



REFRAKTER BOR KİMYASALLARI VE ENDÜSTRİYEL KULLANIM ALANLARI



BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ KİMYA BÖLÜMÜ

DANIŞMAN : PROF.DR. HALİL GÜLER

SEMİH BAKIRTAŞ 202110105022

REFRAKTER NEDİR : "Refrakter", yüksek sıcaklıklara dayanıklı, erimeyen veya zor eriyen malzemelere verilen addır. Genelde metalurji, cam, çimento ve seramik sanayilerinde kullanılır. Bu malzemeler, ısıya dayanıklı fırınlar, kaplamalar ve ocak astarlarında kullanılır.

BOR NEDİR : Bor, periyodik tabloda B sembolü ile yer alan, hafif ama oldukça sert ve ısıya dayanıklı bir elementtir. Sanayide çeşitli bileşikleriyle kullanılır: borik asit, boraks , bor nitrür, metal borürler, hidroborasit, bor karbür vs. Ayrıca cam, seramik, deterjan, tarım, sağlık, gıda, uzay teknolojileri endüstrisi, nükleer ve savunma sanayilerinde önemli bir yere sahiptir.



REFRAKTER BOR MALZEMELERİ NELERDİR

Refrakter bor malzemeleri, yüksek sıcaklıklara dayanabilen ve kimyasal olarak kararlı yapıları sayesinde sanayi uygulamalarında yaygın olarak kullanılan ileri seramiklerdir. Bu malzemeler genellikle bor elementi içeren bileşiklerden oluşur ve en bilinenleri arasında bor nitrür (BN), bor karbür (B₄C) ve bor oksit katkılı sistemler yer alır. Fiziksel özellikleri bakımından oldukça dikkat çekicidirler; altıgen bor nitrür (h-BN), yaklaşık 2973 °C gibi çok yüksek bir ergime noktasına sahip olup, yapısal bütünlüğünü bu sıcaklıklarda dahi koruyabilir. Düşük yoğunlukları sayesinde hafiflik avantajı sağlarlar. Aynı zamanda termal genleşme katsayılarının düşük olması, malzemelerin ani sıcaklık değişimlerine karşı çatlama olmadan dayanabilmesini sağlar.



REFRAKTER BOR MALZEMELERİNİN SENTEZLERİ

Teknolojisi Bor esaslı refrakter malzemeler, yüksek sıcaklık dayanımı, kimyasal tepkimeye girmeyen ve aşınma direnci gibi üstün özellikleri nedeniyle ileri teknolojilerle sentezlenir. En yaygın sentez yöntemleri şunlardır:

1. Katı-Hal Reaksiyonları Yöntemi
2. Sol-Gel Yöntemi Yöntemi
3. Karbotermik İndirgeme Yöntemi

Bu yöntemlerle üç temel formda refrakter bor bulunur;

- I. Bor karbürler
- II. Bor Nitrürler
- III. Metal borürler



BOR KARBÜR SENTEZİ

B₄C üretmek için literatürde en çok kullanılan yöntemler, karbotermik indirgeme ve bor oksidin bir elektrik ark fırınında karbon ile reaksiyonlarıdır. Bununla birlikte mekano-kimyasal sentezleme, magnezotermik indirgeme, elementlerden sentezleme, buhar fazı reaksiyonları, polimerik öncüllerden sentezleme, kendiliğinden ilerleyen yüksek sıcaklık sentezi dahil olmak üzere çeşitli başka yöntemler de önerilmiş ve incelenmiştir. Bor karbürün % 95'ten fazla bağıl yoğunluğuna ulaşmak için 2200 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sıcak presleme işlemi şarttır. Sentez sürecini optimize etmek, bor karbürün kalitesini kontrol etmek ve çeşitli uygulamalarda maliyet etkinliğini yönetmek için çok önemlidir. Bu sentez yöntemleri, sonuçta elde edilen bor karbürlerin bileşim, yapı ve özellikleri üzerinde çeşitli derecelerde kontrol sağlar ve farklı uygulamalar için uygun hale getirir.



BOR NİTRÜR SENTEZİ

Katı-Gaz Faz Reaksiyonu (Endüstride kullanılan yaygın yöntem)

Genel Reaksiyon:



Aşamalar:

Hammadde Hazırlığı:

Bor kaynağı: Bor triksit (B₂O₃) veya borik asit (H₃BO₃).

Azot kaynağı: Amonyak (NH₃) veya nitrojen gazı

Karıştırma: B₂O₃ tozu veya borik asit tozu, taşıyıcı bir yüzeye yayılır.

Isıtma: Fırına alınır ve 900–1400 °C sıcaklıkta ısıtılır. Bu sırada sürekli NH₃ gazı akışı sağlanır.

Reaksiyon Ortamı: Azotlu veya amonyaklı atmosfer.

Genellikle gaz akışlı tüp fırınlar kullanılır.

Reaksiyon ekzotermiktir. Nihai ürün genellikle altıgen BN (h-BN) olur. Ürün, beyaz renkli, lifsi veya toz formundadır.

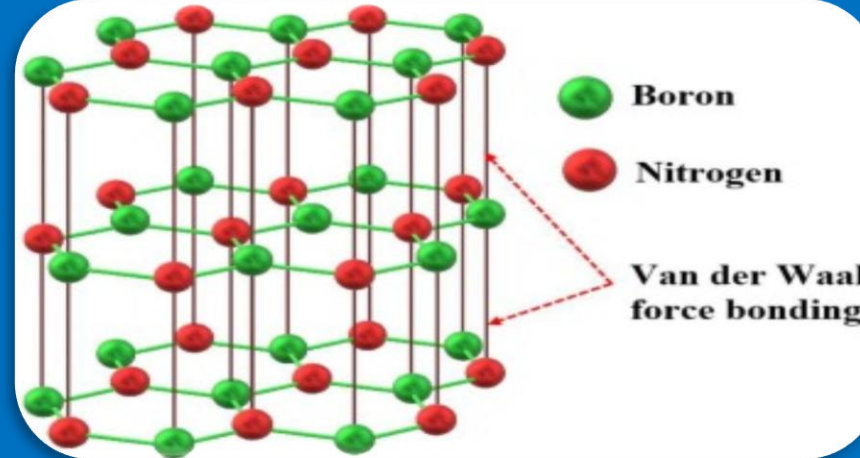
Borik Asit + Üre Yöntemi :

Reaksiyon;



Süreç: Borik asit ve üre 2:1 mol oranında karıştırılır. 80–100 °C'de kurutulur. 700–1100 °C sıcaklıkta inert gaz (ör. azot veya argon) ortamında ısıtılır.

Son ürün: Altıgen bor nitrürdür (h-BN).



METAL BORÜRLER

Metal borürlerin sentezi, çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilebilen kimyasal bir süreçtir ve genellikle bir metal ile borun doğrudan ya da dolaylı yollarla bir araya getirilmesiyle elde edilir. Bu sentez, yüksek sıcaklıkta gerçekleşen reaksiyonlar, kimyasal çöktürme teknikleri ya da elektrokimyasal işlemler aracılığıyla yapılabilir. Uygulanan yöntem, üretilecek borürün türüne, hedeflenen morfolojiye (örneğin, toz, film, nano yapılar) ve kullanım alanına göre seçilir. En yaygın kullanılan yöntemlerden biri, katı hal reaksiyonudur. Bu yöntemde, metal tozları ile bor tozları belirli oranlarda karıştırılır ve yüksek sıcaklıklara (genellikle 1200–2000 °C) kadar ısıtılır. Bu işlem sonucunda metal borürler doğrudan oluşur. Örneğin, titanyum ve borun tepkimesiyle TiB₂ gibi yüksek sertlikte borür bileşikler elde edilebilir. Ancak bu yöntem, büyük taneli ürünlere ve düşük homojenliğe neden olabilir.



Borür	Yoğunluk [g/cm ³]	Ergime noktası [°C]	Elektrik direnci, [10 ⁻⁸ Ωm]	Sertlik [HV]
TiB		1900		2500
TiB ₂	4,52	2980	9-15	3370
ZrB ₂	6,1	3040	9,2	2250
HfB ₂	11,2	3250	10-12	2900
VB ₂	5,10	2110	16-38	2397
NbB ₂	7,21	3050	12-65	2200
TaB ₂	12,60	3200	14-68	2500
CrB ₂	5,20	1100	21-56	1897
FeB	7,15	~1550	30	1900-2100

REFRAKTER BOR MALZEMELERİNİN

1.YÜKSEK SICAKLIK DAYANIMI:

Bor esaslı refrakterler (özellikle bor nitrür ve bor karbür), 2000 °C'nin üzerinde sıcaklıklarda kararlılık gösterir. Bu sayede metalurji fırınları, reaktör kaplamaları ve ısıya dayanıklı yapılar için idealdir.

2. KİMYASAL KARARLILIK VE İNERTLİK:

Asidik, bazik ve oksitleyici ortamlara karşı oldukça dirençlidir. Özellikle bor nitrür, birçok kimyasal maddeyle tepkimeye girmez; bu da onu kimyasal proses ekipmanları, gaz difüzörleri ve reaksiyon odaları için ideal yapar.

3. THERMAL ŞOK DİRENCİ:

Ani sıcaklık değişimlerine karşı çatlama yapmadan dayanabilirler. Bu özellik, refrakterlerin çok sayıda ısıtma-soğutma döngüsünde uzun ömürlü olmasını sağlar.

4. Yüksek Sertlik ve Mekanik Dayanım:

Özellikle bor karbür (B₄C), elmas ve kübik bor nitrürden sonra en sert malzemelerden biridir. Bu sertlik sayesinde zırh uygulamaları, aşındırıcı takımlar ve balistik koruma gibi alanlarda kullanılır.

5. NÖTRON SOĞURMA KABİLİYETİ:

Bor içeren bileşikler, özellikle bor karbür, yüksek nötron absorpsiyon kapasitesine sahiptir. Bu nedenle nükleer reaktörlerde kontrol çubuğu veya radyasyon koruyucu kaplama olarak kullanılır.

6. DÜŞÜK YOĞUNLUK VE HAFİFLİK:

Yüksek mekanik dayanımına rağmen yoğunlukları düşüktür (~2.1–2.5 g/cm³). Bu da onları hafif ama dayanıklı malzeme ihtiyacının olduğu yerlerde (örneğin savunma ve uzay sistemleri) avantajlı kılar.



7. OPTİK ÖZELLİKLER:

Bazı bor bileşikler (örneğin bor nitrür), şeffaf veya opak olabilir . Lazer sistemleri, optik kaplamalar gibi ileri teknoloji uygulamalarında kullanılabilir.

REFRAKTER BOR MALZEMELERİNİN KULLANIM ALANLARI

1.SAVUNMA VE BALİSTİK SANAYİ:

Bor Karbür (B₄C), yüksek sertliği ve hafifliği sayesinde : Balistik yelekler, Zırh kaplamaları (askeri araçlar, helikopterler) Kurşun geçirmez plakalar üretiminde kullanılır. Özellikle balistik koruma alanında en çok tercih edilen malzemelerden biridir.



2. NÜKLEER ENERJİ SEKTÖRÜ:



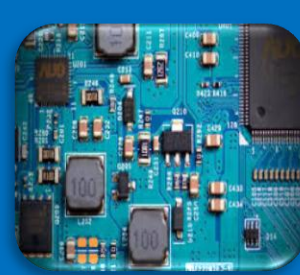
Bor elementinin B-10 izotopu, mükemmel bir nötron soğurucu özelliğe sahiptir. Bu özellik sayesinde: Nükleer reaktörlerin kontrol çubuklarında, Nükleer atık depolama sistemlerinde, Nötron koruma panellerinde kullanılır. Bor karbür ve bor nitrür de bu uygulamalarda yaygın şekilde kullanılır.

3. HAVACILIK VE UZAY TEKNOLOJİLERİ :

Yüksek sıcaklık direnci ve düşük yoğunluğu sayesinde: Isı kalkanları (örneğin uzay araçlarının atmosfer girişinde), Roket motoru parçaları , Yüksek performanslı seramik kompozitler üretiminde refrakter bor türevleri tercih edilir. Bor nitrür kaplamalar, yüksek sıcaklıklı koruyucu katmanlar sağlar.



4. ELEKTRONİK VE YARI İLETKEN SANAYİ:



Hekzagonal Bor Nitrür (h-BN): Elektriksel yalıtkan ve termal iletken özellikleri sayesinde, Yarı iletken cihazlarda ısı yayılımı yönetimi amacıyla kullanılır. Koruyucu kaplamalar, transistör yalıtım katmanları, soğutucu tabakalar gibi uygulamalarda görev yapar.

5. AŞINDIRICILAR VE KESİCİ TAKIMLAR:

Bor karbür, yüksek sertliği sayesinde: Aşındırıcı tozlar (zımparalar), Kesici uçlar, inşaat malzemeleri, Kumlama ekipmanları üretiminde kullanılır. Özellikle seramik, cam taş işleme endüstrilerinde' de tercih edilir.



6. KİMYA VE SERAMİK ENDÜSTRİSİ:

Korozyona ve ısıya dayanıklı olduğu için: Fırın iç kaplamaları, Korozyon dayanımlı reaktör kaplamaları , Yüksek sıcaklık seramik ürünleri üretiminde kullanılır . Bor triksit (B₂O₃) cam üretiminde akışkanlaştırıcı olarak katkı maddesi görevini üstlenir.

REFRAKTER BOR MALZEMELERİ SAVUNMA, NÜKLEER VE ISIYA DAYANIKLI ENDÜSTRİ DE BÜYÜK KATMA DEĞERLİ ÜRÜNLER OLUŞTURUR.



REFRAKTER BOR MALZEMELERİNİN

AVANTAJ	DEZAVANTAJ
Yüksek sıcaklık dayanımı	Yüksek üretim maaliyeti
Yüksek sertlik ve aşınma direnci	Kırılganlık
Düşük yoğunluk	Zor işlenebilirlik
Kimyasal inertlik	Yüksek sıcaklıkta oksidasyon
Elektriksel ve termal iletkenlik	Sınırlı kaynak ve tedarik sorunu

Kaynakça

<https://boren.tenmak.gov.tr>

<https://dergipark.org.tr/en/download/article>

<https://borchem.com/makale>

https://tr.wikipedia.org/wiki/Bor_nitrür

<https://madencilikrehberi.wordpress.com/wp-content/uploads>

Callister, W.D., & Rethwisch, D.G. (2020).

Materials Science and Engineering: An Introduction. Wiley.

Bansal, N.P., & Lamon, J. (2014).

Ceramic Matrix Composites: Materials, Modeling and Technology. Wiley.

<https://polen.itu.edu.tr/bitstream>