

## 2.5.2. BOR KARBÜR (B<sub>4</sub>C)

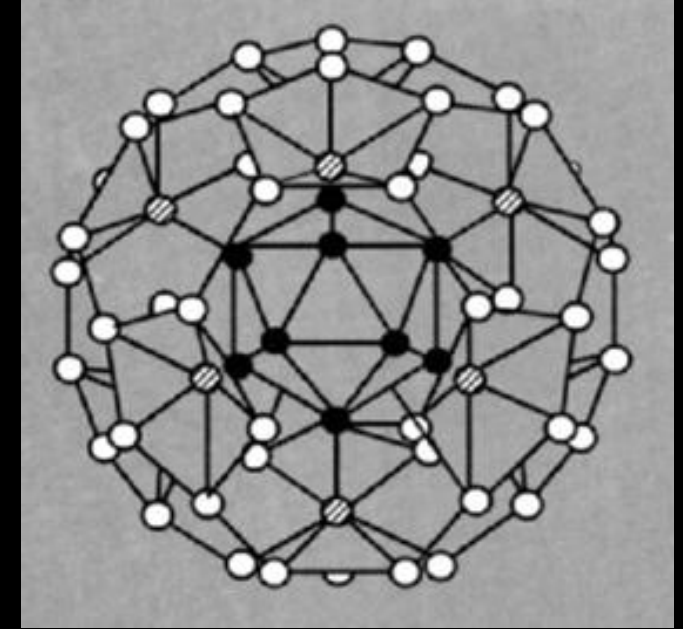
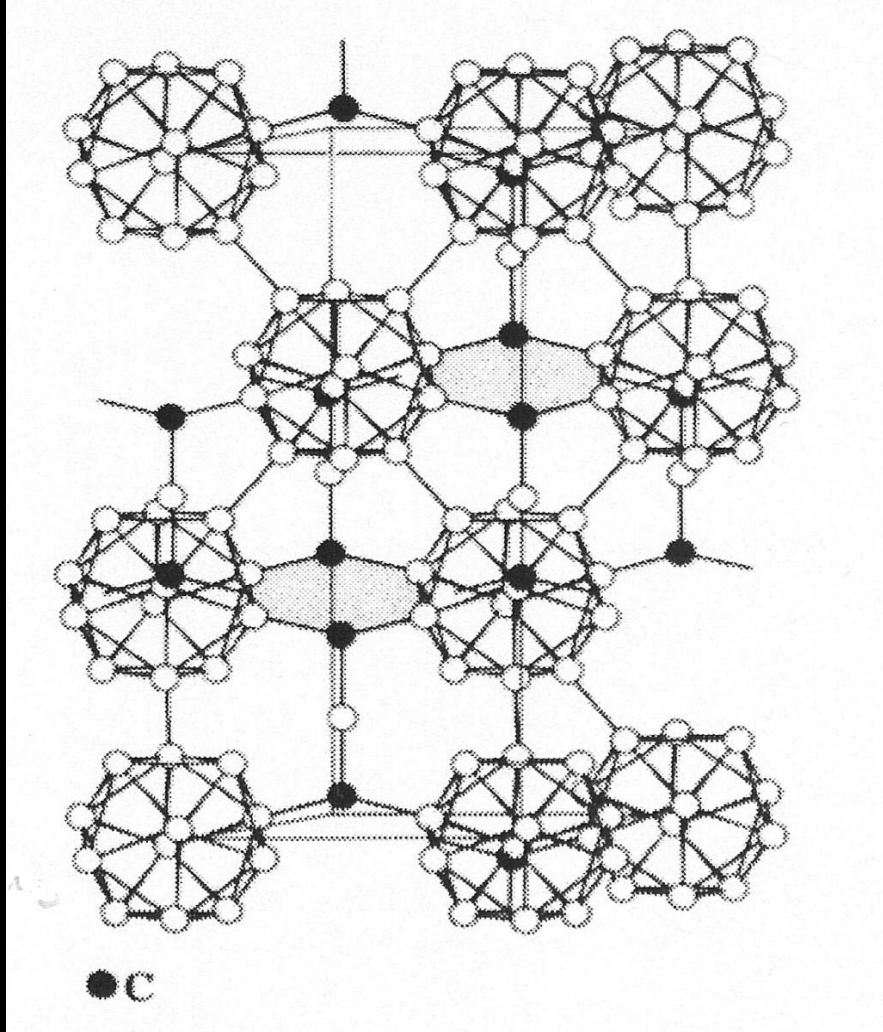
Tetrabor, siyah elmas olarak da bilinmektedir. En: 2350 °C, kn: 3500 °C dir. Bir çok kimyasal özelliği ve üstün mekanik özellikleri nedeniyle bor karbür, günümüzde ileri teknolojinin önemli bir malzemesidir. Bor karbür özellikle, nükleer reaktörlerde, hafif zırh üretiminde ve yüksek sıcaklık malzemesi olarak kullanılmaktadır. Elmas ve kübik bor nitrürün dışında bilinen en sert bileşiktir (Mosh sertliği 9.3). Nanoboyutta bor karbür 10-100 nm boyutundadır.

### Bor karbürün Tarihçesi

Bor karbür bileşiği, ilk olarak 1934' te keşfedilmiştir. Bu tarihten sonra bor karbürün değişik formüllerde olduğu ileri sürülmüş ancak bunlar diğer araştırmacılar tarafından doğrulanamamıştır. 1950' lerden sonra, bor karbürün yapısı ve özellikleri üzerine yoğun araştırmalar yapılmıştır.

Podzsuz, amonyağın borik oksit ile tepkimesi sonucu saf bor nitrürü elde etmiştir. Bor karbür de aynı yöntem ile karbonla harmanladıktan sonra yüksek sıcaklıkta elde edilebilmektedir. Bu araştırmacı, bu işlemler sonrasında **B<sub>4</sub>C** veya **B<sub>5</sub>C** elde ettiğini iddia etmiştir.

$B_4C$  şu an daha doğru bir şekilde  $B_{13}C_2$  olarak yazılmaktadır fakat, bu yapının  $B_{12}C_3$ 'ün stokiyometrisine benzediği düşünülmektedir. Bu yapı  $B_{84}$  polihedrası olarak da düşünülebilir fakat bu yapıda  $\beta$ -rombohedral bor ( $B_{84}$ ) yapısında bulunan büyük  $B_{10}$ - $B_{10}$  birimlerinin yerini linear C-B-C birimleri almıştır. Sonuçta, bu yapıda 13 ikosahedron biriminin daha sıkı bir şekilde paketleniği söylenebilir ( $a_0 = 517.5$  pm,  $\alpha = 65.74^\circ$ ;  $\beta$ -rombohedral bor için  $a_0 = 1014.5$  pm,  $\alpha = 65.28^\circ$ ).



$B_{84}$

$B_{13}C_2$  nin kristal yapısı.

$B_{12}$  ikosahedrasına düzlemsel hegzagonal halkalar bağlanmaktadır. Bu halkalar C-B-C zincirlerine diktir.

Stringent testleri bu yapıdaki B ve C atomları arasındaki farklılıkları ortaya koymak için bor karbüre uygulanmış ve yapının 1984 lü yıllarda olduğu düşünülen  $B_{12}C_3$  yapısında olmadığı ve yapının  $B_{12}CBC$  ( $B_{13}C_2$ ) yapısında olduğu kanıtlanmıştır. Dolayısı ile ilk olarak  $B_{12}C_3$  yapısının söz konusu olamayacağı düşünülmüştür. Ancak bu fikir magic-angle spinning kullanılarak yapılan  $^{13}C$  NMR çalışmaları ile çelişmiştir ki burada karbonun sadece  $C_3$  zincirleri olarak bulunduğu ve gerçekte yapının  $B_{12}C_3$  olduğu gösterilmiştir (veya  $B_{12}^{2-}C_3^{2+}$ ). 1899' da ilk defa H. Moissan tarafından yapılan ve on yıl kadar tonlarca satılan bor karbürün yapısı, kesin olarak aydınlatılmayı beklemektedir.

Diğer bir görüşe göre; " $B_{6.5}C$ " 'den " $B_4C$ " e kadarki stokiyometri çeşitliliği, CBC zincirindeki boşluklardan ( $B_{12}C_2 \equiv B_6C$ ) ve/veya ikosahedrondaki  $[(B_{11}C)CBC \equiv B_4C]$  borun bir karbon ile yer değiştirmesinden kaynaklanmaktadır.

## Bor karbürün Özellikleri

- Bor karbür, çok serttir; sertliğini ancak elmas ve kübik bor nitrür (BN) aşmaktadır.
- Kimyasal tepkimelere karşı dayanıklıdır.
- Isıya karşı dayanıklıdır.

<b>Kimyasal formülü</b>	<b>B<sub>4</sub>C</b>
<b>Mol kütlesi</b>	<b>55.26 g/mol</b>
<b>Bor İçeriği</b>	<b>% 78.26</b>
<b>Kristal yapısı</b>	<b>Rombohedral</b>
<b>Özgül Ağırlığı</b>	<b>25.10 kg/m<sup>3</sup></b>
<b>Erime noktası</b>	<b>2450 °C</b>
<b>Kaynama noktası</b>	<b>3500 °C</b>

Bor kabür içerik bakımından yaklaşık % 80 bor ihtiva etmektedir. Bu yüksek bor içeriği, bileşiğin yüksek erime noktasına sahip olmasına neden olmaktadır. Kimyasal ve fiziksel kararlılığından dolayı nötronların absorbe edilmesinde bor karbür oldukça etkili ve ekonomiktir. Ayrıca içeriğinde yüksek bor ihtiva etmesi, bor karbürü bor halojenleri gibi diğer bor bileşiklerinin elde edilmesinde önemli bir kaynak yapmaktadır.

## *Kimyasal Dayanıklılık*

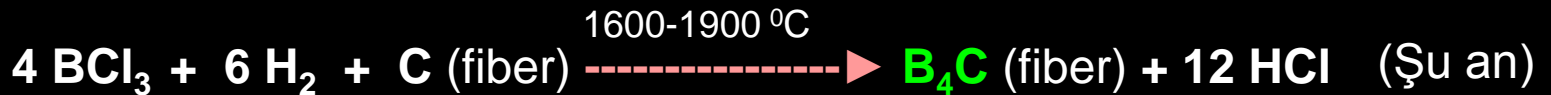
- Sulu ortamdaki asitli minerallere ve alkalilere karşı olan dayanımı,
- Organik bileşiklere karşı dayanımı,
- Sıvı asit/sülfürik asit ve sıvı asit/nitrik asitle gibi asit karışımlarında çok yavaş bir şekilde çözünmektedir.
- 200–300 °C' deki su buharına karşı dayanıklıdır.
- Boratların oluşumu sırasında, alkaliler ve asit eriyiklerin hücumuna hızlı bir şekilde maruz kalır.
- Asidik ortamda büyük tane boyutu için, max. çalışma sıcaklığı 1000 °C' dir. İnce taneli boyut için asidik ortam ise 600 °C' ye göre hazırlanmaktadır.

## Bor karbürün Sentezi

Bor karbür; bor oksit ( $B_2O_3$ ) veya borik asidi ( $H_3BO_3$ ), elektrik ark fırınlarında ( $2500\text{ }^\circ\text{C}$ ) uygun sıcaklık ortamında karbon ile indirgemek suretiyle elde edilmektedir.



Tepkime endotermik olup, mol başına  $1812\text{ kJ}$  veya  $9.1\text{ kWh/kg}$  enerji gerektirmektedir. Bu genellikle elektrik ark fırınlarında  $1500\text{-}2500\text{ }^\circ\text{C}$  sıcaklık anlamına gelmektedir. Yani bir ton bor karbürün sentezi için gerekli olan enerji  $9100\text{ kWh}$  tır. Tepkime sonucunda bor karbürün çıkış bileşiğine olan oranı:  $\frac{1}{4}$  kadardır. Yani bir birim bor karbür elde etmek için dört birim çıkış bileşiği kullanmak gerekmektedir.



## Bor karbürün Kullanım Alanları

Gelişen teknolojiye yüksek teknoloji ürünleri önemli bir yer teşkil etmektedir. Dünyanın birçok ileri ülkesinde kompozit maddelerin üretimiyle uzay, havacılık, nükleer çalışmalar, sanayi v.b. alanlarda büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Hem dayanıklılık hem de enerji tasarrufu sağlaması; ulaşılmaması istenen hedeflere daha çabuk varılmasında önemli malzemedir.

Bor karbür kompozit madde olarak çok amaçlı kullanıldığı gibi nötron tutucu özelliği nedeniyle nükleer yakıt kaplanmasında ve atıkların muhafazasında da kullanılmaktadır.

*Makine ve çalışma aletleri yüzeylerinin işlenmesi için kullanılmaktadır*

(özellikle sert metallerin lopçukları)

Başta kesim plakaları olmak üzere, anaç taşlar, her türlü matrisler, soğuk çekilmiş aletler, akıcı baskı aletleri, demircilik, matkap uçları, ok dövme keskesi, valfler, valf yatakları, piston ringleri, silindir düğmeler, silindir burçlar, silindirik yüzeyler, dişli mekanizmalar, rulman yatakları, salmastra kutuları, püskürtmeli pompalar, sertleştirilmiş oturak yüzeyleri, suni malzeme pres kalıpları, her türlü eğitim alet ve kesiciler, rendeler, frezeler, krank miller ve diferansiyeller gibi alanlarda yüzey işlenmesinde kullanılmaktadır.

Seramikler ve sert çalışma malzemelerinin işlenmesinde kullanılmaktadır

(Lopçuklar ve Testereler gibi )

Örneğin; oksitli olmayan seramikler ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{SiC}$ ), oksitli seramikler ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrO}_2$ ), mineraller, kuars, doğal ve sentetik taşlar, optik camlar gibi.

Ultrason delinmeler için kullanılmaktadır

Cam, seramik, silisyum ve minerallerin işlenmesi için gerekli delinme ortamı sağlamaktadır.

Metal matris kompozitlerinde kullanılmaktadır

Ne-Metallerin partüküllerinin güçlenmesinde kullanılmaktadır.

Antioksidant olarak kullanılmaktadır

Metallurji ve ateşe dayanıklı alanlarda içinde bağlayıcı olarak karbon bulunan refraktörlerde karbonun oksitlenmesini önlemek için yani antioksidant olarak kullanılmaktadır. Bor karbür termik nötronların absorpsiyonunda ve aynı zamanda nükleer kalkan ve kontrol çubukları ve şut daldırma peletlerinde kullanılmaktadır.



Termik nozül olarak kullanılmaktadır

Örneğin; kum ve alümina püskürtme nozülleri imalatlarında kullanılmaktadır.

İyi bir aşındırıcıdır

Aşındırıcılığı iyidir fakat pahalı olduğu için tercih edilmemektedir.

Yüksek randımanlı seramikler için hammadde olarak kullanılmaktadır

Mühendislik ve seramikli yapı parçaları imalatı için gerekli olan bir hammaddedir.

Zırh Malzemelerinde

Bor karbürün izostatik preslemesi zırh malzemesi üretiminde kullanılmaktadır.

