



รายการอ้างอิง

หน่วยงานอบรมและสาธิตส่วนบริการเทคนิค บริษัท สยามคูโบต้า อุตสาหกรรม จำกัด.

คู่มือช่างเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า. 1994. กรุงเทพฯ : บริษัท สยามคูโบต้า
อุตสาหกรรม จำกัด

Furuhama, S. State of the Art and future Trend of Hydrogen-Fueled Engines. International Association for Hydrogen Energy, Vol.4, No.2, PP.61, 1980.

Hydrogen Energy System for Land Vehicles. International Association for Hydrogen Energy, Vol.14, No.12, PP.907-913, 1989.

Gahimer J., Mazumder M. and Pangborn J. Experimental Demonstration of An Iron Chloride Thermochemical cycle for Hydrogen Production. Institute of Gas Technology, Chicago, Illinois U.S.A.

Heywood, J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. 2nd. ed. Singapore : McGraw-hill Book. Co. 1988.

Joseph, E.S., and Charles R.M. Mechanical engineering design. 5th ed. Singapore : McGraw-Hill Book Co. 1989.

Kenneth E. C. Hydrogen from Solar Energy Via Water Electrolysis
The University of new Mexico, Albuquerque, New Mexico
U.S.A.

Mclean, W.J., Debore, P.C.T., Homan, H.S., and Fagelson, J.J. .
Hydrogen as a Reciprocating Engin Fuel. Preprints 20, ACS
Division of Petroleum Chemistry, PP.114-126, 1975.

ภาคผนวก

ตารางที่ ผ-1 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ดีเซล

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temperature (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Diesel fuel consumption (kg/hr)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake horse power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-Fuel ratio	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (PPM)	SMOKE (%)
1	2550	126	52	0	0.0	-	42.56	-	-	-	-	-	-	-	0.02	570	35
2	2450	193	58	30	9.0	1.791	42.56	3.09	10.90	0.5796	23.76	1.64	-	-	0.03	490	38
3	2400	285	66	57	17.1	2.226	41.21	5.76	16.35	0.3865	18.51	1.32	-	-	0.04	440	40
4	2300	285	66	83	24.9	2.353	40.31	8.03	21.56	0.2930	17.13	1.18	-	-	0.05	350	42
5	2200	290	66	98	29.4	2.366	36.78	9.07	24.22	0.2608	15.54	1.07	-	-	0.06	310	43
6	2000	262	66	112	33.6	2.267	34.80	9.43	26.28	0.2404	15.35	1.06	-	-	0.06	280	44
7	1800	247	68	123	36.9	2.238	32.61	9.32	26.31	0.2401	14.57	1.00	-	-	0.07	240	45
8	1600	247	67	130	39.0	2.153	30.74	8.76	25.71	0.2458	14.27	0.98	-	-	0.08	190	46
9	1400	231	67	140	42.0	2.089	30.08	8.25	24.95	0.2532	14.39	0.99	-	-	0.08	140	47
10	1200	230	67	145	43.5	2.000	29.28	7.32	23.12	0.2712	14.64	1.01	-	-	0.09	180	50
11	850	219	68	148	44.4	1.985	28.76	5.29	16.84	0.3510	14.48	1.00	-	-	0.10	210	53

ตารางที่ ผ-2 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจน 20 bar (2.0 MPa)

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temperature (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Hydrogen fuel Consumption (kg/h)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake horse power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-Fuel ratio	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (PPM)	SMOKE (%)
1	2200	200	56	0	0	0.57988	41.75	0	-	-	72.00	2.09	0	17.7	0	0	0
2	1900	230	62	30	9	0.57988	41.21	2.40	9.28	0.242	71.06	2.06	0	18.2	0	0	0
3	1550	255	65	56	16.8	0.57988	38.04	3.65	14.09	0.159	65.60	1.91	0	18.5	0	0	0
4	1200	292	68	75	22.5	0.57988	36.86	3.79	14.63	0.153	63.56	1.85	0	18.6	0	0	0
5	1100	320	72	85	25.5	0.57988	30.74	3.93	15.17	0.148	53.01	1.54	0	17.9	0	0	0
6	900	321	79	94	28.2	0.57988	26.63	3.56	13.74	0.163	45.92	1.33	0	16.4	0	0	0
7	750	333	80	100	30	0.57988	25.78	3.15	12.15	0.184	44.46	1.29	0	15.5	0	0	0

ตารางที่ ผ-3 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจน 25 bar (2.5 MPa)

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temp. (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Hydrogen fuel Consumption (kg/h)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake horse power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-flow rate (kg/hr)	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (%)	SMOKE (%)
1	2200	200	57	0	0	0.57988	41.21	0	-	-	71.06	2.06	0	17.6	0	0	0
2	1900	234	62	30	9	0.57988	41.21	2.40	9.28	0.242	71.06	2.06	0	18.3	0	0	0
3	1600	257	66	57	17.1	0.57988	38.43	3.84	14.84	0.151	66.27	1.93	0	18.5	0	0	0
4	1250	292	69	78	23.4	0.57988	38.04	4.10	15.85	0.141	65.60	1.90	0	18.5	0	0	0
5	1100	334	74	88	26.4	0.57988	29.26	4.07	15.73	0.118	50.46	1.47	0	17.3	0	0	0
6	900	334	80	97	29.1	0.57988	27.07	3.67	14.19	0.131	46.68	1.35	0	16.6	0	0	0
7	750	338	82	102	30.6	0.57988	25.78	3.22	12.45	0.150	44.46	1.29	0	15.4	0	0	0

ตารางที่ ผ-4 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจน 30 bar (3 MPa)

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temperature (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Hydrogen fuel Consumption (kg/h)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-Fuel ratio	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (PPM)	SMOKE (%)
1	2250	221	60	0	0	0.53156	39.93	0	-	-	75.12	2.18	0	18.6	0	0	0
2	2100	234	65	30	9	0.53156	39.19	2.65	11.16	0.200	73.73	2.14	0	18.3	0	0	0
3	1900	257	69	52	15.6	0.53156	37.65	4.16	17.51	0.128	70.83	2.06	0	16.4	0	0	0
4	1600	265	72	71	21.3	0.53156	34.80	4.78	20.12	0.111	65.47	1.90	0	15.0	0	0	0
5	1250	292	73	88	26.4	0.53156	32.61	4.63	19.49	0.115	61.35	1.78	0	16.4	0	0	0
6	800	338	78	102	30.6	0.53156	28.76	3.43	14.44	0.155	54.10	1.57	0	18.4	0	0	0
7	650	340	83	110	33	0.48323	26.63	3.01	13.94	0.160	55.10	1.60	0	18.6	0	0	0

ตารางที่ ผ-5 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจน 35 bar (3.5 MPa)

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temperature (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Hydrogen fuel Consumption (kg/h)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake horse power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-Fuel ratio	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (%)	SMOKE (%)
1	2400	228	61	0	0	0.53156	40.31	0	-	-	75.83	2.20	0	18.3	0	0	0
2	2300	238	66	30	9	0.53156	39.94	2.90	12.20	0.183	75.14	2.18	0	17.4	0	0	0
3	2150	252	72	55	16.5	0.53156	39.19	4.98	20.96	0.107	73.73	2.14	0	16.8	0	0	0
4	2000	269	73	71	21.3	0.53156	36.86	5.98	25.17	0.089	69.34	2.01	0	15.0	0	0	0
5	1600	297	75	85	25.5	0.53156	30.74	5.73	24.12	0.093	57.83	1.68	0	14.8	0	0	0
6	950	340	81	103	30.9	0.43491	27.71	4.12	19.03	0.106	63.71	1.85	0	16.3	0	0	0
7	600	345	85	114	34.2	0.43491	24.31	2.88	14.82	0.150	55.90	1.62	0	18.1	0	0	0



ตารางที่ ๗-6 แสดงผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจน 40 bar (4 MPa)

Test No.	Engine speed (RPM)	Exhaust gas temperature (°C)	Cooling water temperature (°C)	Engine brake load (N)	Engine brake torque (N-m)	Hydrogen fuel Consumption (kg/h)	Air-flow rate (kg/hr)	Engine brake horse power (ps)	Brake thermal efficiency (%)	Brake specific fuel consumption (ps/kg-h)	Air-Fuel ratio	Relative air-fuel ratio	CO ₂ (%)	O ₂ (%)	CO (%)	HC (PPM)	SMOKE (%)
1	2400	230	62	0	0	0.50740	42.10	-	-	-	82.97	2.41	0	18.1	0	0	0
2	2300	240	66	30	9	0.50740	41.75	2.90	12.79	0.175	82.28	2.39	0	18.6	0	0	0
3	2100	255	73	52	15.6	0.50740	40.67	4.60	20.28	0.110	80.15	2.33	0	15.3	0	0	0
4	1900	268	75	69	20.7	0.50740	38.43	5.52	24.34	0.092	75.74	2.20	0	15.0	0	0	0
5	1400	295	83	88	26.4	0.50740	33.50	5.19	22.89	0.098	66.02	1.92	0	13.2	0	0	0
6	900	338	85	104	31.2	0.48323	28.50	3.94	18.25	0.123	58.98	1.71	0	14.7	0	0	0
7	550	350	88	111	33.3	0.48323	26.63	2.57	11.90	0.188	55.11	1.60	0	17.4	0	0	0

ตัวอย่างการคำนวณ

ก. เครื่องยนต์ดีเซล

ข้อมูลที่ใช้

Engine speed	2000 rpm
Engine brake load	112 N
Diesel fuel consumption	2.267 kg/hr
Orifice difference pressure	20.84 mm
Heating value of diesel	42.5 MJ/kg

การคำนวณ

1. Engine brake torque = $F \times r = 112 \times 0.3$
= 33.6
2. Engine brake horse power = $\frac{0.6\pi FN}{60 \times 746}$
= $\frac{0.6 \times \pi \times 112 \times 2000}{60 \times 746} = 9.43 \text{ PS}$
3. Brake thermal efficiency = $\frac{P}{\dot{m}_f \times Q_{HV}}$
= $\frac{9.43 \times 746}{2.267/3600 \times 42.5 \times 10^6}$
= 26.28

4. Brake specific fuel consumption

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\dot{m}_f}{P} \\
 &= \frac{2.267}{9.43} \\
 &= 0.2404 \text{ kg/Ps-hr}
 \end{aligned}$$

5. Air-flow rate

$$\begin{aligned}
 &= 7.625 \sqrt{h} \\
 &= 7.625 \sqrt{20.84} \\
 &= 34.40 \text{ kg/hr}
 \end{aligned}$$

6. Air-fuel ratio

$$\begin{aligned}
 &= \frac{\dot{m}_a}{\dot{m}_f} \\
 &= \frac{34.80}{2.267} \\
 &= 15.35
 \end{aligned}$$

7. Relative air-fuel ratio

$$\begin{aligned}
 &= \frac{[\text{air-fuel ratio}]_{\text{actual}}}{[\text{air-fuel ratio}]_{\text{stichiometric}}} \\
 &= \frac{15.35}{14.5} \\
 &= 1.06
 \end{aligned}$$

ข. เครื่องยนต์ไฮโดรเจน

ข้อมูลที่ใช้

Hydrogen injection pressure	=	35	bar
Engine speed	=	2000	rpm
Engine brake load	=	71	N
Hydrogen fuel consumption	=	0.53156	kg/hr
Orifice difference pressure	=	23.36	mm
Heating value of Hydrogen gas	=	120	MJ/kg

การคำนวณ

1. Engine brake torque = 71×0.3
= 21.3 N-m
2. Engine brake hourse power = $\frac{0.6\pi \times 71 \times 2000}{60 \times 746}$
= 5.98
3. Brake thermal efficiency = $\frac{5.98 \times 746}{0.53156/3600 \times 120 \times 10^6}$
= 25.17 %
4. Brake specific fuel consumption
= $\frac{0.53156}{5.98}$
= 0.0889 kg/Ps-hr
5. Air-flow rate = $7.625 \sqrt{23.36}$
= 36.86
6. Air-fuel ratio = $\frac{36.86}{0.53156}$
= 69.34 kg-air/kg-fuel
7. Relative air-fuel ratio = $\frac{69.34}{34.4}$
= 2.01



ประวัติผู้เขียน

นายวัชรระ ลอยสมุทร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขา
วิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต
ในปีการศึกษา 2535 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2535 ปัจจุบันทำงานอยู่ที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรม
ศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต