



T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN-EDEBİYAT FAKÜLTESİ
KİMYA BÖLÜMÜ



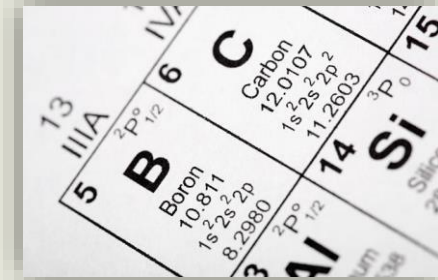
Bor Karbür ve Bor Nitrür Bileşiklerinin Sentezleri ve Teknolojik Özellikleri

DANIŞMAN: HALİL GÜLER

HAZIRLAYAN: BERİVAN ERDEĞER

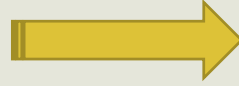
BOR NEDİR

- Bor (B), periyodik tabloda 3A grubunda (13. grup) yer alan, atom numarası 5, atom ağırlığı 10.81, simgesi B olan bir yarı metal elementidir. Kristal formunda kırılğan,koyu; amorf formunda ise kahverengi bir tozdur
- Suda çözünmez, fakat asit ve bazlarla çeşitli reaksiyonlara girebilir.Lewis asidi gibi davranabilir, çünkü boş p-orbitalleri vardır.
- Doğada serbest halde bulunmaz. Elektriksel olarak saf halde zayıf bir iletkendir, ancak bileşikleriyle farklı özellikler kazanabilir.
- Dünya bor rezervlerinin büyük bir bölümü Türkiye’de bulunmaktadır; bu da boru ülkemiz için stratejik bir maden hâline getirir.

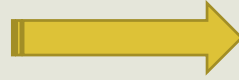


BOR BİLEŞİKLERİ

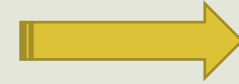
▪ Borik asit (H_3BO_3)



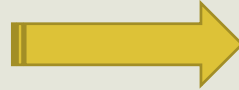
▪ Boraks ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)



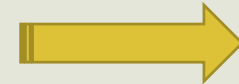
▪ Bor nitrür (BN)



▪ Bor karbür (B_4C)



▪ Sodyum perborat ($\text{NaBO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)



BOR'UN İKİ FORMU

- Birincisi **kristal şekli** olup parlak ve siyah renklidir. Çok sert olan bu şeklin kristal yapısı tespit edilememiştir. Ancak birbirine sıkıca bağlanmış üç boyutlu bor atomlarından meydana gelmiş gibidir.

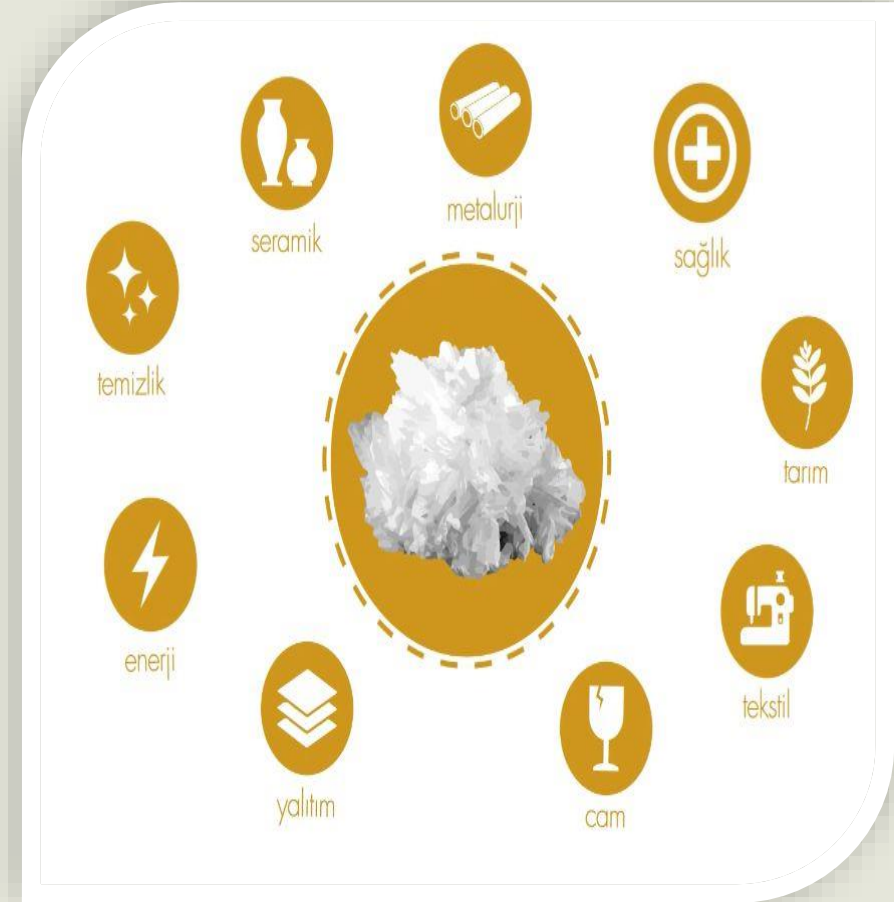


- İkincisi **amorf** yapıdaki, daha az yoğun olan şekilsiz hali olup kahverengi-siyah renkte, tatsız, kokusuz bir tozdur.



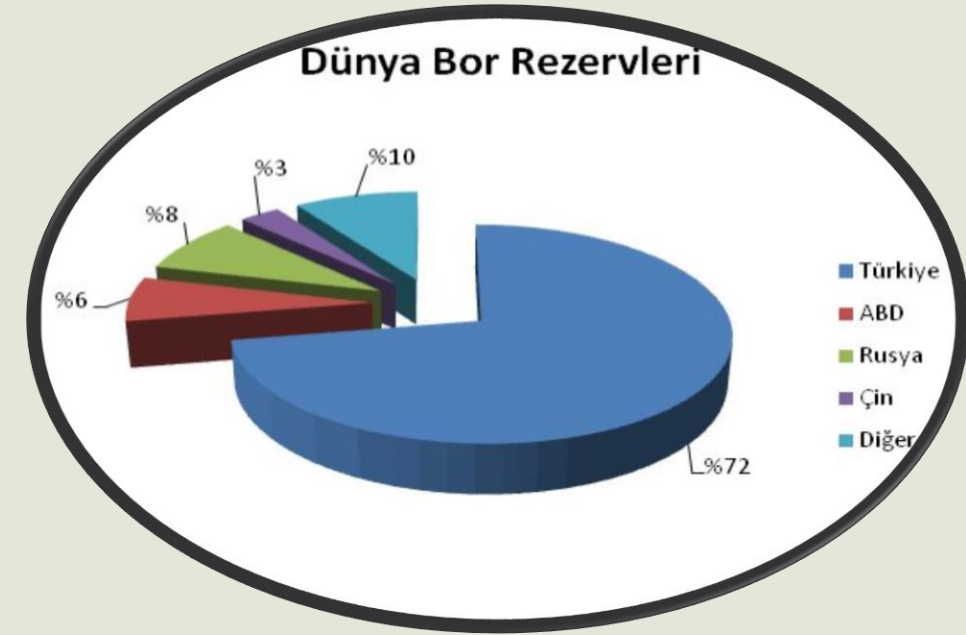
BOR KULLANIM ALANLARI

- **Cam ve seramik sanayii** (özellikle ısıya dayanıklı camlar)
- **Nükleer sanayi**: Bor, nötronları tutma özelliği nedeniyle reaktörlerde kullanılır.
- **Havacılık ve uzay sanayii**: Bor fiberleri, yüksek mukavemetli ve hafif yapılar için kullanılır.
- **Tarım**: Mikro besin elementi olarak toprağa uygulanır.
- **Temizlik ürünleri**: Bor bileşikleri, dezenfektan ve ağartıcı olarak kullanılır.
- **İlaç ve tıp**: Kanser tedavisinde deneysel olarak kullanılan boron bileşikleri mevcuttur.
- **Enerji**: Bor hidrürler ve bor bileşikleri, roket yakıtı ve hidrojen depolamada incelenmektedir.



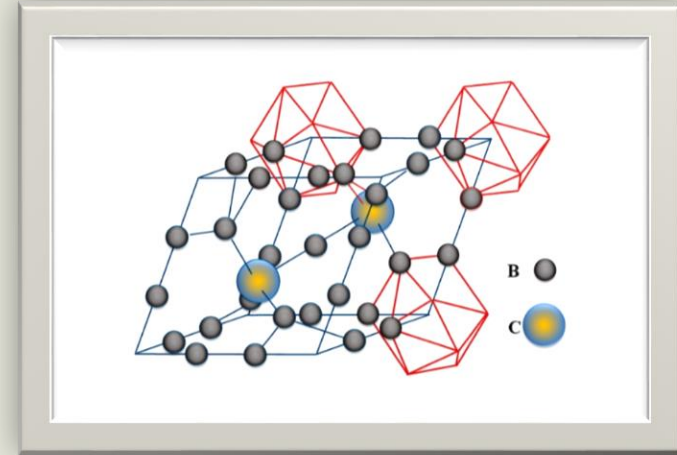
Türkiye'nin Dünya Rezervleri ve Pazarlarındaki Yeri

- Türkiye, dünya bor rezervlerinin %70'inden fazlasına sahiptir.
- Toplam rezerv: Yaklaşık 3,3 milyar ton
- Hem sanayi hem de ileri teknoloji ürünlerinde büyük bir potansiyel taşır.
- **Üretim Kıyaslaması:-** Türkiye sadece rezerv açısından değil, bor üretimi ve ihracatı açısından da dünyada lider konumda.
- Türkiye'deki en büyük işletmeler: Eti Maden(en büyük ve tek yetkili işletme:)
- Başlıca Eti Maden İşletmeleri:Balıkesir/Bigadiç-Bandırma,Eskişehir/Kırka,Kütahya/Emet, Bursa/Kestelek
- Bor, Türkiye için stratejik bir kaynak olarak görülür.



Bor Karbür (B_4C)

- **Bor Karbür**, parlak siyah renkli, kristal yapılı fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı çok dayanıklı bir malzemedir. Yoğunluğu $2,52 \text{ gr/cm}^3$ 'tür.
- Susuz borik asidin grafit hücrede petrol koku ve $CaCO_3$ ile birlikte $2500 - 2600^\circ\text{C}$ 'ye kadar ısıtılması yoluyla elde edilir.
- Bor karbür elde etmek için ikinci bir yol da, çok ince borik asit tozunun magnezyum ve kömür tozu ile birlikte 1400°C 'ye kadar ısıtılması şeklindedir.
- Bor karbür bileşiğinin kimyasal formülü basitleştirilerek B_4C olarak verilir. Ancak bor karbürün **kristal yapısı henüz tam olarak anlaşılabilmemiş değil**. Deneysel ve kuramsal araştırmalar bor karbürün kristal yapısı içinde 12 bor ve 3 karbon atomdan oluşan birim hücrelerin tekrar ettiğini fakat birim hücre içinde doğrusal olarak dizilmiş şekilde konumlanan üç karbon atomundan birinin bor ile yer değiştirebileceğini gösteriyor.
- Bor karbür, elmas ve kübik bor nitrürden sonra bilinen en sert maddedir. Bu özelliği sayesinde malzemeleri güçlendirmek amacıyla tercih edilir. Bor karbürün yoğunluğu görece düşüktür. Bu nedenle **savunma sanayisinde** örneğin askerî uçaklarda, helikopterlerde, zırhlı araçlarda, koruyucu yeleklerde kullanılan hafif zırhlar bor karbürden üretilir.



Bor Karbür Oluşum Aşamaları

1. Bor Kaynağı(B₂O₃ veya H₃BO₃)

2. Ön İşlem(H₃BO₃) → B₂O₃ + H₂O)

3. Karbon Kaynağı ile Karıştırma (Petrol koku / grafit / is)(+ CaCO₃ – akı, isteğe bağlı)

4. Peletleme / Şarj Hazırlama

5. Yüksek Sıcaklıkta Isıtma(Grafit elektrik ark fırını)≈ 2000–2400 °C

6. Karbotermik İndirgeme $2\text{B}_2\text{O}_3 + 7\text{C} \rightarrow \text{B}_4\text{C} + 6\text{CO}\uparrow$

7. Soğutma

8. Kırma – Öğütme

9. Saflaştırma(Asit yıkama, yabancı faz giderme)

10. Sınıflandırma / Eleme

11. Bor Karbür (B₄C) Tozu

12. $\text{B}_2\text{O}_3 + \text{Mg} \rightarrow \text{B} + \text{MgO}$

13. MgO Asitle Uzaklaştırma

14. $\text{B} + \text{C} \rightarrow \text{B}_4\text{C}$

BANDIRMA (19 MART 2023)

Türkiye'nin ilk bor karbür tesisi

Elmas ve kübik bordan sonra en sert üçüncü madde olan bor karbür, başta savunma sanayisi olmak üzere birçok alanda kullanılıyor

Balıkesir
Bandırma



Türkiye
dünya bor
rezervinin
%73'üne
sahip



Türkiye'nin
stratejik
tesislerinden biri
olacak



Savunma
sanayisinin
gücüne güç
katacak



Türkiye'nin
ilk bor karbür
tesisi



Bor
cevherindeki
katma değer
artacak

1.000

Yıllık
1.000 ton
kapasiteli

Bor Karbür'ün Kullanım Alanları



BOR KARBÜR



ZIRH PLAKALRI



YAKIT YÜKLEME ÇUBUĞU

Bor Karbür'ün Kullanım Alanları

OTOMOTİV



SAVUNMA
SANAYİ



UZAY VE
HAVACILIK



NÜKLEER
ENDÜSTRİ



ELEKTRONİK

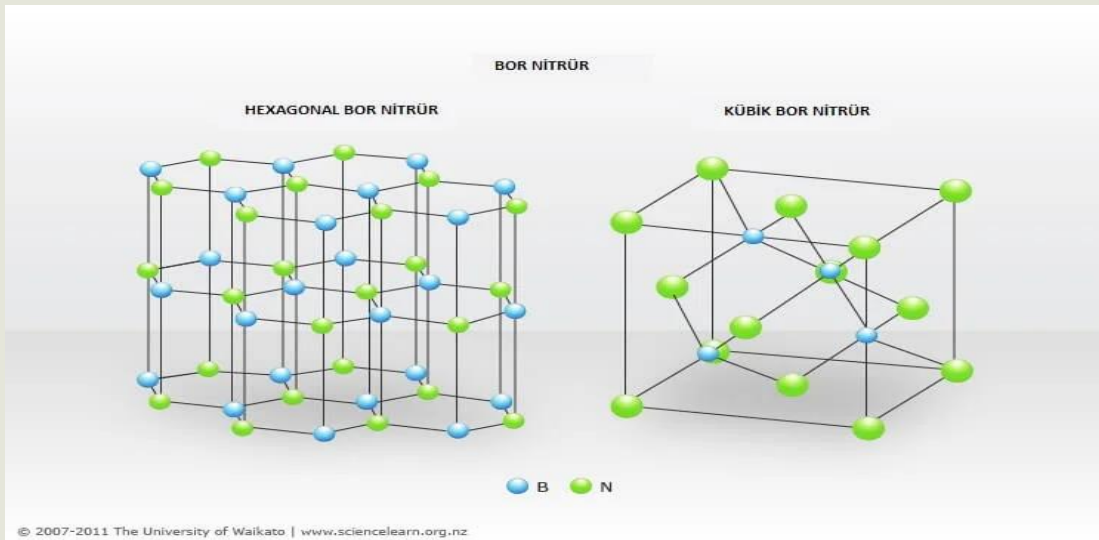


Bor Nitrür (BN)

- **Bor Nitrür** , yapı olarak grafitle benzetmekle birlikte fiziksel özellikleri çok farklıdır.
- BN, beyaz, iyi bir yalıtkandır ; stabil olmasına rağmen kızıl derecede su buharıyla bozunur.
- **Yüksek erime noktasına sahiptir** (~3000 °C)
- Sıcakta preslenmiş bor nitrürün yoğunluğu 2,1 gr/cm³ 'tür.
- Bor nitrür azot, azotlu oksijen ve amonyaklı ortamda bor'un ısıtılmasıyla elde edilir.
- Bor Nitrür, düşük reaktifliği ve birçok uygulaması olan inorganik bir malzemedir. Isıyı iyi iletir
- Bor Nitrürün üç farklı kristal formu mevcuttur; **hegzagonal formu (h)BN**, **kübik formu (c)BN**(Elmastaan sonra bilinen en sert malzemedir).Üçüncü ticari Bor Nitrür tipi ise kimyasal buhar indirgenmesi ile üretilen **Pirolitik Bor Nitrür'dür**(ısı kalkanı,kablolarının ısı izolasyonu). Bunlar çok farklı fiziksel özelliklere sahiptirler ve çok farklı uygulamalarda kullanılırlar.
- Bor Karbür ve Borazon bilinen en sert bileşiklerdir, çok yüksek ısı iletkenliği sebebiyle kesme aletlerinde (cutting tools) kullanılır.

Bor Nitrür Oluşum Aşamaları

- **Borik asit (hammadde)** (H_3BO_3) → **ısıtma** (300–600 °C) = **Bor oksit** (B_2O_3)
- **Bor oksit** (B_2O_3) → NH_3 / **N_2 (nitrürleme)** atmosferi, 900–1500 °C = Hekzagonal bor nitrür (**h-BN**)
- h-BN, **çok yüksek basınç ve sıcaklıkta kübik faza** dönüştürülebilir:
- Katalizör: Alkali veya alkali toprak metalleri
- Bu aşama **elmas sentezine benzer** koşullar gerektirir.



Bor Nitrür Kullanım Alanları

turkbor
MADENÇİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.



turkbor
MADENÇİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.

turkbor
MADENÇİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.



turkbor
MADENÇİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.



turkbor
MADENÇİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.



SORU: DAHA YUMUŞAK OLMASINA RAĞMEN NEDEN B_4C TERCİH EDİLİR ?

- Kübik bor nitrür (c-BN), bor karbüre (B_4C) kıyasla daha yüksek sertliğe sahip olmasına rağmen, birçok mühendislik uygulamasında bor karbür tercih edilmektedir. Bunun **temel nedeni, sertliğin tek başına performansı belirlememesidir.**
- **Bor karbürün düşük yoğunluğu** ($\approx 2.52 \text{ g/cm}^3$), özellikle balistik ve havacılık uygulamalarında önemli bir avantaj sağlar.
- Balistik darbe altında BC , kontrollü çatlak oluşumu ve enerji sönmeme mekanizmaları sayesinde **darbe enerjisini daha etkin dağıtır.** c-BN ise çok yüksek sertliğine rağmen daha kırılgan bir davranış sergileyerek ani çatlak yayılımı gösterebilir.
- Ayrıca **c-BN'nin üretimi** yüksek basınç–yüksek sıcaklık koşulları gerektirdiğinden **maliyeti yüksektir** ve büyük boyutlu parçaların üretimi sınırlıdır. Bor karbür ise endüstriyel ölçekte daha ekonomik ve uygulanabilir.
- Sonuç olarak, c-BN daha sert olmasına rağmen; hafiflik, darbe dayanımı, ekonomik üretim ve çok yönlü kullanım gerektiren uygulamalarda bor karbür daha uygun bir malzeme olarak öne çıkmaktadır.

ÖZELLİK KARŞILAŞTIRMA

ÖZELLİK	B ₄ C	BN
SERTLİK	YÜKSEK	ÇOK YÜKSEK (C-BN)
YOĞUNLUK	ÇOK DÜŞÜK	DÜŞÜK
ELEKTRİKSEL	YARI İLETKEN	YALITKAN
ZIRH	✓	—
KESİCİ TAKIM	—	✓
SERAMİK	AŞINDIRICI,NÜKLEER	KESİCİ, KAPLAMA

B₄C VE BN'ÜN TEKNOLOJİK ÖZELLİKLERİ

B₄C

- Balistik zırh sistemleri
- Aşındırıcı nozullar ve jet sistemleri
- Nükleer reaktör bileşenleri
- Yüksek aşınma dirençli seramik parçalar

BN

- Kesici takımlar
- Taşlama ve honlama diskleri
- Sertleştirilmiş çelik işleme
- Yüksek sıcaklık yağlayıcısı
- Kalıp ayırıcı kaplamalar
- Refrakter seramik kaplamalar
- Elektrik yalıtım elemanları

ÖRNEKLER

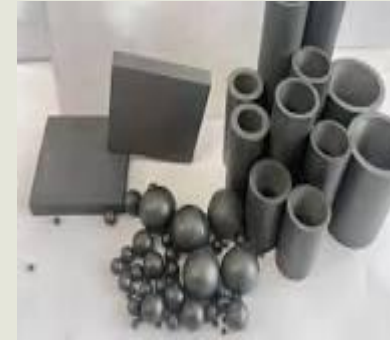
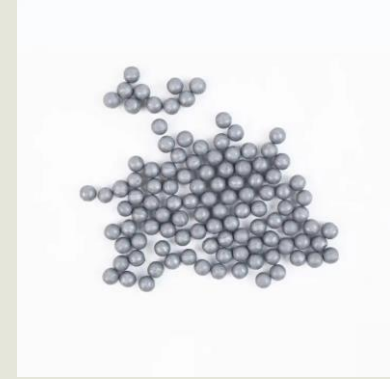
BOR NİTRÜR SPREY

- **Otomotiv ve endüstriyel makinelerde:** Bor nitrür, yüksek sıcaklık altında çalışırken yağlama performansını iyileştiren bir **kayganlaştırıcı madde olarak** kullanılabilir. Özellikle, motorlar ve dişliler gibi hareketli parçalarda sürtünmeyi azaltır.



BOR KARBÜR NÜKLEER REAKTÖRLER

- Kimyasal reaktör: maddelerin kontrollü şekilde tepkimeye sokulduğu kap.
- B_4C , Nükleer reaktör sahalarında **nötron soğurucu** malzeme olarak kritik bir role sahip.
- Reaktör çalışması sırasında ortaya çıkan serbest nötronlar, zincirleme fisyon tepkimesini sürdürür. Bu tepkimenin kontrol altında tutulması ,reaktör güvenliği açısından zorunludur.
- Genellikle kontrol çubuklarının iç dolgu malzemesi olarak kullanılır.



KAYNAKÇA

- *TURKBOR MADENCİLİK SANAYİ TİCARET A.Ş.*
- Domnich, V. ve ark., “[Boron Carbide: Structure, Properties, and Stability under Stress](#)”, *Journal of the American Ceramic Society*, Cilt 94, Sayı 11, s. 3605-3628, 2011
- BOR KİMYASI (2).pdf file:///C:/Users/User/Downloads/BOR%20K%C4%B0MYASI%20(2).pdf
- **Pierson, H. O.**
Handbook of Refractory Carbides and Nitrides
William Andrew Publishing
- <https://metalurji-malzeme.net/kategoriler/malzeme-bilimi/kubik-bor-nitrur-ozellikleri/>
- Zhou, X., et al. (2019). *Boron Carbide Ceramics: Properties and Applications. Journal of Advanced Ceramic Materials.*