

Borlu Yakıt Sistemleri-2; Bor Yakıtlı Motorlar Boron Ignition Systems-2; Boron Fuelled Engines

K. Erarslan

Maden Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

F. Karakoç

Makina Mühendisliği Bölümü, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye

ÖZET: Borun yakıt elde etmekte veya doğrudan yakıt olarak kullanılması, 1950'li yıllardan beri üzerinde çalışılan bir konudur. Bu incelemede, borun doğrudan yakıt olarak kullanıldığı Graham Cowan tarafından geliştirilen motor sistemi detaylarıyla sunulmaktadır. Zararlı gaz emisyonu olmayan, infilak tehlikesi bulunmayan, venimli ve geri dönüşümlü bir yakıt olan saf borun kullanıldığı yakma sisteminin prensipleri, kendi kaynağındaki bilgilerden yararlanılarak anlatılmaktadır.

ABSTRACT: Boron has been researched to obtain engine fuel or be used as engine fuel since 1950's. In this review, the engine system introduced by Graham Cowan, that uses boron as fuel, is presented in details. The principles of the ignition system with no harmful gas emission, no explosion danger, highly efficient and recycling boron fuel, is explained referring to the original resource of the system.

1 GİRİŞ

Bor, elmasa yakın sertliği olan, refrakter özelliği bulunan, S atom numaralı bir elementtir. Lussac, Thenard ve Davy tarafından 1808 yılında keşfedilmiştir, "Boron" kelimesinin Arapça "burak" kelimesinden geldiği bilinmektedir (Olson, 2001). Bor elementinin tabiatta saf halde bulunmadığı ve oksijenle kolayca birleştiği de bilinmektedir (Chemsoc, 2002; Winter, 2002). Borun belli koşullar sağlandığında aşırı derecede patlama/yanıcılık özelliği olduğu ve egzotermik olan bu kimyasal reaksiyon sonucunda bir gaz emisyonunun olmadığı bilinmektedir. Bu özellikleri göz önüne alınarak 1950'li yıllardan bu yana borun alternatif bir yakıt olarak kullanılması üzerine A.B.D., eski Sovyetler Birliği, Almanya, Fransa, Kanada gibi sanayileşmiş ülkelerde çalışmaların sürdüğü bilinmektedir. Özellikle A.B.D.'de bor sıvı bileşikleri askeri jet yakıtı olarak kullanılabilir. Borun hidrojenli yakıt sistemlerinde aracın seyri sırasında hidrojen üreten bir yakıt üretici olarak kullanıldığı sistemler ve elektrik motorlu araçlarda motoru besleyen yakıt pillerinin yakıtı olarak kullanıldığı sistemler, araçların deneme sürüş düzeyine kadar gelmiştir

(Millenium Celi, 2002). Teknik açıdan verimli bir alternatif yakıt sistemi geliştirilmesine rağmen, maliyet olarak bu sistemlerin makul düzeylere çekilmesi gerektiği ve buna yönelik çalışıldığı bilinmektedir (Wakefield, 2002).

Borun yanma özellikleri araştırmacıları alternatif yakıt olarak kullanımı konusunda değişik çalışmalara ve teknolojilere yönlendirmiştir. Cowan (2002), borun doğrudan araç yakıtı olarak kullanıldığı farklı ve yeni bir sistem geliştirmiştir. Bu incelemede, Cowan tarafından geliştirilen bor yakıtlı motor sistemi, kendi kaynak bilgilerinden yararlanılarak anlatılmaktadır.

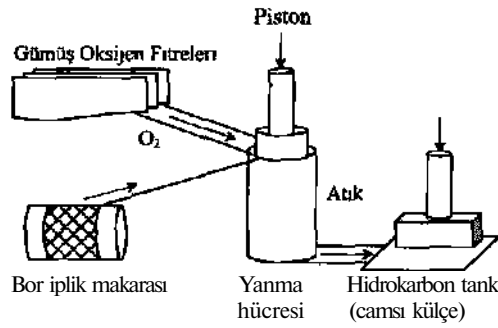
2 BOR YAKITLI MOTOR SİSTEMLERİ

Cowan (2002), yaptığı çalışmalar sonucunda borun hidrojenden daha iyi bir enerji taşıyıcı olduğunu ortaya koymuş, bütün yönleriyle diğer alternatif yakıt sistemleriyle kıyaslamıştır. Gerek benzin, gerekse hidrojen, alüminyum, magnezyum gibi alternatif yakıt sistemlerinden üstün yönlerini belirlemiştir.

Bor yakıtlı motor sisteminde temel olarak bir yakma hücresi, piston kolu, yakıt besleme ünitesi, saf oksijen elde etme ve besleme filtreleri ve yakma sonrası çıkan atık üzerinde işlem birimi yer almaktadır. Normal bir benzinli motora benzeyen yönleri olduğu gibi, farklı yönleri daha fazladır. Ayrıca, temel prensipleri hidrojen veya "boran" tabiri edilen bor-hidrojen karışımı yakıt sistemlerinden de farklıdır (Cowan, 2002).

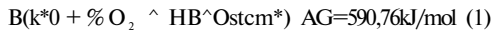
2.1 Motorun Çalışma Prensipleri

Sistemin genel çalışma prensibine bakıldığında, saflaştırılmış borun, A oranında saf oksijenle yakma hücresine alınarak, pistonun sıkıştırılmasıyla sağlanan 100 bar basınç altında egzotermik bir reaksiyona girmesine ve bunun sonucunda patlayarak pistonu yukarı hareket ettirmesine dayanmaktadır (Cowan, 2002). Şekil 1'de genel çalışma prensipleri temsili olarak gösterilmektedir.



Şekil 1 Bor yakıtlı yakma sisteminin temsili seması

Sistemin girdisi saf bor ve % 99-100 derecesinde saf oksijendir. Oda sıcaklığında yanma, patlama özelliği olmayan bor, oksijenle V^* oranında karışım haline getirilerek basınca maruz kaldığında patlamakta ve içten yanmalı motorlarda istenen itme kuvvetini sağlamaktadır. Sistemin çalışması sırasında meydana gelen kimyasal reaksiyon aşağıda verilmiştir: (Cowan, 2002)



Saf bor, solar santrallerde bor oksitini parçalanmasıyla kolayca elde edilebilmektedir. Saf oksijen ise aracın önüne yerleştirilecek gümüş filtrelerin, aracın seyri sırasında havadaki % 21

oranında bulunan oksijeni filtre etmesiyle elde edilecektir. Sistemin atığı yoğun camı bir sıvı yapısına sahip *BiOs'tür* (Diboron trioksit - Boria). Hidrokarbon bir tankta soğutulmuş olarak biriktirilebildiği gibi preslenerek külçe formuna da getirilebilir. Boria, bor santrallerinde yeniden saflaştırılarak geri dönüşümlü bir yakıt olarak kullanılabilir. Sistem, aracın hızı arttırıldıkça filament (iplik) beslemesi ve oksijen karışımının da artmasını sağlamaktadır.

2.2 Bor Motorlarının Avantajları

Cowan'ın (2002) geliştirdiği bor yakıtlı motorun benzinli motorlara ve hidrojen esaslı motor sistemlerine kıyasla üstünlükleri ve avantajları bulunduğunu ifade etmektedir. Güvenli oluşu, taşıma ve saklama kolaylığı, emisyonuz oluşu bunların başlıcalarıdır.

2.2.1. Güvenliliği

Bor yakıtı, kolaylıkla yanmayan bir yapıdadır. Dolayısıyla infilak etme, kıvılcımla, ateşle tutuşma riski yoktur. Bir kaza anında patlama meydana gelmeyecektir. Bu yönüyle bor çok güvenli bir yakıttır ve bu özelliği depolama ve nakliyesinde de bor için bir üstünlük sağlamaktadır.

2.2.2. Taşıma ve saklama kolaylığı

Bir birim ağırlığındaki hidrojenin yaptığı işi 2.2 birim bor yapmaktadır. Ancak, borun birim hacim ağırlığı hidrojenin birim hacim ağırlığının 11'de biridir. Dolayısıyla aynı ağırlıktaki hidrojen borun 11 misli hacim kaplar. Ayrıca hidrojenin kalın bir tank içinde soğutulmuş tutulması da gerekmektedir. Bor yakıtlan bir yakıt tankında değil, filament (iplik) yapısıyla bir makara üzerinde yer alacaktır. Uçuculuğu olmadığından yıllarca kullanılsa da eksilmeyecektir. Ayrıca bor yakıt nakli diğer patlayıcı ve parlayıcı yakıtlar gibi güvenlik riski de taşımazlar. Denizde bir akaryakıt tankinin kazası denize yayılan sıvı yakıtla sonuçlanırken bor yakıtı sadece deniz dibine doğru gidecek ve yavaş yavaş suda çözülecektir. Deniz, zaten bünyesinde bor içeren bir yapıdadır.

2.2.3. Gaz emisyonunun olmayışı

Borun en büyük avantajlarından biri çevre dostu olmasıdır. Kimyasal reaksiyon denkleminde de

görülebileceği üzere, yanma sonrası gaz emisyonu olmamaktadır. Bona olarak adlandırılan yoğun camsı bir sıvı yanma sonrası açığa çıkan üründür ki 200°C altında katılaşmaktadır. Bu atık hidrokarbon bir tankta toplanabilmekte ve/veya preslenerek külçeler halinde saklanabilmektedir. Gen dönüşüm özelliği ile, yeniden işlenerek yakıt olarak kullanımı da mümkün olmaktadır. Motoru soğutmak için, hidrolik soğutma sistemi kullanılmaktadır.

3 BOR YAKITININ ÖZELLİKLERİ

Bor, alternatif yakıt sistemleri içinde en öne çıkacak özelliklere sahiptir

3.1 Enerjik

1 gigajoule enerji elde etmek için oksitlenmesi gerekli yakıt miktarları Çizelge 1'de verilmektedir.

Çizelge 1. Bir gigajoule enerji için oksitlenmesi gereken yakıt miktarları (Cowan, 2002)

Yakıt Türü	Tüketim, kg
Hidrojen	8,82
Lityum	24,70
Karbon	30,45
Bor	18,30
Magnezyum	42,72
Alüminyum	34,10

Araç içinde yakıt ağırlığı önem taşımakla birlikte, kaplayacağı hacim belki daha da büyük bir önem taşımaktadır. Çizelge 2, 1 gigajoule enerji için oksitlenmesi gereken hacim esas alınarak hazırlanmıştır.

Çizelge 2. Bir gigajoule enerji için oksitlenmesi gereken yakıt hacimleri (Cowan, 2002)

Yakıt Türü	Tüketim, litre
Hidrojen	124,59
Lityum	46,16
Karbon	13,43
Bor	7,82
Magnezyum	24,58
Alüminyum	12,63

Bora alternatif yakıtlar içinde özellikle hidrojen, alüminyum ve magnezyum dikkate alındığında, aynı miktar enerji temini için borun araçta kaplayacağı

hacmin daha az olacağı ve bunun bor lehine bir avantaj olduğu görülmektedir.

3.2 Enerji-Kül Miktarı

1 gigajoule enerji sağlayan yakma sonrası oksitlenmiş yakıt malzemesinin üreteceği kül miktarları Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3 Yanma sonrası kül miktarları (Cowan, 2002)

Yakıt Türü	Kül Miktarı, ke
Hidrojen	78,81
Lityum	53,16
Karbon	111,58
Bor	58,92
Magnezyum	70,84
Alüminyum	64,44

Aynı çizelge kül hacmi için düzenlenecek olursa (Çizelge 4),

Çizelge 4 Yanma sonrası kül hacimleri (Cowan, 2002)

Yakıt Türü	Kül Hacmi, litre
Hidrojen	79,04
Lityum	26,41
Karbon	158,10
Bor	23,10
Magnezyum	19,77
Alüminyum	16,16

Çizelge 4'ten görüleceği üzere, hidrojen ağırlıca ve hacimce en fazla kül üreten yakıt olurken, katı yakıtlardan bor, alüminyum ve magnezyumun yalan kül değerlerine sahiptirler. Ancak bor külünün (camsı madde) ağırlıkça diğerlerinden daha az yük getireceği görülmektedir.

3.3 Yakıt Tank Hacmi

Yakıt alternatiflerinin 3 gigajoule enerji temini için gerek duyacakları yakıt tank hacimleri Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5 Yakıt tank hacimleri (lt/3 GJ) (Cowan, 2002)

Yakıt Türü	Tank Hacmi, litre
Hidrojen	373,80
Lityum	32 i,90
Karbon	55,53
Bor	139,90
Magnezyum	199,70
Alüminyum	132,40

Çizelge 5'ten, borun tank hacminin özellikle hidrojen, alüminyum ve magnezyuma göre daha az olduğu görülmektedir. Aynı miktar enerji sağlamak için araç içinde daha az yer ayrılması, bor için bir avantaj teşkil etmektedir.

3.4 Yakıt Tüketimi

125 km/saat sabit hızla 1000 kilometre (621 mil) yol kat etmek için gerekli olan yakıt tüketimleri ve atık miktarları Çizelge 6'da verilmektedir.

Çizelge 6 Yakıt tüketimi (Cowan, 2002)

Yakıt Türü		Hatim, L	Miktar, kg
BOT	Yakıt B	32,3	54,9
	Atık B_2O_3	97,6	176,8
Oktan	Yakıt	90,3	65,7
	$H_2C-C(C_2H_5)_3$		
	Atık $8CO_2 + 9H_2O$	102.500,0 •205 kg CO ₂	295,7
Methanol	Fuel CH_3OH	1773	140,3
	Atık $2H_2O + CO_2$	97 500,0 •1927 kg CO ₂	350,4
Hidrojen	Yakıt Hi	373,8	26,5
	Atık H_2O	237,1	236,4

Bor yakıtının şu an kullanılan akaryakıtlara ve hidrojen yakıtına göre, eş değer seyir şartlarında araçta kaplayacağı hacim ve ağırlık değerlerinin daha az olacağı görülmektedir. Atık yönündense Bona katı olduğundan, külçeler arasında boşluklar meydana gelecek ve pratikteki atık hacmi teorik hacimden fazla olacaktır; mesela 97,6 litrelik hacim 120-150 litreye kadar çıkabilecektir. Ancak bu değerler bile bugün kullanılan akaryakıt hacimlerinden %66 fazla ve sıvı hidrojen hacminin çok altındadır (Cowan, 2002).

3.5. Problemler

Laboratuar şartlarında çalıştırılan bor yakıtlı motor sisteminin, benzinli motorlardaki fonksiyonlarla ve aynı seviyede çalıştırılabilmesi ve otomobillere tatbiki için daha yapılması gereken iyileştirmeler bulunmaktadır. Cowan (2002a), yem ve farklı özellikleri olan katı bor yakıt sistemdeki başlıca probleminin düzenli ve gerekli miktarda saf oksijen temini olduğunu ifade etmektedir. Aracın seyir hızına göre yanma hücrelerine bor ipliği beslemede herhangi bir sorun bulunmamaktadır. Ancak, aracın önüne yerleştirilen bir panelde yer alan gümüş filtre

sistemiyle havanın oksijenini ayırarak mümkün ise de, aracın seyir hızına göre, % oranını sürekli sağlayacak saf oksijen temininde problem yaşanmaktadır. Bunun dışında sistem bir araç üstünde uygulanmamış ve test sürüşü yapılmamıştır. Ekonomik yönden bir maliyet analizi sistemin tam verimle çalışmasından sonra yapılabileceği görülmektedir. Cowan (2002a) geliştirdiği sistemle ilgili çalışmaların devam ettiğini ve problemlerin zaman içinde aşılabileceğini belirtmektedir Dünya bor rezervlerinin bu sistemi onlarca yıl besleyebileceği görülmektedir (Lyday, 2000)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Cowan (2002), katı bor yakıtıyla çalışan bir motor sistemi geliştirmiştir Basınç altında saf bor ve V^* oranında saf oksijen karışımıyla meydana gelen reaksiyon sonucunda patlama olmakta, açığa enerji çıkmakta ve bu enerji mekanik sisteme iletilmektedir. Bor yakıtının gerek mevcut akaryakıtlara ve gerekse hidrojen gibi alternatif yakıt sistemlerine göre üstünlükleri belirlenmiştir. Bunların başında borun yanmaya karşı direncinden dolayı güvenilir bir yakıt oluşu, gaz emisyonunun olmamasından dolayı çevre dostu bir yakıt oluşu, az hacim kaplaması, geri dönüşümlü bir yakıt oluşu gelmektedir. Sistemin bugünün motorları düzeyine ulaşabilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

Bor cevherinin enerji hammaddesi olması, petrolün alternatifi olması manasına da gelmektedir. Özellikle, 50 yıl bile ömrü kalmadığı ifade edilen dünya petrol rezervlerinin yerine temiz ve çevre dostu alternatif enerji kaynakları bulunmak zorundadır ve yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Bu konuda atılan en önemli adımların başında hidrojenle çalışan motorlar ve katı bor motorları gelmektedir. Hidrojen motorlarında da borun hidrojen üretimi için kullanıldığı ve bahsi geçen motor sistemlerinin yakın gelecekte seri üretimine başlanacağı düşünüldüğünde, bor cevher tüketiminin bugünkü tüketime kıyasla yüzlerce belki binlerce kat artması söz konusu olacaktır. Ayrıca, bor yakıtı, motorla çalışan her türlü araca ve sisteme uygulanabilecek, motorun girdiği her yere girebilecektir.

Borun verimli ve temiz bir yakıt olduğu gerçeği kesinlikle ortaya konmuştur. Yapılacak bilimsel araştırmalarla aynı zamanda ekonomik bir yakıt sistemi haline de dönüştürülmesi önümüzdeki 10-20 yıl içinde beklenmektedir. Bu bağlamda, devam eden ve yapılabilecek çalışmalar, mevcut yakma sistemlerin ekonomik hale getirilmesi üzerinedir.

Borla ilgili yatırım alan ve ekonomik açıdan faydalanmanın yolu, borun yakıt ve enerji hammaddesi olarak kullanılması yönünde Ar-Ge çalışması yapmak ve teknoloji üretmektedir. Borun yakıt ve enerji hammaddesi olarak kullanılacağı öngörüsüyle hareket edildiği takdirde, bu konuda hem teknoloji hem de yakıt üreticisi olmak, bor yakıt santralleri kurma gereği ortaya çıkmaktadır

KAYNAKLAR

- Chemsoc, 2002 "A Visual Interpretation of the Table of Elements", www.chemsoc.org/viselements/pages/boron.html
- Cowan, G, 2002 "Boron A Better Energy Carrier than Hydrogen", www.eagle.ca/~gcowan/boron_blast.html
- Cowan, G, 2002a kişisel yazışma 05 06 2002
- Lyday, P A 2000 "Boron", USGS, minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/boron/120498.pdf
- Miltenium Cell, 2002 "Hydrogen on Demand", www.milteniumcell.com/solutions/index.html
- Olson, M, 2001 "Boron The Best Choice in Alternative Fuel", www.public.lastate.edu/~mqolson/papertwo.html
- Rasa Industries, 2002 Boron Oxide Plates http://www.rasa.co.jp/sMatenaI_Eiitm#Mat_B_E
- Wakefield M J, 2002 "The Ultimate Clean Fuel", Scientific American, May, www.sciame.org
- Winter, M, 2002 "Periodic Table Boron", Webelements Ltd . www.webelements.com/webelements/elements/text