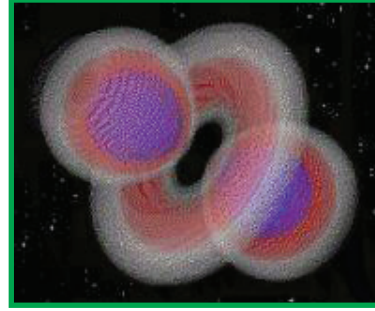


### ENERJİ TAŞIYICI OLARAK HİDROJEN

Hidrojen ifadesi 1787 yılından beri kullanılmaktadır. Bu tarihte ünlü kimyacı Fransız Lavoissier Hidrojeni “Hydrogène” olarak tanımlanmıştır. Latince Hydror = su genes = oluşturan demektir. Böylece hidrojen su oluşturan olarak tanımlanmıştır.

Hidrojen (H) gerçekte molekül halinde bulunur. Moleküller iki atomun bir araya gelmesiyle oluşmuştur. (H<sub>2</sub>). Doğada ise H<sub>2</sub> molekülü serbest halde çok nadir olarak bulunur, çünkü H<sub>2</sub> bulduğu oksijen (O) atomu ile çok çabuk olarak reaksiyona girer ve suyu oluşturur.<sup>1</sup>



Şekil 2.1. Hidrojen Molekülü

#### 2. 1. Hidrojenin Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

Oda koşullarında hidrojen gaz formunda bulunur.

Hidrojenin oda koşullarında sıvılaştırmak için - 253 °C lik sıcaklığa inilmesi gerekir. Kaynama noktası hidrojenden düşük olan tek gaz (-270 °C) ile Helyum dur.

##### *Hidrojen*

- ◆ Zehirsizdir ve yamcı değildir.
- ◆ Çevrecidir ve suları tehdit etmez.
- ◆ Kokusuzdur.
- ◆ Tatsızdır.
- ◆ Kolay uçucudur.
- ◆ Kendi başına patlayıcı değildir.
- ◆ Radyoaktif değildir.
- ◆ Kanserojen değildir.

## Hidrojen için önemli büyüklükler



◆ Erime noktası H <sub>2</sub> ,T <sub>e</sub>	= -259,15 °C
◆ Kaynama noktası sıvı H <sub>2</sub> ,T <sub>k</sub>	= -252,76 °C
◆ Yoğunluk sıvı H <sub>2</sub> d <sub>LH<sub>2</sub></sub>	= 70,79 g/l 20,3 K ve 1,0 13 mbar
◆ Yoğunluk gaz H <sub>2</sub> d <sub>GH<sub>2</sub></sub>	= 1,34 g/l 20,3 K ve 1,0 13 mbar
◆ Kritik nokta sıcaklığı T <sub>K</sub>	= 33K
◆ Kritik nokta basıncı P <sub>K</sub>	= 12,9 bar
◆ Kritik sıcaklıktaki yoğunluk d <sub>k</sub> , GH <sub>2</sub>	= 31,4g/l
◆ Hava ile tutuşma bölgesi	= %4,0 ile 77,0 arası
◆ Tutuşma sıcaklığı	= 560 °C
◆ 25°C ve 1 bar daki ısı iletkenliği	= 1,9 W /cmK
◆ Difüzyon katsayısı	= 0,61 cm <sup>2</sup> / 5

## Bazı önemli notlar;

✓ % 55'lik kütlece oran ile yeryüzündeki en fazla elementtir.

✓ Mevcut hidrojen atomlarının 1/6000'i "Ağır Hidrojendir".

✓ Bu atomlarda çekirdekte 1 nötron bulunur. Bunlar döteryum diye adlandırılır.

✓ Hidrojen atomlarının milyarda biri ise çekirdeğinde iki nötron bulunan Trityum halindedir. Trityum 12 yıl içinde Helyum izotopuna dönüşür. ( <sup>3</sup>He )

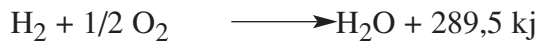
✓ Diğer yükseltgenlerle ve oksijenle reaksiyona girebilir. (Klor ve Siner gazları gibi)

✓ Ultraviyole bölgede yanma sağlar. (Yaklaşık 310nm) Güneş yanıklarına sebebiyet verebilir.

✓ Diğer yanıcı gazlara oranla yapısında karbon bulunmadığından dolayı yanma esnasında 10 kat daha az ısıya yayar.

✓  $2 H \longleftrightarrow H_2 + 437,6 \text{ kJ/mol}$  Molekülü parçalamak için 437,6 kJ enerji gerekir.

✓ Oksijen ile yanması sonucu mol başına 289,5 kJ enerji açığa çıkar.



**Resim 2.1.** Nebulalar yüksek emisyonunda hidrojen içerir ve söndüğünde bunu evrene yayarlar.<sup>2</sup>

## 2. 2. Hidrojen Uçucudur

Hidrojen uçuculuğu çok kolay olan bir gazdır. Havadan onu ayrılan en belirgin farkı difüzyon katsayısının çok büyük olması ve havaya göre yoğunluğunun çok az olmasıdır.

Gaz halindeki hidrojen çevreye yayıldığında hava ile çok hızlı karışır ve havanın yanma sınırını çok aşağı değerlere çekebilir. Molekülleri oldukça küçük olduğundan difüzyon katsayısı çok büyük, viskozitesi ise oldukça küçüktür bu nedenle hızlı yayılır ve çok küçük deliklerden bile kaçabilir.

Sıvılaştırılmış hidrojen serbest bırakıldığında yüksek ısı iletkenliği ve havayla karıştırıldığında sıcaklık farkının yüksek olması nedeniyle çok hızlı buharlaşır. Benzinde olduğu gibi gaz birikmesi meydana getirip yanıcı bir buhar oluşturmaz ve dipte bir tortu da bırakmaz. Sıvılaştırılmış hidrojen üzerindeki basınç kaldırıldığında ise çok hızlı gaz formuna geçer. (0,4 ile 0,8 mm / s hızla)

## 2. 3. Diğer Maddelerle Olan Etkileşimleri

Hidrojenin bu avantajlı atomik özellikleri yanında diğer maddelerle olan etkileşmelerini ve farklı ortamlardaki davranışlarını da incelemek gerekir. Bu incelemeleri yapmaktaki esas amaç diğer yakıt türleri ile güvenli kullanılabilirliğini karşılaştırabilmektir.

Yakıt olarak özellikle sıvı hidrojenin tercih edildiği durumlarda ortam sıcaklığının çok düşük olması bazı problemleride beraberinde getirir. Bu durumda kullanılacak malzeme seçimi daha da önemli hale gelmektedir. Bu düşük sıcaklık değerinde erime noktası yüksek çoğu madde aşırı sertleşir ve kırılgan hale gelebilir. Sıcaklık ne kadar düşüktüğüne kullanılacak metal aksam o denli titizlikle seçilmelidir. Bu koşullarda malzemeler dış etkilere karşı oldukça dayanılmaz olduğundan kullanılan alaşımların bileşimi önemlidir.

Ayrıca hidrojenin saklandığı kapları da özenle seçmek gerekir. Hidrojen atomik halde metal örgü yapısını içine girebilir, böylece metallere kaçma olasılığı da artar. Depolamada büyük bir problemle karşılaşılabilir. Atomik hidrojen, hidrojen molekülünün parçalanması yanısıra  $H_2S$ ,  $HCl$  ve  $HCN$  gibi ayrıştırıcı gazların varlığında da oluşur.

Sıcaklığın  $200^\circ C$  'nin üstüne çıktığı koşullarda hidrojen, Karbon ve çelikteki diğer elementer ile reaksiyona girebilir. Bu durumda metal kabın yapısında metalin ağ örgüsünden kaynaklanan deformasyonlar oluşur. Deformasyonlar kaplardan hidrojenin daha kolay kaçmasına neden olur. Hidrojen depolama tekniğinde metal olarak bakır, alüminyum ve titanyum ve alaşımlarının yanısıra demir-nikel alaşımları ve östenitik Krom-Nikel çelikleri kullanılır. Soy çelikler yapısı gereği düşük sıcaklıkta kullanılan vanalarda kolaylıkla tercih edilebilir. Çünkü bu tür çelikler oldukça negatif sıcaklıklarda bile sağlamlıklarını korurlar ve yeterli sertlik gösterirler. Bu yapıdaki materyaller soğuk koşullarda plastik gibi form alabilir ve yapıları ve sağlamlık özellikleri değişebilir.<sup>3,4,5</sup>

Kullanılacak malzemelerin niteliği yanısıra bu malzemelere nasıl ve hangi yöntem-

lerle şekil verileceği de önemli bir problemdir. Bu amaçla genellikle kaynak teknolojisinden yararlanılır. Kaynak esnasında ulaşılan yüksek sıcaklıklar metallerin şekil verilen bölgelerinde farklı deformasyonlar oluşmasını sağlar. Bunun için daha uygun bir teknoloji olan “Düşük basınç altında elektro-ark kaynakları kullanmak daha uygun olmaktadır.”<sup>6</sup>

#### 2. 4. Atmosfere Salınacak Hidrojen

Yapılan çalışmaların çoğunda işlemler sırasında gaz formunda açığa çıkan hidrojenin doğaya karışma miktarı gözardı edilmiştir. Hidrojen miktarının artması çevre ve iklimi etkiler mi? Üzerinde düşünülmesi gereken bir konu da budur. Bugünkü enerji endüstrisinde hidrojen emisyonunun ancak % 0,005’i doğal yollardan elde edilmiştir.

Eğer hidrojen gereksimi için öngörülen senaryolar hayata geçerse hidrojen gaz emisyonunda %5’lik gibi maksimum bir artış olacaktır. Bu ise 1,5 milyon tonluk yıllık hidrojen emisyonunun atmosfere salınan miktarının 0,51 ppm den 0,54 ppm çıkması demektir.

2050 yılında kabaca 1 milyar aracın yollarda olduğunu, ve bunların %10 ile 20’si hidrojen tükettiği düşünülürse bile hidrojen emisyonunun yıllık 0,2 milyon tondan 0,8 milyon tona çıkması beklenmektedir. Bu ise atmosferde su buharı oluşumunu artırır ancak bu etki CO<sub>2</sub> miktarının artışının iklime etkisi yanında küçümsenecek kadar azdır.

#### 2. 5. Günlük Gaz İhtiyacına Göre Kullanım

Hidrojenin uzun zamandan bu yana şehir şebekelerinde diğer gazlarla birlikte kullanımını ön görülmüştür. 19. Yüzyılda şehir içi tüketim için gaz hatları döşenirken hidrojeninde evsel kullanımda, ısınma ve pişirmede yer alıp alamayacağı düşünülmüştür. Şehir gazı hatlarına hidrojen ve karbonmonoksit’in birlikte verilmesi planlanmıştır. Daha sonraları doğalgazın yaygın olarak kullanılmaya başlanması ile doğalgaza katılıp katılmayacağı tartışılmış ve ilk uygulamalardan biri Almanya’da 90 ‘lı yılların başında yapılmıştır. İsviçre’nin Stokholm kentinde 800 km uzunluğunda düşük basınç boru ağı şebekeleri kurulmuş ve kullanıma sunulmuştur.

Teknik olarak bugün kullanılan doğalgaza hidrojen katmak mümkündür. %5’lik bir orana kadar hidrojen ilavesinde sistemlerde teknik bir değişime gerek duyulmamaktadır. Eğer oran %50’lere çıkarsa bütün sistemlerin, boru metaryellerinin, ocak ağızlarının ve sayaçlarının değişmesi gerekir.<sup>7</sup>

1. [www.webelements.com/hydrogen.html](http://www.webelements.com/hydrogen.html)
2. [antwrp.gsfc.nasa.gov](http://antwrp.gsfc.nasa.gov)
3. Hübner, W., “Investigations in Materials Behaviour in Cryogenic Tribosystems for the Formulation of Safety Regulations”, Hypothesis IV. 10-14, September 2001
4. Grandt, T., vd., ‘Friction and Wear Testing in Liquid Hydrogen’, Hypothesis IV. 10-14 September, 2001
5. Şahin, M., vd., “The Inhibition Effects of Some Cyclic Nitrogen Compounds on the Corrosion of the Steel in NaCl Mediums”, Applied Surface Science, 195, p:1-4, 2002
6. Tanaka, J., “Evaluation of Mechanical Properties of Structural Materials in Liquid Hydrogen”, Hypothesis IV. 10-14 September, 2001
7. Altmann, M., “L-B Systemtechnik-Analyse”, Wassestoff Forum in Energiewerk Brief, 10, p: 24, 2001