บทที่ 2

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

ไฮโดรเจนเป็นพลังงานที่ถูกนำมาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย โดยส่วนใหญ่จะถูกใช้เป็นเชื้อเพลิง เช่น เชื้อเพลิงสำหรับเครื่องบิน จรวด ยานอวกาศ หรือใช้ในโรงงานอุตสหากรรม การนำมาใช้งานอาจจะอยู่ในสถานะแกส ของเหลวหรือแกสซึ่งอยู่ในโลหะก็ได้ ในการศึกษาครั้งนี้จะนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งจะอยู่ในสถานะแกส ดังนั้นจึงจะขอกล่าวถึงความรู้เบื้องต้นถึงกระบวนการผลิตและคุณสมบัติที่สำคัญของแกสไฮโดรเจนเท่านั้น

กระบวนการผลิตแกสไฮโดรเจน

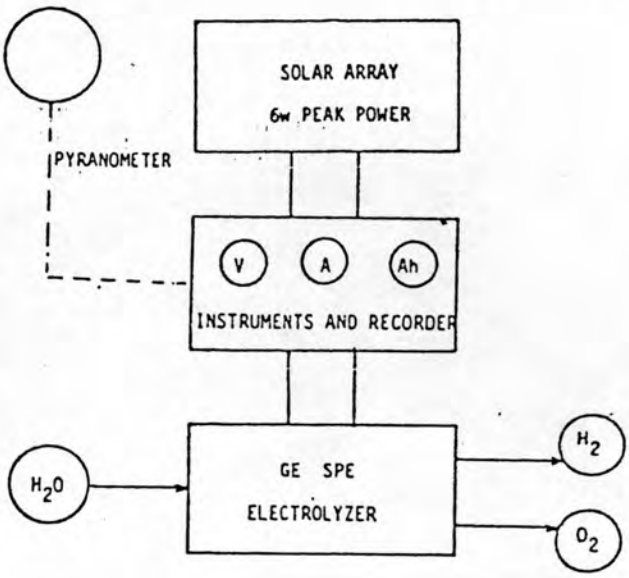
กระบวนการผลิตแกสไฮโดรเจนสามารถกระทำได้หลายวิธี และสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบหลายชนิด แต่วิธีที่นิยมผลิตในปัจจุบันมีอยู่ 2 วิธีหลัก ๆ คือ การแยกน้ำ และการแยกจากสารเคมีอื่น ๆ

1. การแยกน้ำ (Electrolysis) เป็นวิธีการที่ใช้ผลิตไฮโดรเจน โดยเฉพาะในช่วงแรก ๆ ที่มีการนำเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมาใช้ และในปัจจุบันก็ยังมีการใช้วิธีนี้ผลิตกันอยู่ เนื่องจากมีกระบวนที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน และวัตถุดิบที่ใช้คือ น้ำ ซึ่งมีอยู่จำนวนมาก การแยกน้ำมีหลักการง่าย ๆ คือ ป้อนไฟฟ้ากระแสตรงลงในน้ำโดยผ่านขั้วลบ (Cathode) และขั้วบวก (Anode) จะทำให้ออกซิเจนและไฮโดรเจนแยกตัว โดยที่ออกซิเจนจะอยู่ที่ขั้วลบ และไฮโดรเจนจะอยู่ที่ขั้วบวก

จากการที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตแกสไฮโดรเจน ดังนั้นจึงต้องมีแหล่งพลังงานที่จะนำมาผลิตพลังงานไฟฟ้า พลังงานที่ใช้ได้แก่ พลังงานจากถ่านหิน พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานความร้อนใต้ผิวโลก และพลังงานแสงอาทิตย์ ในปัจจุบันที่นิยมใช้กันมากคือ พลังงานจากแสงอาทิตย์ ดังนั้นจะขอกล่าวถึงการผลิตไฮโดรเจนจากพลังงานแสงอาทิตย์พอสังเขป

กระบวนการผลิตแกสไฮโดรเจน โดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์แสดงดังรูปที่ 3 อุปกรณ์แต่ละชิ้นประกอบด้วยเซลแสงอาทิตย์วางเรียงกันเป็นแถว เพื่อเก็บสะสมพลังงานแสงอาทิตย์และนำพลังงานที่ได้ไปใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า และป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องแยกน้ำ (Electrolyzer) เพื่อแยกแกสไฮโดรเจนและแกสออกซิเจนเพื่อนำไปใช้งานต่อไป

กระบวนการผลิตแกสไฮโดรเจนโดยวิธีนี้ ไฮโดรเจนที่ผลิตได้มีราคาสูง เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้มีราคาสูง แต่ข้อดีของวิธีนี้เป็นการผลิตที่ไม่ทำลายสิ่งแวดล้อม ใช้พลังงานและวัตถุดิบที่มีอยู่จำนวนมาก ในปัจจุบันจึงมีการศึกษาและวิจัยเกี่ยวกับการผลิตไฮโดรเจนด้วยแสงอาทิตย์ ซึ่งถ้าสามารถลดต้นทุนของการผลิตลงได้ จะทำให้ราคาของเชื้อเพลิงไฮโดรเจนต่ำลง



รูปที่ 3 แสดงการผลิตแกสไฮโดรเจนด้วยกระบวนการแยกน้ำโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์

2. การแยกจากสารเคมี (Thermochemical) โดยปกติแล้ว ไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มักจะรวมตัวกับธาตุอื่น ๆ เกิดเป็นสารประกอบหรือสารเคมีต่าง ๆ ดังนั้นถ้าทำการแยกไฮโดรเจนออกจากสารประกอบดังกล่าว ก็จะสามารถผลิตเชื้อเพลิงไฮโดรเจนได้เช่นเดียวการแยกไฮโดรเจนจากน้ำ

การแยกไฮโดรเจนจากสารเคมีเป็นกระบวนการทางเคมี ซึ่งจะต้องใช้ความร้อนในกระบวนการเพื่อแยกธาตุ หรือได้รับความร้อนออกมาจากกระบวนการรวมตัวของธาตุ ดังนั้นในการผลิตแกสไฮโดรเจนด้วยวิธีแยกจากสารเคมีแต่ละกระบวนการ จะประกอบสมการทางเคมีหลาย ๆ สมการรวมกันอยู่ ตัวอย่างของกระบวนการแยกไฮโดรเจนจากกระบวนการทางเคมีมีดังต่อไปนี้

กระบวนการแยก Hydrogenchloride 2 ขั้นตอน (Two-step hydrogenchloride process)

(1) $2\,HCl$ -----> $H_2 + Cl_2$ electrolysis 300 K

(2) $Cl_2 + H_2O$ ------> $2HCl + \frac{1}{2}O_2$ 900 K - 1200 K

กระบวนการแยก Iron chloride 4 ขั้นตอน (Four-step iron oxide-iron chloride process)

(1) $3FeCl_2 + 4H_2O$ ----> $Fe_3O_4 + 6HCl + H_2$ 800-1200 K

(2) $Fe_3O_4 + 8Hcl$ ------> $2FeCl_3 + FeCl_2 + 4H_2O$ 400K-600 K

(3) $2FeCl_3$ ------> $2FeCl_2 + Cl_2$ 500 K - 700 K

(4) $Cl_2 + H_2O$ ------> $2HCl + \frac{1}{2}O_2$ 900 K - 1200 K

นอกจากการแยกไฮโดรเจนด้วยกระบวนการทางเคมี ซึ่งประกอบด้วยสมการเคมีหลาย ๆ สมการแล้ว ยังมีวิธีแยกไฮโดรเจนด้วยสมการเคมีง่าย ๆ เพียงสมการเดียว ดังตัวอย่างต่อไปนี้

(1) $Hg + 2HBr \text{ ------> } HgBr_2 + H_2$

(2) $2NH_4I \text{ ------> } 2NH_3 + I_2 + H_2$ 800 - 1000 K

(3) $6MnCl_2 + 8H_2O \text{ ------> } 2Mn_3O_4 + 12HCl + 2H_2$ 1000 K

(4) $CU + 4HBr \text{ ------> } H_2CuBr_4 + H_2$ 400 K

คุณสมบัติของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

คุณสมบัติที่สำคัญ ๆ ของเชื้อเพลิงไฮโดรเจนที่เกี่ยวข้องกับการนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ประกอบด้วย

1. <u>คุณสมบัติทางเคมี</u>

1.1 น้ำหนักโมเลกุล ไฮโดรเจน (H_2) มีน้ำหนักโมเลกุล 2.016 g/mole

1.2 ความหนาแน่น ค่าความหนาแน่นของไฮโดรเจนในสถานะแกสที่อุณหภูมิ 25 °C 1 atm คือ 0.076 kg/m^3 ส่วนในสถานะของเหลวจะมีความหนาแน่น 0.071 kg/liter

1.3 จุดหลอมเหลวเท่ากับ -253°C

2. <u>คุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการสันดาปในเครื่องยนต์</u>

2.1 ค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง จากสมการการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

$$H_2 + 0.5\ (O_2 + 3.76\ N_2) \text{ --------> } H_2O + 1.887\ N_2$$

จะสามารถหาค่าอัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงไฮโดรเจนคือ 34.3:1 โดยน้ำหนัก และ 3.4:1 โดยปริมาตร

2.2 อุณหภูมิจุดสันดาป 580°C

พลังงานต่ำสุดที่ใช้ในการสันดาป 0.02 mJ

2.3 ค่าคงที่ในการกระจายตัว 2110 m^2/S

2.4 พิสัยการจุดติดไฟ เชื้อเพลิงไฮโดรเจนมีพิสัยการจุดติดไฟด้านต่ำ 4 % โดยปริมาตร และพิสัยการจุดติดไฟด้านสูง 79 % โดยปริมาตร

2.5 ค่าความร้อนในการเผาไหม้

ค่าความร้อนในการเผาไหม้ด้านสูง 142.0 MJ/kg

ค่าความร้อนในการเผาไหม้ด้านต่ำ 120.0 MJ/kg

3. <u>คุณสมบัติอื่น ๆ ที่มีผลต่อการใช้งาน</u>

3.1 ความปลอดภัยต่ออัคคีเพลิง จากการพิจารณาค่าน้ำหนักโมเลกุลและความหนาแน่นของเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ซึ่งพบว่ามีค่าน้อยมาก ซึ่งจะมีผลทำให้ไฮโดรเจนมีน้ำหนักเบามาก โดยพบว่าเบากว่าอากาศถึง 14 เท่า (ที่ความดันและอุณหภูมิปกติ) ดังนั้นโอกาสที่จะเกิดการลุกไหม้ที่ระดับพื้นดินจึงมีน้อยมาก ซึ่งโอกาสที่จะมีการลุกไหม้ได้ก็คือ เกิดการรั่วซึมอย่างรวดเร็วจนความหนาแน่นของไฮโดรเจนในอากาศหนาแน่นเพียงพอที่จะลุกไหม้ได้

3.2 ความปลอดภัยต่อสุขภาพ ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงที่สะอาด ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น และในปัจจุบันยังไม่สามารถค้นพบได้ว่าไฮโดรเจนจะมีผลต่อมนุษย์ สัตว์ พืช และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ

3.3 การกัดกร่อน โดยปกติแล้วไฮโดรเจนจะไม่กัดกร่อนโลหะ แต่ถ้าเกิดการรวมตัวกับออกซิเจนจะได้น้ำ ทำให้เกิดสนิมและกัดกร่อนเหล็กได้

ตารางที่ 2

เปรียบเทียบคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานของแกสไฮโดรเจน น้ำมันแกสโซลีน น้ำมันดีเซล

คุณสมบัติ	ไฮโดรเจน	แกสโซลีน	ดีเซล
น้ำหนักโมเลกุล (g/mole)	2.016	~110	~170
ความหนาแน่น (kg/m^3)	0.076×10^{-3}	4.23×10^{-3}	-
จุดหลอมเหลว (°C)	-253	-	-
อัตราส่วนผสมระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิง			
A/F ratio โดยปริมาตร	3.4 : 1	58.82	-
A/F ratio โดยน้ำหนัก	34.3 : 1	14.6	14.5
พิสัยการติดไฟ			
ด้านต่ำ (% โดยปริมาตร)	4		
ด้านสูง (% โดยปริมาตร)	75		
พลังงานต่ำสุดที่ใช้ในการสันดาป (mJ)	0.02	0.25	-
อุณหภูมิสันดาป (°C)	580	500	340
ค่าการกระจายของเปลวไฟ (m^2/s)	2110	2000	-
ค่าความร้อนในการเผาไหม้			
ค่าความร้อนต่ำ (MJ/kg)	120.0	44.0	44.8
ค่าความร้อนสูง (MJ/kg)	142.0	47.3	42.5