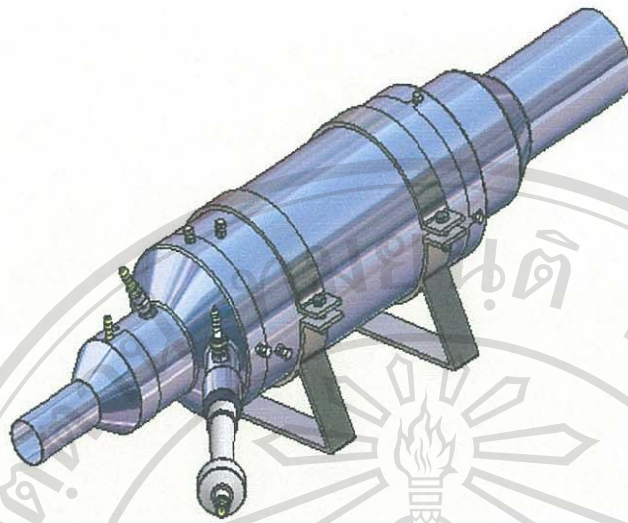


รูปที่ ข.1 ภาพตัดโครงสร้างหัวฉีดภายใน

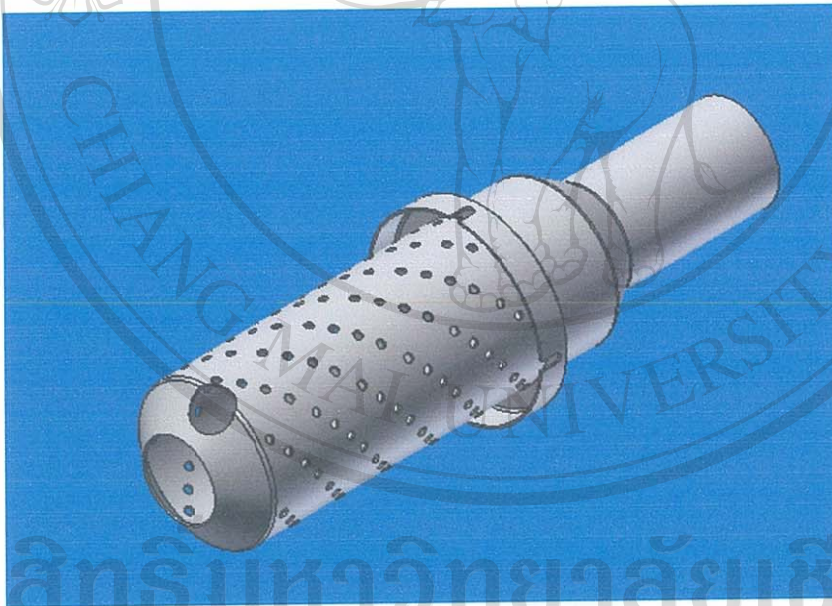


รูปที่ ข.2 ภาพโครงสร้างหัวฉีดภายนอก

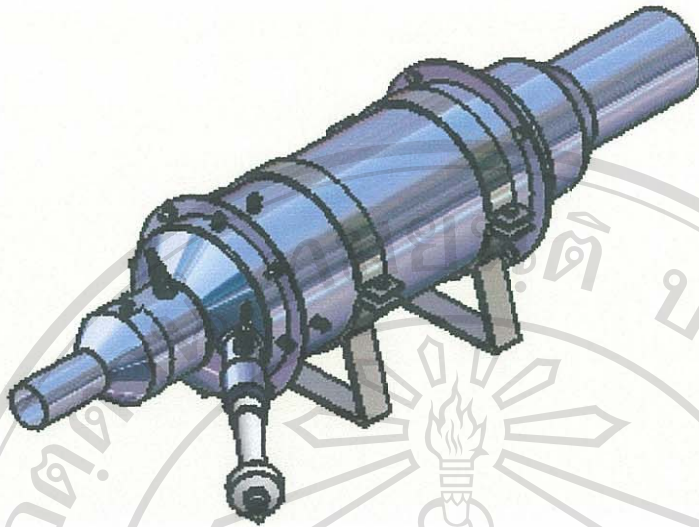
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved



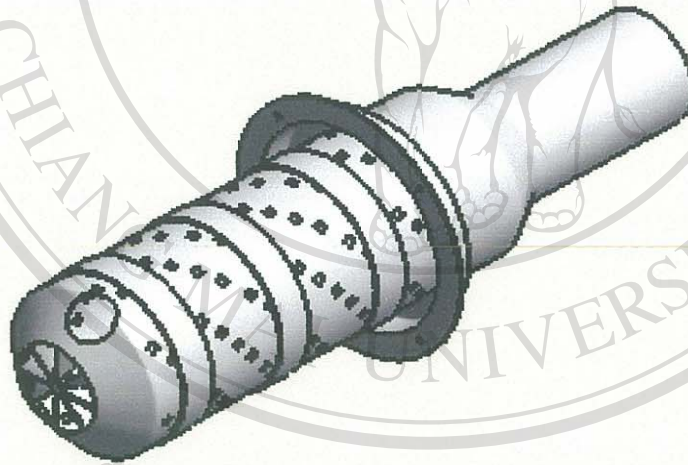
รูปที่ ข.3 ภาพโครงสร้างภายนอกห้องเผาไหม้ก่อนปรับแก้



รูปที่ ข.4 ภาพโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในก่อนปรับแก้



รูปที่ ข.5 ภาพโครงสร้างภายนอกห้องเผาไหม้หลังปรับแก้

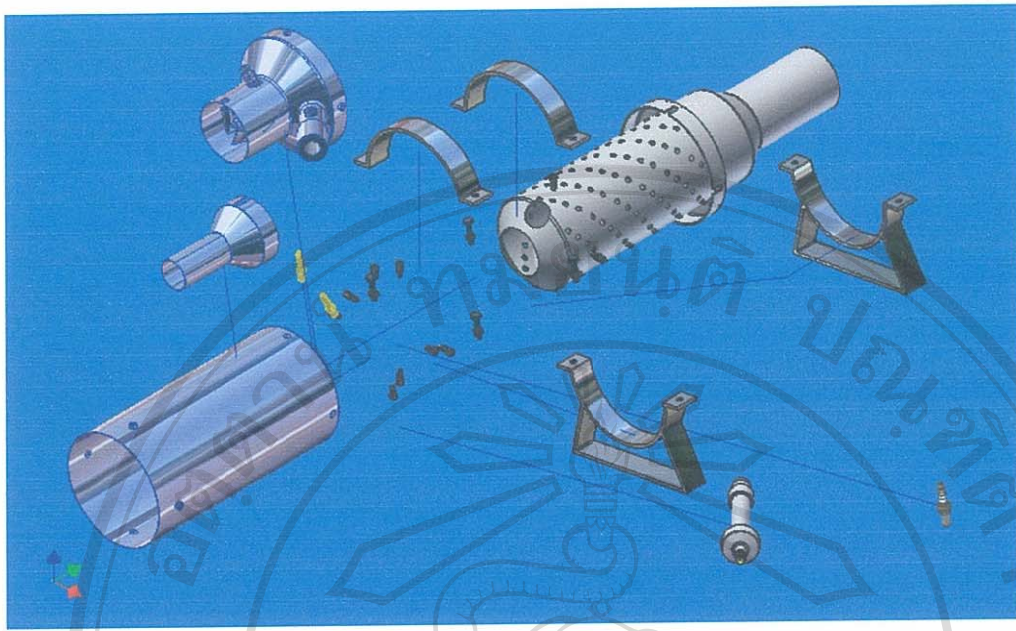


รูปที่ ข.6 ภาพโครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้

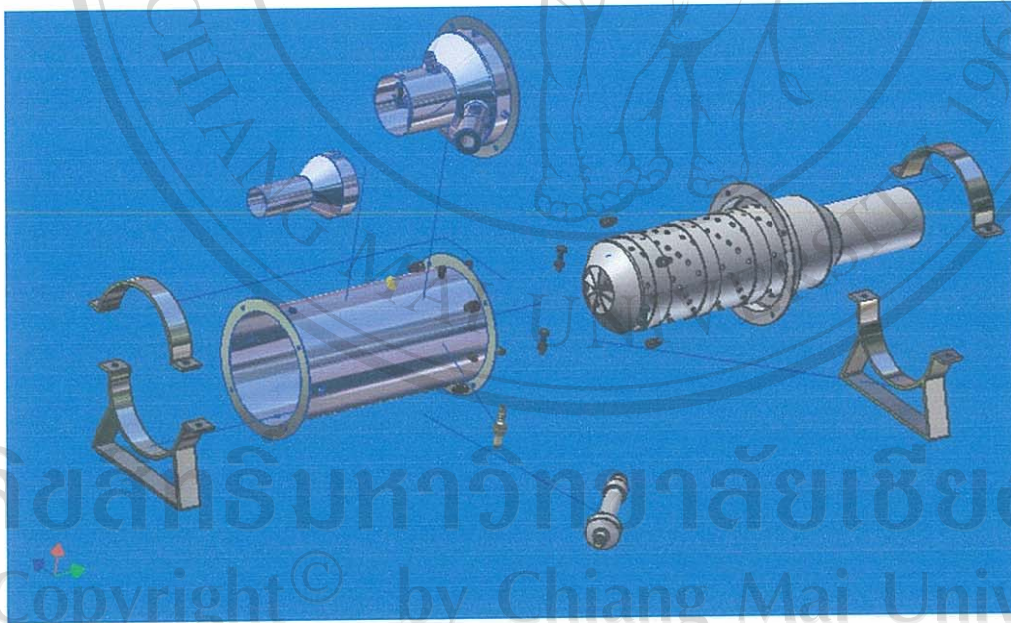
ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

All rights reserved



รูปที่ ข.7 ภาพแยกส่วน โครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในก่อนปรับแก้



รูปที่ ข.8 ภาพแยกส่วน โครงสร้างห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้



รูปที่ ข.9 ภาพแสดงการปิดรูอากาศของห้องเผาไหม้ภายในหลังปรับแก้



รูปที่ ข.10 ภาพแสดงการติดตั้งคียบีของอากาศ

ภาคผนวก ก

ภาพแสดงการทดสอบหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย



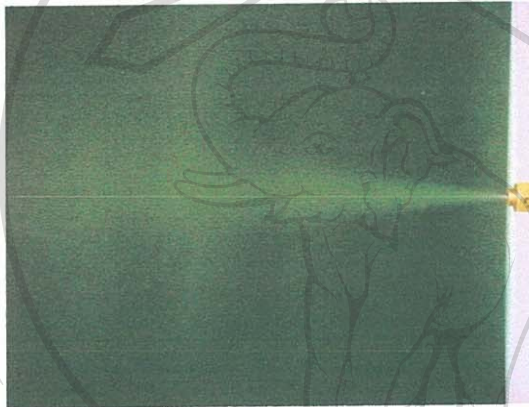
รูปที่ ก. 1 ชุดทดสอบอัตราการไหลเชื้อเพลิงที่ระดับเสด 0 เมตร, 1 เมตร และ 2 เมตร



รูปที่ ก. 2 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 68.9 KPa ที่ระดับเสด 1 เมตร



รูปที่ ก. 3 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 137.8 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



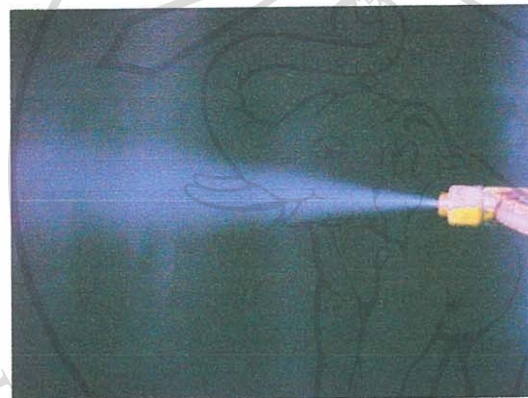
รูปที่ ก. 4 ลักษณะละอองน้ำเมื่อใช้ความดันอากาศ 206.8 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



รูปที่ ก. 5 ลักษณะละอองน้ำมันพืชเมื่อใช้ความดันอากาศ 275.7 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



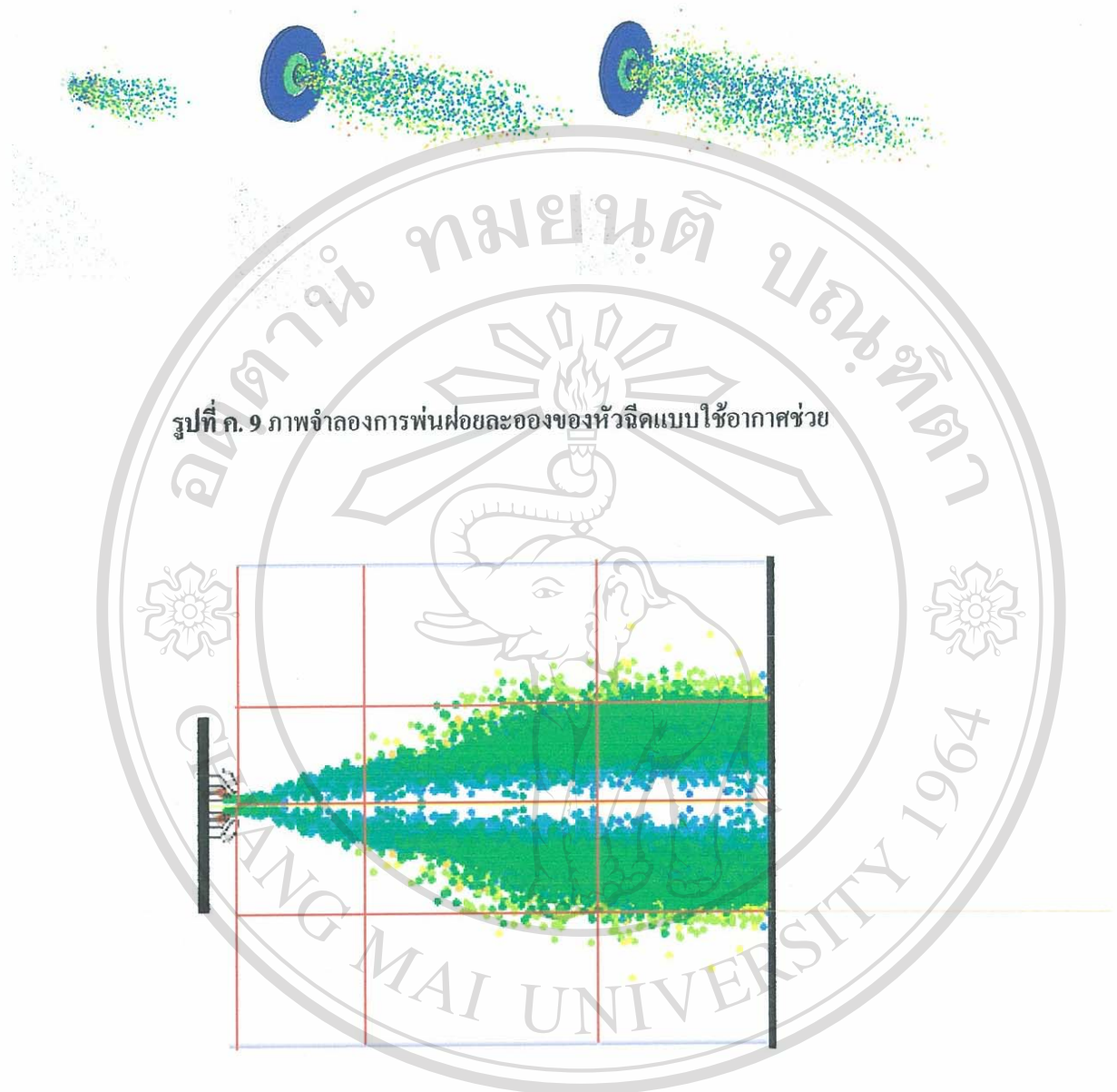
รูปที่ ก. 6 ลักษณะละอองน้ำฉีดเมื่อใช้ความดันอากาศ 344.7 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



รูปที่ ก. 7 ลักษณะละอองน้ำฉีดเมื่อใช้ความดันอากาศ 413.6 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



รูปที่ ก. 8 ลักษณะละอองน้ำฉีดเมื่อใช้ความดันอากาศ 482.6 KPa ที่ระดับเขต 1 เมตร



รูปที่ ๙ ภาพจำลองการพ่นฝอยละอองของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย



รูปที่ ๑๐ ภาพจำลองลักษณะละอองน้ำมันดีเซลเมื่อใช้ความดันอากาศ 413.6 KPa ที่ระดับเสต 0 เมตร
(มุมพ่นละออง 24 องศา ความยาว 20 เซนติเมตร ความสูง 17 เซนติเมตร)

Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ภาคผนวก ง

การนำเสนอผลงานทางวิชาการ

- Third Conference of Consortium of Aerospace Engineering, Thailand
(March 17-18, 2006)

- The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Thailand
(10-11 August 2004)

- การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18
(ระหว่างวันที่ 18-20 ตุลาคม 2547) มหาวิทยาลัยขอนแก่น

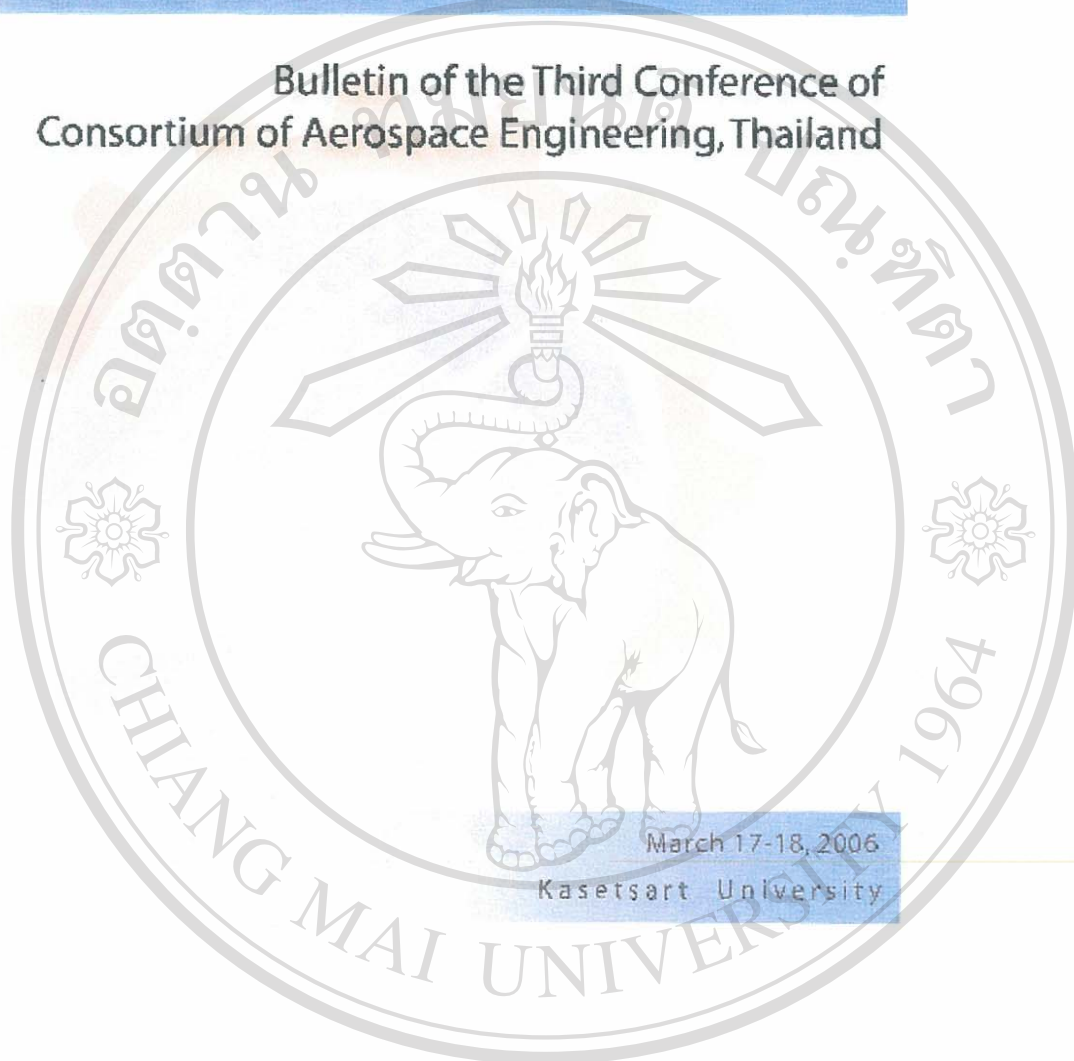
- การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43
(ระหว่างวันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



CASE 2006

Bulletin of the Third Conference of
Consortium of Aerospace Engineering, Thailand



March 17-18, 2006

Kasetsart University

Third Conference of Consortium of Aerospace Engineering, Thailand

(March 17-18, 2006)

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

Observations of Flame Behavior from a Practical Fuel Injector Using Palm Oil in a Continuous Burning Combustor

S. Chaitep, P. Watanawanyoo and Nat Vorayos

Abstract

This research is to design and develop a continuous combustor. Material for combustor chamber is stainless steel in order to avoid oxidation at high combustion temperature. Air atomizing nozzle is developed to high efficiency injection fuel, round spray pattern atomization and used high air pressure to assist the atomizing nozzle. The blower compress air into combustor with high mass-flow ratio and pure refined palm oil stearin is used as fuel for generating continuous combustion of hot gas. Investigation involve with measurement of that specific gravity, viscosity, pour point, cloud point, flash point and pH both for automotive diesel oil (ADO) and pure refined palm oil stearin. The combustor can be applied for agricultural drying purposes. The aim is emphasized on simplicity for construction, inexpensive, good stability and reduce import fuel for continuous combustor. The pure refined palm oil stearin is considered as renewable source of fuel for it can be reproduced domestically. Another main advantage is a clean combustion, as no sulphur content in the fuel. The result of previous investigation showed that the combustor perform well with good combustion stability when use pure refined palm oil stearin with preheated temperature between 90-110°C. If the preheated temperature is not in the required range the combustion phenomena was unsteady. Moreover if too high the preheated temperature, build up of fuel vapor pressure causes vapor lock in the fuel pipe line.

The combustor performance testing was also operated for comparison with automotive diesel oil (ADO). By regulating atomizing air pressure supply between 68.95-275.79 kPa (10-40 psi, Siphon height -0.45 m), correspondingly consumed 0.000419-0.000586 kg/s (1.78-2.50 l/hr.) of fuel. Hot gas produced from combustion was in the range of 200-398°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.06345 -0.1067 kg/s. Consequently, the combustor performance testing was evaluated with palm oil and LPG. By regulating atomizing air pressure between 68.95-275.79 kPa (10-40psi, Siphon height -0.45 m) and regulating LPG pressure of 6.8 kPa (1 psi), result showed that 0.0001167-0.00019936 kg/s of fuel consumption, hot gas produced from combustion was in the range of 308-498°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.0695-0.1067 kg/s. The LPG mass flow was regulated 0.000489 kg/s in order to sustain the combustion stability.

1. Introduction

This research is to design and develop a continuous combustor. Air atomizing nozzle is developed to high efficiency injection fuel, round spray pattern atomization and used high air pressure to assist the atomizing nozzle. The blower compress air into combustor with high mass-flow ratio and pure refined palm oil stearin is used as fuel for generating continuous combustion of hot gas. The pure refined palm oil stearin is considered as renewable source of fuel for it can be reproduced domestically. Another main advantage is a clean combustion, as no sulphur content in the fuel.

2. Burner theory

The burner receives flow from the compressor, separates some of the flow, mixes it with fuel and ignites it, remixes the flow, and delivers it to the turbine. There are two basic types of gas turbine combustor: tubular or can and annular. A tubular is composed of a cylindrical liner mounted concentrically inside a cylindrical casing. The volume contained within the liner of a combustor may be divided conveniently into 3 main zones: primary, intermediate, and tertiary (dilution). A typical combustor design may be as in the following Fig.1

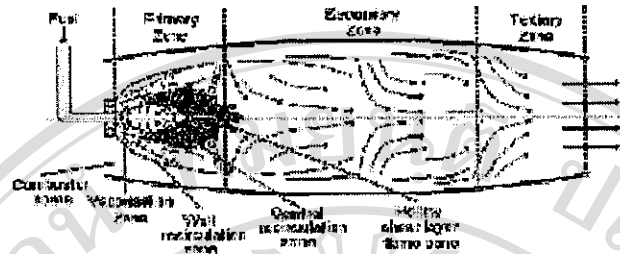


Fig.1 Typical design of a combustor[3]

Primary zone: The primary zone extends from the fuel nozzle face to the first row of air addition holes. Air flow enters at high velocity but it is decreased by means of diffusers. Ignition is caused by an applied source of energy, be it a high voltage spark, a torch supplied by an auxiliary burner. The flame size depends on the fuel burned and the flow pattern, and as a result it determines the combustor size. The flame intensity may be reduced by products of high emissivity that may radiate heat away. Since even the reduced gas velocity is much higher than the actual velocity of the fuel spray, the flame must be stabilised by a high degree of recirculation, allowing ample time for reactions to take place. Normally the air flow through the dome is swirled, creating a low pressure recirculation zone for flame holding. Between the higher velocity dome air flow and the lower velocity central recirculation zone flow, a region of high turbulence (the shear layer) is created due to the large velocity gradient. The cone of fuel injected penetrates directly into the shear layer region where fuel vaporises, mixes with the oxidiser and burns. Typically 20 - 30 % of the air is injected in the primary zone, whereas the remainder is injected in the secondary zone.

Secondary zone: The secondary zone begins where the injection of air through the liner holes is produced. Air and fuel flow may recirculate back into the primary zone, but largely penetrate to the combustor centreline. In addition, the temperature is lower here than at stoichiometric mixture but still too high for the turbine blades.

Tertiary or dilution zone: The aim of this zone is to inject extra dilution air in order to reduce the combustion exit temperature to that acceptable for the turbine inlet.

2.1 Air atomizing nozzles

Air atomizing nozzles provide the finest degree of atomization for a given capacity and pressure. There is a choice of patterns: round, wide-angle round, 360° round, or flat. The spray pattern remains only as long as the velocity of the atomizing air is maintained. The spray drops may evaporate completely, depending on their size, exposure time, the relative humidity, and other ambient conditions.

Atomizers are classified into pressure atomizer, pressure swirl atomizer, twin fluid atomizer, rotary atomizer, electrostatic and ultrasonic atomizer. There are widely used in the combustion applications.

2.2 Liquid setup or Siphon

The liquid is supplied by either a liquid siphon. Liquid through the feed line into the air flow where it is atomized, as shown in Fig.2.

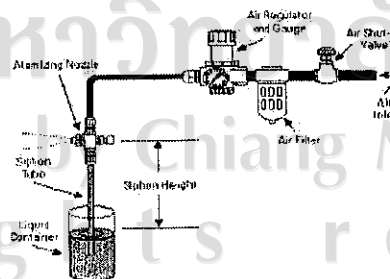


Fig.2 Fuel supplied through a liquid siphon[7]

2.3 Full Cone

A full cone spray pattern is round, square, or oval in coverage, and completely filled with spray drops. This spray pattern is normally formed by using an internal vane, which imparts controlled turbulence to the liquid prior to the orifice. Full cone coverage can also be accomplished with smaller drop size by use of a header arrangement of atomizing or fine spray nozzles, as illustrated in Fig. 3.



Fig. 3 A full cone spray pattern[7]

2.4 Properties of palm oil

The lower heating value of refined palm oil stearin was found to be 38,206 kJ/kg compared to automotive diesel oil (ADO) oil was found to be 45,906 kJ/kg. The saybolt viscosity of refined palm oil stearin was found to be 56.0 cSt and automotive diesel oil (ADO) oil was found to be 3.34 cSt at 37°C. The saybolt viscometer is illustrated in Fig. 4.

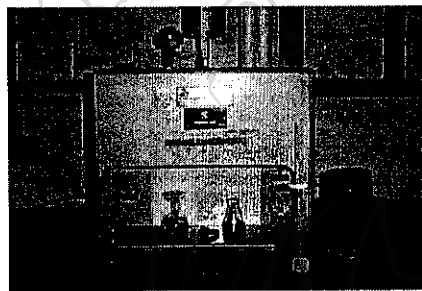


Fig. 4 Saybolt viscometer[10]

2.5 Combustor design

The process design indicated in Fig. 5 to relax the operational condition of air assist atomize (Siphon type). The combustor is composed of a burner system and a mixed combustion segment. The burner system is composed of air assist atomizer and pilot starter using LPG as fuel, also shown in Fig. 6.

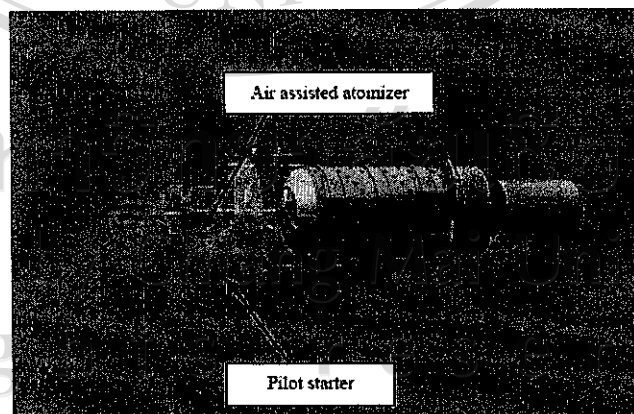


Fig. 5 Drawing of a continuous burning combustor[12]



Fig. 6 Main component of a continuous burning combustor[11]

2.6 Air atomizing nozzles design

The most widely used type of airblast atomizer is illustrated in Fig. 7. In this design the bulk fuel is first spread into a thin continuous sheet, a process called prefilming and then exposed to high velocity and swirling air streams on both sides of the sheet. Prefilming airblast atomizers are capable of producing fine atomization and a virtually smoke-free exhaust at high combustion pressures.

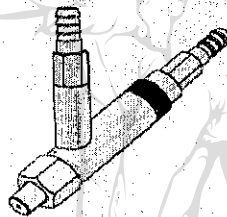


Fig. 7 The component of a airblast atomizer[13]

2.7 Mathematical Formulation

The fundamental laws used to solve the problems are the law of velocity of air flow at throat, air – fuel ratio. The fundamental idea of this concept is a combination of pressure and air blast atomization in order to reduce droplet sizes by intense aerodynamic interaction between fuel and air flow.

$$V_a = \sqrt{2C_p T \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} \right]} \quad \dots\dots\dots(1)$$

2.7.1 Air – fuel ratio

The mixture heating up even further in the process. Here, intensive mixing takes place with the air in the main combustion chamber and combustion is continued and completed.

$$A/F \text{ ratio} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Nozzle Heat } (N_H) = L.H.V \times \dot{m}_f \quad \dots\dots\dots(3)$$

Rearrange eq. (3)

$$\dot{m}_f = \frac{N_H}{L.H.V}$$

$$\therefore \dot{m}_a = \rho_o \sqrt{2C_p T_1 \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{2/k} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{k-1/k} \right]} \quad \dots\dots\dots(4)$$

3. Results and discussions

3.1 Spray analysis

The visualizations indicate a coarse structure of the spray in the outer spray region and a very fine distribution inside spray cone shown in Fig. 8.



Fig. 8 A very fine distribution inside spray cone. [13]

3.2 combustor performance

The combustor performance testing was also operated for comparison with automotive diesel oil (ADO). By regulating atomizing air pressure supply between 68.95-275.79 kPa (10-40 psi, Siphon height -0.45 m), correspondingly consumed 0.000419-0.000586 kg/s (1.78-2.50 l/hr.) of fuel. Hot gas produced from combustion was in range of 200-398°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.06345-0.1067 kg/s, also shown in Fig 9-11.

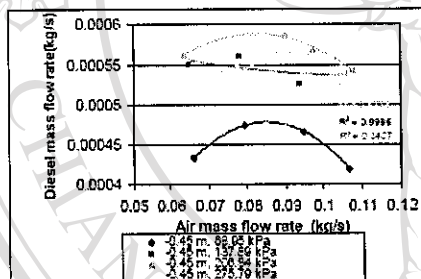


Fig. 9 Automotive diesel oil (ADO) oil-air mass flow rate combustion
@ Siphon height -0.45 m

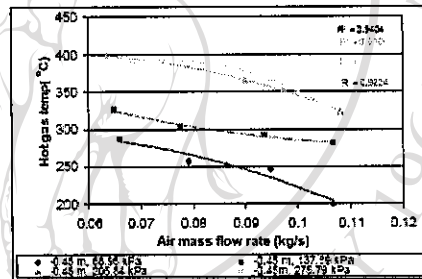


Fig. 10 Hot gas produced from combustion
@ Siphon height -0.45 m



Fig. 11 Combustion with automotive diesel oil (ADO)[12]

Consequently, the combustor performance testing was done with palm oil and LPG. By regulating atomizing air pressure between 68.95-275.79 kPa (10-40psi, Siphon height -0.45 m) and regulating LPG pressure 6.8 kPa (1 psi), result showed that 0.0001167-0.0001936 kg/s of fuel consumption, hot gas produced from combustion was in the range of 308-498°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.0695-0.1067 kg/s. The

LPG mass flow was regulated 0.000489 kg/s in order to sustain the combustion stability, also shown in Fig.12 to 14.

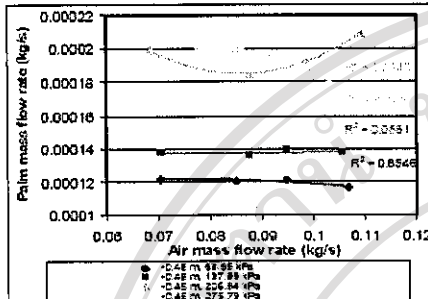


Fig.12 Palm oil-air mass flow rate
@ Siphon height -0.45 m

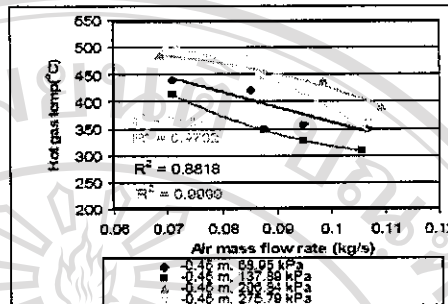


Fig.13 Hot gas produced from combustion
@ Siphon height -0.45 m

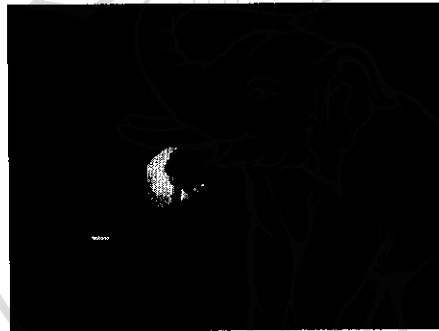


Fig. 14 Combustion with palm oil mixed with LPG[11]

4. Summary

There have been considerable understanding to the operational characteristics of a practical airblast atomizer gained from this study. However, further work need to be done before a full understanding of the combustion characteristics of a practical continuous burning combustor can be concluded. In summary, low pressure air atomization of palm oil fuel with air pressure in the range of 69 – 620 kPa can be used to develop air blaster or burners. The pure refined palm oil stearin is considered as a renewable source of fuel for it can be reproduced domestically. Another main advantage is a clean combustion, as no sulphur content in the fuel.

The combustor performance testing was also operated for comparison with automotive diesel oil (ADO). Hot gas produced from combustion was in the range of 200-398°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.06345-0.1067 kg/s and the combustor performance testing was done with palm oil and LPG. Hot gas produced from combustion was in the range of 308-498°C depending on oxidizing air mass flow regulated between 0.0695-0.1067 kg/s.

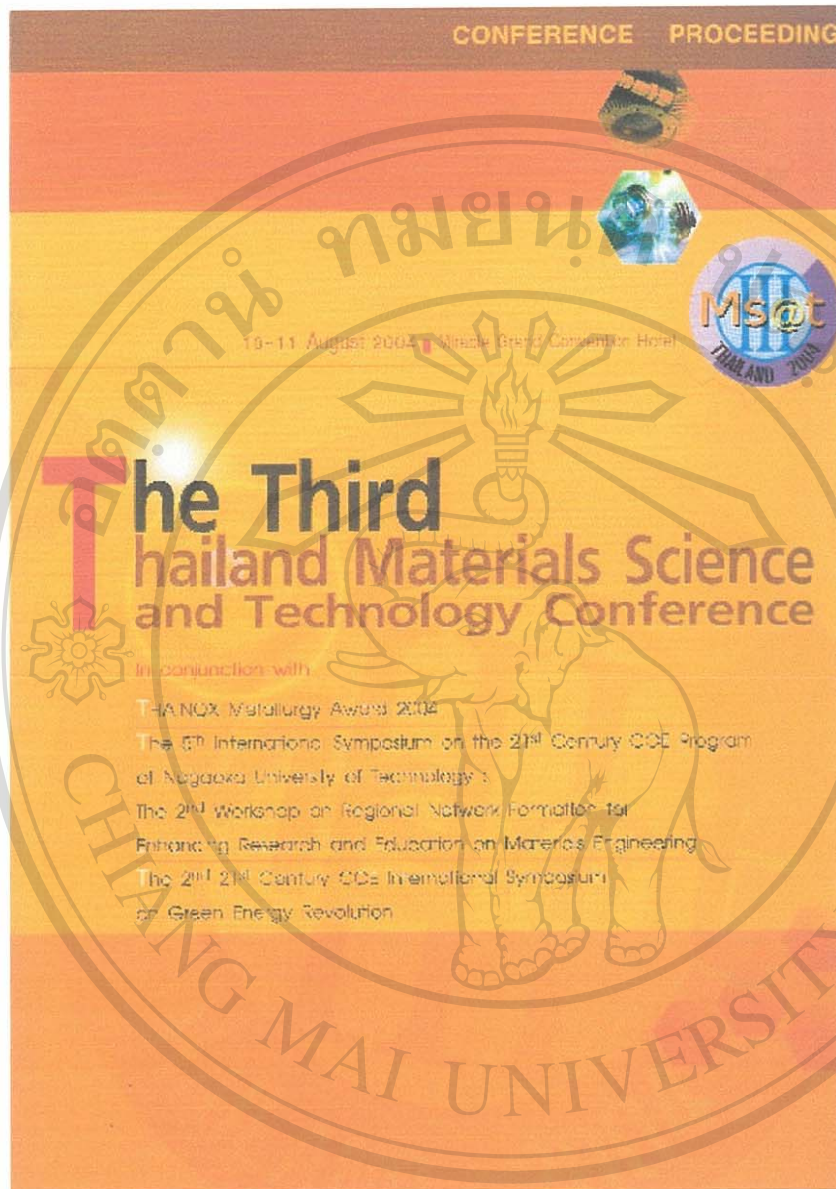
5. Acknowledgements

This work has been support by National Metal and Materials Technology Center (MTEC) through Grant No. MT-S-46-MAC-10-118-G. The authors would also like to thank Mr. Saransiri Wongsiri from the Gas-turbine Development Project, the Science & Technology Research & Development Institute, Chiang Mai University in consulting the final version of this research and their colleagues in the Mechanical Department of Chiang Mai University, Thailand. Thanks also to the support from Propulsion & Aerodynamics Research & Application Corner Laboratory, Mechanical Engineering Department Faculty of Engineering, Chiang Mai University.

6. References

- [1] Alben, P.Y, (1985) "Compression ignition engine operation on vegetable oil" : (Automotive diesel oil (ADO) – mode operation). Research Study , Energy Engineering Program, Asian Institute of Technology.
- [2] Bathie, W. (1996) "Fundamental of Gas Turbines" , second edition , John Wiley & Sons . New York.

- [3] Cohen, H. and Rogers, G. F. C. (1987) "Gas Turbine Theory", third edition, John Wiley & Sons, New York.
- [4] Lefebvre, H. (1983) "Gas Turbine Combustion" Second Edition, John Wiley & Sons, New York.
- [5] Spalding, D. B. (1979) "Combustion and mass transfer": a text book with multiple-choices for engineering students, Pergamon Press: Oxford.
- [6] Sultanian, B. K. and Sakamoto, T. (1999) "Experimental and Three-Dimensional CFD Investigation in a gas turbine exhaust system", J of Gas Turbines and power, page 364 – 374.
- [7] [www.spraysystem.com/air blaster](http://www.spraysystem.com/air%20blaster).
- [8] www.me.umist.ac.uk/asrgpage/WIP/Martin-Fathi.html.
- [9] Watanawanyoo, P., Chaitep, S. and Polchai, A. (2004) "Flow Characteristics of Air – Assisted Type Fuel Atomizer" The 11th Tri – University International Joint Seminar and Symposium, Oct 26 – 31, Chiang Mai University, Thailand.
- [10] Watanawanyoo, P., Chaitep, S. and Polchai, A. (2004) "Experimental the Flow Characteristics of an Air – Assisted Fuel Atomizer" The 2nd Consortium of Aerospace Engineering, Aug 18-19, Chiang Mai University, Thailand.
- [11] Watanawanyoo, P., Chaitep, S. and Polchai, A. (2004) "Air Assisted Fuel Atomizer type of liquid siphon" The 18th Conference Mechanical Engineering Network of Thailand, Oct 18 – 20, Khon Khean University, Thailand.
- [12] Watanawanyoo, P., Chaitep, S. and Polchai, A. (2005) "Design of Continuous Burning Combustor Using Refined Palm Oil Stearin as Fuel" The 43rd Kasetsart University Annual Conference, Feb 1 – 4 Kasetsart University, Thailand.
- [13] Watanawanyoo, P. and Chaitep, S. (2004) "A Preliminary Study on the Air Assisted Fuel Atomizer", MSAT 2nd Seminar and conference, Miracle Grand Hotel, Bangkok, Thailand.



ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
 The Third Thailand Materials Science and Technology Conference, Thailand
 (10-11 August 2004)
 Copyright© by Chiang Mai University
 All rights reserved



A Preliminary Study on the Air Assisted Fuel Atomizer

Pipatpong Watanawanyoo and Sumpun Chaitep

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University 50200, Thailand

Tel. 0-5394-2004 Fax. 0-5394-1352, Email : tum1879@hotmail.com

Abstract

This research was the study of a fuel injection system for supplying atomized fuel into a continuous combustion chamber. Air assisted fuel atomizer provide excellent atomization over a large range of fuel flow rates and good spraying pattern. Palm oil stearin and diesel oil were the fuels used in the experiment of atomization. The atomizer was designed in a manner that air could flow through the small nozzle. Consequently, the low pressure air flow could induce fuel and break into small fine droplets that were delivered through the outlet. The experimental results showed that atomizer had a capability to inject the palm oil fuel at a rate of 0.00157 kg/s provide a heat rate of 60 kJ/s per head. This study provides understanding of atomization process and the results will help in improving atomizer design. The ability to inject small fine fuel droplets made the atomizer suitable for different types of furnaces especially in a small sized industries that require fewer accessories and lower cost.

1. Introduction

Air atomizing nozzles provide the finest degree of atomization for a given capacity and pressure. There is a choice of patterns: round, wide-angle round, 360° round, or flat. [1]. The spray pattern remains only as long as the velocity of the atomizing air is maintained. The spray droplets may evaporate completely, depending on their size, exposure time, the relative humidity, and other ambient conditions. [4]

Atomizers are classified into pressure atomizer, pressure swirl atomizer, twin fluid atomizer, rotary atomizer, electrostatic and ultrasonic atomizer. [2] All of these are widely used in the combustion applications.

2. Spray characteristics

Following is a discussion of spray characteristics to help explain the criteria by which each candidate spray nozzle must be evaluated in order to achieve the most efficient spray performance. [5]

2.1 Air atomizing nozzles

Air atomizing nozzles provide the finest degree of atomization for a given capacity and pressure. Liquid fuel can be supplied to the nozzle under pressure or it can be supplied through a liquid siphon. [3]



Figure 1. Air atomizing nozzles [7]

2.1.1 Liquid setup or Siphon

The liquid is supplied by either a liquid siphon. Liquid through the feed line into the air flow where it is atomized.



Figure 2. Fuel supplied through a liquid siphon [7]

2.1.2 Pressure setup

The liquid is supplied the nozzle under pressure. Air and liquid can be externally or internally mixed to produce a completely atomized spray. [6]

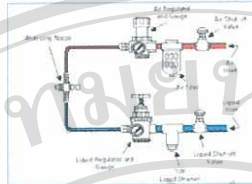


Figure 3. Fuel supplied to the nozzle under pressure [7]

2.2 Full Cone

A full cone spray pattern is round, square, or oval in coverage, and completely filled with spray drops. This spray pattern is normally formed by using an internal vane, which imparts controlled turbulence to the liquid prior to the orifice. Full cone coverage can also be accomplished with smaller drop size by using of a header arrangement of atomizing or fine spray nozzles.



Figure 4. A full cone spray pattern [8]

2.3 Hollow Cone

The hollow cone spray pattern is essentially a circular ring of droplet zone. This pattern is generally formed by using of an inlet tangential to a whirl chamber, or by an internal grooved vane immediately upstream from the orifice. The whirling liquid results in a hollow cone configuration as it leaves the orifice.



Figure 5. The hollow cone spray pattern [8]

3. Properties of palm oil

The lower heating value of refined palm oil stearin was found to be 38,206 kJ/kg compare to diesel oil was found to be 45,906 kJ/kg. The saybolt viscosity of refined palm oil stearin was found to be 56.0 cSt and diesel oil was found to be 3.34 cSt at similar temperature of 37 °C

4. Mathematical Formulation

The fundamental laws used to solve the problems are the law of velocity of air flow at throat, air - fuel ratio

4.1 The law of velocity of air flow at throat

The fundamental idea of this concept is a combination of pressure and air blast atomization in order to reduce droplet sizes by intense aerodynamic interaction between fuel and air flow. [4] Eq.(1) shows the relationship of effect to the air velocity at the nozzle for inducing fluid mixing.

$$V_a = \sqrt{\frac{2C_p T}{\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k+1}{k}}}} \quad (1)$$

4.2 Air - fuel ratio

The mixture heating up even further in the process. Here, intensive mixing takes place with the air in the main combustion chamber and combustion is continued and completed. [4] Eq.(2) defined the air to fuel ratio

$$A/F \text{ ratio} = \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \quad (2)$$

5. Results and discussions

The experimental results showed that atomizer had a capability to inject the fuel at a rate of 0.00157 kg/s provide a heat rate of 60 kJ/s per head. This study provides and improved understanding of atomization process and the results will help in improving atomizer design.

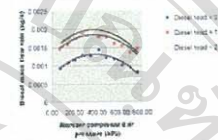


Figure 6. Diesel oil flow rate on siphon head at 28 °C

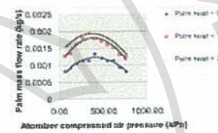


Figure 7. Palm oil flow rate on siphon head at 28 °C

5.1 Spray analysis

The visualizations indicate a coarse structure of the spray in the outer spray region and a very fine distribution inside spray cone shown in Figure 8



Figure 8. A very fine distribution inside spray cone



Figure 9. Air atomizer assembly

6. Summary

Low pressure air atomization of palm oil fuel with air pressure in the range of 69 - 620 kPa can be used to develop hot air blaster or burners.

7. Acknowledgements

Authors wishes their sincere thanks to the National Metal and Materials Technology Center (MTEC), the main sponsor who provide research fund. Whereas the faculty of engineering at Chiang Mai University is providing supporting facilities.

8. References

- [1] Alben, P.Y. (1985) "Compression ignition engine operation on vegetable oil"; (Diesel - mode operation), Research Study, Energy Engineering Program, Asian Institute of Technology.
- [2] Bathie, W. (1996) "Fundamental of Gas Turbines", second edition : John Wiley & Sons, New York
- [3] Cohen, H and Rogers, G. F. C. (1987) "Gas Turbine Theory", third edition, John Wiley & Sons : New York
- [4] Lefebvre, G. (1983) "Gas Turbine Combustion" Second Edition, John Wiley & Sons: New York.
- [5] Spalding, D.B. (1979) "Combustion and mass transfer" : a text book with multiple-choices for engineering students, Pergamon Press: Oxford.
- [6] Sultanian, B.K and Sakamoto, T. (1999) "Experimental and Three-Dimensional CFD Investigation in a gas turbine exhaust system", J. of Gas Turbines and power, page 364 - 374
- [7] www.spraysystem.com/air blaster
- [8] www.me.umist.ac.uk/asrgpage/WIP/Martin-Fathi.html



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกล
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18

การประชุมเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 18

ระหว่างวันที่ 18-20 ตุลาคม 2547

ณ โรงแรมโซฟิเทล ราชาออร์คิด ขอนแก่น

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์



ลิขสิทธิ์ในหนังสือฉบับนี้
Copyright © มหาวิทยาลัยขอนแก่น
All rights reserved

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 16
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด ชอนแก่น

หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบกาลักของเหลวใช้อากาศช่วย Liquid Siphon - Air Assisted Fuel Atomizer

ลัมพันธ์ ไชยเทพ และ พิพัฒน์พงศ์ วณิชวันนุ

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-2004, โทรสาร 0-5394-1352, Email : sumpun@eng.cmu.ac.th

Sumpun Chaitep and Pipatpong Watanawanyoo

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University 50200, Thailand

Tel. 0-5394-2004, Fax. 0-5394-1352, Email : sumpun@eng.cmu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ให้ความสนใจเกี่ยวกับระบบฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้กับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง เพื่อที่จะสร้างหัวฉีดเชื้อเพลิงโดยใช้ความดันต่ำในการฉีดเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ และน้ำมันดีเซล จะทำการออกแบบหัวฉีดเป็นชนิดใช้อากาศช่วย โดยออกแบบให้อากาศไหลผ่านช่องแคบเล็กๆ ซึ่งจะให้ความดันของอากาศลดลงจนสามารถดูดเชื้อเพลิงจากถังเชื้อเพลิงในระดับต่ำกว่าได้ แล้วพ่นออกเป็นฝอยละอองไปพร้อมกับอากาศ จึงไม่ต้องใช้ปั๊มเชื้อเพลิงแรงดันสูง หัวฉีดที่ออกแบบสร้างสามารถผลิตความร้อนในอัตรา 60 kJ/s ต่อหัว และอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่ 0.0021 kg/s เหนือจุดจุด 2 เมตร ที่ความดันอากาศป้อน 344.7 kPa และสามารถปรับอัตราการไหลเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้จะยังมีความละเอียดสูง น้ำมันที่พ่นออกมาไม่เป็นหยด ซึ่งเหมาะสมกับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก และมีอุปกรณ์ช่วยไม่มากนัก รวมทั้งราคาไม่สูงเกินไป

Abstract

This research is concerned about the study of a fuel injection system in a continuous furnace chamber. The purpose was to construct a low pressure in supplying of fuel. Palm oil and diesel were used on the experiments for the system of atomization. The atomizer was designed in a manner that air could flow through the small nozzle. Consequently, the low pressure air flow could induce fuel by siphoning and break oil into small fine droplets that were delivered through the outlet. The resulted atomizer had a capability to inject the fuel at the rate of 0.0021 kg/s, providing a heat rate of 60 kJ/s per head, with the use of air pressure supplied at 344.7 kPa and the rate of fuel consumption can be varied. In addition, the ability to inject small fine fuel droplets

from the atomizer could suitably be applied to different types of combustion, e.g. furnaces in small sized industries that require fewer accessories and lower budget.

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าในห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องสำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เช่น เตาเผาขยะ โดยส่วนมากนิยมใช้หัวฉีดน้ำมันแรงดันสูง ซึ่งหัวฉีดแบบนี้จะต้องอาศัยเครื่องอัดน้ำมันให้มีความดันสูง ทั้งมีความยุ่งยากในการใช้งาน ราคาในการผลิตค่อนข้างสูง และมีอุปกรณ์ช่วยต่างๆ มาก ดังนั้นงานวิจัยชิ้นนี้จึงทำการศึกษาการออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยชนิดกาลักของเหลว โดยจะใช้อากาศที่ความดันต่ำเป็นตัวเหนี่ยวนำให้น้ำมันที่ถูกดูดออกมาเป็นฝอยละออง เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเผาไหม้เพื่อนำไปแก้ไขจุดบกพร่องของหัวฉีดแบบเดิม และเชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันปาล์มที่ผ่านการกลั่นแล้วจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์ และใช้น้ำมันดีเซลทดลองประกอบเพื่อเปรียบเทียบ

2. ทฤษฎี

2.1 หน้าทีและหลักการทางานหัวฉีดที่สำคัญดังนี้ [1]

2.1.1. ฉีดน้ำมันให้เป็นละอองหรือฝอยเล็กๆ (Fine atomization)

2.1.2. ต้องฉีดให้ได้รูปทรงของลำละออง (Spray pattern) ที่สอดคล้องกับการใช้งาน

2.1.3. ระยะเคลื่อนที่ของละออง (Penetration) ต้องพอเหมาะ เพราะถ้าไกลเกินไปจะกระทบกับผนังของห้อง สันดาปจะกลายเป็นหยดน้ำมันทำให้เครื่องติดยาก หรือการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.1.4. ต้องเริ่มฉีดและหยุดฉีดได้อย่างฉับพลันโดยไม่มีการหยด (No dripping)

หัวฉีดเชื้อเพลิง (Fuel injector) สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงเหลวซึ่งมีใช้มากในห้องเผาไหม้ได้แก่น้ำมันก๊าด (Kerosene) และน้ำ

มันตีเซล หัวฉีดที่เหมาะสมและที่ใช้กันอยู่จะเป็นชนิดความดันไหลวน (Pressure-swin) หรือชนิดอากาศช่วยเป่า (Air-blast) เพื่อให้การแตกตัวของละอองเชื้อเพลิงและการผสมกับอากาศเร็วขึ้น มีผลดีต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยขนาดหยดละอองเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยประมาณ 30-60 ไมครอน ซึ่งขึ้นกับความหนืดของเชื้อเพลิงและความดันในการฉีดเชื้อเพลิง ถ้าหัวฉีดเชื้อเพลิงทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพก็จะทำให้ระบบการเผาไหม้ทำงานได้ไม่เต็มที่เมื่อใช้งานกับห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญในการออกแบบและพิจารณาอย่างเป็นพิเศษสำหรับหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย (Air Assisted Fuel Atomizer)

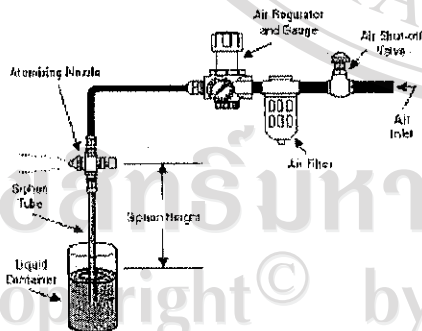
2.2 การเกิดเป็นฝอยละอองจากการฉีดน้ำมันแรงดันเป็น 2 ประเภท ดังนี้ [2]

2.2.1 การฉีดน้ำมันที่มีความดันสูง (High Pressure Atomization) จะใช้กับหัวฉีดความดันสูง หรือที่เรียกว่าหัวฉีดแบบของไหลเดี่ยว (Single Fluid Atomizer) โดยน้ำมันที่ออกจากปั๊มความดันมากกว่า 690 kPa ความดันที่แตกต่างกันมากของน้ำมันก่อนและหลังออกจากหัวฉีดจะทำให้ให้น้ำมันออกจากหัวฉีดด้วยความเร็วสูงเกิดการแตกตัวเป็นละอองเล็ก ๆ แล้วรวมตัวกับอากาศที่ส่งเข้ามาถึงห้องเผาไหม้ ทำให้เกิดสภาพที่เหมาะสมในการเผาไหม้

2.2.2 การฉีดน้ำมันที่มีความดันต่ำ (Low Pressure Atomization) จะใช้กับหัวฉีดความดันต่ำหรือที่เรียกว่าหัวฉีดแบบของไหลสองชนิด (Two Fluids Atomizer) โดยน้ำมันและอากาศจะถูกส่งผ่านหัวฉีดที่มีความดันระหว่าง 6.9 – 103.4 kPa อากาศจะถูกผสมกันก่อนที่จะออกจากหัวฉีด โดยอากาศจะเป็นตัวทำให้น้ำมันมีอนุภาคที่ละเอียด อากาศที่ผสมกับน้ำมันก่อนออกจากหัวฉีดนี้เรียกว่า อากาศปฐมภูมิ (Primary air) เนื่องจากหัวฉีดชนิดนี้สร้างง่าย และไม่จำเป็นต้องใช้ปั๊มความดันสูง

2.3 หลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

(Air Assisted Fuel Atomizer)



รูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

(Air Assisted Fuel Atomizer) [6]

จากรูปที่ 1 แสดงหลักการทำงานของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยเป็นหัวฉีดชนิดใช้ความดันต่ำซึ่งประกอบด้วยหัวฉีด สอง

ชุดความดันยู่กลางซ้อนกัน หัวฉีดชุดแรกจะอยู่ภายในหัวเผาที่บังคับทิศทางการไหลของอากาศ และเพิ่มพลังงานจลน์ให้กับอากาศ ส่วนหัวฉีดชุดที่สองจะอยู่ภายนอกหัวเผาที่สร้างเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงจะไหลเข้ามาเป็นฟิล์มบาง ๆ ขวางการไหลของอากาศ และอากาศที่มีความเร็วสูงนี้จะไหลปะทะฟิล์มเชื้อเพลิง ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำให้น้ำมันเป็นฝอยละออง การแตกตัวของละอองจะขึ้นอยู่กับค่าความตึงผิว (Surface tension) ของเชื้อเพลิง และถ้าออกแบบให้เกิดการเหนี่ยวนำที่ดีจะสามารถดูดเชื้อเพลิงจากระดับที่ต่ำมาขึ้นระดับที่สูงกว่า หรือที่เรียกว่า กาลังน้ำ (Siphon) ทำให้ไม่ต้องใช้ปั๊มส่งแรงดันเชื้อเพลิง ซึ่งเป็นข้อได้เปรียบของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย

2.4 สมการที่ใช้ในการออกแบบหัวฉีด [3]

การออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยจะพิจารณาจากสมการพลังงาน สมการสถานะ และสมการเบอร์นูลลี มาใช้ร่วมกันหาความเร็วและมวลของอากาศช่วยที่ผ่านออกจากรูหัวฉีด โดยการอนุมานว่า อากาศไหลผ่าน Venturi เป็นแบบอัดตัวไม่ได้ จะได้ว่า

$$V_a = \sqrt{2c_r T \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{2}{\gamma}} - \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma}} \right]} \quad (1)$$

เมื่อทราบความหนาแน่นอากาศ ที่สามารถหาได้จาก สมการสถานะ โดยต้องกำหนดสภาวะที่จะออกแบบใช้งานได้แก่ ความดันเข้าหัวฉีด, อุณหภูมิ, ความดันออก ดังนั้นจึงสามารถคำนวณหาขนาดของรูหัวฉีดได้

2.5 คุณสมบัติของไขมันและน้ำมันพืช [4]

ไขมันและน้ำมัน เรียกรวมกันว่า ลิพิด (Lipid) เป็นเอสเทอร์ที่มีอยู่ในธรรมชาติ เกิดจากการรวมระหว่าง กลีเซอรอลกับกรดไขมัน ไขมันและน้ำมันแต่ละโมเลกุลประกอบด้วยกลีเซอรอล 1 โมเลกุล และกรดไขมัน 3 โมเลกุล ถ้าลิพิดนี้เป็นของแข็งจะเรียกว่าไขมัน และถ้าเป็นของเหลวจะเรียกว่าน้ำมัน

ส่วนไขมันจากสัตว์จะมีกรดไขมันที่อิ่มตัวอยู่มากและมักเป็นของแข็งที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันหมู ไข่ขาว เป็นต้น ส่วนน้ำมันพืชจะมีกรดไขมันที่ไม่อิ่มตัวอยู่มากและมักเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง เช่น น้ำมันถั่วเหลือง น้ำมันมะกอก น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันมะพร้าว และน้ำมันปาล์ม เป็นต้น ไขมันและน้ำมันเป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วจึงไม่ละลายน้ำ

2.5.1 กรดไขมันอิ่มตัว (Fatty Acid) กรดไขมัน คือ กรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน จำนวน C อะตอมเป็นเลขคู่ กรดไขมันส่วนมากมีจำนวน C อะตอม $C_{12} - C_{18}$ ชนิดที่มีจำนวน C อะตอมน้อยกว่า 12 ได้แก่ กรดบิวทาโนอิก C_4H_9COOH ที่พบในเนย กรดไขมันไม่ละลายน้ำ กรดไขมันจะมีจุดเดือดและจุด หลอมเหลวสูงขึ้นตามจำนวนคาร์บอนอะตอมที่เพิ่มขึ้น และกรดไขมันอิ่มตัวมีจุดเดือดสูงกว่า กรดไขมันไม่อิ่มตัว ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน

สำหรับไขมันปาล์มบริสุทธิ์จะพบกรดไขมันอิ่มตัวชนิด
สเตียริก (Stearic) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังนี้ $\text{CH}_3(\text{C H}_2)_{16} \text{COOH}$

2.5.2 ค่าความร้อนของน้ำมันพืชชนิดต่างๆ

ตารางที่ 1. ค่าความร้อน (LHV) ของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [5]

เชื้อเพลิง	ค่าความร้อน (kJ/kg)
1. น้ำมันดีเซล	45,906
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	38,191
3. ไขมันปาล์มบริสุทธิ์	38,206
4. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	37,530
5. น้ำมันถั่วเหลือง	36,770
6. น้ำมันรำข้าว	34,360

ตารางที่ 2. แสดงค่าความหนืดของน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ [5]

เชื้อเพลิง	ค่าความหนืดที่ 37.8 °C (cSt)	ค่าความหนืดที่ 98.9 °C (cSt)
1. น้ำมันดีเซล	3.34	1.82
2. น้ำมันมะพร้าวดิบ	26.0	6.73
3. ไขมันปาล์มบริสุทธิ์	56.0	7.29
4. น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์	28.31	7.10
5. น้ำมันถั่วเหลือง	46.0	7.18
6. น้ำมันรำข้าว	49.83	7.24

เนื่องจากคุณสมบัติของไขมันและน้ำมันพืช เป็นองค์ประกอบที่ใช้
เพื่อออกแบบระบบการจ่ายเชื้อเพลิง จึงทำการวิจัยเพิ่มเติมในส่วน
ของ จุดวาบไฟ จุดไหลเท ปริมาณน้ำ และ กัมมันต์ โดยเปรียบเทียบ
กับน้ำมันดีเซลมีค่าดังนี้

1 จุดวาบไฟของไขมันปาล์มบริสุทธิ์อยู่ที่ 110°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า 59°C

2 จุดไหลเทของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีอยู่ที่ 18.5°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า -16°C

3 ปริมาณน้ำของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าร้อยละ 0.025 โดย
ปริมาตร ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า ร้อยละ 0.01โดยปริมาตร

4 ปริมาณกัมมันต์ ของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่าร้อยละ 0 โดย
น้ำหนัก ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่าร้อยละ 0.03 โดยน้ำหนัก

5 ค่าความกว้างจำเพาะของไขมันปาล์มบริสุทธิ์มีค่า 0.914 ที่
15°C ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีค่า 0.83 ที่ 15°C

ไขมันปาล์มบริสุทธิ์ซึ่งสามารถทดแทนเชื้อเพลิงดีเซลได้
เนื่องจากค่าความร้อนใกล้เคียง และประการสำคัญปริมาณกัมมันต์
ของไขมันปาล์มไม่มี ในขณะที่น้ำมันดีเซลมีอยู่ถึง 0.03 โดยน้ำหนัก

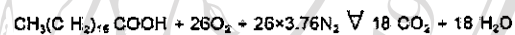
3.การเผาไหม้ของเชื้อเพลิง

การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเป็นปฏิกิริยาทางเคมีที่เกิดขึ้นเมื่อ
เชื้อเพลิงถูกออกซิไดซ์ด้วยออกซิเจน ทำให้จุดติดไฟอย่างต่อเนื่อง
และปลดปล่อยพลังงานความร้อนออกมาอย่างมหาศาล องค์ประกอบ
ของอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้กับเชื้อเพลิงแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 องค์ประกอบอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้กับ เชื้อเพลิง [5]

องค์ประกอบ	เปอร์เซ็นต์องค์ประกอบ	
	โดยปริมาตร	โดยมวล
ออกซิเจน (O ₂)	21	23
ไนโตรเจน (N ₂)	79	77
อัตราส่วนของ ปริมาณ O ₂ : N ₂	1 : 3.76	1 : 3.36

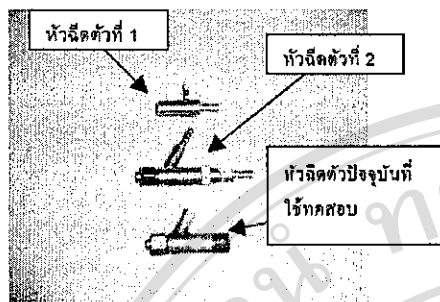
สมมูลสารของการเผาไหม้ระหว่างไขมันปาล์มกับอากาศจะได้ว่า



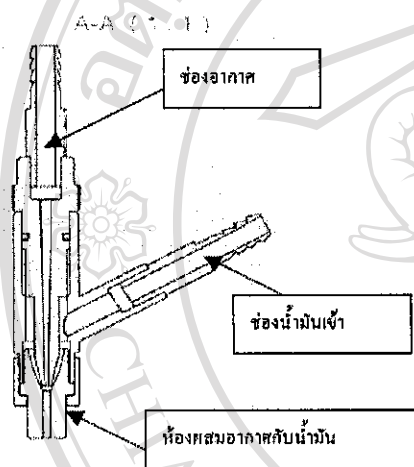
ทั้งนี้สมมุติเงื่อนไขการเผาไหม้สมบูรณ์ ซึ่ง N₂ ของอากาศไม่มีการทำปฏิกิริยาเคมี

4. ผลการทดลองและการวิเคราะห์

กำหนดให้ใช้ความร้อนหัวฉีด 60 kJ/s จากค่า LHV ของไขมัน
ปาล์มมีค่าความร้อน LHV = 38,206 kJ/kg จะได้อัตราการไหล
เชื้อเพลิง $\dot{m}_f = 0.00157 \text{ kg/s}$ และเงื่อนไขการใช้แรงดันอากาศ
ช่วยสำหรับหัวฉีดอยู่ในช่วง 68.9 – 689.4 kPa (10 – 100 psi) รวม
ทั้งได้มีการสร้างและพัฒนาหัวฉีดแสดงในรูปที่ 2 และภาพตัดโครง
สร้างภายในหัวฉีดดังแสดงในรูปที่3



รูปที่ 2 แสดงการพัฒนาหัวฉีดแบบต่อเนื่อง

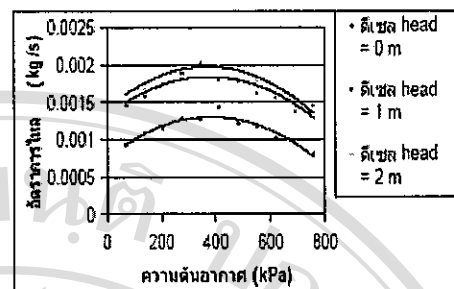


รูปที่ 3 แสดงภาพตัดโครงสร้างภายในหัวฉีด

4.1 ผลการทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันที่เชื่อมกับความดันอากาศที่ใช้ในงานสำหรับหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

4.1.1 ทำการทดลองที่ระดับเฮด 0 เมตร 1 เมตร และ 2 เมตร ทำการทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันที่เชื่อมกับความดันอากาศ โดยเริ่มใส่น้ำมันดีเซลเข้าไปในกระบอกตวง ที่มีสเกลวัดปริมาตร 500 cm³ เป็ดควาล์วแล้วรับความดันอากาศไปที่ 68.95 kPa แล้วกำหนดให้ความดันคงที่ จากนั้นปล่อยลมออกจากระบบให้หมดเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน เมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันออกมาอย่างต่อเนื่อง (Steady state) สังเกตระดับน้ำมันในกระบอกตวง พอถึงระดับ 100 cm³ ทำการจับเวลาเริ่มต้น เมื่อระดับลงมาเหลือ 0 cm³ จึงทำการบันทึกเวลา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเปลี่ยนหน่วยให้เป็น kg/s

จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความดันอากาศเป็น 137.89 206.84 275.79 344.74 413.68 482.64 551.58 620.53 689.48 และ 753.43 kPa แล้วบันทึกผลเวลาในแต่ละระดับความดันที่ใช้งานและความสูงเฮด หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4



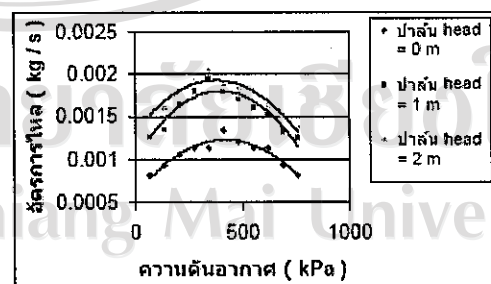
รูปที่ 4 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด ต่าง ๆ

จากรูปที่ 4 อัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 2 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0019 kg/s ที่ความดันอากาศ 344.7 kPa ส่วนอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 1 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0017 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa และอัตราการไหลของน้ำมันดีเซลที่เฮด 0 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0014 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa

4.2 ผลการทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันที่เชื่อมกับความดันอากาศที่ใช้ในงานสำหรับหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

4.2.1 ทำการทดลองที่ระดับเฮด 0 เมตร 1 เมตร และ 2 เมตร การทดลองวัดอัตราการใช้น้ำมันที่เชื่อมกับความดันอากาศ โดยเริ่มใส่น้ำมันดีเซลเข้าไปในกระบอกตวง ที่มีสเกลวัดปริมาตร 500 cm³ เป็ดควาล์วแล้วรับความดันอากาศไปที่ 68.95 kPa แล้วกำหนดให้ความดันคงที่ จากนั้นปล่อยลมออกจากระบบให้หมดเพื่อป้องกันความคลาดเคลื่อน เมื่อหัวฉีดฉีดน้ำมันออกมาอย่างต่อเนื่อง (Steady state) สังเกตระดับน้ำมันในกระบอกตวง พอถึงระดับ 100 cm³ ทำการจับเวลาเริ่มต้น เมื่อระดับลงมาเหลือ 0 cm³ จึงทำการบันทึกเวลา จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณเปลี่ยนหน่วยให้เป็น kg/s

จากนั้นทำการเปลี่ยนระดับความดันอากาศเป็น 137.89 206.84 275.79 344.74 413.68 482.64 551.58 620.53 689.48 และ 753.43 kPa แล้วบันทึกผลเวลาในแต่ละระดับความดันที่ใช้งานและความสูงเฮด หลังจากนั้นทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้งจะได้ผลการทดลองดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด ต่าง ๆ

จากรูปที่ 5 อัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 2 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0021 kg/s ที่ความดันอากาศ 344.7 kPa ส่วนอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 1 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0017 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa และอัตราการไหลของน้ำมันปาล์มที่เฮด 0 เมตร มีค่าสูงสุด 0.0013 kg/s ที่ความดันอากาศ 413.6 kPa

5.สรุป

อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตามความดันอากาศที่ใช้ เนื่องจากการที่อากาศไหลผ่านหัวฉีด จะทำให้เกิดการลดความดัน แล้วจึงเกิดแรงดูดเชื้อเพลิงขึ้น จากทฤษฎีของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยซึ่งเป็นการไหลของของไหล 2 ชนิด คือ เชื้อเพลิงกับอากาศ การทำงานของหัวฉีดจะเกิดจากการทำให้เชื้อเพลิงเป็นฟิล์มบางๆ ด้านปลายหัวฉีด แล้วทำให้เกิดการแตกตัวเป็นฝอยละออง ดังนั้น อัตราการใช้เชื้อเพลิงและรูปแบบของละอองจึงขึ้นอยู่กับความดันของเชื้อเพลิง จากการทดลองวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งตอนแรกใช้น้ำมันดีเซลทดลอง แล้วเปลี่ยนมาใช้น้ำมันปาล์ม จะเห็นได้ว่า ที่ความดันอากาศเดียวกัน การพ่นของน้ำมันดีเซลจะมีค่าสูงกว่าน้ำมันปาล์ม เนื่องจากน้ำมันดีเซลมีค่าแรงดึงดูดน้อยกว่า

6.รายการสัญลักษณ์

- ρ_a = ความหนาแน่นของอากาศ kg/m³
 c_p = ค่าความจุความร้อนจำเพาะของอากาศ J/kg.K
 k = ค่าคงที่ของอากาศ 1.4
 P_1 = ค่าความดันอากาศช่วยขาเข้าหัวฉีด kPa
 P_2 = ค่าความดันอากาศขาออกหัวฉีดหัวฉีด (ความดันบรรยากาศ) kPa
 T = อุณหภูมิอากาศที่ทดลอง °K
 V_o = ความเร็วขาออกของหัวฉีด m/s

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC) ที่สนับสนุนทุนวิจัย และภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการวิจัย

8. เอกสารอ้างอิง

- [1] ชจร ภเว็ญโกวิท ชัยณรงค์ โปร่งจิต และ ณัฐพงษ์ เพชรนิล (2535) "การออกแบบหัวเผาโดยใช้น้ำมันพืช" วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [2] จักรวช อินทสิทธิ์ และ ธนาวิทย์ อนันตพฤกษ์ (2542) "หัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วย" วิทยานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่.
- [3] สัมพันธ์ ไชยเทพ (2524) "เอกสารประกอบการสอนวิชาอากาศพลศาสตร์เบื้องต้น" คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

[4] พิศมัย เจนวนิชปัญญกุล (2544) "ไบโอดีเซล : พลังงานทางเลือก?" วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 16 ฉบับที่ 3, กรุงเทพฯ

[5] ศิพพัฒน์พงศ์ วัฒนวันบุญ และสัมพันธ์ ไชยเทพ (2547) "คุณสมบัติทางกายภาพของเชื้อเพลิงจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์" เอกสารประกอบการสัมมนาการประชุมสัมมนาวิชาการเกษตรครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยแม่โจ้

[6] www.saraysystem.com/ air blaster



ขอรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง

การออกแบบห้องเผาไหม้นับต่อเนื่อง
โดยใช้ไขมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิง

โดย

พิพัฒน์พงศ์ วัฒนวิญญู สัมพันธ์ ไชยเทพ และอภิวันท์ พลชัย

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สาขา วิศวกรรมศาสตร์
และได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43
ระหว่างวันที่ 1-4 กุมภาพันธ์ 2548

(ศาสตราจารย์ ดร.สุกมาส ปณีขันธ์พิศมา)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 43

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 43

All rights reserved

(ระหว่างวันที่ 1 -4 กุมภาพันธ์ 2548)

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ประกาศเกียรติคุณของ

พิพัฒน์พงศ์ วัฒนกันยู สัมพันธ์ ไชยเทพ อภิวัฒน์ พลชัย

ได้รับรางวัล ชมเชย สาขา วิศวกรรมศาสตร์

ในการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๔๐ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ในหัวข้อเรื่อง

การออกแบบห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องโดยใช้ไขมันปลาต้มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิง

วันที่ ๓๐ มกราคม พุทธศักราช ๒๕๕๙

ประธานคณะกรรมการดำเนินการประชุมประจำปี

สัปดาห์ที่

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

การออกแบบห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องโดยใช้ไขมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิง
Design of Continuous Burning Combustor Using Refined Palm Oil Stearin as fuel

พิพัฒน์พงศ์ วาณานันย์ สัมพันธ์ ไชยเทพ อภิวัฒน์ พลชัย
Pipatoong Watanawanyoo, Sumpun Chaitop, Apiwon Polchai

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้เป็นการออกแบบและสร้างห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องขึ้นมาโดยใช้ไขมันปาล์มบริสุทธิ์เป็นเชื้อเพลิง วัสดุที่ใช้สร้างห้องเผาไหม้ได้เลือกเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อป้องกันการออกซิเดชันของโลหะเมื่ออุณหภูมิในการเผาไหม้สูง หัวฉีดถูกพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการฉีดเชื้อเพลิงให้เป็นฝอยละอองมากขึ้น และใช้แรงดันอากาศต่ำเข้าหัวฉีด ในส่วนของชุดอัดอากาศเพื่อส่งผ่านอากาศไปห้องเผาไหม้ก็มีอัตราการไหลของอากาศที่ดีขึ้นและสามารถช่วยเผาไหม้เชื้อเพลิงให้ความร้อนได้ในอัตรา 53.48 กิโลวัตต์ ที่อุณหภูมิปลวไฟ 700 °C ไขมันปาล์มบริสุทธิ์ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงเพื่อให้ได้ก๊าซร้อนไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง โดยที่มีห้องเผาไหม้สร้างง่าย ราคาไม่แพง มีปลวไฟที่เสถียร และช่วยลดการใช้แก๊สดีเซลที่นิยมใช้ในห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องทั่วไป

Abstract

This research is to design and develop a local-made continuous combustor using refined palm oil stearin as fuel. The material for combustor chamber is stainless steel in order to avoid oxidation at a high combustion temperature. Air atomizing nozzle is developed to meet high efficiency fuel injection with round spray pattern atomization, and used low air pressure to assist the atomization. The blower compresses air into the combustor with suitable mass-flow rate. The combustor can deliver the heat rate of 53.48 kW with the flame temperature of 700 °C. Pure refined palm oil stearin is used as fuel for generating continuous combustion of hot gas. The combustor is emphasized on simplicity for construction, inexpensive cost, good stability and reduction the use of diesel fuel for continuous combustor.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University 50200

Copyright © by Chiang Mai University
All rights reserved

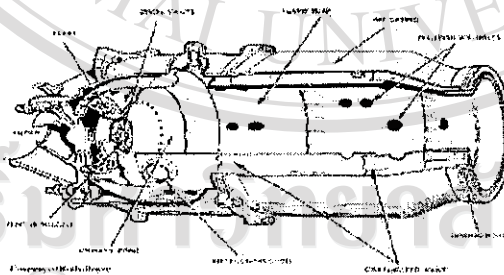
1. คำนำ

เครื่องยนต์กึ่งหนักเป็นเครื่องยนต์ที่มีใช้งานกันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน เนื่องจากเครื่องยนต์กึ่งหนักมีอัตราส่วนระหว่างกำลังต่อน้ำหนักสูง จึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่จะนำมาใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังของอากาศยานและเครื่องจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน นอกจากนี้แล้วในโรงจักรไฟฟ้าพลังงานความร้อนหลายแห่งได้นำเครื่องยนต์กึ่งหนักมาใช้ร่วมกับโรงจักรกำลังไอน้ำ โดยนำความร้อนทั้งจากเครื่องยนต์กึ่งหนักมาให้ความร้อนแก่น้ำในหม้อน้ำ เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพทางความร้อนโดยรวมของโรงจักรไฟฟ้าอีกด้วย เครื่องยนต์กึ่งหนักเป็นเครื่องยนต์ที่มีใช้อย่างกว้างขวาง เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเครื่องยนต์ประเภทอื่นๆ อยู่หลายประการเช่น มีปัญหาเรื่องการสั่นสะเทือนต่ำ ให้กำลังต่อน้ำหนักสูง จึงเหมาะที่จะใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังของอากาศยาน นอกจากนี้แล้ว เครื่องยนต์กึ่งหนักยังสามารถ ติดเครื่องได้อย่างรวดเร็ว และสามารถนำไปใช้งานร่วมกับโรงจักรไอน้ำ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบ ซึ่งโรงไฟฟ้าที่ใช้เครื่องยนต์กึ่งหนักร่วมกับโรงจักรไอน้ำนี้เรียกว่า โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม ซึ่งจะเป็นโรงไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงมาก ด้วยเหตุนี้เครื่องยนต์กึ่งหนักจึงได้รับความนิยม ใช้เป็นเครื่องยนต์ต้นกำลังในโรงไฟฟ้าและโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย งานวิจัยนี้สนใจเฉพาะส่วนห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องและหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย ชนิดกึ่งหนักของเหลว เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างและพัฒนาห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องที่มีประสิทธิภาพสูง มีขนาดเล็กใช้งานสะดวก โดยออกแบบให้เหมาะสมกับองศาและความยาวท่อของ หัวฉีดที่ใช้สำหรับห้องเผาไหม้ชนิดนี้จะใช้น้ำมันปาล์มที่ผ่านการละลายจากไขมันปาล์มบริสุทธิ์แล้ว โดยใช้แรงดันอากาศช่วยหัวฉีดอยู่ในช่วง 68 – 689 kPa

2. หลักการและทฤษฎี

2.1 พื้นฐานการออกแบบห้องเผาไหม้

พื้นฐานการออกแบบห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่องนั้นควรจะง่ายต่อการสร้าง ในขั้นเริ่มต้นห้องเผาไหม้ควรมีลักษณะเป็นรูปท่อทรงกระบอก (Straight – wall duct) แต่เมื่อมีการเผาไหม้เกิดขึ้นจะเกิดความดันสูญเสียเป็นอย่างมากที่บริเวณการเผาไหม้ จึงทำการขยายขนาดของท่อบริเวณห้องเผาไหม้ให้โตกว่าทางเข้าอากาศ เพื่อลดความเร็วอากาศ (Lefeburve, 1983)



รูปที่ 1 แสดงโครงสร้างภายในของห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง (Lefeburve, 1983)

ผนังกัน (Liner) มีหน้าที่แบ่งอากาศที่เข้ามาในห้องเผาไหม้ ให้เข้าไปทำการเผาไหม้ในปริมาณที่เหมาะสม และลดอุณหภูมิของก๊าซไอเสียลงเมื่อจะเข้าสู่กังหันก๊าซ Liner จะถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ Primary zone, Intermediate zone, และ Dilution Zone โดยที่ Primary zone จะมีหน้าที่สำคัญคือรักษาเสถียรภาพของกระบวนการเผาไหม้ ทำให้เกิด Turbulence และ Residence time เพียงพอต่อกระบวนการเผาไหม้ เพื่อที่จะได้การเผาไหม้ที่สมบูรณ์ที่สุด โดยทั่วไปแล้วมักทำได้โดยการทำให้เกิดการหมุนวนของอากาศ (Air recirculation) เพื่อที่จะทำให้อากาศที่หมุนวนอยู่ภายใน Primary zone มีเวลาในการเผาไหม้ (Residence time) นานขึ้น นอกจากนี้แล้วการหมุนวนของอากาศยังเพิ่มความปั่นป่วน (Turbulence) ในบริเวณ Primary zone อีกด้วย การทำให้เกิดอากาศหมุนวนนี้ มักทำโดยใช้ Swirl vane ติดหน้าทางเข้าห้องเผาไหม้ Intermediate zone เป็นบริเวณที่มีการนำอากาศเข้ามาเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากการแยกตัวของก๊าซในการไหลของก๊าซร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ ความยาวในส่วน Intermediate Zone จะขึ้นอยู่กับความยาวที่น้อยที่สุดที่ต้องการในการผสมระหว่างอากาศกับก๊าซร้อนที่ไหลผ่านมาจาก Primary Zone และเวลาที่น้อยที่สุดที่ต้องการใช้ในการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ Dilution Zone เป็นส่วนที่มีการนำอากาศประมาณ 20 ถึง 40% ของอากาศทั้งหมดที่ถูกนำเข้ามาในห้องเผาไหม้เพื่อลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนก่อนเข้าเทอร์ไบน์ ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจึงถูกกำหนดโดยอุณหภูมินี้ ความยาวของส่วน Dilution Zone จะขึ้นอยู่กับขนาดของรูเจาะที่จะนำอากาศเข้ามาในส่วนนี้ และระยะเวลาที่ใช้ในการลดอุณหภูมิ โดยอากาศที่พุ่งเข้ามาจะมีมุมและความเร็วขึ้นอยู่กับความดันสูญเสียภายในห้องเผาไหม้ โดยที่ขนาดของรูเจาะจะต้องน้อยที่สุดที่สัมพันธ์กับความกว้างของห้องเผาไหม้ ผนังกันจะมีรูเจาะโดยรอบมีหน้าที่คอยจ่ายอากาศส่วนที่เหลือ (Secondary air) ผสมในส่วนกลาง 20-30% และส่วนลดอุณหภูมิ 50-60% เพื่อให้การเผาไหม้สมบูรณ์และลดอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ใช้งานได้ แต่จะมีอากาศบางส่วนจ่ายผ่านช่องบนผนังกันใกล้ๆกับช่วงเกิดไฟเพื่อเหนี่ยวนำให้เกิดการหมุนวนตามแนวแกนของส่วนผสมในช่วงเกิดไฟ ซึ่งจะช่วยให้เกิดการผสม ย้อนกลับ (Back mixing) กับก๊าซร้อนหลังการเผาไหม้ เป็นการช่วยเร่งอัตราการระเหยของหยดละอองเชื้อเพลิงให้เร็วยิ่งขึ้น และหน่วงเวลาการผสมกันให้ดียิ่งขึ้น ส่งผลให้เปลวไฟมีความเสถียรมากยิ่งขึ้นไปอีก ขนาดและจำนวนรูบนผนังกันขึ้นอยู่กับกรออกแบบและการกำหนดช่วงการทำงานภายในห้องเผาไหม้จะยึดหลักดังต่อไปนี้ (Conen, 1987)

2.1.1 ขนาดรูเล็กจำนวนมาก เพื่อให้จะได้สัดส่วนการผสมที่เหมาะสมพอดี

2.1.2 ขนาดรูใหญ่จำนวนน้อย เพื่อการพุ่งผ่านทะลุทะลวงได้ดีของอากาศลดอุณหภูมิก๊าซให้ทั่วถึง แม้กระทั่งบริเวณแกนกลางก่อนที่จะปล่อยก๊าซออกจากห้องเผาไหม้

2.2 การออกแบบระบบท่อทรงกระบอก (Straight - wall duct)

การออกแบบระบบท่อทรงกระบอกนั้นจำเป็นจะต้องเลือกขนาดท่อต่างๆที่เหมาะสม ข้อมูลนี้สามารถคำนวณได้จากข้อมูลอัตราการไหลของมวล (mass flow rate) สูงสุด ที่สามารถยึดได้ ความดันและอุณหภูมิที่ได้หลังจากการอัดอากาศ ดังนั้นค่าความหนาแน่นของอากาศอัดคำนวณได้จากสมการก๊าซอุดมคติว่า

$$P = \rho RT \quad \dots\dots\dots(1)$$

จากนั้นทำการกำหนดค่าความเร็วของอากาศ โดยให้อากาศอัดมีความเร็ว (v) เท่ากับ 0.2 เท่าของความเร็วเสียง (c)

โดยที่ค่าความเร็วเสียงในก๊าซอุดมคติได้แก่ $c = \sqrt{kRT}$ ดังนี้

$$v = 0.2c \quad \dots\dots\dots(2)$$

ขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อสามารถคำนวณได้จาก

$$D_{top} = \sqrt{\frac{4 \dot{m}}{\pi \rho v}} \quad \dots\dots\dots(3)$$

สำหรับค่าความเสียดสูญเสีย (Head loss) ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในท่อ สามารถคำนวณได้จาก

$$\text{Total head loss (h)} = h_{L1} + 2h_{L2} \quad \dots\dots\dots(4)$$

สำหรับ h_{L1} สามารถคำนวณได้จาก

$$h_{L1} = \frac{fLv^2}{2gD} \quad \dots\dots\dots(5)$$

โดยค่า f จะขึ้นอยู่กับชนิดของท่อ ค่าตัวเลขเรโนลด์และ ค่าความขรุขระของผิวท่อ สำหรับค่า h_{L2} นั้นสามารถคำนวณได้จาก

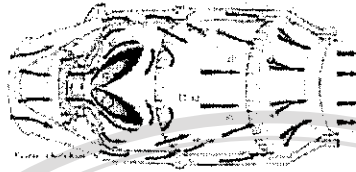
$$h_{L2} = \frac{k_L v^2}{2g} \quad \dots\dots\dots(6)$$

ค่าความเสียดสูญเสีย ที่ได้ มีหน่วยเป็น m ถ้าต้องเปลี่ยนให้ค่าเป็นหน่วย Pa ก็ทำได้โดยการคูณด้วย ρg

2.3 ความยาวเปลวไฟแบบปั่นป่วน (Turbulent flame)

ในการจะหาความยาวเปลวไฟแบบปั่นป่วนจากการทดลองซึ่งจะได้ผลค่าจริง โดยจะอาศัยสมมุติฐานว่า

1. เป็นเปลวไฟใน 2 มิติ โดยสมมาตรตามแนวแกน
2. เป็นการไหลแบบสม่ำเสมอ
3. อัตราไหลคงที่และไม่มีผลจากแรงลอยตัว
4. สภาพอากาศภายนอกไม่มีผลต่อลำเปลวไฟ



รูปที่ 2 แสดงขาวเปลวไฟแบบปั่นป่วนในห้องเผาไหม้ (Bathie, 1996)

2.4 หัวฉีดเชื้อเพลิง (Fuel injector) (พิพัฒน์พงศ์ วัฒนกันนุ, 2547)

สำหรับการฉีดเชื้อเพลิงเหลวซึ่งมีใช้มากในห้องเผาไหม้ได้แก่น้ำมันก๊าด (Kerosene) และน้ำมันดีเซล หัวฉีดที่เหมาะสมและที่ใช้กันอยู่จะเป็นชนิดความดันไหลวน (Pressure-swirl) หรือชนิดอากาศช่วยเป่า (Air-blast) เพื่อให้การแตกตัวของละอองเชื้อเพลิงและการผสมกับอากาศเร็วขึ้น มีผลดีต่อการเผาไหม้ที่สมบูรณ์โดยขนาดหยดของเชื้อเพลิงที่เหมาะสมโดยเฉลี่ยประมาณ 30-60 ไมครอน ซึ่งขึ้นกับความหนืดของเชื้อเพลิงและความดันในการฉีดเชื้อเพลิงหน้าทีและหลักการทำงานหัวฉีดมีหน้าที่ที่สำคัญดังนี้

2.3.1 ฉีดน้ำมันให้เป็นละอองหรืออนุเล็กๆ (Fine atomization)

2.3.2 ต้องฉีดให้ได้รูปทรงของลำละออง (Spray pattern) ที่สอดคล้องกับการใช้งาน

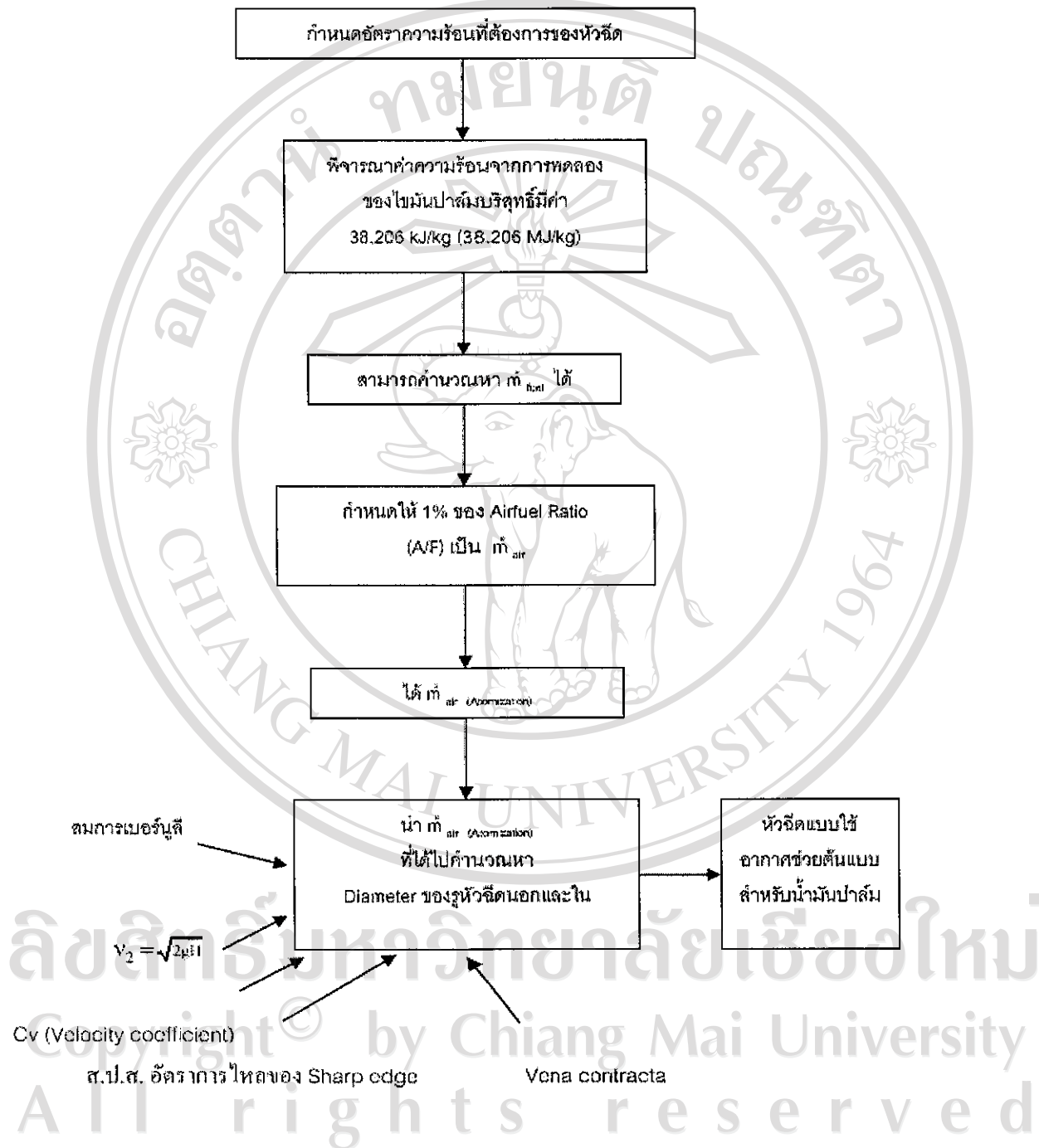
2.3.3 ระยะเคลื่อนที่ของละออง (Penetration) ต้องพอเหมาะ เพราะถ้าไกลเกินไปจะกระทบกับผนังของห้องสันดาปจะกลายเป็นหยดน้ำมันทำให้เครื่องติดยาก หรือการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2.3.4 ต้องเริ่มฉีดและหยุดฉีดได้อย่างฉับพลันโดยไม่มีการหยด (No dripping)

การออกแบบหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบใช้อากาศช่วยเป็นหัวฉีดแบบใช้ความดันต่ำ หลักการทำงานของหัวฉีดประเภทนี้จะใช้หัวฉีด 2 ชุดซ้อนกัน หัวฉีดชุดแรกทำหน้าที่บังคับทิศทางการไหลของอากาศ และเพิ่มพลังงานจลน์ให้กับอากาศที่ปลายหัวฉีด ส่วนหัวฉีดชุดที่สองจะอยู่ข้างนอกทำหน้าที่ลำเลียงเชื้อเพลิง โดยเชื้อเพลิงจะไหลเข้ามาเป็นฟิล์มบางๆ ขวางทางเดินของอากาศที่ปลายหัวฉีดชุดแรก อากาศที่มีความเร็วสูงจะไหลผ่านฟิล์มเชื้อเพลิง เหนี่ยวนำให้เชื้อเพลิงเกิดการแตกตัวเป็นละออง อากาศที่ใช้เหนี่ยวนำนี้ (Atomizing air) มีปริมาณเพียงแค่ว่า 1% ของอากาศที่ใช้เผาไหม้เท่านั้น จากการทดลองที่เคยทำได้โดยใช้อากาศที่มีความดันเพียงแค่ว่า 69 kpa สามารถทำให้เชื้อเพลิง คือน้ำมันเตาเบอร์ 2 เป็นละอองที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย 15 μm ซึ่งมีละอองเพียง 1 % ที่มีขนาดมากกว่า 70 μm ซึ่งจะทำให้การเผาไหม้ที่ดและมมลพิษน้อย การแตกตัวของละอองจะขึ้นอยู่กับการค่าความตึงผิว (Surface tension) ของเชื้อเพลิง

2.5 ขั้นตอนการออกแบบหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

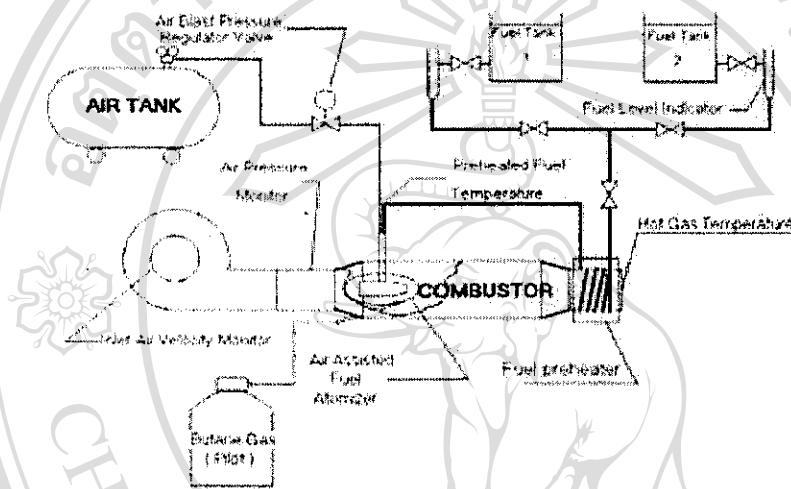
ในการออกแบบจะดำเนินการตามขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3



รูปที่ 3 แสดงขั้นตอนที่ใช้ในการออกแบบหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วย

3. ผลการออกแบบและการทดลองเบื้องต้น

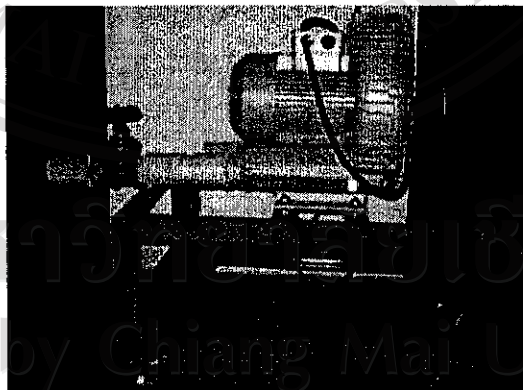
3.1 ห้องเผาไหม้ที่จัดสร้างและพัฒนาขึ้นแสดงได้ดังรูปที่ 4 โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 20 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร และ เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 15 เซนติเมตร ยาว 47 เซนติเมตร ดังรูปที่ 5 ความคาดหวังที่จะผลิตก๊าซร้อนได้ในช่วงอุณหภูมิ 600 – 700°C อัตราการไหลขึ้นอยู่กับขนาดของโบลเวอร์ซึ่งได้เลือกใช้ ขนาด 3.7 ลิต side channel blower ให้ Maximum pressure head ที่ 2,300 mmH₂O ที่อัตราการไหล 5.6 ลูกบาศก์เมตร นาที ที่ 2,860 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 6



รูปที่ 4 ส่วนประกอบของเครื่องต้นแบบ (พัฒนามาจากแบบของ สราญศิริ, 2545)

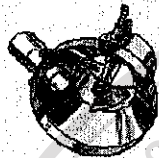


รูปที่ 5 แสดงห้องเผาไหม้ต้นแบบที่สร้างขึ้น



รูปที่ 6 แสดงโบลเวอร์ที่ใช้ทดลอง

3.2 การติดตั้งระบบจุดระเบิดเริ่มต้น เนื่องจากการเผาไหม้ของห้องเผาไหม้ชนิดนี้ได้ออกแบบให้ระบบจุดระเบิดเริ่มต้นใช้เชื้อเพลิงเป็นแก๊สหุงต้ม (LPG) และเมื่อห้องเผาไหม้ร้อนได้ที่ก็จะทำการฉีดน้ำมันโดยใช้หัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยเพื่อผลิตก๊าซร้อนออกมาใช้งาน

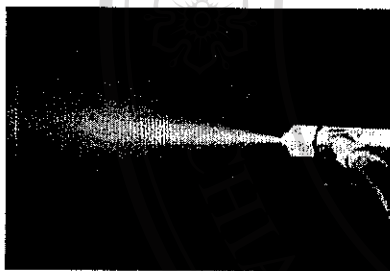


รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งติดตั้งหัวฉีดและระบบจุดระเบิด

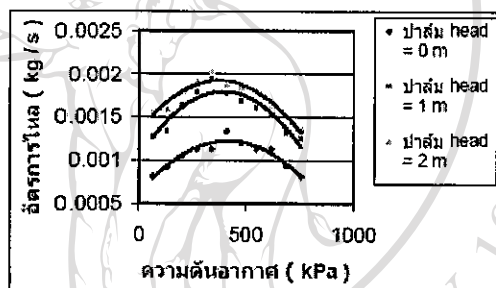


รูปที่ 8 แสดงชุดควบคุมการจุดระเบิดของห้องเผาไหม้

3.3 รูปแบบของละอองเชื้อเพลิงที่ได้จากหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยที่สร้างขึ้น เป็นแบบวงกลมเต็มและมีองศาฝอยละอองที่ดีดังรูป 9 อัตราการไหลซึ่งสัมพันธ์แรงดันอากาศช่วยสำหรับหัวฉีดเชื้อเพลิงชนิดกัลกของเหลวจากน้ำมันปาล์มดังแสดงในรูปที่ 10



รูปที่ 9 ละอองเชื้อเพลิงที่ได้จากหัวฉีด



รูปที่ 10 อัตราการไหลซึ่งสัมพันธ์แรงดันอากาศของหัวฉีด

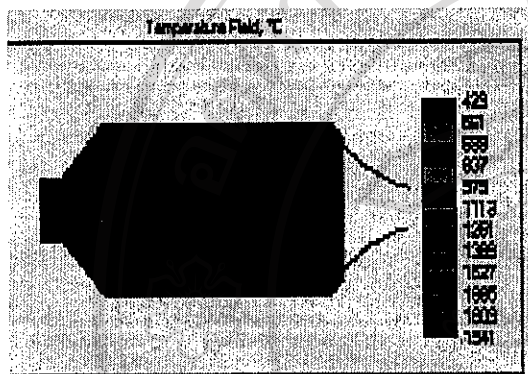
4. สรุปผลการทดลอง

4.1 เปรียบเทียบผลการทดลองวัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงระหว่าง น้ำมันดีเซล และน้ำมันปาล์มพบว่า อัตราการใช้เชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงตามความดันอากาศที่ใช้ในช่วง 68 – 689 kPa เนื่องจากการที่อากาศไหลผ่านหัวฉีด จะทำให้เกิดการลดความดันแล้วจึงเกิดแรงดูดเชื้อเพลิงขึ้น จากทฤษฎีของหัวฉีดแบบใช้อากาศช่วยซึ่งเป็นการไหลของของไหล 2 ชนิด คือ เชื้อเพลิงกับอากาศ การทำงานของหัวฉีดจะเกิดจากการทำให้เชื้อเพลิงเป็นฟิล์มบางๆ ด้านปลายหัวฉีด แล้วทำให้เกิดการแตกตัวเป็นฝอยละออง ดังนั้นอัตราการใช้เชื้อเพลิงและรูปแบบของละอองจึงขึ้นอยู่กับค่าความตึงผิวของเชื้อเพลิง

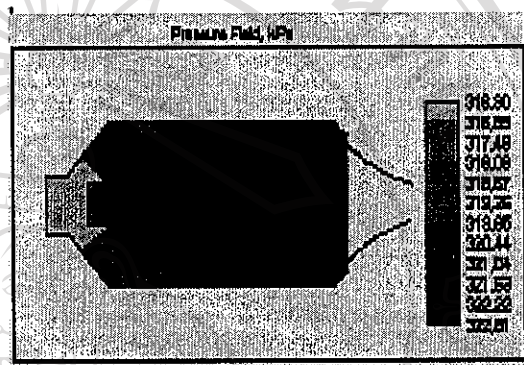
4.2 ฝอยละอองที่ได้จากหัวฉีดค่อนข้างมีความเหมาะสมกับการเผาไหม้แบบต่อเนื่องโดยใช้น้ำมันปาล์มเป็นเชื้อเพลิงและความยาวของฝอยละอองไม่เกินห้องเผาไหม้ที่สร้างไว้

4.3 การสร้างชุดจุดระเบิดเริ่มต้นสามารถใช้ไฟจากแบตเตอรี่ขนาด 1.5 โวลต์กระแสตรง มาขยายเข้ายังชุดจุดระเบิด 12 โวลต์กระแสตรง ได้สำเร็จโดยไม่ต้องอาศัยหม้อแปลงไฟจาก 220 โวลต์กระแสสลับ มาเป็น 12 โวลต์ กระแสตรง เหมือนชุดจุดระเบิดสำเร็จรูปที่มีขายทั่วไป

4.4 การกระจายของอุณหภูมิและความดันจากการใช้โปรแกรมจำลองสภาวะการเผาไหม้จริงภายในห้องเผาไหม้ ดังรูปที่ 11 และ 12



รูปที่ 11 แสดงการกระจายของอุณหภูมิ



รูปที่ 12 แสดงการกระจายของความดันภายในห้องเผาไหม้

4.5 สามารถให้ความร้อนได้ในอัตรา 53.48 กิโลวัตต์ (หาได้จาก อัตราการไหลสูงสุดของหัวฉีด x ค่าความร้อนเชื้อเพลิง L.H.V. x ประสิทธิภาพห้องเผาไหม้ที่ 70 %) ที่อุณหภูมิเปลวไฟ 700 °C น้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ถูกใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยมีค่าความร้อน L.H.V. 38.206 kJ/kg °C เพื่อให้ได้ก๊าซร้อนไปใช้งานอย่างต่อเนื่อง

5. เอกสารอ้างอิง

[1] พัทธมพงศ์ วัฒนวันชัย สัมพันธ์ ไชยเทพ และ อภิวัฒน์ พลชัย (2547) "โมเดลเพื่อทำนายลักษณะเฉพาะเชิงการไหลของหัวฉีดเชื้อเพลิงแบบกลไกของเหลวที่ใช้อากาศยานช่วย" เอกสารประกอบการประชุมและการสัมมนาทางวิชาการ องค์การเครือข่ายวิศวกรรมการบินและอวกาศครั้งที่ 2

[2] สราวุธศิริ วงศ์ศิริ (2545) "การออกแบบและสร้างห้องเผาไหม้แบบต่อเนื่อง โดยใช้เชื้อเพลิงหลายชนิด"

ปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่

[3] Bathie, W. (1996) "Fundamental of Gas Turbines" second edition, John Wiley & Son, New York

[4] Cohen, H. and Rogers, G. F. C. (1987) "Gas Turbine Theory" third edition, Prentice Hall, England

[5] Lefeburve, G (1983) "Gas Turbine Combustion" Second Edition. John Wiley & Sons, New York

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล

นายพัฒน์พงศ์ วัฒนวันยู

วัน เดือน ปีเกิด

1 สิงหาคม 2522

ประวัติการศึกษา

2544

สำเร็จการศึกษา B.Ind. Tech (Automotive Technology)
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

ประวัติการทำงาน

2546-2548

ผู้ช่วยนักวิจัยโครงการออกแบบห้องเผาไหม้ต่อเนื่อง
(รหัสโครงการวิจัย MT-S-46-MAC-10-118-G)

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ (MTEC)
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

2548-2549

ผู้ช่วยนักวิจัยโครงการหุ่นยนต์บินสำรวจ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ปัจจุบัน

อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved