

BUJİ ATEŞLEMELİ BENZİNLİ MOTORA SAHİP TİPİK BİR OTOMOBİL İÇİN HİDROJEN DÖNÜŞÜM KİTİNİN MODELLENMESİ

Habib Gürbüz*

Yrd. Doç. Dr.,
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Makina Mühendisliği,
Enerji Ana Bilim Dalı,
Isparta
habibgurbuz@sdu.edu.tr

İsmail Hakkı Akçay

Prof. Dr.,
Süleyman Demirel Üniversitesi,
Makina Mühendisliği,
Otomotiv Ana Bilim Dalı,
Isparta
ismailakcay@sdu.edu.tr

ÖZ

Bu çalışmada, 4 silindirli buji ateşlemeli motora sahip tipik bir otomobil için hidrojen dönüşüm kiti modellenmiştir. Dönüşüm kitinin modellenmesi için literatürdeki çalışmalardan [18, 19, 20, 21] edinilen bilgi ve tecrübeler kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca, taşımacılık yakıtı olarak hidrojenin teknik altyapısı incelenmiştir. Çalışma sonucunda; mevcut bir buji ateşlemeli motorun küçük modifikasyonla hidrojen motoruna dönüştürülebileceği, 4 silindirli buji ateşlemeli motora sahip tipik bir otomobil için hidrojen dönüşüm kiti maliyetinin yaklaşık 2000 \$ olacağı tespit edilmiştir. Taşıt üzerinde hidrojenin depolanacağı sistemlerin geliştirilmesi ve yakıt ikmalinin yapılacağı hidrojen istasyonlarının kurulması ile içten yanmalı motorlu taşıtlarda yakıt olarak hidrojen kullanılabilir olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hidrojen, otomobil, hidrojen dönüşüm kiti, maliyet

THE MODELING OF A HYDROGEN CONVERSION KIT FOR THE TYPICAL AUTOMOBILE SPARK-IGNITION GASOLINE ENGINES

ABSTRACT

In this study, hydrogen conversion kit was modeled for a typical automobile to having a 4-cylinder spark ignition gasoline engine. The knowledge and experience obtained to the literature studies [18, 19, 20, 21] were used for modelling of the hydrogen conversion kit. Also, the technical infrastructure of hydrogen as transportation fuel were investigated. As a result of study; it is determined that a spark ignition engine can be converted to hydrogen engine by minor modification. The hydrogen conversion kit for a typical automobile to having a 4-cylinder spark ignition gasoline engine has cost the approximately 2000 \$. The hydrogen can be used to the vehicle to having internal combustion engine with development of hydrogen storing systems on the vehicle and the establishing of hydrogen refuelling stations.

Keywords: Hydrogen, automobile, hydrogen conversion kit, cost

* İletişim Yazarı

Geliş tarihi : 09.11.2014
Kabul tarihi : 26.01.2015

Gürbüz, H., Akçay, İ. H. 2015. "Buji Ateşlemeli Benzinli Motora Sahip Tipik Bir Otomobil İçin Hidrojen Dönüşüm Kitinin Modellenmesi," Mühendis ve Makina, cilt 56, sayı 661, s. 42-47.

1. GİRİŞ

Taşıtlarda güç üretim sistemi için hidrojenin herhangi bir yakıt gibi içten yanmalı motorlarda kullanılması mümkün olduğu gibi, yakıt pili vasıtasıyla elektrik üretiminde de kullanılması mümkündür. Fakat yakıt pillinin yüksek maliyeti, yaygın kullanımını halen sınırlamaktadır. Mevcut bir motorun kolaylıkla hidrojenle çalışır hale getirebilir olması nedeniyle, hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılması en basit yöntem olarak görülmektedir [1, 2]. Ayrıca enerji politikası uzmanlarına göre, önümüzdeki birkaç on yıl için, taşımacılık sektöründe hidrojenin içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanımı daha büyük bir olasılığa sahiptir [3]. Çünkü çevrim kayıplarına rağmen içten yanmalı motorların güç-ağırlık oranları, yakıt pili ile çalışan veya batarya ile güçlendirilmiş araçlardan daha fazladır [4]. Hidrojen, karbon esaslı olmayan ve çevre dostu olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Hidrojen, bulunabilirliği, yüksek enerji bileşiği, minimum emisyon miktarı, kolay ve güvenli depolanması ve taşınması gibi avantajları ile içten yanmalı motor yakıtı olarak bazı temel kriterleri yerine getirmektedir [5]. Hidrojenin geniş alevlenme limiti, bir gaz keleşbeği olmaksızın motorun çalışmasını mümkün kılmaktadır [1, 6]. Bu durum, pompalama kayıplarının azalmasına ve motorun kısmi yüklerde çalışması durumunda, termik verimin artmasına neden olmaktadır. Hidrojenin yüksek yanma hızı, yanmanın neredeyse sabit hacimde tamamlanmasına sebep olmaktadır; ki bu durum, termodinamik açıdan iyi bir yanmayı temsil etmektedir. Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olması, son gaz bölgesinde kendi kendine tutuşma olmaksızın, motorun kısmen yüksek sıkıştırma oranında çalışmasına olanak sağlamaktadır [7]. Hidrojen, yük kontrolü göz önünde bulundurulduğunda çok yönlü bir motor yakıtıdır. Hidrojen karışımının yüksek alevlenme hızı ve geniş alevlenme limiti çok fakir karışım ve güçlü bir seyreltici özelliğini sunar [8]. Yakıt olarak hidrojeni kullanan motorlarda yanmamış HC ve CO emisyonu göz ardı edilebilir düzeydedir. Çünkü hidrojen motorunda tek karbon kaynağı yağlama yağıdır [9].

2. HİDROJENİN ÜRETİMİ, MALİYETİ, DEPOLANMASI VE TAŞINMASI

Sıvı ve gaz fazındaki yakıtların içten yanmalı motorlu araçlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için üretimi, maliyeti, depolanması ve taşınması ile ilgili taşımacılık yakıtı olma özelliklerini yerine getirmesi gerekmektedir.

2.1 Hidrojenin Üretimi ve Maliyeti

Hidrojen, doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil kökenli yakıtların kısmi oksidasyonu yoluyla veya buhar ıslahı ile üretilir. Bu üretim yaklaşımlarında uygun katalizör uygulaması sıklıkla kullanıldığı gibi, katalizör uygulaması olmayan üre-

tim yaklaşımları da yaygın olarak kullanılmaktadır. Hidrojen üretiminde kullanılan bu tip üretim yöntemleri CO ve CO₂ gibi karbon bileşiklerinin oluşumunu beraberinde getirmektedir [10]. Hidrojen elde edilmesi için, kömürün gazlaştırılması ve suyun elektrolizi yöntemleri ticarileştirilmiştir. Suyun termokimyasal ayrışması laboratuvar çalışmaları aşamasında olmasına rağmen, hidrojen, solar fotoelektrik yöntemi ile de üretilir [11]. Bu yöntemle üretilen hidrojenin saflık oranı yüksek olmakta ise de yakıt pili kullanımı için yeterli gelmemektedir. Yakıt pilleri için üretilen hidrojenin %99,999 oranında saflığa sahip olması gerekmektedir. Hidrojen üretiminde en temiz yöntem olan elektroliz yöntemi gibi yöntemlerle bu saflık oranına ulaşmak mümkündür [12]. Yakıt pilleri için de buhar ıslahı ya da diğer yakıt dönüşümleri ile üretilen hidrojenin sonradan arıtma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Literatüre göre, üretilen hidrojenin arıtma işlemi, kullanılan teknolojiye bağlı olarak toplam hidrojen üretim maliyetinin %40-60'na karşılık gelmektedir. Fakat üretilen hidrojen herhangi bir arıtma işlemine tabi tutulmaksızın içten yanmalı motor yakıtı olarak kullanılabilir. Bu nedenle hidrojenin toplam satış fiyatı, özellikle ihtiyaç duyulan benzinin ithal edildiği bölgelerde, benzinin perakende satış fiyatı ile neredeyse rekabet edebilir durumdadır [11].

2.2 Hidrojenin Depolanması

Hidrojeni taşıtlarda, yüksek basınçlı tanklarda sıkıştırılmış gaz halinde depolanmış halde, on-board taşıtlar ve içten yanmalı motor donanımlarında çeşitli metal hidritlerde depolanmış halde ve kriyojenik sıvı olarak depolanmış halde yakıt olarak taşımak mümkündür. Hidrojen, uygun tasarlanmış yüksek basınç tanklarında sıkıştırılmış gaz olarak da depolanabilir. Fakat diğer gaz yakıtlara oranla hidrojenin yoğunluğunun çok düşük olması, tankın yeterince kompakt hacimde ve ağırlıkta olabilmesi için çok yüksek basınçlı silindirlerin tasarımı ve kullanımını gerektirir. Gazın bu kadar yüksek basınçta sıkıştırılması için, gerekli alt yapının sağlanması ve çok pahalı olan sıkıştırma işlemi depolama maliyetini artırmaktadır [13]. Hidrojen on-board taşıtlarda ve içten yanmalı motor donanımlarında, hidrojenin serbest hale geçmesi için gerekli ısının motor soğutma suyu veya egzoz gazı tarafından kontrol edildiği çeşitli metal hidritlerde taşınabilir. Fakat bu metot, taşıt için fazladan maliyet ve ağırlığın yanında düşük yakıt sistemi hassasiyeti ve emisyon miktarının artması gibi dezavantajlara sahiptir [14]. Kriyojenik sıvı olarak hidrojenin depolamasında hidrojenin sıvılaştırılması işlemi, hidrojenin alt ısı değerinin $\approx 30^{\circ}$ u kadar bir enerji tüketimini gerektirir [15].

2.3 Hidrojenin Taşınması

Yüzey ve hava taşıtları, yakıt ikmal yapmadan önce belirli mesafeler için kendi yakıtlarını taşımak zorundadır. Bu ne-

- Hidrojen yakıt hattı üzerindeki bağlantı noktalarında viton o-ring contalar gereklidir/kullanılmalıdır.

Elektronik kontrollü ateşleme ve yakıt sistemine sahip mevcut bir buji ateşlemeli motorun, hidrojenle çalışır hale getirilmesi için uygulanması öngörülen hidrojen dönüşüm kitine ait basit şematik resmi Şekil 1’de verilmiştir.

Şekil 2’de önceki deneysel çalışmalardan [18, 19, 20, 21] elde edilen bilgiler doğrultusunda, 4 silindirli buji ateşlemeli motora sahip otomobil için tasarlanan hidrojen dönüşüm kitinde kullanılabilecek ekipmanlar ve yaklaşık maliyetleri verilmiştir. Güncel fiyat bilgilerine göre, hidrojen yakıt tankı dışında, hidrojen dönüşüm kitinin ekipmanların yaklaşık maliyetleri dikkate alındığında, 4 silindirli buji ateşlemeli motora sahip tipik bir otomobil için hidrojen dönüşüm kitinin toplam maliyetinin yaklaşık 2000 \$ (4400 TL) olabileceği görülmüştür. Önceki deneysel çalışmalarda [18, 19, 20, 21] kullanılan 200 bar basınçlı 8,3 m³ hidrojen depolayabilen büyük boyutlu tüp maliyeti yaklaşık 1000 TL civarındadır. Bu tüpün araç üzerine uygun montajının yapılabileceği düşünüldüğünde, 4 silindirli buji ateşlemeli motora sahip bir otomobilde yakıt olarak hidrojenin kullanılabileceği dönüşüm kitinin toplam maliyeti yaklaşık 5400 TL civarında olacaktır. Ancak deneysel çalışmalarda kullanılan tüp boyutlarının büyük olması ve otomobil ile şehirlerarası yolda seyahati için yeterli hidrojen depolayabilme kapasitesine sahip olmaması nedeniyle kit içerisinde kullanılması mümkün görülmemektedir. Bu sebeple, taşımacılık yakıtı olarak hidrojenin kullanılması için uygun hidrojen depolama tanklarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

4. SONUÇ

Azalan petrol rezervlerine karşın petrole bağımlı gelişimine devam eden içten yanmalı motorlar için, petrolün yerini alabilecek ve taşımacılık yakıtı olma özelliği taşıyan alternatif yakıtlar sıralamasında, farklı kaynaklardan üretilebiliyor olması, yüksek yanma performansı, çok fakir H/Y karışım oranlarda yanabiliyor olması, gaz keleşliği kullanımına gerek olmaması, hidrojen-hava karışımının tutuşması için düşük enerji miktarına ihtiyaç duyması ve yanma sonu ürünler arasında NO_x dışında başka bir zararlı emisyona sahip olması gibi avantajları ile hidrojen ilk sırada yer almaktadır.

Gürbüz ve arkadaşları, tek silindirli buji ateşlemeli bir motorda yaptıkları deneysel çalışmalarda; motorun, yakıt olarak benzinin kullanılması durumunda 0,8-1,3 aralığında değişen Y/H denklik oranında, yakıt olarak hidrojen kullanılması durumunda ise 0,3-0,9 aralığında değişen Y/H denklik oranında çalışabildiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada ayrıca, motorun hidrojen ile çalışması durumunda $\phi = 0,6$ olduğu Y/H denklik oranı ile, benzin ile çalışması durumunda $\epsilon=1,1$ olduğu Y/H denklik oranında yaklaşık olarak eşit motor çıkış performansının üretilebileceğini, hidrojen ile daha düşük özgül yakıt tü-

ketimi değerinin elde edildiğini ve motorun hidrojen ile daha stabil çalışma karakteristiği sunduğunu tespit etmişlerdir [18]. Yakıt olarak hidrojenin kullanıldığı bir diğer çalışmalarında ise $\phi=0,6$ olduğu Y/H denklik oranı için $\phi = 6,6 - 8,1$ oranında değişen sıkıştırma oranında NO_x emisyonunun 800-1200 ppm arasında değiştiğini tespit etmişlerdir [22].

Bu çalışma sonucu elde edilen bilgilerden; mevcut bir buji ateşlemeli motorun küçük modifikasyonlarla hidrojen ile çalışabilir hale getirilebileceği ve taşıt üzerinde hidrojenin depolanacağı sistemlerin geliştirilmesi ve yakıt ikmalinin yapılacağı hidrojen istasyonlarının kurulması ile içten yanmalı motorlu taşıtlarda hidrojenin yakıt olarak kullanılabileceği tespit edilmiştir. Güncel fiyat bilgilerine göre, hidrojen yakıt tankı dışındaki ekipmanların yaklaşık maliyetleri dikkate alınarak çıkartılan maliyet hesaplamasında, hidrojen dönüşüm kitinin tipik bir otomobil için yaklaşık 2000 \$ (\approx 4400 TL) civarında olabileceği tespit edilmiştir. İçten yanmalı motorlu araçlarda yakıt olarak hidrojenin kullanılacağı dönüşüm kitleri için hidrojen depolama hacmi, araç üzerindeki yerleşim pozisyonu ve güvenlik açısından uygun hidrojen tanklarının geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, TÜBİTAK 107 M349 nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Katkılarından dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırmalar Kurumu (TÜBİTAK) Başkanlığına teşekkür ederiz.

KAYNAKÇA

1. Verhelst, S., Sierens, R. 2001. "Hydrogen Engine-Specific Properties," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 26, p. 987-990.
2. Das, L. M. 2002. "Hydrogen Engine: Research And Development (R&D) Programmer in Indian Institute of Technology (IIT)," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 27, p. 953-965.
3. Lavrive, J. F., Mahieu, V., Griesemann, J. C., Rickeard, D. J. 2004. "Well-to-Wheels Analysis of Future Automotive Fuels and Power Trains in the European Context," SAE paper no: 2004-01-1924.
4. Peschka, W. 1998. "Hydrogen: The Futures Cryofuel in Internal Combustion Engines," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 23, p. 27-43.
5. Das, L. M., Gulati, R., Gupta, P. K. 2000. "Performance Evaluation of a Hydrogen-Fuelled Spark Ignition Engine Using Electronically Controlled Solenoid-Actuated Injection System," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 25, p. 569-579.
6. Subramanian, V., Mallikarjuna, J. M., Ramesh, A. 2005. "Performance, Emission and Combustion Characteristics of a

Hydrogen Fuelled SI Engine an Experimental Study," SAE Int. Mobility Eng. Congr., Exposition: 23-25 October 2005.

7. Lee, J. T., Kim, Y. Y., Lee, C. W. 2001. "An Investigation of a Cause of Backfire and its Control due to Crevice Volumes in a Hydrogen Fuelled Engine," Trans ASME, vol. 123, p. 204-213.
8. Tang, X. G., Daniel, M. K., Robert, J. N. 2002. "Ford P2000 Hydrogen Engine Dynamometer Development," SAE paper no: 2002-01-0242.
9. Gomes, A. J. M., Mikalsen, R., Roskilly, A.P. 2008. "An Investigation of Hydrogen-Fuelled HCCI Engine Performance and Operation," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 33, p. 5823-5828.
10. Appleby, A. J. 1994. "Fuel Cells and Hydrogen Fuel," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 19, p. 175-180.
11. Gambini, M., Vellini, M. 2005. "Comparative Analysis of H₂/O₂ Cycle Power Plants Based on Different Hydrogen Production Systems from Fossil Fuels," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 30, p. 593-604.
12. Solovyev, E. A., Kuvshinov, D. G., Ermakov, D. Y., Kuvshinov, G. G. 2009. "Production of Hydrogen and Nanofibrous Carbon by Selective Catalytic Decomposition of Propane," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 34, p. 1310-1332.
13. Karim, G. A. 2003. "Hydrogen as a Spark Ignition Engine Fuel," International Journal of Hydrogen Energy, vol. 28, p. 569-577.
14. Silva, E. P., Gallo, W. L. R., Szajner, J., Amaral, E. G., Bezerra, C. R. 1993. "State of the Art in the Use of Hydrogen as an Automotive Fuel," SAE paper no: 931706E.

15. Cox, K. E., Williamson, K. D. 1977. Hydrogen: Its Technology and Implications, vol. I-V, Boca Raton, FL: CRC Press, USA.
16. Veziroglu, T. N., Barbir, F. 1995. "Transportation Fuel-Hydrogen," Energy Technology and the Environment, Wiley-Interscience, vol. 4, p. 712-730.
17. Veziroglu, T. N. 2007. "21st Century's Energy: Hydrogen Energy System," Energy Conversion and Management, vol. 49, p. 9-31.
18. Gürbüz, H., Buran, D., Akçay, İ. H. 2013. "An Experimental Study on Performance and Cyclic Variations in a Spark Ignition Engine Fuelled with Hydrogen and Gasoline," Journal of Thermal Science and Technology, vol. 33 (1), p. 33-41.
19. Gürbüz, H., Buran, D., Akçay, İ. H. 2011. "Buji Ateşlemeli Hidrojen Motorunda Karışım Oranı ve Ateşleme Avansının Motor Performansına ve Çevrimler Arası Farka Etkisinin Deneysel Araştırılması," Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, cilt 26, no 1, p. 105-114.
20. Gürbüz, H., Akçay, İ. H., Buran, D. 2014. "An Investigation on Effect of in-Cylinder Swirl Flow on Performance, Combustion and Cyclic Variations in Hydrogen Fuelled Spark Ignition Engine," Journal of the Energy Institute, vol. 87, p. 1-10.
21. Gürbüz, H. 2010. "Tek Silindirli Hidrojen Motorunda Yanma Optimizasyonu," Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Isparta.
22. Gürbüz, H., Akçay, İ. H. 2013. "Buji Ateşlemeli Hidrojen Motorunda Ateşleme Avansı ve Sıkıştırma Oranının Performans ve NO_x Emisyonuna Etkisi," Politeknik Dergisi, cilt 16, sayı 1, s. 45-50.

<http://omys.mmo.org.tr/muhendismakina/>

TMMOB MAKİNA MÜHENDİSLERİ ODASI

Mühendis ve Makina Dergisi

Online Makale Yönetimi

ANA SAYFA (GİRİŞ SAYFASI) |

YAZAR

HAKEM

EDİTÖR

HOŞGELDİNİZ

YAZAR GİRİŞİ

e-Posta :

Şifre :

[Yeni Kullanıcı](#) | [Şifremi Unuttum](#)

MÜHENDİS VE MAKİNA DERGİSİ'ne makale gönderebilmek için sisteme kayıt olmanız gerekmektedir. Kayıt olabilmek için sol kısımda yer alan [Yeni Kullanıcı] bağlantısına tıklayınız.

Daha önce kayıt olduysanız, e-posta adresiniz ve şifrenizi girerseniz yeterlidir.

Şifrenizi hatırlamıyorsanız, şifrenizin e-posta adresinize gönderilebilmesi için [Şifremi Unuttum] bağlantısına tıklayınız.

Sistemle ilgili sorularınızı yavin@mmo.org.tr e-posta adresine gönderebilirsiniz.

makalelerinizi online sistem üzerinden ulaştırabilirsiniz