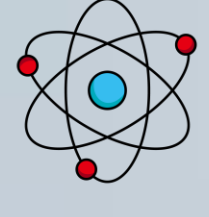


GİRİŞ



Polimerik nanokompozitler, polimer matrise nano boyutlu takviye malzemeleri eklenerek oluşturulan çok fazlı sistemlerdir.

Türkiye, dünya bor rezervlerinin %70–73'ünü elinde bulunduran ve bor temelli ileri malzemelerde stratejik potansiyele sahip bir ülkedir.



BOR VE BOR BİLEŞİKLERİNİN ÖZELLİKLERİ

Bor (B), atom numarası 5 olan yarı metal bir elementtir ve ileri malzeme teknolojilerinde kullanılır.

Borun başlıca özellikleri:

- ✓ Yüksek termal kararlılık
- ✓ Kimyasal dayanım
- ✓ Yüksek nötron tutma kapasitesi
- ✓ Düşük yoğunluk
- ✓ Yüksek sertlik
- ✓ Aşınma direnci

POLİMERİK NANOKOMPOZİT NEDİR?

Nano takviyeler, polimerlere üstün mekanik, termal ve fiziksel özellikler kazandırır.

Yaygın Polimer Matrisler

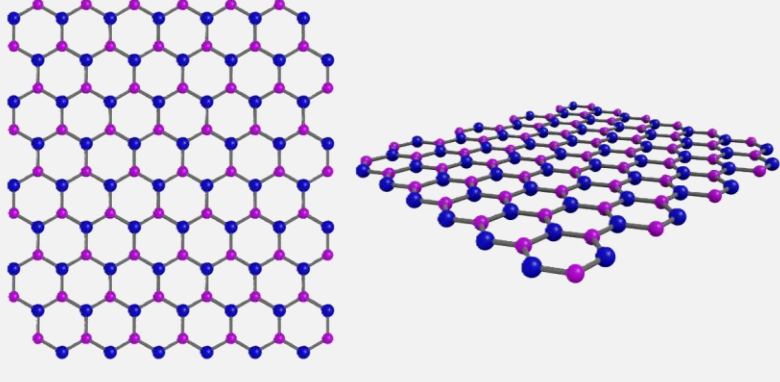
- ✓ Polietilen (PE)
- ✓ Polipropilen (PP)
- ✓ Epoksi reçine
- ✓ Poliüretan (PU)
- ✓ PET

Nano Takviye Malzemeleri

- ✓ Karbon nanotüpler
- ✓ Grafen
- ✓ Kil nanopartikülleri
- ✓ Metal oksit nanopartikülleri
- ✓ Bor esaslı nanopartiküller

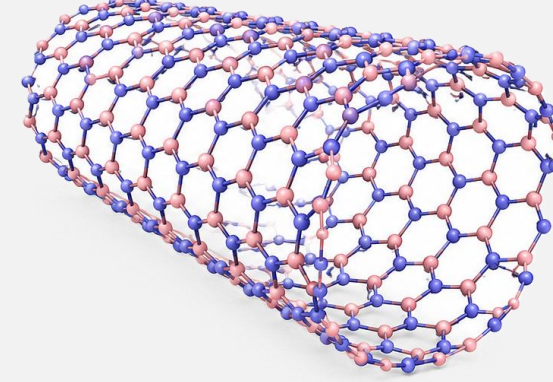
BOR ESASLI NANODOLGULAR

Hekzagonal Bor Nitrür (h-BN)



Grafite benzer katmanlı yapıya sahip h-BN, yüksek termal iletkenliğine karşın elektriksel yalıtıcıdır ve elektronik sistemlerde ısı dağıtımı ile elektriksel izolasyonu birlikte sağlar.

Bor Nitrür Nanotüp (BNNT)



Karbon nanotüplere benzer tübüler yapıya sahip olup yüksek mekanik dayanım ve esneklik göstermektedir. Geniş bant aralığı nedeniyle yüksek elektriksel yalıtıcılık özelliğine sahiptir.

Bor Karbür (B₄C)



En sert seramikler arasında yer alan B₄C, düşük yoğunluğu ve yüksek aşınma direnci sayesinde balistik zırhlar, savunma sistemleri ve aşınmaya dayanıklı uygulamalarda kullanılır.

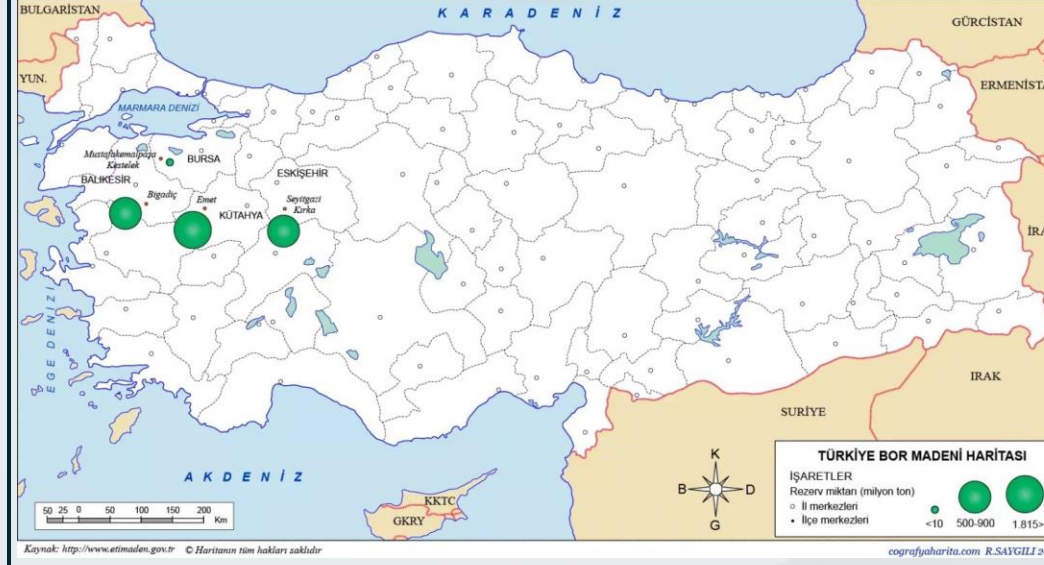
Bu nanodolguların polimer matris içerisindeki dağılımı ve matris–dolgu arayüzey etkileşimleri, kompozitin nihai performansını belirleyen temel faktörlerdir.

POLİMERİK NANOKOMPOZİTLERDE KULLANILAN BOR TÜREVLERİ

| BOR BİLEŞİĞİ | TEMEL ÖZELLİĞİ | KULLANIM AMACI |
|--------------|--|---------------------|
| Borik Asit | Isıl kararlılık | Alev geciktirici |
| Boraks | Kimyasal dayanım ve alev geciktirme | Dolgu katkısı |
| Bor Karbür | Çok yüksek sertlik | Mekanik güçlendirme |
| Bor Nitrür | Yüksek ısı iletkenlik ve elektriksel yalıtıcılık | Termal yönetim |

TÜRKİYE'DE BOR REZERVLERİ VE STRATEJİK ÖNEMİ

Bor, birçok ileri teknoloji alanında kullanılan stratejik bir hammadde ve dünya rezervlerinin %70–73'ü Türkiye'dedir.

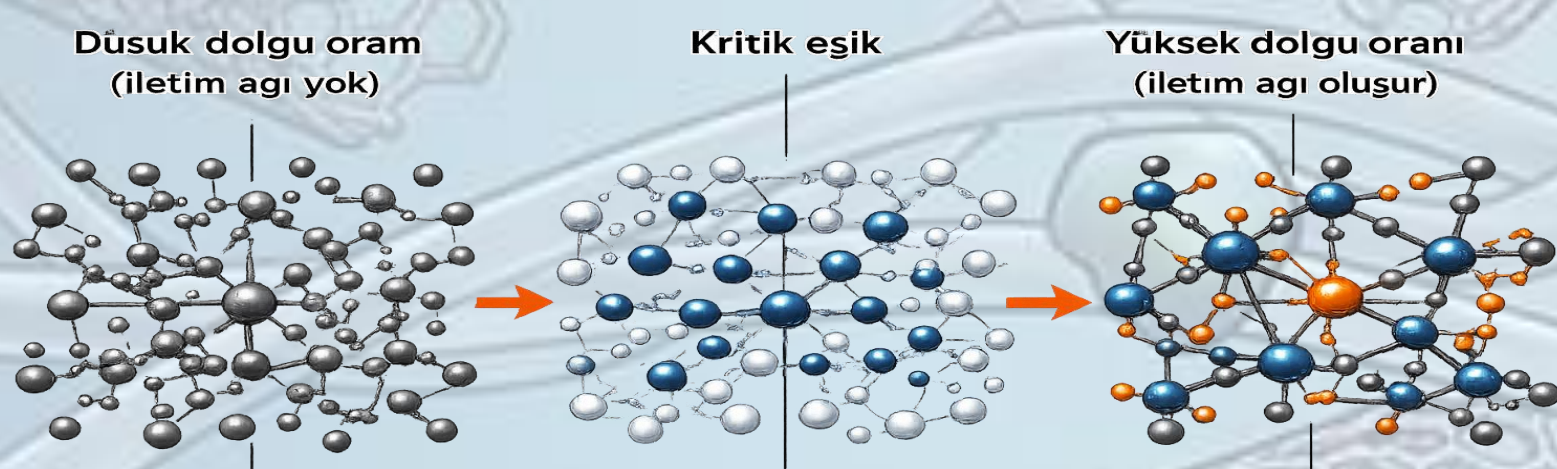


Türkiye'nin başlıca bor mineralleri: tinkal, kolemanit ve üleksit.

Zengin bor rezervleri, bor esaslı nanomalzemeler ve ileri bileşikler üzerindeki çalışmaları artırarak birçok ileri teknoloji alanının gelişimine katkı sağlar.

TERMAL ÖZELLİKLER

Polimerlerin düşük termal iletkenliği bor esaslı nanodolgularla artırılır. h-BN, yüksek termal iletkenlik ve elektriksel yalıtıcılığı sayesinde termal yönetimde etkilidir; belirli dolgu oranlarında iletim ağı oluşarak iletkenlik artar.



BOR İLE GÜÇLENDİRME MEKANİZMASI

Bor nanopartikülleri, polimer matriste zincir hareketliliğini sınırlandırarak yük transferini ve böylece mekanik ile termal performansı artırır.

Mekanik Özellikler

- ↑ Çekme dayanımı
- ↑ Sertlik
- ↑ Darbe dayanımı

Termal Özellikler

- ↑ Isıl dayanım
- ↑ Cam geçiş sıcaklığı (T_g)
- ↑ Termal kararlılık

Ayrıca bazı bor esaslı nanodolgular, gaz ve nem geçirgenliğini azaltarak kompozitlerin bariyer özelliklerini de geliştirir.

KARAKTERİZASYON TEKNİKLERİ

| TEKNİK | AMAÇ |
|--------|---|
| FTIR | Kimyasal bağ analizi |
| SEM | Yüzey morfolojisinin incelenmesi |
| XRD | Kristal yapı analizi |
| TGA | Termal bozunma davranışlarının belirlenmesi |
| DSC | Termal geçişlerin belirlenmesi (T _g , T _m) |

KULLANIM ALANLARI

- ✓ Savunma sanayi
 - *Balistik zırh sistemleri
 - *Koruyucu kompozit kaplamalar
- ✓ Havacılık ve Uzay
 - *Hafif yapısal kompozitler
 - *Yüksek sıcaklığa dayanıklı malzemeler
- ✓ Otomotiv Endüstrisi
 - *Motor parçaları
 - *Hafif kompozit gövde elemanları
- ✓ Elektronik
 - *Isı dağıtıcı kompozitler
 - *Elektriksel yalıtım malzemeleri
- ✓ Biyomedikal Alan
 - *İmplant malzemeleri
 - *Antibakteriyel polimer sistemleri

KAYNAKÇA

<https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/820483> / Ekrem, M. (2019). Hekzagonal Bor Nitrür Nanoplate–Epoksi Kompozitler. El-Cezeri Dergisi. / Ekrem, M. (2019). Bor nitrür nanoplateletlerin yapıştırıcılarda kullanımı. Journal of Boron / Gütekin, K. & Yazıcı, M.E. (2022). Bor nanopartiküllerinin kompozitlere etkisi. Gazi Üniversitesi Müh. Dergisi / Kartal, İ. & Boztoprak, Y. (2019). Bor nitrür takviyeli vinil ester kompozitler. El-Cezeri. / ODTÜ Tezleri – Bor nitrür nanotüp ve kompozit sistemler. / Hacettepe Üniversitesi Açık Erişim Tezleri – Nanokompozit malzemeler / Eti Maden – Türkiye'de Bor