บทที่ 2

การผลิตและการจัดเก็บไฮโดรเจน

ไฮโดรเจนเป็นเชื้อเพลิงที่ใช้งานทั้งในแบบอยู่กับที่ (Stationary) เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในบ้าน และแบบเคลื่อนที่ได้ (Mobile) เช่น ใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ ทั้งนี้ ปัญหาที่พบมากที่สุดในการใช้เชื้อเพลิงไฮโดรเจนคือ ปัญหาในเรื่องของการจัดเก็บ การจัดเก็บไฮโดรเจนแต่ละวิธีจะมีปัญหาที่แตกต่างกันในเรื่องการผลิต ความปลอดภัย หรือเงื่อนไขอื่นๆ ตัวอย่างเช่น การจัดเก็บในรูปของไฮโดรเจนเหลว ใช้พลังงานในการผลิตสูง ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย ถ้าใช้เป็นเชื้อเพลิงในรถยนต์ มีปัญหาการรั่วจากการระเหยได้ สำหรับการจัดเก็บก๊าซไฮโดรเจนในถังความดันสูงจะไม่มีการรั่วของไฮโดรเจน แต่ถ้าถังได้รับการกระแทกแรงๆ อาจเกิดการระเบิดขึ้นได้ ดังนั้น วิธีการเลือกการจัดเก็บไฮโดรเจน จึงขึ้นอยู่กับน้ำหนักจำเพาะหรือปริมาตรจำเพาะของหน่วยเก็บพลังงาน ราคา พฤติกรรมการใช้งาน ข้อจำกัดทางด้านอายุการใช้งาน ลักษณะโครงสร้างหรือการออกแบบ และมุมมองด้านความปลอดภัย นอกจากนี้ยังจะต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขเกี่ยวกับ พลังงาน ราคา ความหนาแน่น และความบริสุทธิ์ของเชื้อเพลิงอีกด้วย

2.1 ขบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจน

การผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากถ่านหิน

$$Coal + H_2O(g) \rightarrow CO, CO_2, H_2 \quad \text{.....} \quad (2.1)$$

$$CO + H_2O(g) \rightarrow CO_2 + H_2 \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

จากสมการ (2.1) ปริมาณก๊าซไฮโดรเจนที่ผลิตได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพของถ่านหิน อุณหภูมิ เป็นต้น โดยมีไอน้ำจะทำปฏิกิริยาเป็นตัวเร่งในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการ (2.2)

ปัญหาในการผลิตก๊าซไฮโดรเจนแบบนี้คือ การเกิดสารพิษจากซัลเฟอร์ในถ่านหิน ซึ่งแก้ไขได้โดยใช้สารเร่งจำพวกซัลไฟด์

การแยกน้ำด้วยกระแสไฟฟ้า (Water Electrolysis)

เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการแยกก๊าซไฮโดรเจน หากต้องการปริมาณก๊าซไฮโดรเจนสูง สามารถทำได้โดยใช้พลังงานนิวเคลียร์ในการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า ในกรณีนี้เราต้องการก๊าซไฮโดรเจน จึงใช้น้ำเป็นสสาร ซึ่ง 1 โมลของน้ำจะได้ 2 โมล ของก๊าซไฮโดรเจน และ 1 โมลของก๊าซออกซิเจน จะเกิดก๊าซออกซิเจนที่ anode (+) และอิออน H^+ จะเคลื่อนที่ผ่านสารอิเลกโตรไลท์ (electrolyte) เกิดก๊าซไฮโดรเจนที่ cathode (-) ถ้าทำที่อุณหภูมิสูงประมาณ 800-1,000 $^{\circ}C$ ประสิทธิภาพยิ่งได้มาก

ข้อดีสำหรับการผลิตด้วยวิธีนี้คือ สามารถทำที่ความดันสูง ไม่เกิดการกัดกร่อน และลดพลังงานในปฏิกิริยาที่ต้องการได้ จึงทำให้ต้นทุนการผลิตจึงราคาสูงเพราะต้องใช้กระแสไฟฟ้าในการผลิตเพื่อลดต้นทุนการผลิตจึงหาวิธีนำพลังงานจากแสงอาทิตย์ใช้ในการผลิตแทน

กระบวนการทางเคมี

ธาตุโลหะทุกตัวสามารถรวมตัวกับไฮเปอร์ออกไซด์ ในน้ำเกิดก๊าซไฮโดรเจน เช่น ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมหรือโปแทสเซียมกับน้ำ ดังนี้

$$2Na + 2H_2O \rightarrow H_2 + 2NaOH + Heat \quad \text{.....} \quad (2.3)$$

กระบวนการผลิตก๊าซไฮโดรเจนจากคาร์บอนกับน้ำ ดังนี้

$$Heat + C + H_2O \rightarrow H_2 + CO \quad \text{.....} \quad (2.4)$$

ตั้งแต่ค้นพบสารจำพวกปิโตรคาร์บอน ได้แก่ น้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติ ก๊าซไฮโดรเจนจึงสามารถผลิตได้ในปริมาณมาก ด้วยปฏิกิริยาระหว่างไอน้ำกับสาร petroleum hydrocarbons ดังนี้

$$Heat + C_XH_Y + xH_2O \rightarrow (x+0.5y)\ H_2 + xCO \quad \text{.....} \quad (2.5)$$

กระบวนการทางชีวภาพ

กระบวนการนี้เกิดขึ้นจาก เชื้อแบคทีเรียและสิ่งมีชีวิตเล็กๆ บางชนิด ที่สามารถผลิตก๊าซไฮโดรเจนได้จากกระบวนการผลิตไฮโดรคาร์บอน เช่น การเกิดก๊าซมีเทน เป็นต้น

กระบวนการ Photocanversion

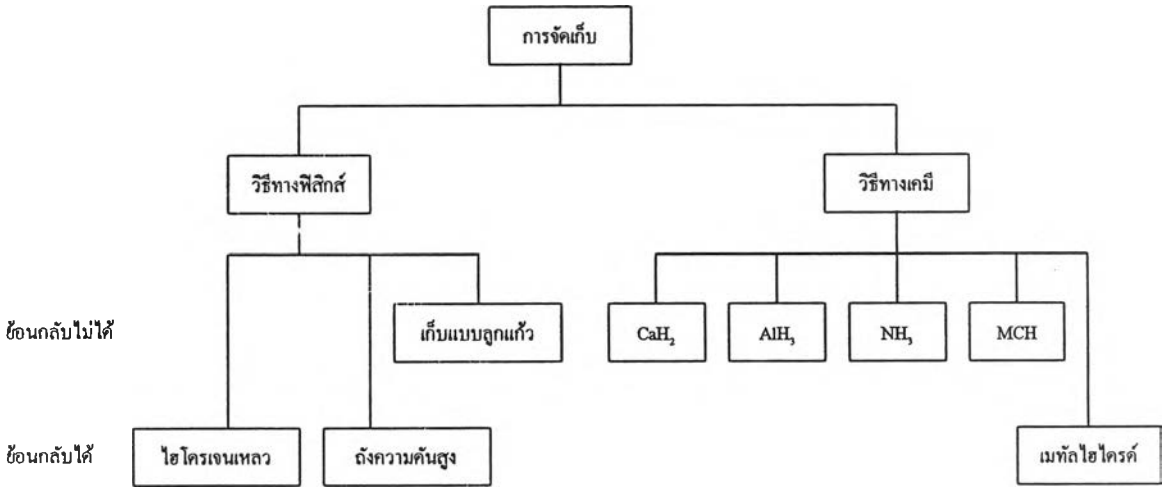
มีเชื้อแบคทีเรียบางชนิด และพืชสีเขียวที่สามารถแยกน้ำออกเป็นก๊าซไฮโดรเจนและก๊าซออกซิเจนได้จากกระบวนการสังเคราะห์แสง โดยก๊าซไฮโดรเจน ถูกพืชสร้างขึ้นเป็นผิว โดยปฏิกิริยารวมตัวของคาร์บอนจากชั้นบรรยากาศ (คาร์บอนไดออกไซด์) กับก๊าซไฮโดรเจน ซึ่งก๊าซออกซิเจนจะถูกปล่อยสู่ชั้นบรรยากาศตามสมการดังนี้

$$Light + H_2O \rightarrow 2H_2 + \tfrac{1}{2} O_2 \quad \text{..... (2.6)}$$

$$Light + H_2 + CO_2 \rightarrow Plant + Tissues \quad \text{..... (2.7)}$$

2.2 การจัดเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจน

การจัดเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมีหลายวิธี ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การจัดเก็บไฮโดรเจนในรูปแบบต่างๆ

การจัดเก็บแบบย้อนกลับไม่ได้

เป็นการจัดเก็บไฮโดรเจนโดยใช้กระบวนการหรือปฏิกิริยาทางเคมีที่สารตั้งต้นไม่สามารถคืนกลับไปสู่สภาพเดิมได้โดยอาศัยปฏิกิริยาย้อนกลับ ทำให้ผู้ใช้ไม่สามารถบรรจุไฮโดรเจนใหม่หลังจากใช้งานแล้วด้วยตนเองได้ แต่ต้องนำวัสดุที่ใช้จัดเก็บไปผ่านกระบวนการบรรจุใหม่ในโรงงาน ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่ค่อนข้างซับซ้อน

การจัดเก็บแบบย้อนกลับได้

เป็นการจัดเก็บที่ใช้กระบวนการหรือปฏิกิริยาที่ตรงข้ามก็สามารถเติมไฮโดรเจนเข้าไปใหม่ได้ ทำให้เกิดความสะดวกในการบรรจุหน่วยพลังงานใหม่ (re-use) ได้เอง โดยไม่ต้องใช้กระบวนการที่ซับซ้อนจากโรงงานผลิต

ในการเปรียบเทียบความสามารถในการจัดเก็บ จะพิจารณาจากพลังงานจำเพาะ โดยในที่นี้จะพิจารณาเป็น % โดยน้ำหนักของไฮโดรเจนต่อน้ำหนักของหน่วยเก็บพลังงาน โดยที่ค่าความร้อนต่ำสุดของไฮโดรเจนมีค่า 120 MJ/kg ดังนั้น 1% ของเชื้อเพลิงไฮโดรเจนโดยน้ำหนักมีค่า 1.2 MJ/kg ของถังเก็บ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าความร้อนต่ำสุดของไฮโดรเจน[1]

%โดยน้ำหนักของไฮโดรเจน	MJ/kg	kg_{H_2}/t
0.5	0.6	5
1	1.2	10
2	2.4	20
3	3.6	30
4	4.8	40
5	6.0	50

[1]ค่าความร้อนต่ำสุดของเบนซิน = 40 MJ/kg, ค่าความร้อนต่ำสุดของแบตเตอรี่ทั่วไป (ตะกั่ว) = 0.1 MJ/kg
พบว่า เชื้อเพลิงไฮโดรเจนให้พลังงานน้อยกว่าเบนซิน จึงนิยมใช้ในงานที่ต้องการพลังงานจำนวนน้อย เช่น ใช้ในรถยนต์ที่วิ่งระยะทางใกล้ ๆ หรือใช้วันต่อวัน

การพิจารณาพลังงานจำเพาะในรูป%โดยน้ำหนักสำหรับเทคนิคการจัดเก็บแบบเมทัลไฮไดรด์จะช่วยให้คำนวณความสามารถในการจัดเก็บได้โดยอาศัยรูปแบบสมการทางเคมี เช่น $LaNi_5H_6$ สามารถเก็บไฮโดรเจนได้ 6 อะตอม

$LaNi_5H_6$: $$\frac{\text{H 6 อะตอม}}{\text{La 1 อะตอม} + \text{Ni 5 อะตอม}} = 1 \quad \text{..... (2.8)}$$

$TiFeH_2$: $$\frac{\text{H 2 อะตอม}}{\text{Ti 1 อะตอม} + \text{Fe 1 อะตอม}} = 1 \quad \text{..... (2.9)}$$

$$\%\text{โดยน้ำหนักของไฮโดรเจน} = \frac{\text{H} \times \text{น้ำหนักโมเลกุล}}{\Sigma(\text{โลหะ} \times \text{น้ำหนักโมเลกุลของโลหะ})} \times 100 \quad \text{..... (2.10)}$$

2.3 ตัวอย่างการจัดเก็บด้วยวิธีทางฟิสิกส์

การเก็บในถังความดันสูง

โดยทั่วไป เก็บในท่อความดันสูง ปริมาตร 50 ลิตร ความดัน 200 bar และความหนาแน่น 16 g_{H_2} / ลิตร หรือ 16 kg/m^3 ท่อมีมวล 65 kg สามารถบรรจุไฮโดรเจนที่ 200 bar ได้ 8.9 m^3 คิดเป็น 795 g ดังนั้น ปริมาณที่บรรจุมีค่า 1.2% โดยน้ำหนัก ซึ่งถ้าใช้โลหะพิเศษ TiAl16V4 จะสามารถบรรจุได้ถึง 3.5% โดยน้ำหนัก

การเก็บในลูกแก้ว

วิธีนี้พัฒนาโดย Brookhaven National Laboratory (BNL) [5] ใช้ลูกแก้วทรงกลมกลวง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 – 100 ไมครอน หนาประมาณ 1 – 10 ไมครอน อาศัยหลักการของการแพร่ (diffusion) ของไฮโดรเจนที่อุณหภูมิสูง ผ่านผนังของลูกแก้ว ซึ่งลูกแก้วจะถูกให้ความร้อนจนมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 300 – 400 °C ที่ความดัน 400 – 500 bar แล้วให้ไฮโดรเจนแพร่ผ่านผนังของ ลูกแก้ว หลังจากนั้นทำให้เย็นลงที่อุณหภูมิ 20 °C ความเร็วในการแพร่ของไฮโดรเจนผ่านผนังลูกแก้วจะลดลง และความดันภายในลูกแก้วจะลดลงเหลือ 200 bar (ที่ความดันบรรยากาศ อุณหภูมิ 20 °C) สามารถเก็บไฮโดรเจนได้ 4.6% โดยปริมาตร เนื่องจากความดันภายในลูกแก้วกับบรรยากาศภายนอกมีความแตกต่างกันมาก ไฮโดรเจนจะสามารถแพร่หรือรั่วออกมาได้ หลังบรรจุจึงควรรีบนำมาใช้งาน

การเก็บในรูปความดันต่ำ (การเก็บในรูปของไฮโดรเจนเหลว)

ไฮโดรเจนเหลวใช้เป็นเชื้อเพลิงในยานอวกาศ มีความหนาแน่น 70 kg/m^3 ซึ่งในปริมาณเชื้อเพลิงจำนวนที่เท่ากัน ถังเก็บไฮโดรเจนเหลวจะมีขนาดใหญ่กว่าถังเก็บเชื้อเพลิงเบนซินถึง 4 เท่า

ค่าความหนาแน่นโดยมวลของพลังงานมิได้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ทำถังเก็บเพียงอย่างเดียว แต่ยังขึ้นอยู่กับมวลของฉนวน มวลของโครงสร้างถัง และมวลของอุปกรณ์เสริม เช่น อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนหรือปั๊ม ในกรณีที่พิจารณาถังเก็บเพียงอย่างเดียว ถ้าใช้ถังเหล็กบรรจุไฮโดรเจนจะมีขนาดใหญ่เป็น 4 เท่าของถังบรรจุเบนซิน ถ้าใช้ถังอะลูมิเนียมบรรจุไฮโดรเจนจะมีขนาดใหญ่เป็น 2 เท่าของถังบรรจุเบนซิน แต่การเก็บที่ 20 K ก็มีการสูญเสียไฮโดรเจนเนื่องจากการกลายเป็นไอของไฮโดรเจนเหลวด้วย

Cryogenic Adsorption

ในวิธีการนี้ ไฮโดรเจนเหลว (ที่มีอุณหภูมิ 77 K) กับ Cryogenic จะไปเกาะ (adsorb) ที่คาร์บอนกัมมันต์ (activated carbon) ทำให้เกิดรูพรุน เกิดมีความดันและความเย็นโดยไม่มีการรั่วและไม่ได้เก็บในรูปของเหลว แต่เปรียบเสมือนการรวมวิธีการเก็บที่ความดันสูงกับการเก็บที่อุณหภูมิต่ำเข้าด้วยกัน ซึ่งวิธีการนี้จะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในอนาคต

2.4 ตัวอย่างการจัดเก็บด้วยวิธีทางเคมี

การเก็บไฮโดรเจนในรูปแอมโมเนีย

$$2NH_3 \longrightarrow 3H_2 + N_2 \quad \text{..... (2.11)}$$

ปฏิกิริยาตามสมการ(2.11) เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) มีการเปลี่ยนแปลงของเอนทาลปี, $\Delta H = +31\ kJ/mol_{H_2}$ กล่าวคือ สารตั้งต้นมีเอนทาลปีต่ำกว่าสารผลิตผล ต้องใส่ความร้อนเพื่อให้ได้ไฮโดรเจนออกมา โดยกระบวนการแตกตัวนี้เกิดที่อุณหภูมิ 600 °C ในอุปกรณ์แยกก๊าซ ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่านี้ การแตกตัวจะไม่สมบูรณ์และจะเกิดปฏิกริยาย้อนกลับ ทำให้ไฮโดรเจนกับไนโตรเจนรวมตัวเป็นแอมโมเนีย (NH_3) ตามเดิม

สำหรับอุปกรณ์เก็บแอมโมเนียประกอบด้วยถังเก็บแอมโมเนีย อุปกรณ์แยกก๊าซ และตัวฮีทเตอร์ มีข้อมูลดังต่อไปนี้

ถังเก็บแอมโมเนีย : น้ำหนักถัง 42 kg น้ำหนักถังเมื่อบรรจุแอมโมเนีย 63 kg
ปริมาตร 40 ลิตร ปริมาตรรวม 67 ลิตร

เมื่อแยกแอมโมเนียทั้งหมด 21 kg ออกมาเป็นก๊าซ จะได้ก๊าซปริมาตร 55.3 m^3 ซึ่งประกอบด้วยไนโตรเจน 13.8 m^3 และไฮโดรเจน 41.5 m^3

อุปกรณ์แยกก๊าซ : น้ำหนักพร้อมหัวเผา (burner) 13 kg น้ำหนักอุปกรณ์ควบคุม 3 kg
ปริมาตร 11 ลิตร ปริมาตรรวม 20 ลิตร
ความสามารถในการผลิตไฮโดรเจน 1.95 $m^3_{H_2}/h$

ฮีทเตอร์ : กำลังระบุ 320 $g_{propane}$/h

น้ำหนักรวมของpropane 6.8 kg

การสันดาปไฮโดรเจนที่ 2 kW และปริมาณบรรจุ 26 kg/kg_{H_2} จะต้องใช้พลังงานเป็น 9 เท่าของพลังงานที่ใช้ในฮีทเตอร์ สำหรับรถยนต์กำลัง 50 kW จะต้องใช้ไฮโดรเจน 6 kg เมื่อเป็นการเก็บไฮโดรเจนในรูปแอมโมเนีย จะมีน้ำหนักรวมถังและอุปกรณ์ 60 kg/kg_{H_2} ซึ่งหนักเป็น 20 เท่าของถังเก็บเชื้อเพลิงเบนซิน

การเก็บในรูปน้ำ

พบว่า น้ำจำนวน 18 g จะมีไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบอยู่ 2 g คิดเป็น 11% โดยน้ำหนัก และน้ำจำนวน 160 ลิตร จะมีไฮโดรเจนเป็นส่วนประกอบ ซึ่งนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงได้เทียบเท่าเบนซิน 65 ลิตร (50 kg) แต่ทั้งนี้ การแยกน้ำออกเป็นไฮโดรเจนกับออกซิเจน จะต้องอาศัยกระบวนการแตกตัวที่อุณหภูมิ 2,000 °C ซึ่งถ้าต้องการให้ขั้นตอนนี้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิห้องก็จะต้องใช้กระบวนการอื่น กล่าวคือ อาศัยกระบวนการทางเคมี แยกไฮโดรเจนออกมาจากน้ำโดยใช้โลหะแอลคาไล เช่น ลิเทียม (Li),โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K) หรือโลหะ เช่น แบเรียม (Ba), แคลเซียม (Ca) ทำปฏิกิริยากับน้ำ ซึ่งปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะมีความรุนแรงมากน้อยตามปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) ดังต่อไปนี้

โลหะแอลคาไล : $2H_2O + 2Me \longrightarrow 2MeOH + H_2O + \Delta H_0^f$ ..... (2.12)

โลหะแอลคาไลน์เอิร์ท : $2H_2O + 2Me \longrightarrow Me(OH)_2 + H_2 + \Delta H_0^f$ ..... (2.13)

โลหะแอลคาไล (Alkali Metal) เช่น Na, K จะทำปฏิกิริยากับน้ำอย่างรุนแรงมาก และเกิดสารผลิตผลที่มีคุณสมบัติเป็นกรด จึงไม่เหมาะสมกับการใช้ในรถยนต์ เพราะจะกัดกร่อนถังเชื้อเพลิง เมื่อพิจารณาพลังงานที่ใช้ในการผลิต จะพบว่า เมทัลไฮไดรด์ที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ คือ CaH_2 ซึ่งมีลักษณะเป็นผลึกสีขาว โดยทำปฏิกิริยากับน้ำได้ก๊าซไฮโดรเจน ดังสมการ

$$CaH_2 + 2H_2O \longrightarrow Ca(OH)_2 + 2H_2 + \Delta H_0^f \qquad (\Delta H_0^f = -113\ kJ/mol_{H_2}) \quad \ldots (2.14)$$

จะเห็นว่า กระบวนการนี้จะมีการคายพลังงานออกมา ดังนั้น ถ้าใช้ในรถยนต์จะต้องมีอุปกรณ์สำหรับระบายความร้อนเพิ่มเติม ซึ่งอาจจะไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ สรุปได้ว่าเชื้อเพลิงไฮโดรเจนมีความเหมาะกับการใช้งานเนื่องจาก

1. ใช้ในรถยนต์ เมื่อน้ำมันเบนซินหรือน้ำมันเตามีไม่เพียงพอ
2. ใช้ในบริเวณที่ต้องการให้ปลอดมลพิษ

ปัญหาเกี่ยวกับการจัดเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจน ได้แก่ น้ำหนัก, ปริมาตร, พลังงานที่ใช้ในการเตรียม นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงสภาวะที่ใช้ในการจัดเก็บ เช่น การเก็บที่ความดันสูงจะเกิดการระเบิดขึ้นได้ จะต้องพิจารณาเรื่องความปลอดภัยเป็นหลัก แต่ปัญหาที่สำคัญที่สุดคือ เชื้อเพลิงไฮโดรเจนมีพลังงานต่อหน่วยมวลน้อยเมื่อเทียบกับเชื้อเพลิงเบนซินหรือน้ำมันเตาที่ใช้ในฮีทเตอร์ ดังนั้น เชื้อเพลิงไฮโดรเจนยังไม่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันได้ในปัจจุบัน เพราะปัญหาเรื่องน้ำหนักของหน่วยเก็บพลังงานนั่นเอง

การเลือกเทคโนโลยีที่เหมาะสมในการจัดเก็บนั้น นอกจากจะต้องพิจารณาพลังงานต่อน้ำหนักแล้ว ยังต้องพิจารณาเงื่อนไขอื่นอีก สำหรับการจัดเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนแล้ว การปล่อยก๊าซไฮโดรเจนออกจากถังเพื่อใช้งานจะต้องไม่ใช้พลังงานสูง

หน่วยเก็บพลังงานที่ใช้ควรเก็บพลังงานต่อหน่วยปริมาตรได้สูง เพื่อจะได้มีขนาดเล็ก ในด้านความปลอดภัย รูปแบบการจัดเก็บที่เหมาะสม คือ การเก็บในถังความดันสูง (สามารถมีก๊าซอื่นเจือปนได้บ้าง) หรือการเก็บแบบไฮโดรเจนเหลว การเก็บแบบไฮโดรเจนเหลว จะใช้พลังงานปฐมภูมิสูง ส่วนการเก็บในถังความดันสูง จะใช้พลังงานปฐมภูมิต่ำกว่า ซึ่งการเก็บแบบไฮโดรเจนเหลวจะมีข้อเสีย คือ ไฮโดรเจนสามารถรั่วได้ และไฮโดรเจนที่นำมาเก็บจะต้องบริสุทธิ์มาก หากมีสารอื่นเจือปน เช่น มีอากาศเจือปนอยู่ อากาศจะกลายเป็นผลึกและผ่านเข้าไปในปั๊ม ทำให้ปั๊มเสียหายได้ ในด้านราคา ถังเก็บควรจะสามารถใช้กับไฮโดรเจนที่มีก๊าซอื่นเจือปนได้บ้าง (ไฮโดรเจนไม่ต้องบริสุทธิ์มาก) และผู้ใช้สามารถบรรจุไฮโดรเจนใหม่ได้ด้วยตนเอง

สำหรับการเติมและจ่ายไฮโดรเจนเพื่อใช้งานนั้น ความดันและอุณหภูมิขณะเติมและจ่ายไม่ควรสูงมาก ถังบรรจุควรจะทนทาน ไม่ต้องการการดูแลรักษามากนัก สามารถเติมหรือจ่ายไฮโดรเจนได้บ่อยครั้งเท่าที่ต้องการ ด้วยระยะเวลาที่เหมาะสมทางด้านเทคนิค (15-30 นาทีต่อครั้ง) จ่ายพลังงานได้นานและมากพอ ไม่รั่ว วัตถุดิบหาง่าย ไม่มีปัญหาในการผลิต และราคาต่ำ

เมื่อพิจารณาตามเกณฑ์ที่กล่าวมา การจัดเก็บที่ตรงกับเงื่อนไขที่ต้องการมากที่สุด คือ ถังเก็บเชื้อเพลิงไฮโดรเจนแบบเมทัลไฮไดรด์ กล่าวคือ

1. ผู้ใช้สามารถเติมไฮโดรเจนเองได้
2. ไฮโดรเจนไม่จำเป็นต้องบริสุทธิ์มาก (เนื่องจากสารเจือปนจะไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะ)
3. โลหะหาง่าย และผลิตง่าย
4. ความดันและอุณหภูมิขณะเติมและจ่ายไม่สูงมาก (ที่อุณหภูมิห้อง)
5. ไม่รั่ว (ที่อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิทำงาน โลหะจะไม่คายไฮโดรเจนออกมา)
6. ระยะเวลาในการเติมหรือจ่ายไฮโดรเจนมีความเหมาะสม

แต่อย่างไรก็ตาม การจัดเก็บแบบนี้ยังมีข้อบกพร่องในเรื่องน้ำหนัก ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับถังเชื้อเพลิงเบนซินที่ให้พลังงานเท่ากัน ถังเมทัลไฮไดรด์จะหนักกว่า 10 – 20 เท่า เนื่องจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นขณะจ่ายไฮโดรเจนเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน ซึ่งอาจจะนำไปดัดแปลงเพื่อใช้ปรับอากาศในห้องคนขับได้ (ปกติ กระบวนการนี้มีประสิทธิภาพเพียง 30 – 35% แต่ถ้าทำได้ถึง 60% จะสามารถใช้ความร้อนจากห้องคนขับไล่ไฮโดรเจนออกจากเมทัลไฮไดรด์ได้ด้วย)

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไฮโดรเจน [7]

Property	Hydrogen	
	gaseous	liquid
1. Molecule mass	2.016	2.016
2. Density, g cm^{-3} (20 °C, 760 mm Hg)	83. 764X 10^{-6}	0.0708
3. Specific heat absorption, J g^{-1} K	14.89	9.69
4. Dynamic viscosity, g cm^{-1} s	0.0000875	0.000133
5. Heat conduction, mW cm^{-1} K	1.987	1.00
6. Range of combustion in air in volume, %	4-75	-
7. Stoichiometric content in volume, %	29.63	-
8. Minimun ignition energy in air, mJ	0.02	-
9. Self-ignition temperature, K	858	-
10. Flame temperature in air, K	2,318	-
11. Amount of heat energy in percentage emitted by the flame in environment	17-25	-
12. Combustion speed in air at normal conditions, cm^2 s^{-1}	265-325	-
13. Detonation rate in air at normal conditions, Km s^{-1}	1.48-2.15	-
14. Diffusion coefficient in air at normal conditions, cm^2 s^{-1}	0.61	-
15. Rate of diffusion in air at normal conditions, cm s^{-1}	2.00	-
16. Rate of rise in air at normal conditions, m s^{-1}	1.2-9	-
17. Working mixture content-ratio of amount of air and fuel		
(a) ratio of air and fuel (in units of wieght)	364.8-4.8	-
(b) ratio of air and fuel (in units of volume)	24-0.3	-
18. Theoretical content of the working mioxture		
(a) ratio of air and fuel (in units of wieght)	34.3	-
(b) ratio of air and fuel (in units of volume)	2.38	-
19. Low heat of combustion		
(a) in mass KJ kg^{-1}	120,000	-
(b) in volume KJ cm^{-2}	-	8,496

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของไฮโดรเจน (ต่อ)

Property	Hydrogen	
	gaseous	liquid
20. Heat emission from I ml stoichiometric mixture, KJ	3.185	-
(a) combustion products, mg;		
H_2O	239.0	-
CO_2	-	-
(b) change of the volume of exhaust gases	-15%	-