MBD 2017, 6 (2): 106 – 110

MESLEKİ BİLİMLER DERGİSİ
ISSN: 2146 - 7420
www.meslekibilimler.com

MAKALE HAKKINDA

Geliş :

MAYIS 2017

Kabul:

TEMMUZ 2017

HİDROJEN TEKNOLOJİSİ, POTANSİYELİ VE GELECEĞİ

HYDROGEN TECHNOLOGY, ITS POTENTIAL AND FUTURE

Murat KADEMLİ[a]

Öz

Bu çalışmada, hidrojen teknolojilerinin mevcut durumu, üretim metotları, kullanım alanları, potansiyeli ve gelecekte enerji sektöründe alacağı rol irdelenmektedir. Hidrojen teknolojileri günümüz koşullarında üretim maliyeti, depolama zorlukları ve taşıma maliyetlerinin yüksek oluşu nedeniyle endüstride yeterli düzeyde yer edinememesine rağmen geleceğin dünyasında enerji sektöründe büyük umutlar vadeden bir yapıdadır.

Ancak hidrojen ile ilgili en önemli soru, hidrojenin kaynağıdır. Günümüzde dünyada hidrojen üretiminin yarıdan fazlası doğalgaz re-formasyonu, biokütle ve kömür v.b. fosil yakıtların prolizi ile gerçekleşmektedir. Bu durumda, gelecekte de bu şekilde devam edecek bir teknolojinin temiz enerji kaynağı olması mümkün görünmemektedir. Temiz enerji kaynakları ile üretilecek elektrik enerjisi kullanılarak sudan üretmek mümkün olsa dahi günümüzde çok verimli olduğu söylenemez. İleriki dönemlerde hidrojen teknolojilerinin gelişmesi ve endüstride yer tutabilmesi için hidrojen üretim kaynağının ve yönteminin büyük önemi bulunmaktadır.

Hidrojen göz ardı edilemeyecek bir potansiyele sahiptir, ancak hali hazırda sahip olduğu dezavantajların akılcı metotlarla elimine edilmesi, güvenli, temiz ve ucuz üretim ve depolama tekniklerinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen Teknolojisi, Hidrojenin Kullanımı, Hidrojen Üretimi

Abstract

In present study, the current state of hydrogen technology, the production methods, usage areas, its potential, future and its role in future industry are argued. Hydrogen technology promises hope for future world although it has not adequate situation itself today because of its difficulties such as high production cost, storage problems and transportation issues.

However, the most important question about hydrogen is its source. The hydrogen production of worldwide is depending on natural gas deformation, biomass and coal pyrolysis and such fossil sources. In this situation, it is obvious that the hydrogen cannot be classified as clean energy source. On the other hand, it can be produced by using water and electricity which is produced by clean sources like sun or wind power. But, these processes are not efficient because of energy transforming losses. Hydrogen technology should solve these source problem for gaining good situation in future industry.

Keywords : Hydrogen Technology, Hydrogen Usage, Hydrogen Production

a Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1. OSB MYO, kademli@hacettepe.edu.tr

Giriş

Hidrojen Periyodik cetvelin ilk sırasında bulunun atom numarası 1 olan "H" ile gösterilen ve evrende en yaygın şekilde bulunan (bilinen evrenin yaklaşık % 77'si) bir elementtir. Evrendeki yıldızların büyük kısmı plazma şeklindeki Hidrojen elementinden ve füzyon sonucu oluşan Helyum elementinden oluşmaktadır. Doğada genellikle H_2 olarak ve gaz halinde bulunur. Temel özellikleri çizelge 1 de verilmektedir.

Çizelge 1. Hidrojenin Özellikleri

Özellik	Birim	Değer
Yoğunluk	kg/m^3	0,0838
Moleküler Ağırlığı	Amu (Atomic Mass Unit)	2
Yüksek Isıl Değeri	MJ/kg	141,9
Düşük Isıl Değer	MJ/kg	119,9
Kaynama Sıcaklığı	K	20,3
Sıvı Olarak Yoğunluğu	kg/m^3	70,8
Kritik Sıcaklık Noktası	K	32,94
Kritik Basınç Noktası	Bar	12,84
Kritik Yoğunluk Noktası	kg/m^3	31,4
Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı	K	838

Renksiz, kokusuz, oldukça yanıcıdır. Atomik kütlesi 1,00794 g/mol'dür. Hidrojenin yanma ısısı oldukça yüksektir ve zehirli etkisi yoktur. Yanma sonucunda ise sadece su buharı meydana gelir. Aynı ağırlıktaki benzine göre sıvı hidrojenin sağladığı enerji yaklaşık 2,75 kat daha fazladır. Hidrojen çok amaçlı bir yakıttır. Oksijen ile birlikte yakılarak ısıtma amaçlı olarak kullanılabilir. Motor veya gaz türbiniyle bir jeneratörü tahrik ederek veya yakıt pili olarak kullanılarak elektrik üretilebilir. Taşıtlarda; basınç altında, sıvı halde ve metal hidrid ve/veya borhidrit şeklinde depo edilerek motor yakıtı olarak kullanılabilir. Kimya endüstrisinde ham madde olarak kullanılır.

Hidrojenin Fiziksel Özellikleri

Havaya oranla çok daha düşük yoğunluğa sahiptir. Dolayısıyla, gözenekli yapıların içerisinden hava veya başka gazlara oranla çok hızlı geçer ve/veya diğer gaz formundaki maddelerin geçemeyeceği kadar küçük açıklıklardan geçer ve sızar. Hidrojen gazı, sıvılaştırılması en zor gazdır, kaynama sıcaklığı yaklaşık olarak 20 K (-253 ^oC) ve donma sıcaklığı ise 14 K (- 259 ^oC)' dir. Oldukça iyi bir ısı ileticisidir.

Hidrojenin Kimyasal Özellikleri

Kimyasal olarak çok etkin bir yapıdadır. Kimyasal reaksiyon hızı sıcaklıkla ve/veya katalizör varlığında artar, birçok elementle reaksiyona girebilir. Çok belirgin şekilde elektropozitif özelliğe sahiptir. Dolayısıyla, kimyasal reaksiyona girdiği elementleri indirger, ancak metal oksitler içerisinde oldukça kararlı olanları hidrojen tarafından indirgenemez, elektroliz yöntemlerinin devreye alınması veya hidrojen gazından daha aktif elektropozitiflik gösteren metallerin (aktif metal) varlığında sementasyon gibi elektrokimyasal metotlar ile mümkün olabilir.

Hidrojenin Üretim Metotları

Buhar Re-formasyonu

Hidrojen üretiminde endüstride en yaygın olarak kullanılan yöntem doğalgazın buhar re-formasyonu'dur. Bu yöntem ucuz ve aynı zamanda verimli olduğundan yaygın olarak tercih edilmektedir. Yöntemin yaklaşık verimi % 75 iken geriye kalan kısım ise ısı kaynağı

a Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1. OSB MYO, kademli@hacettepe.edu.tr

olarak kullanılabilmektedir (Rifkin, 2002; Lovins 2004).

Buhar re-formasyonunda oluşan tepkimeler iki adımda gerçekleşir.

$$1.CH_4 + H_2O \longrightarrow CO + 3H_2 \quad (\Delta H = +206\ KJ/mol) \quad (1)$$
$$2.CO + H_2O \longrightarrow CO_2 + H_2 \quad (\Delta H = -41\ KJ/mol) \quad (2)$$

Toplam Reaksiyon

$$3.\ CH_4 + 2H_2O \longrightarrow CO_2 + 4H_2 \quad (3)$$

Gazlaştırma

Katı enerji kaynaklarının gazlaştırılması genelde 800 ile 2000°C aralığında 40 bara kadar basınç altında gerçekleştirilir. Bu dönüşüm süreci sonunda hidrojen ve karbon monoksit açığa çıkar. Yöntemde verim %55 civarındadır. Kullanılan gazlaştırma yöntemlerinin arasına, basınç altında katı yakıt gazlaştırılması, linyit-yüksek-sıcaklık gazlaştırılması ve biokütle gazlaştırılması da dâhil edilebilir [Şahin, 2006].

Kvaerner Yöntemi (Termal Parçalama)

Yöntemde CO2 oluşmaksızın doğalgaz ya da petrolden elektrik akımı kullanılarak aktif karbon ve hidrojen elde edilir. Geliştirilen bu yöntemle yaklaşık 1600°C gibi yüksek bir sıcaklıkta hidrokarbonlar saf karbon ve hidrojene ayrıştırılabilmektedir. Yöntemde oksijen gerekmediğinden kirletici gaz emisyonu oluşumu da engellemektedir. Yöntemde verim yaklaşık %100'e yakındır. Çıkan ürünlerin yaklaşık %48'i hidrojen, %10'u sıcak buhar ve %40'ı da aktif karbondur (Şahin, 2006).

Biokütleden Hidrojen Üretimi

Biokütleden hidrojen elde etmek için, kömür gazlaştırmasında olduğu gibi piroliz/gazlaştırma yöntemleriyle kullanılmaktadır. Biokütle, bir reaktör içinde yüksek sıcaklık ve düşük basınç altında işleme alınır. İşlem sonunda hidrojen, metan, karbondioksit, karbon monoksit ve nitrojen (N2) gibi gazlar elde edilir. Elde edilen gazların oranı kullanılan hammaddeye göre değişkendir. Gaz akımlarının yüksek sıcaklıkta bulunmalarından dolayı hidrojen içeriği artar ve bu işlem sonunda oldukça yüksek saflıkta hidrojen elde edilebilir [Rifkin, 2002].

Suyun Doğrudan Termal Parçalanması (Termoliz)

Termik ayrıştırma; moleküllerin ısı etkisi ile atomlarına parçalanması anlamına gelir. Su buharı, 1650 °C – 1750 °C sıcaklığın üzerine çıkarıldığında hidrojen ve oksijene parçalanır. Su buharını bu derecelere ulaştırabilmek için yansıyan güneş ışınlarını belli bir doğrultuya yöneltmeye ve bu doğrultuda tutmaya yarayan bir ayna ile bir ayar sisteminden meydana gelen bir sistemi kullanılır.

Termokimyasal Çevrimler

Hidrojenin termokimyasal üretimi, termoliz için gereken sıcaklıktan daha düşük sıcaklıklarla suyun kimyasal parçalanmasına izin verir. Ancak kimyasalların saldığı toksik atıklar ve yüksek sıcaklıklarda malzemelerde oluşan korozyon (metal veya metal alaşımlarının oksitlenme veya diğer kimyasal etkilerle aşınma durumu) problemi metodun gelişmesi için çözülmesi gereken problemlerden biridir [Steinfeld ve Palumbo, 2001; Ata, 2005].

Elektroliz

Suyun elektrik akımı vasıtasıyla hidrojen ve oksijene ayrıştırılması işlemine "suyun elektrolizi" denir. Suyun elektrolizi kimyasal reaksiyonla aşağıdaki şekilde ifade edilebilir. Burada Suyun Hidrojen ve Oksijen olarak ayrılması için gerekli enerji elektrikten elde edilmektedir.

$$H_2O + Enerji \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2 \quad (4)$$

Reaksiyon çift yönlüdür. Yakıt pillerinin çalışma mantığı, elektrolizin tam tersidir. Doğru akım kaynağı, yük taşımasını sağlamak için içine tuz, asit ya da baz ilave edilmiş elektrolit içinden geçirilir. Bunun için reaksiyonun oluşumunu sağlayan ancak reaksiyona girmeyen katalizörler (platin gibi) elektrot olarak kullanılır. Akım uygulandığında pozitif elektrot olan anotta oksijen gazı oluşurken, negatif elektrot olan katotta hidrojen gazı oluşur. Oluşan gazların tekrar

a Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1. OSB MYO, kademli@hacettepe.edu.tr

karışmasını engellemek için her iki hücre arasına ince bir tabaka (diyafram) konulmalıdır. [Ültanır, 1995; Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2002; Şahin, 2006].

Biyokimyasal Elde Yöntemi
Hidrojen elde yöntemlerinden birisi de biyokimyasal elde yöntemidir. Rodospirillum Rumrum türüne ait purpur bakteriler, kilogram başına günlük 3 m3 hidrojen üretebilir. Pupur bakterileri, göllerin derin bölgelerinde yaşar. Güneş ışığı yardımıyla buralarda bulunan organik maddeleri dönüştürürler. Gerektiği kadar besin aldıktan ve azot ihtiyacını karşıladıktan sonra hücrelerinde meydana gelen bir denge reaksiyonu sebebiyle hidrojen salarlar [SMR, 2011].

Hidrojen Sülfürden Hidrojen Elde Edilmesi

Hidrojen sülfür, yüksek oranda zehir içerir ve ağır bir kokuya sahiptir. Ayrışma sonucu ortaya çıkan bileşenler, gaz formdaki kükürt ve hidrojendir. H-S bağının parçalanması için gereken enerji suyun elektrolizine göre daha düşüktür. H_2S'den elde edilen hidrojen enerjisi, H_2O'dan elde edilen enerjiye göre daha düşük maliyetlidir. Bununla birlikte H_2S'den enerji eldesin de ek ürün olarak kükürt açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu kükürt, endüstriyel alanda kullanılabilmektedir (Veziroğlu, 2004; Petrov, 1991; Neretin vd., 2001; Cox vd., 1998).

$$H_2S(g) + \text{Enerji} \longrightarrow H_2(g) + 12\, S_2(g) \qquad (5)$$

Hidrojenin Kullanım Alanları

Ülkemizde Suni Gübre Sanayii, bitkisel yağ (margarin) üretimi, petrol arıtım evleri (rafineri), petrokimya endüstrisi, hidrojene hayvansal yağ üretimi ve çeşitli yerlerde kullanılmak üzere basınçlı silindirlerde gaz veya sıvı hidrojen üretimi, sadece sanayide kullanılmak üzere yapılmaktadır. Hidrojen içten yanmalı motorlarda doğrudan kullanımının yanı sıra katalitik yüzeylerde alevsiz yanmaya da uygun bir yakıttır. 1950'lerin sonlarında, NASA tarafından uzay çalışmalarında kullanılmaya başlayan yakıt pilleri, son yıllarda özellikle ulaştırma sektörü başta olmak üzere sanayi ve hizmet sektörlerinde başarı ile kullanıma sunulmuştur. Yakıt pilleri, taşınabilir bilgisayarlar, cep telefonları gibi mobil uygulamalar için kullanılabildiği gibi elektrik santralları için de uygun güç sağlayıcılardır. Yüksek verimlilikleri ve düşük emisyonları nedeniyle, ulaşım sektöründe de geniş kullanım alanı bulmuşlardır. (http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx E.Tar. 5.5.2017)

Ancak dünyadaki gelişim hidrojeninin yakıt olarak kullanıldığı yakıt pili teknolojisi doğrultusundadır. Yakıt pilleri, hidrojenden elektrik enerjisi elde etmek amacıyla geliştirilen bir teknolojidir. Yakıt pilleri, yakıt olarak kullandığı hidrojeni havadaki oksijenle birleştirerek direkt olarak izotermal bir işlemle elektrik enerjisine çevirmektedir. Mevcut tüm yakıt pilleri, hidrojen ve oksijenin su oluşturucu fonksiyonundan faydalanarak elektrik üretmektedirler (Devlet Planlama Teşkilatı, 2001).

Günümüzde kullanılan yakıtların kaza ile yanmasından aşırı sıcaklık ve duman oluşmakta ve bunun sonucunda ortaya çıkan zehirli ve boğucu gazlar tehlike arz etmektedir. Yakıt olarak hidrojenin kullanılması durumunda, yandığında havadaki oksijenle birleşerek su ve/veya su buharından başka bir gaz çıkarmayan hidrojen alevi, aynı zamanda çok az ısı yayacaktır. Bu nedenle doğrudan alevle temas edilmediğinde tehlike yaratması ihmali minimaldir (TÜBİTAK, 2005).

Sonuç

Günümüz yakıt ve pil teknolojileri göz önüne alındığında, hidrojenin üretim, depolama ve taşıma yöntemlerinin verimliliği ve maliyeti, alt yapı yetersizlikleri nedeniyle rekabet edebilecek durumda değildir.

Ayrıca mevcut depolama ve taşıma maliyet ve zorluklarının aşılması gerekmektedir. Sıvı halde depolanması için çok düşük sıcaklıklar gerekmesi, gaz olarak depolanması durumunda ise yüksek pompalama maliyeti ve tank ağırlıklarının çok düşük oranlarında depolanabilmesi en önemli dezavantajlarındandır. Metal hidrit olarak depolanması, güvenli olmasına rağmen toplam ağırlığın fazla olması verimsiz bir işlem

a Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1. OSB MYO, kademli@hacettepe.edu.tr

oluşturmaktadır. Bu konuda, en akla yatkın ve umut veren yöntem Sodyum Bor Hidrür ($NaBH_4$) olarak depolama ve yakıt olarak kullanma imkânıdır. Bor mineralinin kendi atom ağırlığına göre diğer elementlerden fazla hidrojen taşıyabilmesi ve su ile reaksiyonu sonucunda, suda bulunan Hidrojeni ek olarak kazanabilmesi en büyük avantajıdır.

Hidrojenin üretimi için kullanılan kaynağın fosil kökenli olması durumunda üretilecek enerjinin temiz enerji kapsamında sayılamayacağı açıktır.

Güneş, rüzgâr v.b. temiz enerji kaynakları kullanılarak üretilecek elektrik enerjisi ile sudan hidrojen üretilmesi durumunda temiz enerji olarak değerlendirilecektir ancak, enerjinin dönüştürülmesi sırasında oluşacak kayıplar prosesin verimsiz olması ve çok özel koşullar dışında endüstriyel olarak kullanılmasını zorlaştırmaktadır.

Bu haliyle, vadettiği yüksek potansiyele rağmen, hiçbir zaman verimli olarak kullanılamama durumunu gündeme getirmektedir.

Kaynaklar

Devlet Planlama Teşkilatı, *Elektrik Enerjisi Özel İhtisas Raporu,* Ankara, 2001, (http://ekutup.dpt.gov.tr/enerji/oik585.pdf, Erişim: 30 Mayıs 2007)

TÜBİTAK, *Sodyum Bor Hidrür Üretimi ve Doğrudan Sodyum Bor Hidrürlü Yakıt Pili*, 2005, (http://www.mam.gov.tr/populer/sodyum.htm, Erişim: 30 Mayıs 2007)

Polat C. Ve Kılıç N. (2007) Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi ISSN: 1303-5134 www.insanbilimleri.com Cilt: 4 Sayı: 2

Hydrogen Fact Sheet Hydrogen Production – Steam Methane Reforming (SMR), http://www.getenergysmart.org/files/hydrogeneducation/6hydrogenproductionsteammethanereforming.pdf (21.02.2011).

ŞAHİN, M. (2006) Hidrojen Enerjisi Teknolojileri, Anıl Reklam Matbaacılık LTD. ŞTİ. , Ankara

Aldo Steinfeld & Robert Palumbo, Solar Thermochemical Process Technology, R. A. Meyers Ed., Academic Press, Vol. 15, pp. 237-256, 2001.

(http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx - E.Tar. 5,5.2017)

ÇETİNKAYA, M. ve KARAOSMANOĞLU, V. Yakıt Pillerinde Hidrojen Kullanımı, 3e Electrotech, Bileşim Yayıncılık A.Ş, 100, s. 90- 94, İstanbul, 2002.

Ültanır, M.Ö., "Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'de Hidrojene Geçiş Sorunları", Türkiye 6. Enerji Kongresi

Teknik Oturum Bildirileri-1, s.549-563, Dünya Enerji Konseyi Türk Millî komitesi, İzmir, 1995.

Ata, A., "21. Yüzyılın Enerjisi Hidrojen Enerji Sistemi", 24. Enerji Verimliliği Konferansı (s: 299-320), 2005.

Veziroğlu, T.N., "Karadeniz Dip Sularının Hidrojen Enerjisi Potansiyeli", 5.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu İstanbul (2004).

Petrov, K., "The black Sea and Hydrogen Energy", Int J Hydrogen Energy, 16:12, 805-808, 1991.

Rifkin J. (2002) The Hydrogen Economy "The next great economic revolution"

Neretin, L.N., Volkov, I.I., Bottcher, M.E., "Grinenko V. A. A. Sulphur Budget of the Black Sea Anoxic

Zone", Deep-Sea Research I, 8, 2569-2593, 2001.

Cox, B.G., Clarke, P.F., Proden, B.B., "Economics of Thermal Dissocation of *H2S* to Produce Hydrogen," Int J Hydrogen Energy, 23:7, 531-544, 1998.

a Yrd.Doç.Dr., Hacettepe Üniversitesi, Hacettepe ASO 1. OSB MYO, kademli@hacettepe.edu.tr