

รถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง HYDROGEN FUELED CAR

พิชาญ พิชัยณรงค์
โรงเรียนนายเรืออากาศ กรุงเทพฯ

โชอิจิ ฟุรุฮะมะ
มหาวิทยาลัยมุซาชิ โตเกียว

PICHAN PICHAINARONG
*Royal Thai Air Force Academy
Bangkok*

SHOICHI FURUHAMA
*Musashi Institute of Technology
Tokyo Japan*

บทคัดย่อ

ในยุคของความเจริญก้าวหน้าทางอุตสาหกรรม ปัญหาที่ทุกคนกำลังให้ความสนใจนั้นคือ สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ โดยเฉพาะมลภาวะอากาศเป็นพิษ เนื่องจากเชื้อเพลิงที่มีคาร์บอนเจือปนนั้น เมื่อเชื้อเพลิงนี้สันดาปแล้วจะมีสารไฮโดรคาร์บอนเจือปนออกมากับไอเสีย กับปัญหาการขาดแคลนเชื้อเพลิงประเภทน้ำมันในอนาคตซึ่งมีแนวโน้มว่ากำลังจะหมดสิ้นไป หนทางหนึ่งที่จะนำมาแก้ไขได้คือ การนำพลังงานไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงมาทดแทน จากผลการทดสอบ ปรากฏว่าไฮโดรเจนเหลวนั้นเหมาะสมที่สุดกับการนำมาใช้ติดตั้งกับรถยนต์และดัดแปลงเครื่องยนต์เดิมเพียงเล็กน้อย ประกอบกับการสันดาปของไฮโดรเจนจะไม่มีสารไฮโดรคาร์บอนเจือปนในไอเสียเลย และในปัจจุบัน ประเทศเยอรมัน ได้ผลิตรถยนต์ไฮโดรเจนเหลวออกมาเพื่อเตรียมจำหน่ายแล้ว และประเทศอเมริกา แคนาดา และญี่ปุ่น เป็นต้น กำลังค้นคว้าทดลองเพื่อให้ได้รถยนต์ไฮโดรเจนที่สมบูรณ์แบบอยู่ในปัจจุบัน

SUMMARY

Problems by hydrocarbon gas which take out from cars and problems that oil has not enough to use so long time are helped and protected by using hydrogen fueled. Liquid hydrogen is the best way to use in car. Combustion of hydrogen fueled, exhaust gas is clean because there is no hydrocarbon gas in it. Now, Germany make LH₂-Cars to sale as soon

บทนำ

ในปัจจุบันทุก ๆ ประเทศทั่วโลกต่างกำลังให้ความสนใจกับปัญหาสภาพแวดล้อมเป็นพิษ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เกิดขึ้นจากสาเหตุต่าง ๆ กัน อันเนื่องจากผลของเทคโนโลยีที่เจริญก้าวหน้าขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งสภาวะอากาศเป็นพิษ อากาศเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างมากต่อสิ่งที่มีชีวิต เพื่อใช้ในการหายใจช่วยในการเผาไหม้ทำให้เกิดพลังงานและทำให้สิ่งมีชีวิตดำรงสภาพนั้นอยู่ได้ แต่ในปัจจุบันสภาวะมลพิษทางอากาศกำลังทำลายสิ่งที่มีชีวิตให้หมดสิ้นไปทั้งทางตรงและทางอ้อม มีมลสารในอากาศหลายชนิดที่มีผลร้ายต่อสุขภาพของมนุษย์พืชและสัตว์ และทำลายสภาวะแวดล้อมธรรมชาติ สารตัวที่มีบทบาทสำคัญจะแปรเปลี่ยนจากสถานที่หนึ่งไปอีกมลสารที่ก่อปัญหาในพื้นที่กว้างขวาง ได้แก่ ควันทันที่เกิดจากการสันดาปซึ่งมีส่วนประกอบมีพิษ เช่น SO_x , NO_x , CO และสารอนุภาคแขวนลอย (เช่น ฝุ่นละออง) ไฮโดรคาร์บอน (HC) ที่เกิดจากการใช้น้ำมันจากสถิติการสำรวจค่าปริมาณของคาร์บอนมอนอกไซด์ที่ปล่อยออก (สหรัฐอเมริกา) ในปี 1970 มีค่าถึง 111 ล้านตัน/ปี ซึ่งมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่ง และจากรูปที่ 1 จะเห็นได้ว่าปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ในปี ค.ศ. 2000 จะมีแนวโน้มสูงถึง 500 PPM

จากปัญหานี้ นักวิทยาศาสตร์ทั่วโลกต่างกำลังศึกษาวิจัยหาหนทางแก้ไขผลิตพลังงานขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหานี้และยังเป็นการเตรียมตัวรับสถานการณ์สภาวะน้ำมันที่มีแนวโน้มว่ากำลังจะหมดสิ้นไปในอนาคตพลังงานไฮโดรเจน เป็นพลังงานหนึ่งที่สามารถนำมาแก้ไขปัญหานี้ได้ ตามที่ประเทศเยอรมัน ญี่ปุ่น ได้สร้างรถยนต์ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงสำเร็จ และเยอรมันได้ผลิตรถโดยสารขนาดใหญ่ โดยใช้โลหะไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงได้ในประเทศอเมริกา ที่สถาบันวิจัยแห่งชาติโรสอาร์โมส และประเทศญี่ปุ่นที่มหาวิทยาลัย มูซาชิ เป็นต้น กำลังค้นคว้าเกี่ยวกับพลังงานไฮโดรเจนน้อย

คุณสมบัติของไฮโดรเจน

คุณสมบัติทางเคมี

จากคุณสมบัติทางเคมี ก๊าซไฮโดรเจนมีน้ำหนักเบาเป็นที่สองรองจากฮีเลียม ดังนั้นเมื่อมีการรั่วเกิดขึ้นไฮโดรเจนจะลอยขึ้นสู่เบื้องบนทันที มีผลถึงด้านความปลอดภัย และไฮโดรเจนยังเป็นเชื้อเพลิงชนิดหนึ่ง จากตารางที่ 1 เป็นการเปรียบเทียบไฮโดรเจนกับเชื้อเพลิงต่าง ๆ ในส่วนองค์ประกอบเคมีปริมาณการให้ความร้อนซึ่งจะเห็นได้ว่าไฮโดรเจนน้ำหนัก 1 kg จะให้พลังงานความร้อน 28,700 KCal ซึ่งมากกว่าก๊าซโซลีนถึง 2.7 เท่า

สภาวะต่าง ๆ ของไฮโดรเจนในการบรรจุขนถ่าย

ไฮโดรเจนสามารถนำมาติดตั้งใช้กับเครื่องยนต์ได้ 3 สภาวะ คือในสภาพของโลหะไฮไดรด์ (Metal-hydride) MH, ไฮโดรเจนเหลว LH_2 และก๊าซไฮโดรเจน GH จากตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบไฮโดรเจนทั้ง 3 สภาวะเทียบกับพลังงานจากเชื้อเพลิงก๊าซโซลีนที่มีปริมาณ 30 ลิตร กับแอลกอฮอล์ (Methanol) จากตารางทำให้ทราบได้ว่าหากนำเชื้อเพลิงมาใช้กับรถยนต์แล้วไฮโดรเจนเหลวจะเหมาะสมมากที่สุดเพราะจะมีน้ำหนักรวมน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับโลหะไฮไดรด์และก๊าซไฮโดรเจน

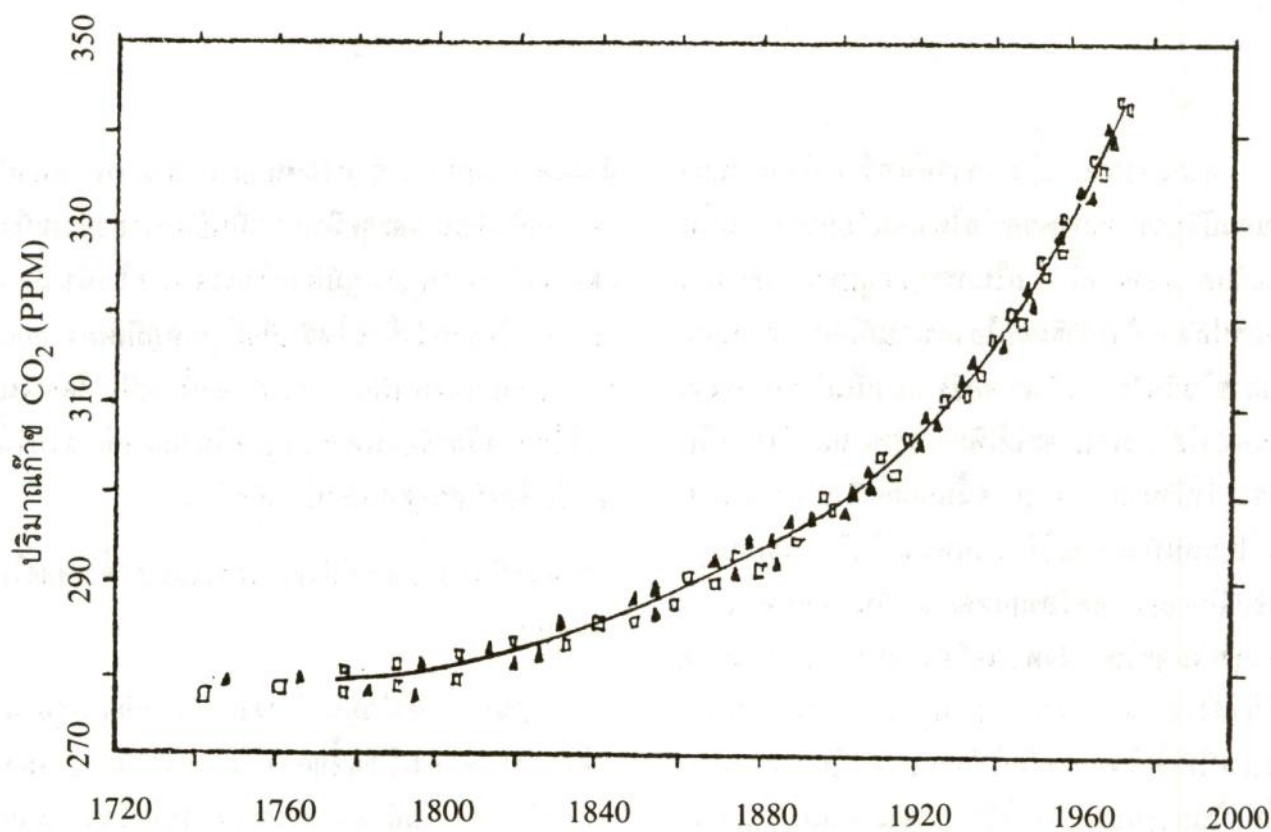
กรรมวิธีการผลิตไฮโดรเจน

เชื้อเพลิงจากถ่านหินสามารถขุดได้จากภายในโลกแต่ถ้าไฮโดรเจนนั้น สามารถผลิตได้จาก ก. วิธีจากขบวนการทางความร้อนจะแยกตัวที่อุณหภูมิ 5,000 K ข. ใช้ไฟฟ้าแยกน้ำ และ ค. ไบโอเทคโนโลยี ซึ่งวิธีแบบ ก และ ข นั้นจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงกว่าเพื่อที่จะผลิตไฮโดรเจนออกมา และในปัจจุบันการผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานแสงอาทิตย์ กำลังเป็นที่คาดหวังต่อไปในอนาคต

คุณลักษณะพิเศษและปัญหาของเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบความร้อน และการเกิด ที่เกิดขึ้นต่อเชื้อเพลิง
ชนิดต่าง ๆ ต่อ น้ำหนัก 1 กิโลกรัม

เชื้อเพลิง	ปิโตรเลียม	โซล่า	ก๊าซโซลีน	แอลกอฮอล์	ก๊าซธรรมชาติ	ไฮโดรเจน
สูตรทางเคมี	C	$C_{16}H_{34}$	C_8H_8	CH_3OH	CH_4	H_2
ปริมาณความร้อน KCal/Kg	8100	10590	10630	4770	11930	28700
CO ₂ ที่เกิด ขึ้นต่อ 10 ⁴ KCal	4.52	2.91	2.90 Kg	2.88 Kg	2.30 Kg	0 Kg



รูปที่ 1 ปริมาณของก๊าซ CO₂ ที่เพิ่มขึ้นในระยะ 200 ปี วัดที่ขั้วโลกใต้
โดยมีนักวิชาการของมหาวิทยาลัยเบรูน วิเคราะห์อากาศ

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบ น้ำหนักเชื้อเพลิงและถังบรรจุโดยใช้ก๊าซโซลีน
น้ำหนัก 30 ลิตรเป็นเกณฑ์เทียบ

ถังเชื้อเพลิง	ภายใน		น้ำหนักถัง (Kg)	น้ำหนักรวม (Kg)
	ปริมาตร (ลิตร)	น้ำหนัก (Kg)		
ก๊าซโซลีน	30	22	5	27
แอลกอฮอล์	62	49	8	57
ไฮโดรเจน				
โหละไฮดาบ์	—	8.2	764	772
ก๊าซ	670	8.2	755	763
ไฮโดรเจน	115	8.2	65	73
เหลว				

จากตารางที่ 3 ผลการค้นคว้าทำให้ทราบว่า คุณสมบัติทางกายภาพของไฮโดรเจนกับก๊าซโซลีนนั้น ต่างกันตามตารางนี้ ภายในกระบอกสูบขนาดเดียวกัน ตามรูปทั้ง 2 ถ้าใช้วิธีผสมไฮโดรเจนกับอากาศ (เทียบกับก๊าซโซลีนใช้คาร์บิวเรเตอร์) แล้วนั้นกำลังที่ได้จากเชื้อเพลิงไฮโดรเจน จะได้เพียง 85% ของก๊าซโซลีน เพราะว่าปริมาณของอากาศนั้นลดลงเนื่องจากไฮโดรเจนไปแทนที่ แต่เมื่อใช้ระบบพ่นลงไปในกระบอกสูบ (ใช้หลักตามแบบเครื่องยนต์ดีเซล) ในกรณีนี้พลังงานไฮโดรเจนจะให้กำลังทางเครื่องกลสูงกว่าเครื่องยนต์ใช้ก๊าซโซลีนถึง 120% ตามรูปที่ 2 นั้นเป็นการอธิบายให้เข้าใจได้ว่าเมื่อใช้ระบบผสมกับอากาศก่อนเข้าไปในกระบอกสูบแล้วใช้ระบบพ่นลงไปในกระบอกสูบ จะให้กำลังสูงกว่าถึง 35% นอกจากนี้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนยังมีข้อบ่งชี้ในการติดไฟดีกว่าก๊าซโซลีน

ถึงแม้ส่วนผสมบาง ๆ หรือหนามากก็สามารถสันดาปได้ โดยหัวเทียน และจุดนี้นับว่าเป็นอันตรายอย่างหนึ่ง แต่เมื่อเทียบกับอุณหภูมิที่ไฮโดรเจนติดไฟนั้นมีค่า 580 C ซึ่งสูงกว่าก๊าซโซลีนซึ่งมีอุณหภูมิเพียง 500 C และน้ำมันโซล่าเพียง 340 C จุดนี้เองที่ไฮโดรเจนจะใช้กำลังอัดเพื่อสันดาปแบบเครื่องยนต์ดีเซลไม่ได้ จำเป็นต้องมีตัวจุดสันดาป (หัวเทียน)

การค้นคว้าเรื่องรถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในปัจจุบัน

ทีมมหาวิทยาลัยมุซาชิ โดย ศจ. โซอิจิ ฟุรุฮามา ได้ทำการทดลองเรื่องเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมานานกว่า 20 ปี และได้ผลิตสร้างรถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงในการทดลองถึง 8 คัน ตามรูปที่ 3 เป็นรูปรถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงคันที่ 6 และ 7

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของไฮโดรเจน กับ ก๊าซโซลีน

	ไฮโดรเจน	ก๊าซโซลีน	อัตราส่วน H_2/C_8H_8
ความหนาแน่น (Kg/l) ก๊าซที่ 50°C 1 atm	0.076×10^{-3}	4.23×10^{-3}	0.018
เหลว	0.071	0.735	0.097
ความเข้มข้นเชื้อเพลิงที่ผสมกับอากาศ น้ำหนัก	0.0284	0.063	0.45
ปริมาตร	0.296	0.017	17.4
อุณหภูมิจุดสันดาป °C	580	500, โซลาร์ 340	
พลังงานต่ำสุดในการจุดสันดาป (mJ)	0.02	0.25	0.08
ค่าคงที่ในการแพร่กระจาย (m^2/s)	2110	2000	—

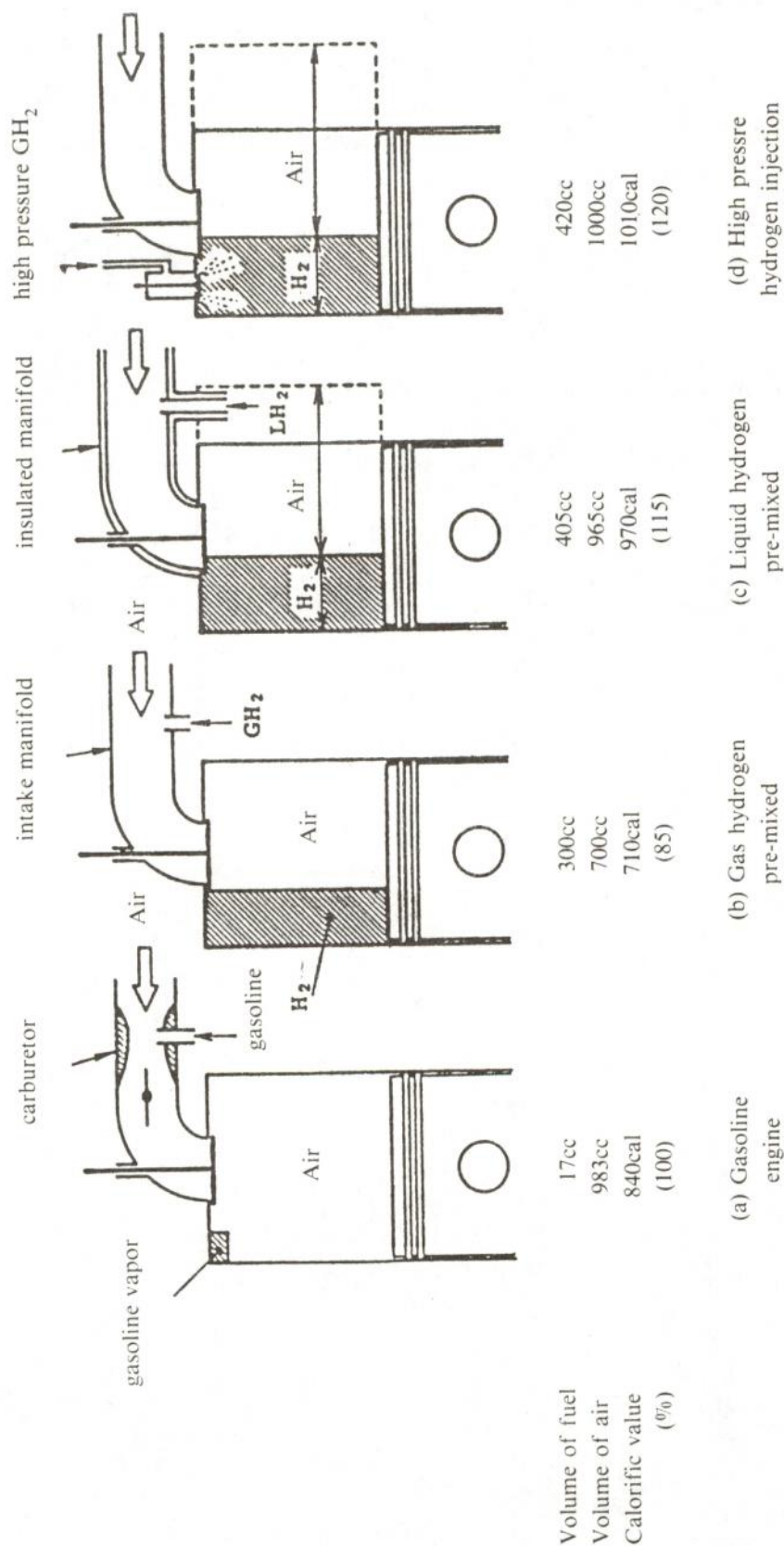
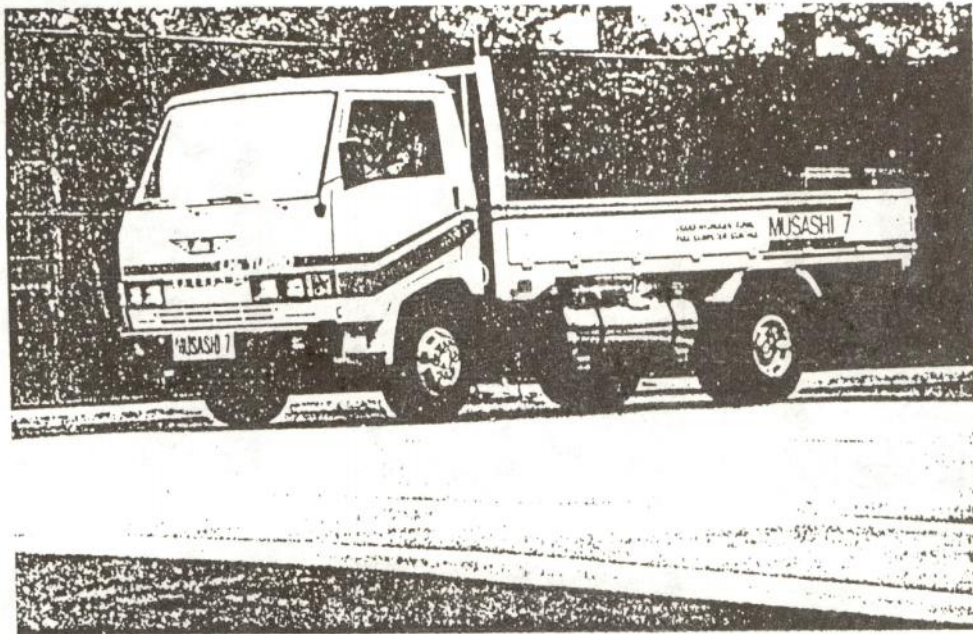


Fig. 1-Comparison of maximum calorific value (output) of mixture in 1000cc displacement volume engine

รูปที่ 2 เปรียบเทียบค่าความร้อนสูงสุด ในการผสมที่ปริมาตร 1000 CC

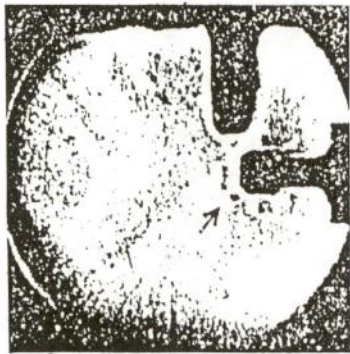


รูปที่ 3 รถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเหลวคันที่ 6,7 ในญี่ปุ่น

วิเคราะห์การสันดาปภายในแบบห้องสันดาป

โดยอาศัยหลักเกณฑ์ว่าของ ชูรีเลน (Schlieren Method) ใช้กล้องที่มีความเร็วชัตเตอร์สูงในการถ่ายภาพของการสันดาปของไฮโดรเจน จากรูปที่ 4 แสดงตัวอย่างอันหนึ่งของการสันดาปของไฮโดรเจน ซึ่งตามแบบนี้ จะมีที่แตกต่างกับเครื่องยนต์จริงตรงที่เป็นแบบห้องสันดาปปริมาตรคงที่ และใช้การพ่นจากรูพ่น 7 รู ในรูป ก, ข จะสามารถเห็นได้ว่าไฮโดรเจนจะพุ่งออกมาจาก 7 รู ในรูป ค. ภายหลังเวลา 1.43 ms จะเห็นได้ว่า 1 ใน 8 ของไฮโดรเจนที่ถูกพ่นเข้า

ไปกำลังสันดาป และในรูป ง. ต่อจากรูป ค. ที่เปิดลิ้นให้ไฮโดรเจนพุ่งเข้าไปอีก 0.5 ms ไฮโดรเจนที่ถูกพ่นกลุ่มข้างติดกันกับที่สันดาปนั้นยังไม่ติดไฟและในรูป จ. จะเห็นว่าไฮโดรเจนที่ถูกพ่นข้าง ๆ ที่สันดาปเริ่มสันดาป และหลังจากนั้นจะขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนได้แพร่กระจายไปทั่วในห้องสันดาป จึงทำให้การจุดสันดาปการเผาไหม้เกิดขึ้นโดยความรวดเร็ว และความดันจะเพิ่มสูงขึ้นอย่างรวดเร็วตามขึ้นมาด้วย



ก. ฟ่นออกมาหลังเปิด
ลึน 0.26 Ms



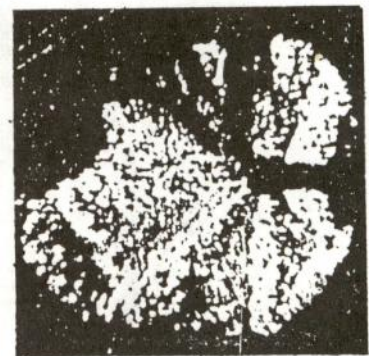
ข. 1.17 Ms



ค. 1.43 Ms



ง. 1.82 Ms



จ. 4.55 MS

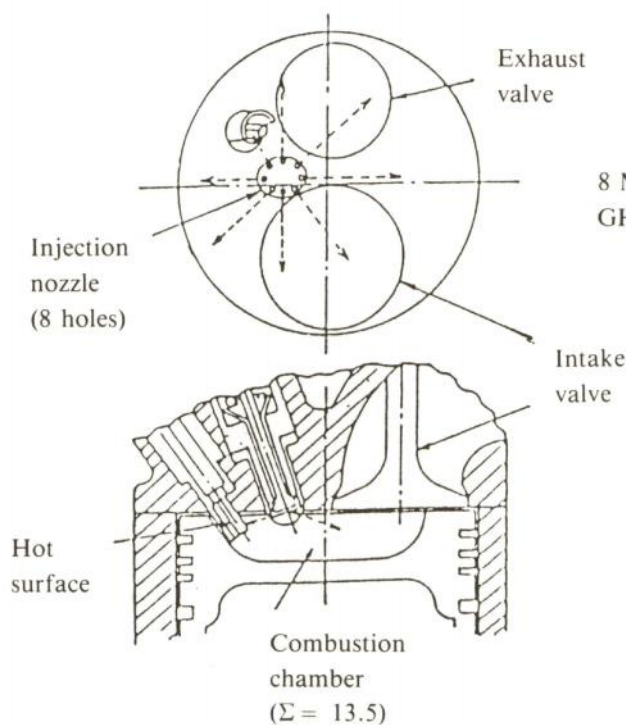
รูปที่ 4 การสันดาปของไฮโดรเจนในห้องเผาไหม้

ประสิทธิภาพเชิงความร้อนและเครื่องยนต์

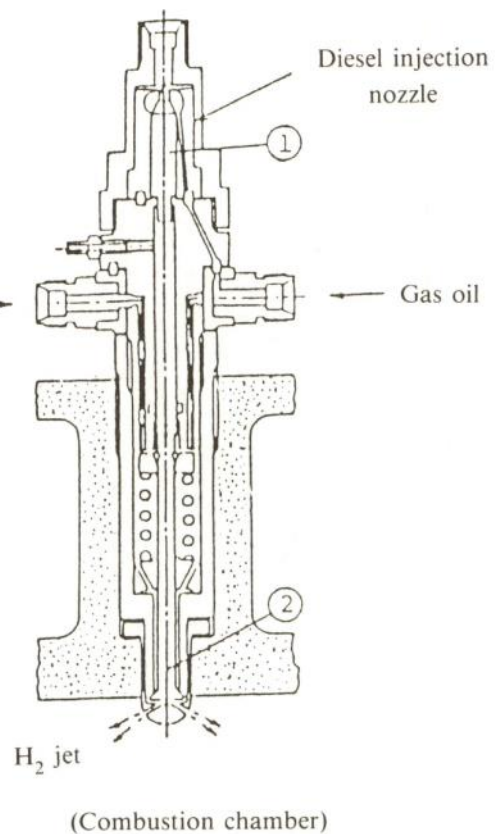
จากรูปที่ 5 เป็นรูปหน้าตัดของห้องสันดาป แสดงตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ลึนไอดี, ลึนไอเสีย, หัวฉีดไฮโดรเจน, เซรามิคตัวช่วยจุดระเบิดชนิดเผาหั่ว จากผลการทดลองนั้น ค่าอัตราส่วนกำลังวัตที่ 13.5 : 1 แล้วรูฉีด 8 รู กับระยะห่างของรูฉีด 1 ใน 8 กับตัวเผาหั่วห่างกัน 10 มม. จะเหมาะสมที่สุด

การฉีดพ่นไฮโดรเจนเข้าไปในกระบอกสูบระยะก่อนถึงจุดศูนย์ตายบน จำเป็นต้องใช้ไฮโดรเจนก๊าซที่มีความดันสูงกว่า 6 MPa ซึ่งยิ่งเพิ่มความดันในการพ่นจะทำให้การแพร่กระจายในกระบอกสูบได้ทั่ว ทำให้การสันดาปนั้นเป็นไปได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น นอกจากนั้นอุณหภูมิของเซรามิคตัวจุดระเบิด จะมีค่าประมาณ 900 c

จากรูปที่ 6 เป็นรูปของหัวฉีดก๊าซไฮโดรเจน โดยใช้ระบบจากหัวฉีดของเครื่องยนต์ดีเซลใช้หัวฉีดดีเซลกล่าวคือ จากแรงปั๊ม ทำให้ลึน 1 ของดีเซลออกมาดันลึนของหัวฉีดไฮโดรเจน 2 ทำให้ก๊าซไฮโดรเจนไหลออกมาได้ส่วนเมื่อแรงปั๊มหมดไป ลึนของดีเซลจะกลับเข้าที่เติมลึนของหัวฉีดไฮโดรเจนก็จะปิดด้วย จากคุณสมบัติของไฮโดรเจนที่มีน้ำหนักเบา ทำให้การผสมกับอากาศให้ทั่วในกระบอกสูบนั้นเป็นไปได้ยาก ทำให้การสันดาปนั้นยังไม่สมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้ผลการทดลองทำให้ทราบว่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเครื่องยนต์ไฮโดรเจน เมื่อเทียบกับก๊าซโซลีนโดยใช้เครื่องยนต์เดียวกันทดลองแล้ว จะสูงกว่า 4-5% แต่เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซลแล้ว ยังต่ำกว่า 4-5% ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การทดลองใช้หลักการผสมโดยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้อากาศผสมกับไฮโดรเจนง่าย ให้การสันดาปสมบูรณ์ที่สุดโดยทดลองใช้วิธีดังนี้



รูปที่ 5 หน้าตัดห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิง



รูปที่ 6 หัวฉีดไฮโดรเจน

(ก) จำนวนรพ่นไฮโดรเจน

จากรูปที่ 7 เป็นรูปหน้าตัดแสดง วิธีการพ่น 3 ชนิดโดยมีรพ่นที่ต่างกันคือ มีชนิด ก. 8 รู ชนิด ข. 4 รู ชนิด ค. 18 รู ในการทดลองนี้ใช้ shroud valve ช่วยในการผสมระหว่างอากาศกับไฮโดรเจน

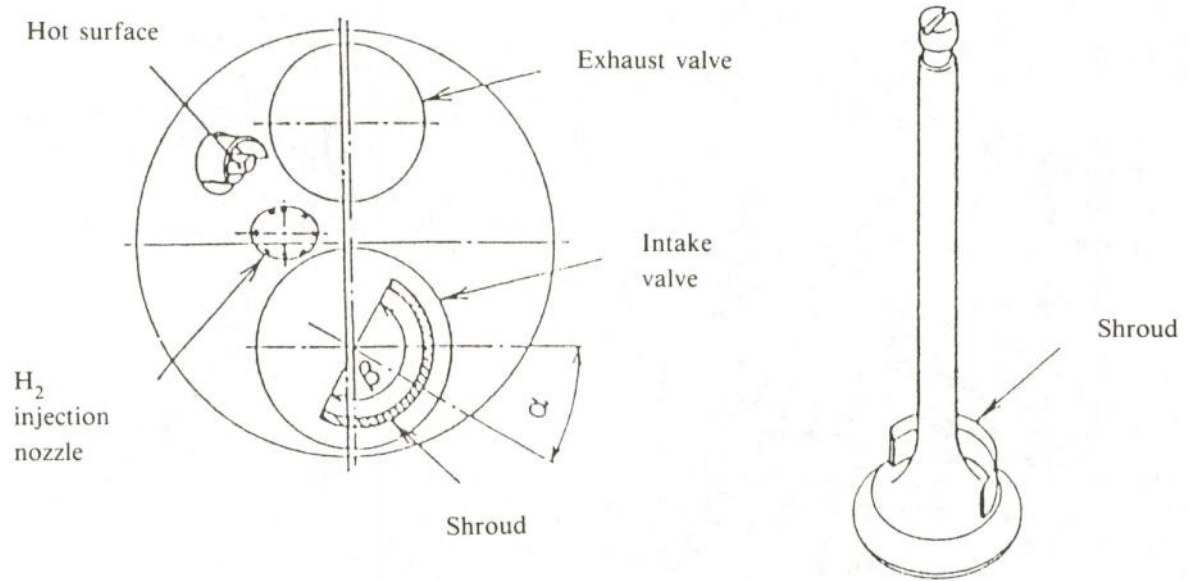
(ข) โดยการใช้ shroud valve

จากรูปที่ 8 แสดงถึงตำแหน่งของ shroud valve และรูปร่างลักษณะของ shroud valve ในรูปยังชี้มุม shroud ที่ทำกับ intake port คือมุม และมุมของ shroud

จากทั้ง ข้อ ก และ ข นำมาทำการทดลองกับเครื่องยนต์ LD20T ของบริษัทนิสสัน เครื่องยนต์เดียวกับรุ่นบูลเบิร์ต มีปริมาตร 1950CC สี่สูบ สี่จังหวะมีความกว้างกระบอกสูบ 85 มม. ระยะชักเท่ากับ 86 มม. โดยใช้ไฮโดรเจนก๊าซที่มีความดันสูง 8 MPa พ่นโดยตรงลงภายในกระบอกสูบที่ระยะ

ก่อนศูนย์ตายบน 10 องศา ซึ่งผลการทดลองแสดงในรูปที่ 9 ซึ่งผลการทดลองได้ว่าทุก ๆ สภาวะในการทดลองเมื่อใช้ shroud valve แล้ว ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนจะสูงกว่าแบบไม่ใช้ทั้งหมด และอุณหภูมิของก๊าซที่ออกจากท่อไอเสียโดยวัดที่ตำแหน่งเดียวกันนั้นเป็นเครื่องพิสูจน์ให้เป็นชัดว่าการเผาไหม้ของแบบที่ไม่ใช้ shroud valve ยังไม่สมบูรณ์แบบคือมีการเผาไหม้ต่อเนื่อง ถึงแม้ว่าลิ้นไอเสียจะเปิดแล้วก็ตาม ทำให้อุณหภูมิแบบที่ไม่ใช้ shroud valve สูงกว่าแบบที่ใช้

ยิ่งกว่านั้น จากผลการทดลองค่าตัวเลขจำนวนรูที่ให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนนั้นดีที่สุด คือ ประมาณ 8 รูทั้งนี้เป็นเพราะยังน้อยรู การผสมกับอากาศนั้นไม่ทั่วถึงถ้ามากเกินไปก็พ่นไม่ถึงมุมขอบ และพ่นไปได้ระยะทางไม่ไกล ดังนั้นในการทดลองนี้ ชนิด 8 รูจึงจะให้ค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนสูงที่สุด



Shrouded valve set in cylinder head

รูปที่ 7 วิธีพ่นไฮโดรเจน 3 แบบ พ่นในห้องเผาไหม้

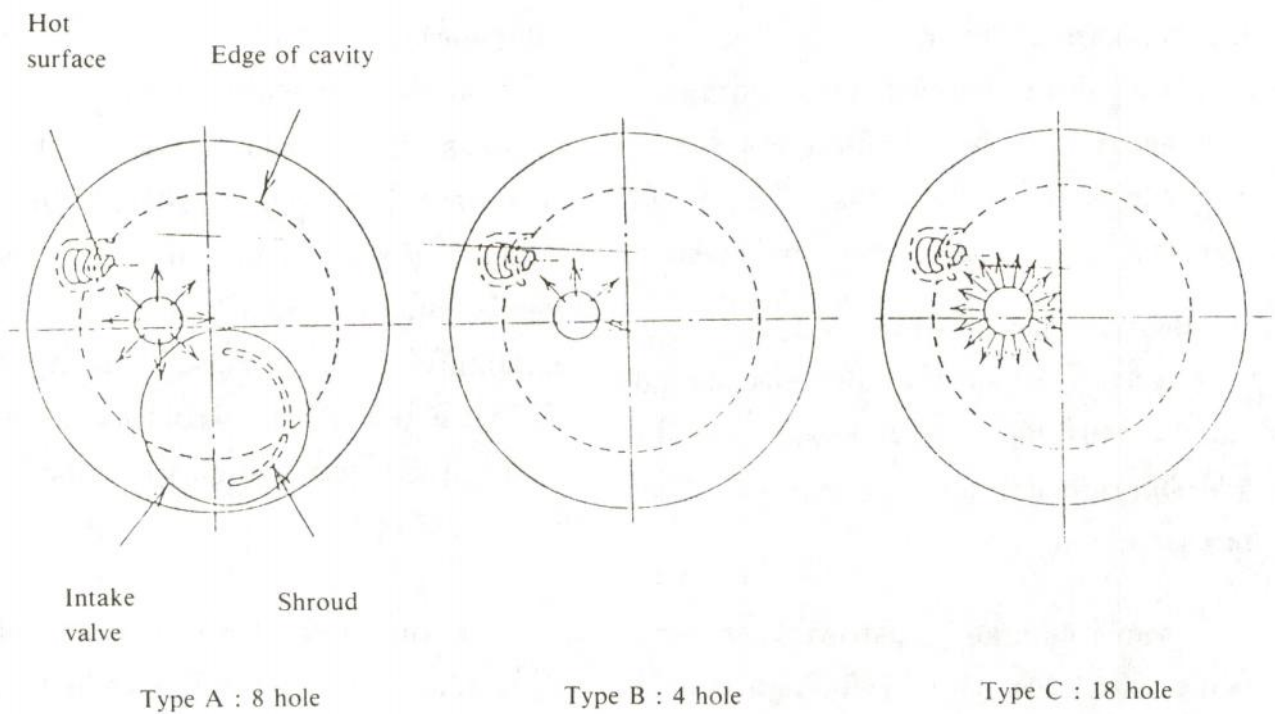
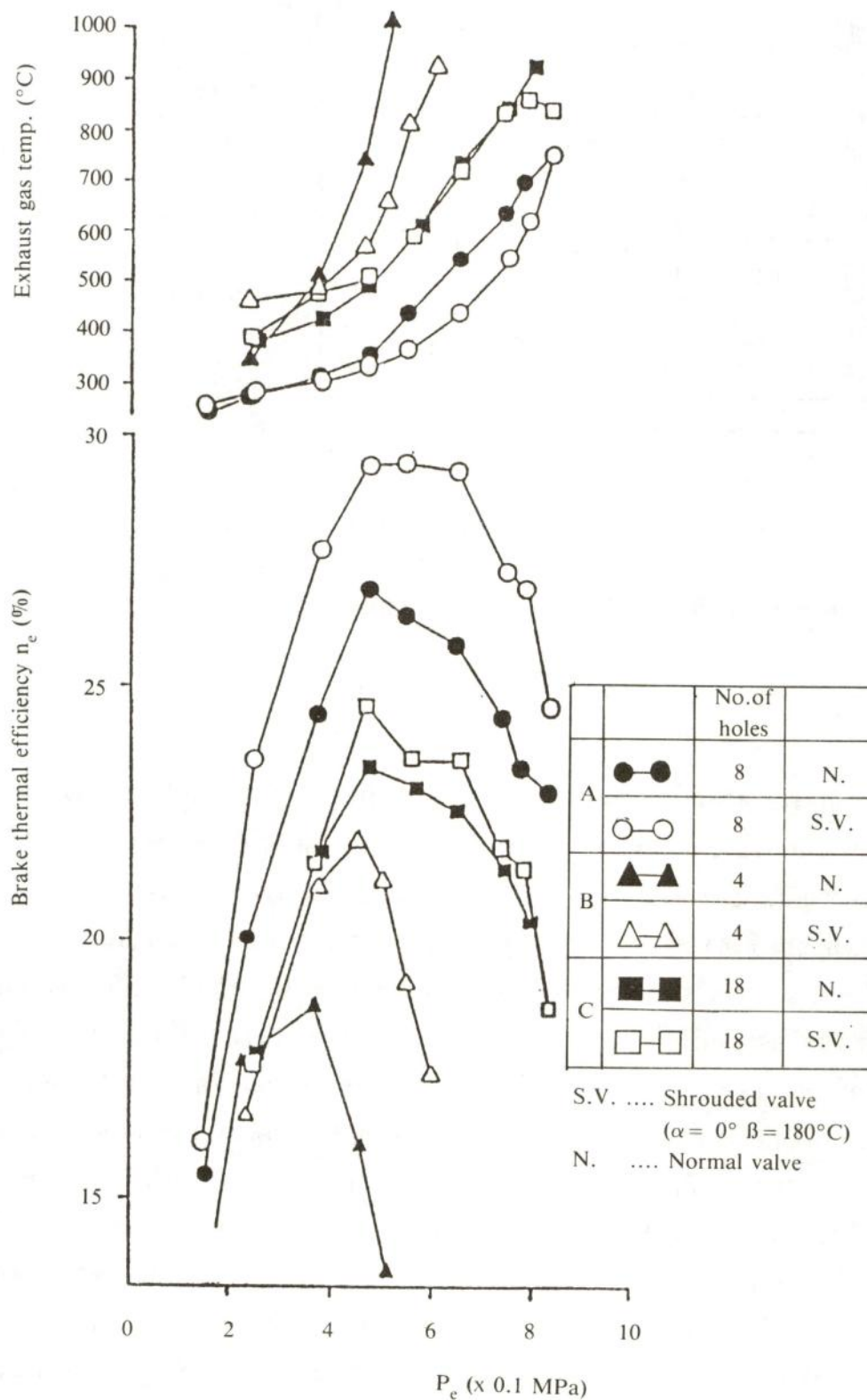


Fig. 4 3 type injection methods with shrouded valve

รูปที่ 8 ตำแหน่งของ shroud ติดตั้งในห้องเผาไหม้



Effect fo number of injection holes
and shrouded valve at 2000 rpm

รูปที่ 9 ผลของการผสมระหว่างอากาศกับไฮโดรเจนโดยใช้
จำนวนรูฉีด และ Shroud Valve

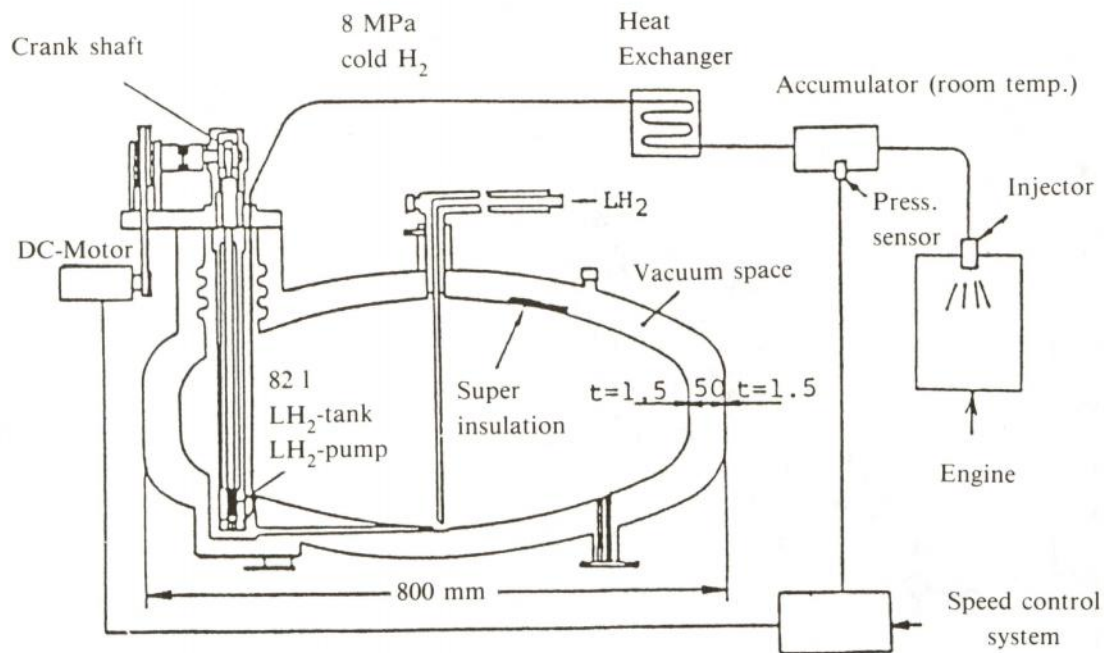


Fig. 6. LH₂ storage and delivery system in automobile.

รูปที่ 10 ระบบถังเก็บไฮโดรเจนเหลวที่ใช้กับรถยนต์

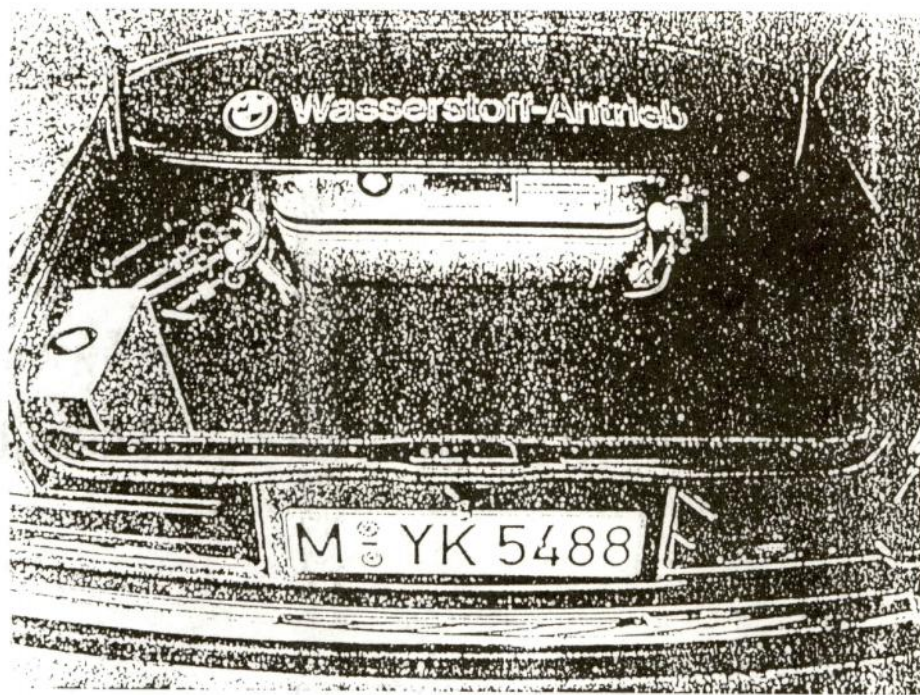
(ค) โดยการเพิ่มความดันในการพ่นของไฮโดรเจน

จากผลการทดลองในข้อ ก และ ข ทำให้เกิดแนวคิดในการเพิ่มความดัน จะทำให้การพ่นในกระบอกสูบไปได้ทั่วถึงทุกแง่มุม ซึ่งศาสตราจารย์ ดี บอร์ แห่งมหาวิทยาลัยคอลเนล สหรัฐอเมริกา ได้กล่าวไว้ว่า การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงจะต้องสูงกว่า 20 MPa จึงจะเผาไหม้แบบสมบูรณ์ได้ และได้ทำการทดลองโดยใช้ความดันในการพ่น 6,8,10 MPa ทำให้ทราบว่าความดัน 10 MPa จะให้ประสิทธิภาพเชิงความร้อนดีกว่าอีกสองแบบ จากรูปจะสังเกตเห็นได้ว่าความดันภายในกระบอกสูบของความดันในการพ่น 10 MPa จะเริ่มสูงขึ้นเร็วกว่า และค่าความดันสูงสุดนั้นก็ยิ่งสูงกว่าอีกทั้ง 2 แบบ ทั้งนี้เนื่องจากการเผาไหม้นั้นเกิดขึ้นในระยะเวลาอันสั้นและเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ถังเก็บไฮโดรเจนเหลว

จากรูปที่ 10 เป็นรูปของถังเก็บไฮโดรเจนเหลว

เนื่องจากไฮโดรเจนเหลวมีอุณหภูมิต่ำมากถึง -263 องศาเซลเซียส ขณะนี้ทางญี่ปุ่นมหาวิทยาลัยมุซาชิ ได้ใช้ถังสเตนเลส 2 ชั้น โดยระหว่างชั้นนั้นทำให้เป็นสุญญากาศเพื่อป้องกันความร้อนเข้าไปในถัง การนำไฮโดรเจนเหลวมาใช้จำเป็นต้องมีปั๊มไฮโดรเจนเหลวดูดเอาไฮโดรเจนเหลวซึ่งจะระเหยเป็นก๊าซมีความเย็นจัดไหลผ่านเครื่องผ่านความร้อน ทำให้มีความดันก๊าซสูง แล้วต่อท่อไปยังห้องเผาไหม้เข้ากับหัวฉีดไฮโดรเจนได้ และปั๊มไฮโดรเจนจะใช้มอเตอร์เป็นตัวหมุนปั๊มไฮโดรเจนเหลวขึ้นมาจากตัวอย่างของถังตามแบบมีปริมาตร 82 ลิตร เท่ากับความร้อนจากก๊าซโซลีน 21 ลิตร โดยให้สเตนเลสมีความหนา 1.5 มม. มี 2 ชั้น ระหว่างกลางเป็นสุญญากาศ และติดวัสดุกันความร้อนไว้ด้านในมีน้ำหนัก 50 กก. จากผลข้อมูลที่น่ารถไฮโดรเจนไปวิ่งในอเมริกา ถึงไฮโดรเจนเหลวในขณะนี้ สามารถวิ่งได้ระยะทาง 300 กม.



รูปที่ 11 ถังเก็บไฮโดรเจนเหลวในรถบีเอ็มดับเบิลยู (1991)

ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันคือคุณสมบัติการป้องกันความร้อนเข้าไปในถัง ป้องกันมิให้ก๊าซระเหยเป็นไอออกมาข้างนอก โดยมีเป้าหมาย 1 วัน ให้ระเหยได้เพียง 1% แต่ปัจจุบันประสิทธิภาพของถังเก็บป้องกันได้ยังไม่ดีนัก ยังมีอัตราการระเหย 3% ต่อวัน ดังนั้นปัญหาเรื่องถังเก็บและการขนถ่ายไฮโดรเจนเหลว จึงเป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่จำเป็นต้องศึกษาวิจัย

จากการประชุมไฮโดรเจนโลกครั้งที่ 8 ที่ฮาวาย ทางประเทศเยอรมันได้แจ้งถึงความก้าวหน้าในการทำถังเก็บไฮโดรเจนเหลว คือสามารถติดตั้งไฮโดรเจนเหลวไว้หลังรถยนต์ ตามรูปที่ 12 และสามารถนำมาวิ่งใช้งานได้ เป็นที่ยืนยันได้อีกอย่างหนึ่งว่า รถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงนั้น สามารถผลิตขึ้นมาใช้งานได้

รวบรวม

ก. รถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงนั้นได้ค้นคว้ามาจนเกือบสมบูรณ์แบบแล้ว และเป็นที่ยอมรับกันทั่วโลกว่า สามารถแก้ปัญหามลพิษทางอากาศได้และพื้นฐานในการค้นคว้าในปัจจุบันเป็นโครงสร้างอย่างดี แต่ยังขาดการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฮโดรเจนให้สูงขึ้น

ข. สามารถใช้ไฮโดรเจนได้กับรถยนต์ทุกขนาดไม่ว่าเล็กใหญ่

ค. จากการประชุมไฮโดรเจนโลกครั้งที่ 8 WHEC-8 ที่ฮาวายนั้น เรื่องการขนส่งไฮโดรเจนเหลวได้รับความสนใจเป็นอย่างมาก แต่ในขณะเดียวกัน ปัจจุบันรถยนต์ที่ใช้ไฮโดรเจนเหลวมีประมาณ 20 คัน ยังไม่เคยมีอุบัติเหตุอันตรายเกิดขึ้นเลย ถึงแม้ว่าที่สหรัฐอเมริกา รถยนต์ไฮโดรเจนเหลวได้พิสูจน์แล้วว่าแต่ไม่ปรากฏว่ามีการระเบิดหรือลุกไหม้แต่อย่างใด

เอกสารอ้างอิง

1. P.Pichainarong, T.Fukuma, etc. (1986) Hydrogen Combustion study in Direct Injection Hot Surface Ignition Engine, SAE PAPER 861579
2. S.Furuhama, Enerugii mo shoorai no suiso jidousha JSME 1989
3. S.Furuhama, Suiso Engine no shoorai Mega Life 1986.6.Vol 2 No.4 p.12
4. S.Fukuhama, T.Fukuma : Liquid Hydrogen Fuel supply System to Hot Surface Ignition TurboCharged Engine, ASME Cryogenic Processes and Equipment - 1984 Book No. G00282, ASME New York, p. 105 (1984)