MBD 2015, 4 (2): 98 – 102

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

MAKALE HAKKINDA

Geliş :

HAZİRAN 2015

Kabul:

AGUSTOS 2015

BOR MİNERALİNİN ENERJİ SEKTÖRÜNDEKİ YERİ VE ÖNEMİ

BORON MİNERALS PLACE AND IMPORTANCE İN ENERGY SECTOR

Murat KADEMLİ[a]

Öz

Bu çalışmada, dünyada ve ülkemizde son derece önemli ve stratejik öneme sahip bor mineralinin enerji sektöründeki kullanım alanları, potansiyeli ve geleceği tartışılmıştır. Bor teknolojilerinde ki gelişmeler özellikle hidrojen depolamada ki avantajları ve ülkemiz açısından yüksek miktarda rezerve sahip olması nedeniyle, bor üzerinde hassasiyetle durulması gereken önemli bir potansiyeldir.

Tüm avantajlarına rağmen, enerji sektöründe yer edinmesinin gecikmesi, hidrojen üretim teknolojilerinin fosil yakıtlara bağımlılığının devam etmesine bağlıdır. Bor teknolojilerinin gelişip, gerçek potansiyeline ulaşması ancak hidrojen üretim teknolojisinin tamamen temiz kaynaklardan sağlanması sayesinde mümkün olabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Bor Minerali, Enerji, Hidrojen

Abstract

In present study, the usage areas, potential and its future in energy sector of boron minerals, which has very important and strategic role not only for our country but also for all over the world, are argued. The developments, especially hydrogen store ability, of boron technologies are very important and sensitive issue for our country because of its huge reserve.

Although, it has a lots of advantages, it did not gain an important place in energy sector and it did not reach it huge potential because of hydrogen production technologies that they were still depending on fossil fuels. The boron technologies can only be developed by changing hydrogen production methodologies where the energy source for producing hydrogen will be all clean.

Keywords: Boron Minerals, Energy, Hydrogen

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

Giriş

Bor minerali, periyodik cetvelin 3A grubunda yer alır. Bileşikleri ve bunlardan özellikle boraks uzun yıllardır bilinmekle birlikte, doğada elementel biçimde bulunmayıp genellikle su içeren sodyum, kalsiyum ve magnezyum boratlar biçiminde bulunur. Bazı mineralleri de sodyum ve kalsiyumu birlikte içerirler.

Dünyadaki toplam bor rezervinin B_2O_3 cinsinden yaklaşık % 65'i Türkiye'de bulunur. Daha sonra Amerika Bileşik Devletleri, Şili, Arjantin ve Rusya önemli rezerv sahibi ülkelerdir (Bulutçu, 2001).

Türkiye'deki bor mineralleri başlıca dört bölgede toplanmıştır. Eskişehir'in Kırka yöresinde boraks, Kütahya'nın Emet yöresinde kolemanit, Balıkesir'in Bigadiç yöresinde başlıca kolemanit ve bir miktar üleksit, Bursa'nın Mustafakemalpaşa yöresinde de pandermit yatakları vardır. Bununla birlikte Türkiye'deki bor yataklarının en önemli minerali kolemanittir. Türkiye, dünya bor üretiminin % 25-30 dolayında bir bölümünü karşılar.

BORAKS (TİNKAL) ($Na_2B_4O_7.10H_2O$)

Renksiz ve saydam olmasına rağmen, bileşimindeki çesitli safsızlıklar nedeniyle pembe, sarımsı, gri renklerde bulunabilir. Sertliği 2-2,5, özgül agırlığı 1,7'dir. B_2O_3 içeriği %36,5'dir. Tinkal çabuk bozunarak suyunu kaybederek tinkalkonit'e dönüşebilir. Kille ara katkılı tinkalkonit ve üleksit ile birlikte bulunur. Türkiye'de Eskişehir-Kırka yatağında bulunmaktadır.

KOLEMANİT ($Ca_2B_6O_{11}.H_2O$)

Monoklinik sistemde kristallenir. Sertliği 4-4,5 özgül ağırlığı 2,42'dir. B_2O_3 içeriği % 50'dir. Suda yavaş, HCl'de hızlı çözünür. Bor bileşikleri içinde en yaygın olanıdır. Killer içinde cevher boşluklarında iri, parlak, saydam kristaller halinde bulunur. Türkiye'de Emet, Bigadiç, Kestelek yataklarında ve Dünya'da A.B.D'de bulunur.

ÜLEKSİT ($NaCaB_5O_9.8H_2O$)

Masif, karnabahar, lifsi ve sütun Şeklinde bulunur. Saf olanı beyaz olup gri renk tonlarında da bulunabilir, ipek parlaklığında olanlarda vardır. Kolemanit, hidroborasit ve probertitle birlikte bulunur. B_2O_3 içeriği %43,0'dir. Türkiye'de Kırka, Bigadiç ve Emet'te, dünya'da Arjantin'de bulunmaktadır.

PANDERMİT ($Ca_2B_{10}O_{19}.7H_2O$)

Beyaz renkte ve yekpare olarak gözükmektedir. Kireçtaşına benzemektedir. Sultançayırı ve Bigadiç yataklarında gözlenmektedir. Kolemanit ve kalsite dönüşmektedir. B_2O_3 içeriği % 49,8'dir (Roskill, 1999; Garrets, 1998).

Elementel bor, saf olmayan bir biçimde ilk kez 1808'de Sir Humphry Davy tarafından elektroliz yoluyla Gay-Lussac ve Thenard tarafından da oksidin elementel potasyumla indirgenmesiyle elde edilmiştir. Günümüzde bor halojenürlerin elektrikle, ısıtılan fitilleri üzerinde ayrıştırılması yoluyla saf olarak (% 99. 9999) elde edilebilir.

Doğal bor iki izotopun karışımından oluşmuştur. B-10 (% 18.83) ve B-11 (% 81.17). Bor bir yarı iletkendir. Oda sıcaklığında düşük iletkenlik gösterirken, yüksek sıcaklıkta elektriği iyi iletir. Elektrik iletkenliği 20°C'den 600°Cye çıkıldığında yaklaşık 100 kat artar.

Bor minerali enerji sektörü haricinde, savunma sanayi, tarım ve ilaç, temizlik, boya, kimya, cam ve seramik, metalürji, elektronik v.b. çok çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Genel kullanım alanları çizelge 1.'de verilmektedir (boren.gov.tr, E.Tar. 12.02.2015; Eti Maden, 2011).

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

Çizelge 1. Borun Enerji Sektörü Dışındaki Kullanım Alanları

- **Cam Sanayi**: Borosilikat Camları, İzolazyon Cam Elyafı, Tekstil Cam Elyafı, Optik Lifler, Cam Seramikleri, Şişe ve Diğer Düz Camlar
- **Seramik Sanayi**: Emaye, Sır,Sırça, Porselen Boyaları
- **Askeri & Zırhlı Araçlar:** Zırh Plakalar , kompozit malzemeler.
- **Elektronik-Elektrik ve Bilgisayar Sanayinde:** Bilgisayarların Mikro chiplerinde, CD-Sürücülerinde, Bilgisayar Ağlarında; Isıya-Aşınmaya Dayanıklı Fiber Optik Kablolar, Yarı İletkenler, Vakum Tüpler, Dialetrik Malzemeler, Elektrik Kondansatörleri, Gecikmeli Sigortalar.
- **İletişim Araçlarında:** Cep Telefonları, Modemler, Televizyonlar .
- **İnşaat-Çimento Sektöründe:** Mukavemet Artırıcı ve İzolasyon Amaçlı olarak
- **Metalurji:** Paslanmaz ve Alaşımlı Çelik, Sürtünmeye-Aşınmaya Karşı Dayanıklı Malzemeler, Metalurjik Flaks, Refrakterler, Briket Malzemeleri, Lehimleme, Döküm Malzemelerinde Katkı Maddesi olarak, Kesiciler, Aşındırıcılar
- **Otomobil Sanayi:** Hava Yastıklarında, Hidroliklerde, Plastik Aksamda, Yağlarda ve Metal Aksamlarda, Isı ve Ses Yalıtımı Sağlamak Amacıyla, Antifrizler
- **Tekstil Sektörü:** Isıya Dayanıklı Kumaşlar, Yanmayı Geciktirici ve Önleyici Selülozik Malzemeler, İzolasyon Malzemeleri, Tekstil Boyaları Deri Renklendiricileri, Suni İpek Parlatma Malzemeleri,
- **İlaç ve Kozmetik Sanayi:** Dezenfekte Ediciler, Antiseptikler, Diş Macunları,
- **Tıp:** Osteoporoz Tedavilerinde, Alerjik Hastalıklarda, Psikiyatride, Kemik Gelişiminde ve Artiritte, Menopoz Tedavisinde, Beyin Kanserlerinin Tedavisinde
- **Kimya Sanayi:** Bazı Kimyasalların İndirgenmesi, Elektrolitik İşlemler, Flotasyon İlaçları, Banyo Çözeltileri, Katalistler, Atık Temizleme Amaçlı olarak, Petrol Boyaları, Yanmayan ve Erimeyen Boyalar, Tekstil Boyaları
- **Temizleme ve Beyazlatma Sanayi:** Toz Deterjanlar, Toz Beyazlatıcılar, Parlatıcılar
- **Tarım Sektörü:** Gübreler, Böcek-Bitki Öldürücüler,
- **Kağıt Sanayi:** Beyazlatıcı Olarak
- **Koruyucu:** Ahşap Malzemeler ve Ağaçlarda Koruyucu olarak, Boya

Bor Mineralinin Önemi ve Potansiyeli

Günümüzde teknolojinin son derece hızlı geliştiği, sektörlerin çabuk ve fazla büyüdüğü, yeni sektörlerin ortaya çıktığı düşünüldüğünde, enerji ihtiyacının buna paralel olarak artması kaçınılmazdır. Ancak, dünyanın tükettiği enerjinin yaklaşık 2/3'ün fosil yakıtlardan sağlandığı ve bu durumun çevre felaketine sürüklediği düşünüldüğünde Alternatif enerji kaynaklarına yönelmek bir mecburiyet olarak görülmektedir. Alternatif enerji kaynaklarından en çok yatırım yapılanlar güneş ve rüzgâr teknolojileri olmasına rağmen, istenilen seviyede enerji üretimi sağlanamamakta ve bir türlü konvansiyonel enerji kaynakları arasında yer alamamaktadırlar. Bu durum, daha kısa sürede adapte edilebilecek ve yüksek miktarda enerji sağlayabilecek enerji kaynağı olarak, Hidrojeni ön plana çıkarmaktadır. Bor mineralinin diğer tüm elementler arasında kendi atom ağırlığına oranla bünyesinde en fazla Hidrojen tutabilme, kolay yüklenme ve geri bırakma özelliğine sahiptir. Bu sayede Bor minerali son yıllarda, yüksek yanıcılığı, sızma riski ve sıvı halde depolama problemleri yüzünden enerji sektöründe geniş çapta kullanılamayan hidrojenin, güvenli ve ekonomik olarak kullanılabilmesi için önemli bir fırsat sunmaktadır.

Borun enerji alanında kullanımı konusunda yapılan araştırmalar bu sebeple hız kazanmıştır. Bor, enerji sektöründe; çimento, seramik, izolasyon, hidrojen depolama, yakıt pilleri, güneş panelleri ve pilleri, lityum iyon pilleri, yüksek ısı transistörleri vb. alanlarda kullanılmaktadır. Bu alanlardaki kullanımları ile bor; enerji tasarrufu, enerji taşıma/depolama ve enerji üretimine katkı sağlamaktadır. Yakıt pilleri ve hidrojen teknolojileri, enerji depolama teknolojileri, yenilenebilir enerji teknolojileri, çevreye duyarlı ve yüksek verimli yakıt ve yakma teknolojileri, su arıtım teknolojileri ve atık değerlendirme teknolojilerinde bor minerali değerlendirilmektedir.

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

Sodyum Bor Hidrür ($NaBH_4$) ile Hidrojen Depolama

Yakıt olarak hidrojen kullanımı ile ilgili bazı depolama problemleri mevcuttur. Hidrojen, gaz ve sıvı halde tanklarda, fiziksel olarak nanotüplerde veya kimyasal olarak hidrürler biçiminde depolanabilmektedir. Sodyum borhidrür, yanıcı/patlayıcı olmaması, çevreye dost bir ürün olması, reaksiyonu sonucu oluşan sodyum meta boratın tekrar sodyum borhidrüre dönüştürülebilmesi, elde edilen hidrojenin yarısının sodyum borhidrürden diğer yarısının ise sudan gelmesi, taşıma yeri açısından problem yaratmaması gibi bazı özelliklerinden dolayı hidrojenin depolanması konusunda diğer yöntemlere göre avantajlı durumdadır. Depolama özelliğinin yanı sıra, sodyum bor hidrürün yakıt pillerinde doğrudan yakıt olarak kullanımının da mümkün olduğu bilinmektedir.

Sodyum borhidrür alkali çözeltileri katalitik olarak, aşağıdaki bağıntısı uyarıca hidrojen verir.

$$NaBH_4 + 2\,H_2O \xrightarrow{katalizör} 4H_2 + NaBO_2 \qquad (1)$$

Su içerisinde çözünen sodyum borhidrit ($NaBH_4$), bir karışım olarak depolanmaktadır. Enerji üretmek için hidrojen ihtiyacı gerektiğinde bu karışım içine uygulanan katalizör aracılığı ile kimyasal reaksiyon başlatılmaktadır. Reaksiyon sonucunda gaz halinde serbest kalan hidrojen, yakıt pilinden geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Bu reaksiyon sonunda sodyum bor tuzu (sodyum metaborat) atık olarak birikmektedir. Sistemde enerji kaynağı olarak kullanılan hidrojen, sadece ihtiyaç halinde üretileceğinden, burada kullanılan katalizör çözeltiden istenildiği zaman ayrılabilmekte ve reaksiyon kontrollü olarak durdurulabilmektedir.

Bu özelliğin diğer hidrojen taşıma ortamlarına göre avantajları şu şekilde sıralanabilir

* Kullanılan karışımın içinde çözelti halinde bulunan sodyum borhidrit ve sodyum metaborat çözeltilerinin yanıcı olmaması

* Tepkimenin kolayca kontrol edilebilmesi

* Kullanılan hidrojenin yarısının sodyum borhidrit'ten diğer yarısının ise sudan alınması

* Katalizörün defalarca kullanılmaya uygun olması,

* Reaksiyon sonrası ortaya çıkan sodyum bor tuzunun kolaylıkla yeniden sodyum borhidrit üretiminde kullanılabilmesi

* Sodyum borhidritte ağırlık/enerji oranının benzindeki orana yakın olması.

* Ağırlıkça % 20 hidrojen depolayabilir olması

Ayrıca, Sodyum borhidrür çözeltisinden katalitik olarak elde edilen hidrojen gazı, yakılarak, geri dönüşsüz pil olarak, yakıt pilinde kullanılarak enerjiye dönüştürülebilir (Örs vd.,2002; Şahin 2006).

BOR HİDRİTLİ YAKIT PİLİ

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).

Bir yakıt pilinde sodyum borhidrür ağırlıkça %44'lük çözeltisi kullanırsa bir litre çözeltiden 5,11 kW/h enerji elde edilebilir ki, bu değer bir

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

litre benzinden teorik olarak elde edilebilecek enerjinin %56'sına eşittir. Ancak yakıt pili elektrik motorundaki enerji dönüşüm veriminin, içten yanmalı motora oranla 2,5-3 kat daha fazla olması nedeniyle, mevcut yakıt tanklarıyla kat edilen yol, sodyum borhidrür için de geçerlidir (Çetinkaya ve Karaosmanoğlu, 2002; TUBİTAK, 2007).

Sonuç

Bor mineralinin enerji sektöründe hidrojen taşıyıcı olarak, güvenli ve kolay kullanımı, yakıt pili üretim teknolojileri açısından oldukça umut vericidir. Fosil kökenli yakıtların zararlı etkilerinden kurtulmanın yollarının arandığı günümüzde, kolay hayata geçirilebilecek ve yüksek enerji talebini karşılayabilecek alternatif bir yöntemin ortaya çıkma ihtimali son derece önemlidir. Bor minerali, enerji üretim teknolojilerinin yanı sıra, yalıtım malzemesi yapımında, nükleer reaktörlerde kullanılması nedeniyle dolaylı olarak da enerji sektörüne katkı sağlamaktadır.

Tüm bu gelişme ve teknolojilere karşın henüz endüstride aktif olarak bir enerji kaynağı olarak yer edinememiştir. Bunun en önemli nedeni ise, hidrojen üretim teknolojilerinin içinde bulunduğu açmazdır. Günümüzde hidrojen üretiminin yarısından fazlası doğalgaz reformansyonu, biokütlenin ve kömürün prolizinden sağlanmaktadır. Bu durum, temiz enerji kaynağı olarak hidrojenin değerlendirilmesini olanaksız kılmaktadır. Güneş ve rüzgâr gücü ile üretilecek hidrojen ise ihtiyacı karşılamaktan uzaktır.

Bor mineralinin yakıt pili üretiminde sahip olduğu tüm avantajlara rağmen, hidrojen üretim teknolojilerinde ki gelişmelere paralel olarak gelişecektir. Bu yüzden, yakın gelecekte bor mineralinin enerji sektöründe çok büyük bir aktör olması ihmali düşüktür.

Kaynaklar

Bulutcu, A.N. “Özelleştirmenin Gölgesindeki Borlarımızın Durumu”, Eti Holding için hazırlanmış özel rapor, 2001.

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

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

Garrett, D.E. “Borates”, Academic Press, 1998.

Örs, N., Behmenyar, G., Özdemir, S.S., Boyacı San, F.G., Bahar, T., “Hidrojen Üretimi ve Depolama”, TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezi, MKTAE.1.02.007, 2002.

Roskill, “The Economics of Boron”, 9th edition, 1999.

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

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)

www.boren.gov.tr, (12.02.2015)

http://www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_ETI_MADEN_2011.pdf (06.02.2015)

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