

การค้นคว้าเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทย 2

HYDROGEN FUELED ENGINE RESEARCH IN THAILAND 2

น.ท.ดร.พิชาญ พิชัยณรงค์

ผศ.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

โรงเรียนนายเรืออากาศ

นาย ประหยัด ทองคำ

ผู้ช่วยวิจัย โรงเรียนนายเรืออากาศ

นาย วัชร ลอยสมุทร

อจ.ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยรังสิต

นิสิตปริญญาโท

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

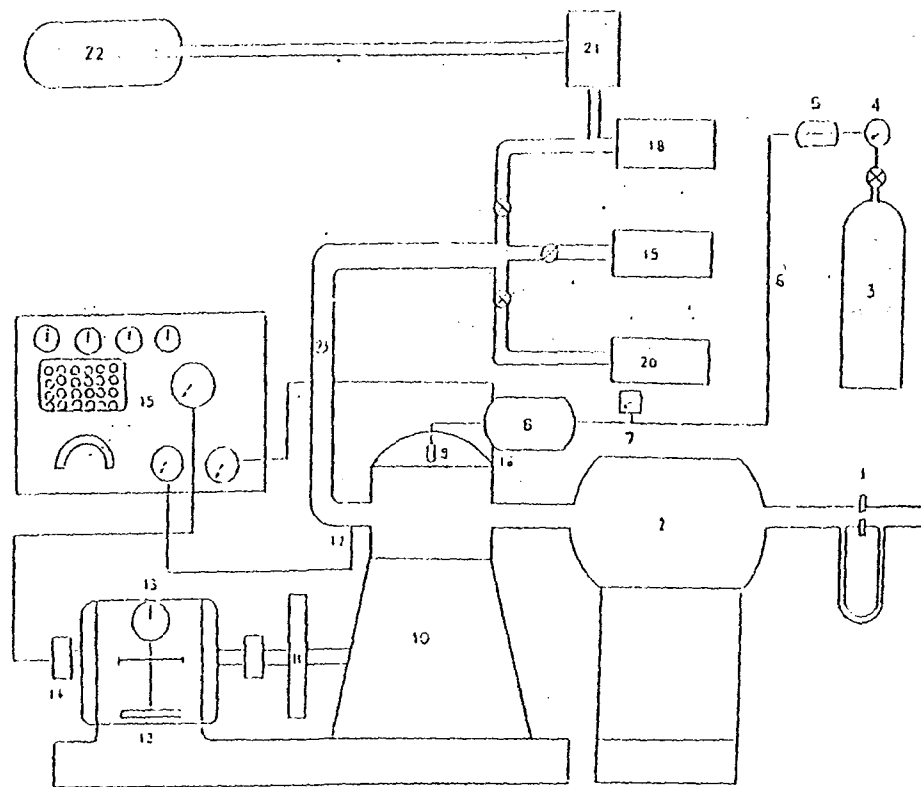
บทคัดย่อ

จากสภาพสิ่งแวดล้อมที่ทวีความรุนแรงโดยเฉพาะมลพิษทางอากาศเนื่องจากไอเสียของเครื่องยนต์ ตลอดจนแนวโน้มที่เชื้อเพลิงประเภทน้ำมันที่กำลังลดน้อยลงและเพื่อเป็นการสร้างรากฐานงานค้นคว้าด้านพลังงานทดแทนให้ทัดเทียมกับประเทศที่เจริญก้าวหน้า การค้นคว้าเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงจึงเริ่มต้นในประเทศไทยเพื่อแก้ปัญหาภาวะแวดล้อมที่รุนแรงมากขึ้นทุก ๆ ปี การดำเนินการออกแบบจัดสร้างและดัดแปลงเครื่องยนต์ได้เริ่มต้นขึ้นเมื่อ 2 ปีก่อน ซึ่งวัสดุต่าง ๆ ในประเทศไทยที่หามาได้จนถึงขณะนี้ยังไม่ดีพอ แต่ก็สามารถจัดสร้างหัวฉีดไฮโดรเจนที่ทำเองในประเทศไทยได้ โดยอาศัยโครงสร้างหลักของ ศจ.ฟูรูฮาม่า ผู้เชี่ยวชาญด้านไฮโดรเจนในญี่ปุ่น และหัวฉีดนี้ก็ได้ติดตั้งกับเครื่องยนต์สูบเดียวเดิมเป็นเครื่องยนต์ดีเซลและดัดแปลงขึ้น ทำให้เครื่องยนต์นี้ ติดตั้งประกอบหัวฉีด ระบบการจุดระเบิดด้วยหัวเทียน และแหล่งกำเนิดไฟได้ทดลองสองแบบคือ CDI และ Battery คอยล์ และได้วัดกำลังอัตราการกินเชื้อเพลิง วัด CO_2 ในท่อไอเสีย เพื่อยืนยันว่าไม่มี CO_2 ปล่อยออกมาให้เกิดสภาพเรือนกระจกเครื่องยนต์ไฮโดรเจนนี้ ในขั้นต้นได้ฉีดที่ก่อน TDC 60° ในจังหวะอัดที่ความดันก๊าซ 2-4 Mpa ผลออกมาที่เงื่อนไขนี้ทราบว่า ที่ความดันช่วง 3.5 Mpa จะให้ประสิทธิภาพดีที่สุด แต่เทียบกับดีเซลต้นแบบที่ฉีดก่อน TDC เล็กน้อยนั้น กำลังของไฮโดรเจนจะต่ำกว่า 20% แต่ประสิทธิภาพเชิงความร้อนไม่ได้แตกต่างกัน จากผลการวัดไอเสียพบและยืนยันได้ว่าไม่มี CO_2 ปนมากับไอเสียอย่างแน่นอนเพราะใช้เครื่องมือวัดที่มีความละเอียดสูงโดยวัดเป็นหน่วย PPM แล้วก็ตาม ไม่พบ CO_2 เลย จึงยืนยันได้ว่าหากใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงแล้ว จะลดการทำลายโอโซนได้ แต่กำลังเครื่องนั้นยังดัดแปลงอัตราการฉีด ระยะการฉีดได้อีก และขั้นตอนต่อไปคือ การนำไปติดตั้งกับตัวถังโครงสร้างรถ เพื่อยืนยันสมรรถนะ และพัฒนาหัวฉีดต่อไป

1. บทนำ

จากแนวความคิดที่จะแก้ไขปัญหามลพิษทางอากาศ และเตรียมหาพลังงานสำรองแทนน้ำมัน จึงได้นำไฮโดรเจนเข้ามาทำเครื่องต้นแบบ ตามที่ได้เคยเสนอไว้ในครั้งก่อนนั้นได้ทำการเช่าเครื่องมือทำการทดลอง ตามรูปที่ 1. แสดงแผนผังอุปกรณ์การทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนดังนี้

1. Orifice meter
2. Surge tank
3. Hydrogen tank
4. Pressure regulator
5. Flashback arestor
6. Hydrogen tube
7. Hydrogen mass flow meter
8. Surge tank for Hydrogen flow
9. Hydrogen injector
10. Engine
11. Engine fly wheel
12. Electric dynamometer
13. Engine brake load reading
14. Tachometer
15. Electric control load
16. Thermocouple for measure cooling water temperature
17. Thermocouple for measure exhaust gas temperature
18. CO₂, O₂ Gas analyzer
19. CO, HC Gas analyzer
20. Exhaust gas smoke analyzer
21. Air Dryer
22. Air compressor
23. Heat tube



รูปที่ 1 แผนผังอุปกรณ์การทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจน

2. สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

การทดลองนำแก๊สไฮโดรเจนมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลในครั้งนี้ เป็นการทดลองเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการนำเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมาใช้กับเครื่องยนต์ดีเซล ซึ่งจะประกอบด้วยศึกษาคัดแปลงเครื่องยนต์ดีเซลให้สามารถใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงได้ ศึกษาสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน ทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ วัดและวิเคราะห์แก๊สไอเสีย เพื่อทำการเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลที่นำมา ทดลองดัดแปลง ซึ่งจากผลการศึกษาที่ได้ สรุปได้ดังต่อไปนี้

1. เครื่องยนต์ดีเซลสามารถนำมาทดลองใช้แก๊สไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงได้ โดยจะต้องทำการดัดแปลงเครื่องยนต์ดังต่อไปนี้

1.1 ระบบเชื้อเพลิง การดัดแปลงประกอบด้วย การออกแบบหัวฉีดแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งจะใช้ทดแทนหัวฉีดดีเซล และทำการติดตั้งระบบเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ซึ่งได้แก่ ถังบรรจุแก๊ส

ไฮโดรเจน วาล์วควบคุมแรงดันของแก๊ส วาล์วป้องกันแรงดันย้อนกลับ (check valve) อุปกรณ์ป้องกันไฟย้อนกลับสู่ถัง (flash back arestor) ท่อแก๊สไฮโดรเจนและข้อต่อ

1.2 ระบบจุดระเบิด ดัดแปลงระบบจุดระเบิดจากการจุดระเบิดด้วยกำลังอัด โดยจะใช้ระบบจุดระเบิดของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน คือ ระบบคอยล์ งานจ่ายแบตเตอรี่ ซึ่งจะมีหัวเทียนเป็นอุปกรณ์ช่วยจุดระเบิด

1.3 กำลังอัดของเครื่องยนต์ ดัดแปลงกำลังอัดของเครื่องยนต์ให้ลดลงจาก 22 : 1 หรือ 11 : 1 โดยประมาณ

1.4 จังหวะฉีดเชื้อเพลิง เครื่องยนต์ดีเซลเดิมจะฉีดน้ำมันที่ 20° ก่อนศูนย์ตายบน ส่วนเครื่องยนต์ไฮโดรเจนในการทดลองครั้งนี้จะดัดแปลงให้ฉีดแก๊สไฮโดรเจนที่ 50° ก่อนศูนย์ตายบน

1.5 จังหวะจุดระเบิด ในการทดลองครั้งนี้จังหวะจุดระเบิดของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน คือ จุดระเบิดที่ศูนย์ตายบน

1.6 ระบบ START เครื่องยนต์ดีเซลที่นำมาดัดแปลงใช้แก๊สไฮโดรเจนจะ START เครื่องด้วยมือหมุน ในการทดลองครั้งนี้จะใช้มอเตอร์ช่วย START เครื่องยนต์

2. เมื่อทำการดัดแปลงเครื่องยนต์เรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดลองเดินเครื่องยนต์เพื่อตรวจสอบสภาพการทำงาน โดยทดลองฉีดแก๊สไฮโดรเจนด้วยแรงดันเริ่มต้น 10 บาร์ จังหวะฉีด คือ ตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยง 50 องศา ก่อนศูนย์ตายบน จุดระเบิดที่ศูนย์ตายบนซึ่งได้ผลคือ เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ แต่เมื่อให้เครื่องยนต์รับภาระเครื่องยนต์จะดับ และเมื่อเพิ่มแรงดันในการฉีดเป็น 15 บาร์ เครื่องยนต์สามารถรับภาระเพิ่มขึ้น แต่ไม่มากพอที่จะทำการทดสอบได้ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าที่แรงดันต่ำเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ไม่มีกำลังพอที่จะรับภาระได้ เนื่องจากความหนาแน่นของแก๊สไม่เพียงพอ และเมื่อเพิ่มแรงดันในการฉีดเป็น 20 บาร์ เครื่องยนต์สามารถรับภาระได้สูงเพิ่มขึ้น จนสามารถทำการทดสอบเครื่องยนต์ได้ จึงเริ่มการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่ 20 บาร์ และเพิ่มครั้งละ 5 บาร์ ซึ่งจากผลการทดสอบเครื่องยนต์สรุปได้ว่า ความเร็วรอบ, กำลังภาระที่เครื่องยนต์รับได้, ประสิทธิภาพเชิงความร้อน, ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะ, อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศและเชื้อเพลิง, อุณหภูมิแก๊สไอเสีย อุณหภูมิหล่อเย็นของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน จะขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้ในการฉีดแก๊สไฮโดรเจนลงในกระบอกสูบ

3. จากผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจนในครั้งนี้ ซึ่งจะฉีดแก๊สไฮโดรเจนที่ตำแหน่งเพลาช้อเหวี่ยง 50 องศา ก่อนศูนย์ตายบน และจุดระเบิดที่ศูนย์ตายบน สามารถสรุปได้ว่า เมื่อแรงดันในการฉีดแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วรอบสูงสุด ภาระที่เครื่องยนต์สามารถรับได้สูงสุด กำลังสูงสุด และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดเพิ่มขึ้น กำลังสูงสุด และประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุดของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน จะเกิดขึ้นเมื่อแรงดันในการฉีดเท่ากับ 35 บาร์

4. สรุปผลการทำงานของเครื่องยนต์ไฮโดรเจนเมื่อแรงดันในการฉีดต่ำและแรงดันในการฉีดสูงได้ดังตารางที่ 1

5. จากผลการทดสอบเครื่องยนต์ไฮโดรเจน เมื่อแรงดันในการฉีดเท่ากับ 35 บาร์
เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการทำงานของเครื่องยนต์ไฮโดรเจนที่แรงดันในการฉีดต่ำ (20 บาร์)
และสูง 40 (บาร์)

ผลการทำงานของเครื่องยนต์	20 บาร์	40 บาร์
ความเร็วรอบ	ต่ำ	สูง
กำลัง	ต่ำ	สูง
ภาระ (แรงบิด) ที่สามารถรับได้	ต่ำ	สูง
ประสิทธิภาพเชิงความร้อน	ต่ำ	สูง
ความสิ้นเปลืองจำเพาะ	สูง	ต่ำ
อุณหภูมิหล่อเย็น	ต่ำ	สูง
ปริมาณแก๊ส CO ₂ , CO, HC. และ Exhaust smoke	0	0
เมื่อแรงดันในถังบรรจุแก๊สเท่ากัน (130 บาร์)	เวลาเดินเครื่องนานกว่า ที่แรงดันในการฉีดสูง (130 บาร์ - 20 บาร์)	เวลาเดินเครื่องจะสั้น กว่าที่แรงดันในการฉีด ต่ำ (130 บาร์ - 40 บาร์)
เมื่อเกิดการรั่วซึม	ปริมาณการรั่วซึมต่ำ	ปริมาณการรั่วซึมสูง

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลการทำงานของเครื่องยนต์ไฮโดรเจนกับเครื่องยนต์ดีเซล

ผลการทำงานของเครื่องยนต์	ดีเซล	ไฮโดรเจน
กำลังอัดของเครื่องยนต์	22 : 1	11 : 1
จังหวะฉีดเชื้อเพลิง	20° BTDC	50° BTDC
ความเร็วรอบสูงสุด (รอบ/วินาที)	2400	2550
กำลังสูงสุด (แรงม้า)	9.43	5.98
ภาระ (แรงบิด) ที่รับได้สูงสุด (นิวตัน)	148	114
ประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงสุด (%)	26.31	25.17
ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะต่ำสุด (kg/PS-HR)	0.240	0.089
(MJ/PS-HR)	10.56	10.68
อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงสัมพัทธ์	0.98-1.64	1.62-2.20
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นสูงสุด (°C)	68	85
อุณหภูมิแกสไอเสียสูงสุด (°C)	290	345
ปริมาณ CO ในแกสไอเสียสูงสุด (% โดยปริมาตร)	0.10	0
ปริมาณ HC ในแกสไอเสียสูงสุด (PPM)	570	0
ปริมาณ Exhaust Smoke ในแกสไอเสีย (%)	53	0

การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ไฮโดรเจนในครั้งนี้ เป็นการเริ่มศึกษาคั้งแรกในประเทศไทย จึงยังเป็นการศึกษาเบื้องต้นหรือขั้นพื้นฐาน และเพื่อเป็นแนวทางสำหรับการศึกษารับต่อไป จะขอสรุปข้อเสนอแนะหรือวิธีการศึกษาเพื่อให้เกิดการพัฒนาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ซึ่งใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงขึ้นในประเทศไทย เนื่องจากปัจจุบันในต่างประเทศ การศึกษาเกี่ยวกับเครื่องยนต์ไฮโดรเจนมีการพัฒนาก้าวหน้าอย่างมาก ดังนั้น ในประเทศไทยก็ควรจะมีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเครื่องยนต์ไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น แนวทางการศึกษาเครื่องยนต์ไฮโดรเจนในขั้นต่อไป มีดังต่อไปนี้คือ

1. เครื่องยนต์ที่นำมาดัดแปลงใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง จะต้องสามารถฉีดเชื้อเพลิงที่ตำแหน่งองศาเพลาช้อเหียงต่าง ๆ และสามารถฉีดเชื้อเพลิงด้วยแรงดันสูง ๆ ได้ เช่น ฉีดที่ตำแหน่งศูนย์ตายบน ซึ่งจะทำให้สามารถพัฒนาสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้สูงขึ้นได้

2. พัฒนาหัวฉีดแกสไฮโดรเจน เช่น วัสดุที่ใช้ทำตัวหัวฉีดสปริงควบคุมการปิดเปิด

ลิ้นไฮโดรเจน โอริงกันรั่ว หรือพัฒนากลไกการทำงานของหัวฉีด เช่น สามารถควบคุมระยะกดของลิ้นไฮโดรเจน ซึ่งจะทำได้สามารถควบคุมปริมาณแก๊สไฮโดรเจนได้เพื่อทำให้การทำงานของหัวฉีดสมบูรณ์ขึ้น

3. ทดลองเปลี่ยนจังหวะฉีดเชื้อเพลิง และจังหวะจุดระเบิดที่มุมมองเสาเพลาช้อเหวี่ยงต่าง ๆ เพื่อหาดำแหน่งที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูง

4. ทดสอบระบบระบายความร้อน โดยทดลองหาปริมาณน้ำหล่อเย็นที่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ไฮโดรเจน เพื่อให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ไม่สูงมาก และเมื่อเครื่องยนต์อยู่ในสภาพคงตัว อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจะต้องคงที่เปลี่ยนแปลงน้อยมาก

3. เอกสารอ้างอิง

หน่วยงานอบรมและสาธิตส่วนบริการเทคนิค บริษัท สยามคูโบต้า อุตสาหกรรม จำกัด คู่มือช่างเครื่องยนต์ดีเซลคูโบต้า

การสัมมนาวิชาการวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 การค้นคว้าเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในประเทศไทย

Furuhama, S. Hydrogen Energy system for land vehicles International Association for Hydrogen Energy, Vol. 14 No.12, PP.907-913, 1989