



T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTİBAKTERİYEL BOR KATKILI TEFLON
KAPLAMA

LÜTFÜ ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
MALZEME BİLİMİ VE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAHRAMANMARAŞ 2022

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ANTİBAKTERİYEL BOR KATKILI TEFLON
KAPLAMA

LÜTFÜ ARSLAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı

KAHRAMANMARAŞ 2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

LÜTFÜ ARSLAN



Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bilgilerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ANTİBAKTERİYEL BOR KATKILI TEFLON KAPLAMA
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

LÜTFÜ ARSLAN

ÖZET

Bu çalışmada halk arasında teflon kaplama olarak bilinen polytetrafloraetilen (PTFE) fiziksel ve kimyasal özelliklerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla PTFE kaplama kullanılan kimyasalların insan sağlığını zarar vermeden modifiye ederekten antibakteriyel ve yapışmazlık kriterini artırma çalışmaları yapılmıştır. PTFE nin kimyasal yapısına Xbor katkılı sıvı kimyasalla üretilmiştir. Üretilen ürünlerin; ve piyasadaki mevcut PTFE kimyasal ile üretilen ürünlerle aşınmazlık, yapışmazlık, gıda teması (migrasyon) ve antibakteriyellik (gram pozitif; *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, gram negatif; *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* suşları) testleri ile karşılaştırılması sağlanmıştır. Yeni üretilen ürünün aşınmazlık testinde 12500 dev/dk iken mevcut piyasadaki 3500 dev/dk çizildiği görülmüştür. Ayrıca mevcutta antibakteriyellik görülmezken, yeni üründe antibakteriyel özellik kazandırıldığı görülmüştür. Yeni ürünün gram pozitif ve gram negatif mikroorganizmalara karşı 25-30 mm çapında inhibisyon zonları gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teflon Kaplama, PTFE, Bor, Antibakteriyel, Aşınmazlık

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimler Enstitüsü

Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Anabilim Dalı, Ağustos/2022

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin GÜNDEŞ

Sayfa Sayısı : 48

ANTIBACTERIAL BORON ADDED TEFLON COATING
(M.Sc. THESIS)

LÜTFÜ ARSLAN

ABSTRACT

In this study, it is aimed to improve the physical and chemical properties of poly tetra fluoro ethylene (PTFE), popularly known as Teflon coating. For this purpose, studies have been carried out to increase the antibacterial and non-stick criteria by modifying the chemicals used in PTFE coating without harming human health. It is produced with Xbor added liquid chemical to the chemical structure of PTFE. Produced products; and the products produced with PTFE chemicals available in the market, were compared with non-abrasiveness, non-stickiness, food contact (migration) and antibacterial (gram positive; *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, gram negative; *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium* strains) tests. In the abrasion test of the newly produced product, it was observed that 12500 rpm was drawn, while it was 3500 rpm in the current market. In addition, while antibacterial property was not observed in the current product, it was observed that the new product gained antibacterial properties. It was determined that the new product showed inhibition zones of 25-30 mm in diameter against gram positive and gram negative microorganisms.

Keywords: Teflon Coating, PTFE, Boron, Antibacterial, Non-Abrasion

Kahramanmaraş Sütçü Imam University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Materials Science and Engineering Agust/2022

Supervisor : Assist. Prof. Dr. Alaaddin GÜNDEŞ

Page number : 48

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince bilgi ve birikimlerinden faydalandığım, tez çalışmamın tüm safhalarında bilimsel desteğinin yanı sıra anlayış ve sabrını esirgemeyen, çalışmanın etkin bir şekilde ilerleyiői için fedakârlıklardan kaçınmayan, kendisiyle çalışmaktan onur duyduğum tez danışmanım Sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Alaaddin GÜNDEŞ'e sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda benden desteklerini esirgemeyen Hascevher Metal San. ve Tic. A.Ő. firmasına sonsuz teşekkür ederim.

Tez çalışmamda benden desteklerini esirgemeyen ÜSKİM birimine tez çalışmamda testlerin yapılmasında benden desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen Ferudun KOÇER ve Mahmut ÇAYLAR 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Desteklerini benden esirgemeyen her koşulda yanımda olan çok değerli eşim Büőra SAĞLAR ARSLAN'a sonsuz teşekkür ederim.

Lütfü ARSLAN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa no
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Teflon Malzeme Çeşitleri	2
1.1.1. Teflon PTFE	2
1.1.2. Teflon FEP.....	3
1.1.3. Teflon PFA	3
1.1.4. Teflon ETFE	4
1.1.5. Teflon-S tek tabaka	4
1.1.6. Teflon-S kuru yağlayıcı	4
1.1.7. Teflon SF	5
1.1.8. Teflon kaplamaların özellikleri	5
1.1.9. Teflon kaplamaların kullanım alanları	6
1.2. Bor Mineralleri Ve Özellikleri	7
1.2.1. Borun tarihçesi.....	9
1.2.2. Türkiye ve dünyada bor rezervleri.....	9
1.2.3. Bor ürünlerinin kullanım alanları	11
1.3. Borlama	16
1.3.1. Borlama Yöntemleri	17
1.3.2. Katı Ortam (Toz Ortam) Borlama Yöntemi-Kutu Borlama	18
1.3.3. Borlama işleminin uygulanabildiği malzemeler ve uygulama alanları ...	20
1.3.4. Demir esaslı malzemelerde borlama yönteminin uygulanması	21
1.4. Antimikrobiyal Aktivite Çalışmaları	22
1.4.1. Halo test metodu	22
1.4.2. Kontakt test metodu.....	22
1.4.3. Shake Flask metodu	22
1.4.4. Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi	23
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	24
3. MATERYAL VE METOT	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler	28
3.1.2. Kullanılan cihazlar.....	28
3.2. Metot.....	28

3.2.1.	Yüzey temizliği	28
3.2.2.	Sprey kaplama	29
3.2.3.	Kaplaması yapılan ürünlere tabi tutulan testler	30
3.2.4	Migrasyon testi	33
3.2.5	Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi.....	33
4.	BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1.	Mevcut Teflon Kaplamalar.....	34
4.1.1.	Aşındırma testi.....	34
4.2.	XBor Katkılı Teflon Kaplama	36
4.2.1.	Aşındırma testi.....	36
4.2.2.	Yumurta testi	37
4.2.3.	Kareleme testi.....	37
4.3.	Migrasyon Testi.....	38
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	43
	KAYNAKLAR.....	44
	ÖZGEÇMİŞ.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
Şekil 1. 1. PTFE için kristalleşme oranı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki	2
Şekil 1. 2. PTFE için molekül ağırlığı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki	3
Şekil 3. 1. Metal kaplama akış şeması.....	29
Şekil 3. 2. Abrasion (aşındırma) testi	30
Şekil 3. 3. Yumurta testi görseli	31
Şekil 3. 4. Kareleme testinde kullanılan malzemeler	31
Şekil 3. 5. Kareleme test görseli	32
Şekil 4. 1. Aşındırma testi bulguları	34
Şekil 4. 2. Yumurta testi bulguları.....	35
Şekil 4. 3. Kareleme testi bulguları	35
Şekil 4. 4. Bor Kaplama yapılan numunelere ait bulguları	36
Şekil 4. 5. Bor katkılı ürüne ait yumurta testi bulguları	37
Şekil 4. 6. Bor katkılı ürüne ait kareleme testi	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa no</u>
Çizelge 1. 1. Borlama elemanlarına ait teknik bilgiler	19
Çizelge 3. 1. Değerlendirme skalası	32
Çizelge 4. 1. Duyusal test sonucu.....	38
Çizelge 4. 2. Formaldehit spesifik migrasyon sonucu.....	39
Çizelge 4. 3. PFOA & PFOS Spesifik migrasyon sonucu.....	39
Çizelge 4. 4. Spesifik metal migrasyonu test koşulları.....	40
Çizelge 4. 5. Spesifik metal migrasyon sonucu	40
Çizelge 4. 6. Primer aromatik aminlerin spesifik migrasyonu test koşulları.....	41
Çizelge 4. 7. Primer aromatik aminlerin spesifik migrasyon bulguları.....	41
Çizelge 4. 8. Komplekslerin biyolojik aktiviteleri (mm)	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
µm	: Mikron
Å	: Angstrom
AA	: Alüminyum Alaşımı
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
B	: Bor
Ba	: Baryum
Be	: Berilyum
Cd	: Kadmiyum
Co	: Kobalt
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
Dk	: Dakika
E.n	: Erime noktası
Fe	: Demir
FEP	: Fluorinated Ethylene Propylene
g	: Gram
Hg	: Cıva
Li	: Lityum
mL	: Mililitre
Mn	: Mangan
Mo	: Molibden
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
Pb	: Kurşun
PFA	: Perfluoroalkoxy
ppm	: Milyonda bir birim
PTFE	: Politetrafloroetilen
Sb	: Antimon
Sn	: Kalay
TED	: Tespit Edilemedi
Tl	: Talyum

V : Vanadyum

Zn : Çinko



1. GİRİŞ

Malzemelerin yüzey özelliğini iyileştirmek için birçok yöntem uygulanabilmektedir. Uygulanan yöntemlere genellikle yüzeyinin modifikasyonu yöntemleri denir ve bir malzemeye fiziksel, kimyasal ve termal olarak uygulanabilir. Uygulanan yöntemler sonucunda malzeme yüzeyinin orijinal özellikleri değiştirilebilir aynı zamanda geliştirilebilir. Aşınma, korozyon ve deformasyon işlemlerine dirençli duruma getirilerek kullanım ömrü arttırılabilir. Bahsedilen uygulamalarda malzeme bilimi mühendisliğinin önemli bir dalı olan yüzey mühendisliği tanıtılmakta, istenilen kriterlerde malzeme üretimleri kolay olmaktadır. Bir malzemenin yüzey özelliğini değiştirmeyi amaçlayan işlemlere "yüzey işlemleri", işlem teknolojilerine ise "yüzey teknolojileri" denir. Uygulama yapılan yüzey ve yapı modifikasyonu işlemleri ile malzemenin ömrü ve yüzeyinin kalitesi arttırılmakta, teknolojik olarak gelişmiş, zorlu koşullara dayanıklı mühendislik malzemeleri ortaya çıkmaktadır (Du Pont,1997).

Kaplama, basitçe, substrat olarak bilinen bir yüzeye uygulanan bir katmandır. Polimer kaplama, genel olarak, amaçlanan amaç için herhangi bir madde üzerine uygulanan polimerin üst tabakasını ifade eder.

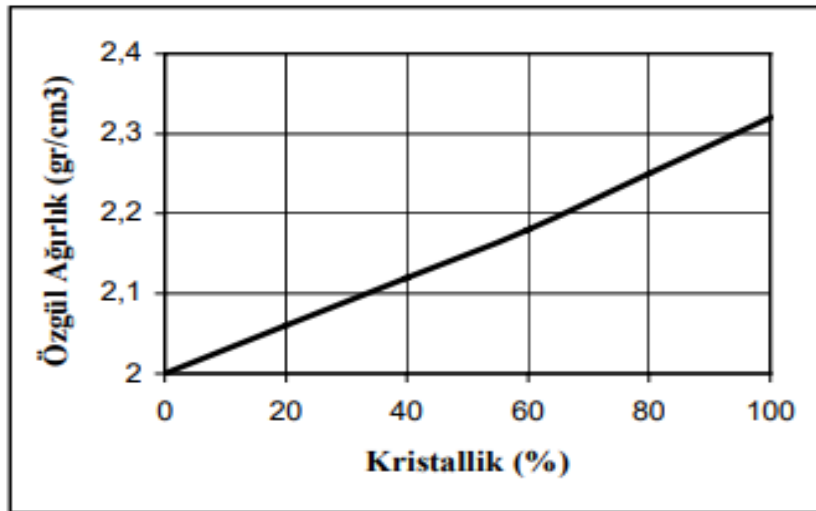
Genel olarak, polimerik kaplamalar, bir polimerden bir film üretmek için tasarlanmıştır. Bu süreç mümkün olduğunca hızlı olmalıdır. Kaplama yönteminin türü, istenen kaplama kalınlığı, çalışma reolojisi ve ağ hızı gibi parametrelere bağlı olarak değişir. Polimer faz kimyası ve topolojisi, dökme polimerlere kıyasla kaplamada oldukça farklıdır. Polimerik malzemelerdeki kaplamalar bir dizi farklı teknik kullanır; Metaller, seramikler veya kompozitler gibi çeşitli yüzeylerde kullanılabilir. Polimerler zincir yapılarına göre termoset, termoplastik veya elastomer olabilirler. Bu yapıların üçünde de polimerik kaplamalar bulunabilmesine rağmen, bunlar esas olarak termosetler olarak kabul edilir. Çoğu kaplamanın termoset olmasının nedeni, kafes yapısının bu ince polimer tabakalara solventlere, kimyasallara ve mekanik streslere karşı en yüksek direnci vermesidir. Çoğu polimerik kaplamanın çekici bir özelliği, uygulama ve yayılma kolaylığı için sıvı formda (yani boya veya formülasyon) uygulanmalarıdır, ancak bunun uygulamadan hemen sonra reçine fazından termoplastikten nihai termoset durumuna dönüştürülmesi gerektiği açıktır. Bunu sağlamak ise kütleme işlemi ile gerçekleşir. Bu sertleştirme ihtiyacı, kesinlikle bu malzemelerin malzeme kimyası seçimlerine yansır.

Dünyanın önde gelen polimer üreticilerinden Dupont'tan kimyager Roy Plunkett, 1938'de ilk floropolimer reçinesinin icadını açıkladıktan sonra, malzemenin gelişimi devam etti. Sanayi ismi Du Pont tarafından tanımlanmış ve ülkemizde TEFLON olarak bu ticari ismi ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Endüstriyel Teflon kaplama, malzemenin yüzeyine aerosol boya gibi püskürtülür. Kimyasal direnç, sıcaklık dayanımı ve düşük sürtünme katsayısı, mükemmel dielektrik kararlılığı ile birleştiğinde, endüstriyel Teflon pedler diğer astar malzemelerine göre tercih edilir.

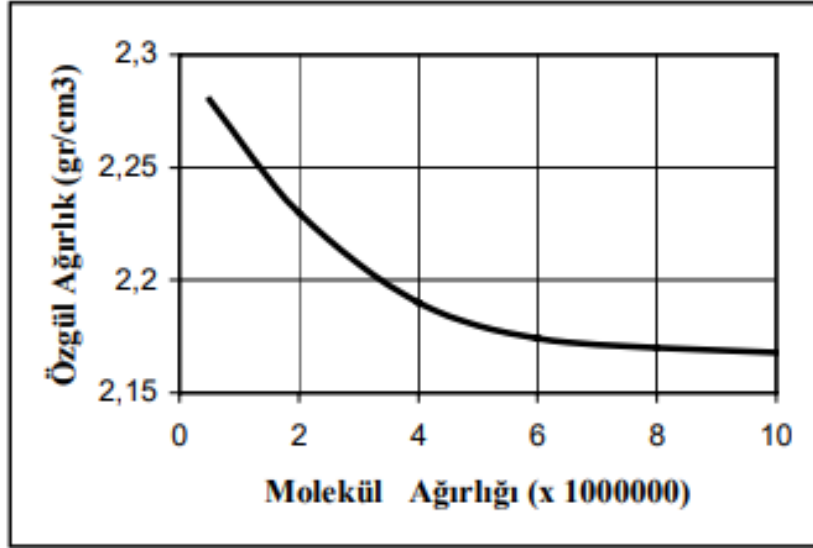
1.1. Teflon Malzeme Çeşitleri

1.1.1. Teflon PTFE

PTFE (politetrafloroetilen) yapışkan olmayan astar, iki kat, bir ara kat ve bir son kattan oluşur. PTFE astar 290°C'ye kadar kullanılabilir. Düşük sürtünme katsayısı nedeniyle aşınmaya ve kimyasallara dayanıklı bir malzemedir. PTFE, su bazlı sıvı formda mevcuttur (Broydson,1989). $2 \sim (\text{CF}_2\text{-CF}_2)_n \sim (1)$ Molekül ağırlığı test edilirken, yaygın olarak kullanılan makromoleküler malzemelerin moleküler ağırlığı 400.000 ile 9.000.000 arasındadır. PTFE'nin moleküler ağırlığının ICI tarafından 500.000 ile 5.000.000 arasında olduğu ve kristalleşme hızının %94'den büyük olduğu bildirilmektedir. Molekül ağırlığı düşük malzemeler daha fazla kristalleşir (Broydson,1989, Akovalı,1984). Aynı zamanda, yavaş soğutma sırasında kristalleşme hızı artar. PTFE için kristalleşme hızı ve özgül ağırlık arasındaki ilişki Şekil 1.1'de, moleküler ağırlık ile özgül ağırlık arasındaki ilişki Şekil 1.2'de gösterilmiştir (Akovalı,1984).



Şekil 1. 1. PTFE için kristalleşme oranı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki



Şekil 1. 2. PTFE için molekül ağırlığı ile özgül ağırlık arasındaki ilişki

1.1.2. Teflon FEP

DuPont tarafından 1956'da keşfedildi. FEP (florlu etilen propilen kopolimeri), malzeme yüzeyinde gözeneksiz bir kaplama oluşturur. Gıda sektörünün vazgeçilmezi başlıca özelliklerinden biri, pişirme sırasında ürünü eritip eriterek yapışmaz bir yüzey oluşturmasıdır. Mükemmel kimyasal dirence ek olarak, bu kaplama düşük bir sürtünme katsayısına ve mükemmel bir yapışmaz yüzeye sahiptir. Maksimum çalışma sıcaklığı 250°C'dir. FEP, sıvı ve sıvı toz formunda mevcuttur. Enjeksiyon kalıplama ve ekstrüzyon için sıcaklık aralığı yaklaşık 300-380°C ve elektriksel ve kimyasal dirençli kalıplar, korozyon önleyici kaplamalar ve kablo izolasyon uygulamaları için kullanılır (Broydson,1989; Akovalı,1984).

1.1.3. Teflon PFA

Du Pont tarafından 1972 yılında keşfedilen bir polimerdir. Kimyasal formülü formül 2'dir.



Bu ürün 300-310°C gibi yüksek bir erime noktasına sahip bir malzemedir, üretimi kolaydır ve avantajlarından biri de yüksek sıcaklıklarda mükemmel mekanik özellikleridir. FEP gibi, PFA (perfloroalkoksi), gözeneksiz veya yanmadan malzemenin yüzeyinde kalır.

İşlem sırasında ürünün erimesini ve akmasını sağlayan yapışmaz bir yüzey tabakası oluşturur. PFA, özelliklerini kaybetmeden yaklaşık 260 °C kadar yüksek sıcaklıklarda kullanılabilir. Kaplama filminin kalınlığı 1000µm veya daha fazladır. PTFE ve FEP'den daha dayanıklıdır. Bu özelliklerin kombinasyonu, özellikle kimyasal direncin gerekli olduğu yerlerde yaygın olarak kullanılmasını sağlar. PFA, sıvı ve su bazlı bir toz olarak mevcuttur. Güçlü yalıtım özellikleri, kablo ve tel kaplamalar, yapışmaz yüzey uygulamaları ve korozyon direnci gerektiren cihazlar için bir film veya tüp olarak kullanılmasına izin verir (Broydson,1989; Akovalı,1984).

1.1.4. Teflon ETFE

1972 yılında Du Pont tarafından keşfedilen bir malzemedir. Aşınma ve darbelere karşı oldukça dayanıklıdır. Örneğin, oda sıcaklığında gerçekleştirilen Izod çarpışma testinde, numune kırılmamış (yaklaşık 10.9 kgf.cm⁻¹). ETFE bir etilendir ve Bir tetrafloroetilen kopolimeridir. Endüstriyel adı Tefzel olarak verilmiştir. 150°C sürekli sıcaklıkta özelliklerini koruyarak çalışabilir. Floropolimerler arasında en iyi kimyasal dirençtir. 1000µm'den fazla kalınlıkta kaplanabilir ve dayanıklı bir yüzey üretir. ETFE sadece toz halinde mevcuttur. Fiberglas ile güçlendirildiğinde 85 MPa'ya kadar çekme mukavemetine sahiptir. Özellikle elektriksel özelliklerin istendiği yüksek performanslı kablo izolasyonunda kullanılır (Broydson,1989; Akovalı,1984).

1.1.5. Teflon-S tek tabaka

Bu solvent bazlı sıvı kaplamalar, geliştirilmiş tokluk ve aşınma direnci için floropolimerler ve diğer yüksek performanslı reçineler oluşturularak elde edilir. Plastik yapışma ve aşınma direncini artırır. Çalışma sıcaklıkları, kaplama özelliklerine bağlı olarak 165 °C ile 315 °C arasında değişir (Broydson, 1989).

1.1.6. Teflon-S kuru yağlayıcı

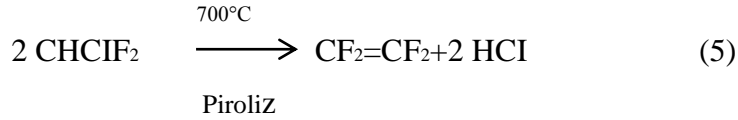
Kuru yağlama kaplamaları, yüksek basınç ve yüksek sıcaklık (basınç/hız, P/V) koşullarında etkin yağlama sağlamak üzere tasarlanmıştır. Bu kaplamalar, 260 °C'den 370 °C'ye kadar kullanılabilen solvent bazlı, tek kat kaplama işlemleridir (Akovalı, 1984).

1.1.7. Teflon SF

Floropolimerde çözünür kaplama tamamen farklıdır ve floropolimer teknolojisindeki en son teknolojidir. uygulamalarından biridir. Bu tür kaplamalar, özel perflorokarbon çözücülerden elde edilir. 1 µm ile 5 µm kalınlığındaki ince film uygulamaları için tasarlanmıştır. Elektronik devrelerde kullanılan kalın filmler gibi çözünür floropolimerler sağladığı kullanışlı özellikleri sağlayabilir ve değiştirebilir. Polimerin düşük yüzey enerjisi nedeniyle yüzey kaplaması gerekmez. Çözücüler, yüzeyle moleküler bir kaplamaya izin verir. Düşük sıcaklık kaplamayı kürmek için yeterlidir (Broydson,1989).

1.1.8. Teflon kaplamaların özellikleri

Tetraflor, 75 ile 80°C'de bir serbest radikal başlatıcı ile yüksek basınçlı etilenin polimerizasyonunu içerir Tetrafloroetilen, -76°C'de bir gazdır ve esas olarak tekniğin aşağıdaki reaksiyonlarında elde edilir. PTFE için reaksiyonlar Denklem 3-5'te verilmiştir.



Politetrafloroetilen, lineer kristalliği çok yüksek (-98), 327°C'de eriyen, kimyasallara ve solventlere dayanıklı (bazı solventlerden 300°C civarında etkilenir), higroskopikliği minimum ve elektriksel yalıtımı çok iyi olan bir polimerdir (Akovalı, 1984; Smith, 1986).

Zincir yapısı göz önüne alındığında, politetrafloroetilen kristal bir yapıya sahiptir. Ana zincirin dalları kristallerde çok önemlidir. PTFE, bir karbon çerçevesi üzerine simetrik olarak yerleştirilmiş küçük atomlardan oluşur ve bu zincirler birbirine kolayca bağlanır ve yüksek derecede kristalliğe neden olur. Polimerler için amorf sıfır yapı oluşmamış ve tam kristalliğe ulaşmamıştır (URL-1). PTFE cam, karbon fiber ve dolgu maddeleri içerebilir. Aşınma, yük taşıma ve yüksek mukavemet özellikleri içerdiği malzemelerle kontrol edilebilir. Düşük sürtünme katsayısı, yağlama, şok ve titreşim emilimi, sessiz çalışma, plastiklerin avantajlarından bazılarıdır.

Yapışmaz Yüzey: Teflon yüzeyine uzun süre neredeyse hiç katı yapışmaz. Hemen hemen tüm maddeler yapışmadan yüzey üzerinde kolayca hareket ettirilebilir.

Düşük Sürtünme Katsayısı: Teflon'un sürtünme katsayısı ortalamaları, kayma hızına, uygulanan yüke ve kullanılan Teflon kaplamanın türüne bağlı olarak 0,05 ile 0,20 arasındadır.

Geçirimsiz Yüzeyler: Yüzey PTFE ile kaplandığında hem hidrofobik hem de su geçirmez hale gelir. Birçok uygulama için temizlemesi kolay, kendi kendini temizleyen yüzey.

Sıcaklık Dayanımı: Endüstriyel PTFE Kaplama 220°C gibi sıcaklıklarda sürekli çalışabilir. Aralıklı çalışma süresi ve yeterli havalandırma ile 315°C'de dahi kullanılabilir.

Elektriksel Özellikler: Teflon, yüksek dielektrik mukavemetine, düşük difüzyon katsayısına ve geniş bir frekans aralığında çok yüksek yüzey direncine sahiptir. Özel teknikler kullanılarak yeterli antistatik ve yalıtım özelliklerine sahip kaplamalar üretilebilir.

Kimyasal Direnç: Teflon genellikle kimyasallara karşı geçirimsizdir. Endüstriyel Teflon kaplamalara saldırdığı bilinen tek kimyasallar, erimiş alkali metaller ve oldukça aktif flor katkı maddeleridir.

Dona Karşı Direnç: Birçok Teflon kaplama, fiziksel özelliklerini değiştirmeden geniş sıcaklık aralıklarında kullanılabilir. -270°C, teflon'un kullanılabileceği en düşük sıcaklık olarak tanımlanır.

1.1.9. Teflon kaplamaların kullanım alanları

Bir floropolimer türü olan PTFE, geniş çalışma sıcaklığı özelliklerinden dolayı endüstride sıklıkla tercih edilmektedir. Ayrıca düşük sürtünme katsayısı birçok alanda enerji verimliliğini artırmıştır. Yapışmazlık özelliği ile yaygın olarak tencere ve haddeleme malzemelerinde kullanılsa da düşük sürtünme katsayısı nedeniyle savunma sanayi ve gıda sanayinde kullanılmaktadır.

1.1.9.1. Savunma sanayi

İkinci Dünya Savaşı öncesinde DuPont firması tarafından tesadüfen keşfedilen teflon, 1942 yılında Amerika Birleşik Devletleri tarafından yapılan atom bombası

araştırmalarında uranyum zenginleştirmede kullanılmıştır (Akbulut, 2009). Uranyum; Gaz halindeyken sistemdeki boruları eritme özelliğine sahiptir. Bağlantı noktalarındaki derzler, düşük sürtünme katsayılı ve yapışmaz, aşınma önleyici boru özelliklerine sahip Teflon ile kaplanmıştır. Savaş yıllarında Teflon, gizli bir kimyasal olarak tanıtıldı ve K-16 koduyla ortaya çıktı. 2. İkinci Dünya Savaşı'nın sonunda, K-16 kodu, floropolimer bazlı bir polimer olan Teflon olarak ilan edildi.

1.1.9.2. Gıda endüstrisi

Yapışmaz malzemeler gıda endüstrisinde enerji ve zaman tasarrufu sağlamıştır. Peynir üreticilerinden biri olan Falbo Süt Ürünleri A.ř. şirket, Teflon kullanılmadan önce kalıplama aşamasında yüzey peynirinin çıkarılmasının zaman ve emek kaybı olduğunu bildirdi. Proseslerinde kullanılan malzemelerin yüzeyleri teflon ile kaplandıktan sonra yapışma sorunları ortadan kaldırılarak firma üretiminde zaman ve enerji tasarrufu sağlanmıştır. Peynir üreticilerinin yanı sıra kek üreticileri ve fast food restoranları da aynı amaçla teflon kaplı malzemeler kullanmaktadır.

1.1.9.3. Mutfak gereçleri

Bilindiği gibi teflon mutfak aletlerinin kaplanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. İç ve günlük hayatın temposu nedeniyle özel hayata ayrılan zamanın kısıtlı olması, zaman tasarrufu nedeniyle birçok kişinin teflon malzemeye yönelmesine neden olmuştur. Teflon malzeme yapışmaz ve kolay temizlenebilir özelliği ile zamandan tasarruf sağlar. Mutfak gereçlerinin en büyük kusuru, korozyona karşı hassas olmalarıdır.

1.1.9.4. Rulman malzemeleri

Bilindiği gibi teflon mutfak aletlerinin kaplamalarında sıklıkla kullanılmaktadır. İç ve günlük hayatın temposu nedeniyle mahremiyette geçirilen zamanın kısıtlı olması, zaman tasarrufu nedeniyle birçok kişinin teflon malzemeye geçmesine neden olmuştur. Teflon malzeme yapışmaz özelliği ile zamandan tasarruf sağlar ve temizlenmesi kolaydır. Mutfak gereçlerinin en büyük kusuru, korozyona karşı hassas olmalarıdır.

1.2. Bor Mineralleri Ve Özellikleri

Bor elementi periyodik tablonun 3. grubuna aittir. Bor (B) için kimyasal sembol atom numarası 5, atom kütlesi 10.81 ve elektron dağılımı $1s^2 2s^2 2p^1$ 'dir. Doğal olarak kristal ve amorf olmak üzere iki formda bulunur. Kristal bor, 2.33 g/cm^3 yoğunluğa, amorf

bor ise 2.3 g/cm^3 yoğunluğa sahiptir. 2300°C erime noktasına ve 2550°C kaynama noktasına sahip siyahtır ve metaller ile metal olmayanlar arasında ara özelliklere sahiptir (Yılmaz, 2002). Bor sertliği 9.3 Mohs'dur. Bu, boru elmastan sonra ikinci en sert malzeme yapar (Broydson, 1989).

Bor doğada serbest halde bulunmaz, Ca, Na ve Mg tuzları halinde bulunur. Bor doğal olarak iki kararlı izotop formunda bulunur: ^{10}B %19.78 saflıkta veya ^{11}B %80.22 saflıkta. Borun iletkenliği normal oda sıcaklığında düşük, yüksek sıcaklıklarda ise yüksektir (URL2). Oksijene olan yüksek afinitesi nedeniyle bor minerallerinin içeriği çok yüksektir ve doğada serbest halde bulunmaz. Volkanik kaynaklarda ortoborik asit veya bor, kolemanit gibi boratlar şeklinde oluşur. O_2 'ye bağlı silikat veya bor tuzu bileşikleri de vardır. Na, Ca ve Mg ile oluşturulan bileşikler en yaygın olanlarıdır. Na, Na-Ca, Mg-Ca ve Sr borat minerallerinin sayısı 100'ü geçmektedir.

Bor, yeryüzünde toprakta, kayalarda ve suda yaygın olarak bulunan bir elementtir. Organizmaların bu elementin varlığında evrimleştiğine inanılmaktadır. Topraklardaki bor seviyeleri tipik olarak 10-20 ppm'dir, ancak batı Amerika Birleşik Devletleri ve Akdeniz'de Kazakistan'dan daha yüksek konsantrasyonlar bulunmuştur. Deniz suyu için 0,5 ile 9,6 ppm ve tatlı su için 0,01 ile 1,5 ppm arasında değişir. Yüksek konsantrasyonlu ve ölçek değeri yüksek bor yatakları, bor için oksijen tutucu bileşikler olarak esas olarak Türkiye ve Amerika'daki kurak, volkanik ve hidrotermal alanlarda bulunur (Göktan, 1995). Borat rezervlerinin ekonomik değeri, bor oksit içeriğine bağlıdır.

Bunlardan;

- Sodyum bazlı Tıncal
- Kalsiyum bazlı olanlar Colemanit
- Sodyum-kalsiyum bazlı Uleksit

olarak tanımlanır. Ülkemiz, Batı Anadolu bölgesi, ekonomik değeri olan büyük bor yataklarına sahiptir. Önemli borat yataklarına sahip diğer yerler, Güney Amerika'da Amerika Birleşik Devletleri, Arjantin, Bolivya, Peru, Şili, Çin ve Rusya'dır. Ancak ülkemiz, sahip olduğu fazla rezerv, dünya borat rezervlerinin yaklaşık %72'si ve yüksek tenörlü (yer kabuğundaki mineral yüzdesi) nedeni ile bor rezervleri açısından ilk sırada yer almaktadır. Saf bor kristali, yüksek sıcaklıklarda metal gibi elektriği ileten ve düşük sıcaklıklarda yalıtkan olan parlak siyah bir yarı iletkenidir. Ayrıca bazı aşındırıcılar kolay çizilmese de kırılğandır ve kesici takımlar için uygun değildirler (Yılmaz, 2002).

1.2.1. Borun tarihçesi

Ekonomik değeri olan bir mineral olan bor, geniş potansiyel uygulamaları nedeniyle dünyanın en ilginç minerallerinden biridir. Çeşitli faydaları ve kullanımları uygarlığın ilk günlerinden beri bilinmektedir. Boraksın ilk kez yaklaşık 4000 yıl önce Babilliler tarafından hareketliliği artırmak için mücevherlerde kullanıldığı tahmin ediliyor. Zamanla belirli özelliklerinin keşfedilmesi nedeniyle, Mısırlılar onu çömlek üzerinde bir sır, terapötik bir biyosit ve mumyalama işleminde bir temizlik maddesi olarak kullandılar. İlk lahana kaynağının Tibet gölleri olduğuna inanılıyor. Boraks, koyunlara bağlı torbalarda Himalayalardan Hindistan'a getirildi. Eski Yunanlılar ve Romalılar, boratı bir temizlik maddesi olarak kullandılar ve ilk kez 875 yılında bir Arap doktor tarafından tıbbi olarak kullanıldı. Borik asit, 1700'lerin başında borakstan ve 1800'lerin başında elemental bordan ekstrakte edildi (Broydson, 1989). Son yıllarda bilim ve teknolojiye yaşanan önemli gelişmeler, borun ileri teknolojiye büyük avantajlar sunduğunu göstermiştir. Özellikle bilgi teknolojisi, otomotiv ve enerji endüstrileri alanlarında önemli araştırmalar yapılmaktadır. Örneğin, bu teknolojinin ortaya çıkması, yakıt ve çevre kirliliği sorunlarını ortadan kaldıracaktır. Yani, su ile reaksiyona girmek ve elektrokimyasal enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için hidrojen salmak için bir bor bileşiği olan sodyum borohidritin enerjisini kullanır. Katalizörler aracılığıyla gaz, bor ve bor bileşiklerine olan talebin gelecekte artması ve önemli ölçüde artması beklenmektedir (Broydson, 1989; URL-1).

Bor elementi ilk olarak 1808 yılında Joseph Louis Gay-Lussac ve Louis-Jacques Ternado tarafından ve bağımsız olarak Sir Humphrey Davy tarafından borik asidin (H_3BO_4) potasyum ile ısıtılmasıyla ayrıştırılmıştır. Bu işlemle üretilen saf olmayan, amorf, koyu kahverengi toz, bir asırdan fazla bir süre boyunca en saf bor formu olarak kaldı. Bor kristalleri normal koşullar altında kolayca reaksiyona girmezler ve kaynayan çalışma asitlerinden etkilenmezler. Sıcak konsantre nitrik asit için toz kutusu yavaş yavaş borik aside dönüşecektir. Kimyasal olarak bor metal olmayan bir elementtir.

1.2.2. Türkiye ve dünyada bor rezervleri

1.2.2.1. Dünyada mevcut durum

Dünya bor rezervlerinin kesin ve güvenilir bir sayısını vermek zor olsa da, Dünyadaki bor yataklarının çoğu Türkiye, Rusya ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunmaktadır.

Ülkemiz envanter kalitesi ve miktarı açısından bu ülkeler arasında ilk sırada yer almaktadır. Amerika Birleşik Devletleri sadece Japonya'dan sonra ikinci sırada. ABD rezervasyonu, Kaliforniya'daki Mojave Çölü'nde bulunmaktadır. Aynı bölgede Searles Gölü'nde de önemli miktarda borat bulunmuştur. Ayrıca Sırbistan'da bor yatakları keşfedildi ve ülkedeki istikrarsız durum gerekli sondajı engelledi.

Geçmişten günümüze yapılan araştırmalara göre Türkiye'nin bor rezervlerindeki payı %70 civarındadır. Dünyanın en büyük bor üreticisi olan US Borax, rezervlerinin sadece %10'una sahip. Bu değerler Türkiye'nin dünyanın en büyük bor rezervlerine sahip olduğunu göstermektedir. Bu ülkelerdeki bor rezervlerinin ekonomik ömürleri karşılaştırıldığında, yaklaşık 80 yıllık (tahmini) bir sürenin ardından Türkiye rezervlerinin küresel talebi karşılamada tekel haline geleceği görülmektedir. Son çalışmalar bu öngörüü desteklemektedir. Türkiye'nin rezervlerinin bugüne kadar 2 milyar tonu aştığı açıktır.

1.2.2.2. Türkiye'de mevcut durum

Türkiye'de bor madeni yatakları özellikle Kırka, Emet, Bigadiç, Kestelek'te bulunmaktadır.

1.2.2.3. Ticari öneme sahip bor mineralleri

Bor elementinin çeşitli mineralleri olmakla birlikte hepsinin ticari değeri farklıdır.

Ticari açıdan en çok değer taşıyan bor mineralleri;

- Hidroborasit
- Kernit (Razorit)
- Kolemanit
- Pandemit
- Üleksit
- Probertit
- Boraks (Tinkal)'dir.

Boraks: Doğada bulunan renksiz ve şeffaf bir mineraldir. İçerisinde bulunan bazı maddelerden dolayı pembe, sarı, gri bir renge sahiptir. Sertliği 2-2,5 mohs, yoğunluğu 1,7 g/cm³, B₂O₃ içeriği %36,5'tir. Tinkal, dehidrasyon üzerine kolayca tinkalkolite dönüştürülebilir. Kil ile serpiştirilmiş kalay, tinkolit ve ülezit ile birlikte bulunur. Tinkal ülkemizde Eskişehir'in Kırka ilçesinden gelmektedir.

Kernit: Doğada renksiz, şeffaf iğne şeklinde kristaller halinde bulunur. Sertliği 3 mohs, yoğunluğu 1,95 g/cm³'tür. B₂O₃ içeriği %51'dir. Soğuk sudaki çözünürlüğü ihmal edilebilir düzeydedir. Kırka da nah-borat bloğunun alt kısımlarında bulunur. Dünya çapında, Arjantin ve Amerika Birleşik Devletleri'nde bulunur.

Üleksit: Doğada iri karnabahar, lifli veya sütunlu olarak bulunur. Saf beyazdır. Yanardöner ipekli çeşitleri de vardır. Genellikle kolemanit, hidroborasit ve probertitten oluşur. B₂O₃ içeriği %43'dür. Kestelek bölgesinde üleksitin kolemanitten sonra ikincil bir mineral olduğu gözlenmektedir. Buna karşılık, Emet birincil mineral olarak bulunur. Dünyada Türkiye'de Kırka, Bigadiç ve Emet ilçelerinde ve Arjantin'de bulunmaktadır.

Probertit : Kirli beyaz veya soluk sarıdır ve radyal, lifli kristaller halinde oluşur. Kristallerin boyutu 5 mm ile 5 cm arasında değişmektedir. B₂O₃ içeriği %49'dur. Kestelek çökellerinde, İğde köyü sahasında, üleksit ikincil mineral olarak, ancak ağırlıklı olarak Emet'te homojen bir tabaka ve Doğanlar'da kalın bir tabaka halinde gözlenmektedir.

Kolemanit : Monoklinik sistemde kristalleşir. Sertliği 4 ile 4,5 Mohs ve özgül ağırlığı 2,42 g/cm³'tür. B₂O₃ içeriği %50,8'dir. Suda yavaş, HCl'de hızlı çözünür. Bor bileşiklerinin en yaygın olanıdır. Dünyada ve Türkiye'de Emet, Bigadiç ve Kestelek yataklarında bulunur.

Pandermit : Pandermit beyazdır ve kireçtaşına benzeyen monolitler halinde oluşur. Türkiye'de Sultançayır ve Bigadiç yataklarında bulunur. B₂O₃ içeriği % 49'dur.

Hidroborasit : Bu, tek bir noktadan gelen rastgele uzamış kesişen kristallere sahip bir bor mineralidir. Lifli bir dokuya sahiptir. B₂O₃ içeriği %50,5'tir. Çoğunlukla beyazdır ve nadiren içerdikleri elementlere bağlı olarak renkleri değişir. Örneğin, arsenik kızarıklığa neden olabilir. Kolemanit, üleksit ve probertit mineralleri ile birlikte bulunur. Ağırlıklı olarak Türkiye'nin Emet ve Kestelek bölgelerinde bulunur (Fırat, 2001).

1.2.3. Bor ürünlerinin kullanım alanları

Bor mineralleri ve ürünlerinin uygulama alanları genişlemekte ve ticari olarak çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Üretilen bor minerallerinin yaklaşık %10'u doğrudan kullanılırken, kalan %90'ı bor bazlı ürünlerin ekstraksiyonunda kullanılmaktadır (Acarkan,2001).

Sanayilerin, özellikle gelişmiş ülkelerin vazgeçilmez temel girdi malzemesi, hammadde işleme hizmetlerinin vazgeçilmez temel girdi malzemesi olan bor, yemeklerimize koyduğumuz tuz gibi sanayilerin üretim mutfağıdır (URL-2).

Yüksek mukavemetli fiberglas malzemelerin üretiminde %6-30 borat kullanılmaktadır. Elektrik amaçlı olarak E cam veya fiberglas kumaş kullanılmaktadır. Yüksek mukavemetli cam takviyeli malzemelerin iletken olmayan ve düşük dielektrik özellikleri, onları radar tarafından görünmez kılar. Bu gözlükler gizlilikle ilgili teknolojiye büyük katkılar sağlamıştır. Bor minerallerinin en önemli özelliklerinden biri yakıt olarak kullanılabilirlerdir. Bor yanıcı olmasına rağmen, yüksek tutuşma sıcaklığına sahip olması ve yanma sonrası kolayca deforme olması ve açığa çıkmayan katı ürünler oluşturması nedeniyle çevre dostu bir yakıt olarak da tanımlanmaktadır. Emisyonları çevreyi kirletiyor. Bu nedenle kara taşıtlarında ve su taşıtlarında yakıt olarak kullanılmasına yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Bor sadece yakıt üretiminde değil, kompozit malzemelerin üretiminde de kullanılmaktadır. Havacılık araçlarında kullanılan malzemelerin çoğunluğunu bor kompozitleri oluşturmaktadır (Çinkı, 2000). Borun ana uygulama alanları cam sanayi, fotoğrafçılık, elektronik, bilgisayar, uzay ve havacılık, tıbbi ve ilaç teçhizat sanayi, temizlik sanayi, tarım ve ilaç sanayi, akaryakıt sanayi, kimya sanayi gibi çeşitli alanlardır. sanayi, seramik sanayi, nükleer sanayi ve metalurji.

1.2.3.1. Cam sanayi

Bor, otomotiv camı, laboratuvar camı, uçak camı, bor camı, pireks, optik cam, borosilikat cam (kamera ve lens camı), saf silikat cam, pencere camı, cam ambalaj gibi ürünlerde kullanılmaktadır. Ben buradayım. Ayrıca bordan elde edilen cam elyaflar inşaat sektöründe yalıtım olarak kullanılmaktadır. Avrupa ve Amerika'da çok geniş bir uygulama alanına sahiptir.

1.2.3.2. Fotoğraf ve görüş sistemleri

Bor, otomotiv camları, laboratuvar camları, uçak camları, bor camları, payreks, optik camlar, borosilikat camlar (kamera ve lens camları), saf silikatlar, pencere camları, cam kaplar ve benzeri ürünlerde kullanılmaktadır. Ayrıca bordan elde edilen cam elyaflar inşaat sektöründe yalıtım olarak kullanılmaktadır. Avrupa ve Amerika'da çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bor, pencere camı, şişe camı ve benzeri sektörlerde nadiren kullanılmaktadır. Borik asit, özel camların ayrılmaz bir bileşenidir ve elbette saf

susuz/boraks, borik asit veya kolemanit/boraks şeklinde kullanılır. Cam eriyik ara ürününe bor eklenmesi viskoziteyi, sertliği ve yüzey mukavemetini artırır. Bu nedenle cam ürünlere gerekli görülen yerlerde yalıtım malzemesi olarak eklenir. Bor, ABD cam endüstrisinde kullanılmaktadır (Duman, 2003).

Borosilikat cam günümüzde kameralarda, video kameralarda, dürbünlerde ve çeşitli ileri görüş sistemlerinde kullanılmaktadır. Ayrıca fotoğraf ve film yapımında çeşitli rafine bor ürünleri kullanılmaktadır.

1.2.3.3. Seramik sanayi

Bor ve rafine bor ürünleri de seramik ve emaye endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Seramik karo ve çeşitli seramik ürünlerin üretiminde doğrudan katkı maddesi olarak kullanılır. Aynı zamanda seramik sır yapımında en önemli başlangıç malzemesidir. Emaye asit direncini arttırdığı için mutfak eşyaları, çelik, alüminyum, bakır, silahlar, banyolar, kimya sanayi için aletler ve benzeri ürün ve malzemelerin kaplanmasında kullanılır. B_2O_3 genellikle maya bileşenlerine boraks dekahidrat veya boraks pentahidrat olarak ve bazen susuz boraks veya borik asit olarak eklenir. Parlak bir malzeme olan emaye, dekoratif veya koruyucu amaçlarla yüzeyde dayanıklı ve ucuz bir kaplama oluşturmak için metal yüzeylere kaynaklanır. Ayrıca seramik sır yapımında borik asit, boraks, kolemanit ve diğer sodyum boratlar kullanılmaktadır. Öte yandan, borun doğrudan ham ürünleri, cam süs eşyası ve sanat eseri üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. (URL-3; URL-4).

1.2.3.4. Spor malzemeleri

Bor ve rafine bor ürünleri, spor malzemeleri imalatında yaygın olarak kullanılmaktadır. Kayak malzemeleri, tenis racketleri, oltalar, oltalar, golf sopaları, oklar, yaylar, çeşitli darbeye dayanıklı önlemler ve benzeri örnek olarak alınabilir.

1.2.3.5. Kağıt hamuru sanayi

Sodyum borohidrit, kağıdı daha parlak hale getirmek için odun hamurunu ağartmak için kullanılır (URL-4).

1.2.3.6. Elektronik, bilgisayar ve ileri teknoloji

Bor ve bor bazlı ürünlerden meydana getirilen optik cam elyafları, bereketli fer görüntüsü iletimi sağlar. Telefon ve bilgisayar alanlarında yaygın olarak kullanılan fiber optik kablo, ileri teknolojilerin olmazsa olmaz bir üründür. Son yıllarda meydana getirilen araştırmalar cevabında yeni geliştirilen fiber optik kablolar yardımıyla oldukça kısa müddette devasa yükseklikte veri aktarım hızları elde edilmiştir. LCD vizyonun üretiminde borik asit esastır. Günümüz sac teknolojisinin olmazsa olmaz hammaddesi Türk kolemanitidir. Bu teknoloji ürünleri dizüstü bilgisayarlar, şahsi bilgisayarlar, cep telefonları, el bilgisayarları şeklinde taşınabilir kontakt araçlarında ve malumat muamele teknolojisinde kullanılmaktadır. Bor ek olarak kondansatör imalatında da kullanılmaktadır. Kondansatörler bilgisayarlarda, arabalarda, televizyonlarda, cep telefonlarında, stereo cihazlarda, CD çalarlarda, öteki birçok elektronik cihazda, enerjiyi yanıp sönen ışıklar gibi depolamak ve dağıtmak için kullanılır.

Bor, demir ve ender toprak elementlerinin (METGLAS) kombinasyonu %70 enerji tasarrufu sağlar. Bu kuvvetli manyetik ürün, bilgisayar sürücülerinde, arabalardaki DC motorlarda, ev aletlerinde ve elektrikli aletlerde kullanılır (URL-2).

1.2.3.7. Temizlik sanayi

Sabun ve deterjanlara antiseptik ve yumuşatıcı etkisi için %10 boraks dekahidrat, ağartma etkisini arttırmak için çamaşır tozlarına %10 ile %20 sodyum perborat eklenir. Giysilerde kullanılan yıkama tozlarına eklenen sodyum perborat, aktif oksijen kaynağı olduğu için etkili bir ağartma maddesidir (Duman, 2003).

1.2.3.8. Tarım alanında bor ürünleri

Mineral bor, biyolojik büyümede ve bitki büyümesini teşvik etmek veya önlemek için kimyasalları kontrol etmek için kullanılır. Bor, birçok bitki için gerekli bir besin maddesidir. Bor bakımından fakir ürünler, şeker pancarı, yonca, meyve ağaçları, asmalar, zeytin ağaçları, kahve, tütün ve pamuk gibi yumruları içerir. Bu gibi durumlarda susuz boraks ve boraks pentahidrat bazlı karışık bir gübre kullanılır. Alternatif olarak, suda çözünür sodyum perborat veya disodyum oktaborat, ekinler püskürtülerek kullanılabilir. Yabani ot kontrolü veya toprak sertleştirme gerektiğinde bor, sodyum klorat ve bromsol gibi bileşiklerle de kullanılır.

1.2.3.9. Nükleer uygulamalar

Atomik reaktörlerde bor çeliği, bor karbür ve bor titanyum alaşımı kullanılmaktadır. Nötron soğurucu olarak bor paslanmaz çelik tercih edilir. Bor, nükleer reaktörlerin kontrol sistemlerinde, soğutma tanklarında ve alarmlı reaktörlerin kapatılması sırasında kullanılmaktadır. Ayrıca, bir bor cevheri olan kolemanitten üretilen ve cam külçeye dönüştürülen cam paketlerde nükleer atık bulunmaktadır.

1.2.3.10. Enerji depolama

Bir ısı akümülatöründe sodyum sülfat ve suyun kimyasal karışımı ve yaklaşık olarak: kütle boraks dekahidrat, gündüz güneş enerjisi depolaması ve geceleri ısıtma için kullanılabilir. Ayrıca binaların tavan malzemesine yerleştirildiğinde güneş ışınlarını emebilir ve evleri ısıtabilir. Enerji araştırmaları, bor ve rafine bor ürünlerinden geniş bir enerji kullanım alanı oluşturacak bir aşamadır (URL-3).

1.2.3.11. Savunma sanayi

Bor ve rafine bor ürünleri, askeri teçhizat, zırhlı araçlar ve yüksek performanslı silahlarda katkı maddesi olarak kullanılmaktadır. Tüfek, tabanca, top ve bunların namlularının, tank ve zırhlı personel taşıyıcılarının ve bu araçlar için seramik zırh plakalarının imalatında kullanıldığı bilinmektedir. Yüksek borlu cam malzemelerden yapılmış cihazlar, iletken olmayan ve düşük dielektrik özellikleri onları radar tarafından görünmez kıldığı için askeri uygulamalar için önemlidir.

1.2.3.12. Tibbi cihaz ve ilaç sanayi

Bor, son yıllarda ilaç üreticileri tarafından ticari olarak tablet şeklinde üretilmektedir. Osteoporoz ve menopoz, alerjik hastalık, akıl hastalığı, kemik büyümesi ve romatizma tedavisinde kullanılabilir. Bor ve rafine bor ürünleri, çeşitli antiseptiklerin imalatında, koruyucu solüsyonlarda (lens solüsyonları gibi) kullanılmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleme cihazlarında da kullanılır.

1.2.3.13. Kimya sanayi

Yapıştırıcılar, antifriz, antifriz, fren hidroliği, nişasta (kola), soğutucular, granül ve sıvı yangın söndürme kimyasalları, alev geciktiriciler, korozyon önleyiciler, baskı mürekkepleri, boyalar, Böcek öldürücü spreyleyler, herbisitler, gübreler, boya koruma ürünleri, macunlar ve vernikler, kibritler, kireç önleyiciler, yüksek performanslı sentetik

motor yağları (motosiklet ipeği), patlayıcılar, kimyasallar havuz temizleyicileri, ağartıcılar, parfümler, bor ve diğer rafine bor ürünleri.

1.2.3.14. Otomobil hava yastıkları ve antifriz

Bor, hava yastığını anında şişirmek için kullanılır. Darbe üzerine, bir elektronik sensör tarafından elemental bor ve potasyum nitrattan oluşan bir toz karışımı aktive edilir. Sistemin hava yastığını devreye sokması ve açması için gereken toplam süre 40 milisaniyedir. Otomobillerde antifriz olarak ve hidrolik sistemlerde kullanılır.

1.2.3.15. Atık temizleme sanayi

Sodyum borhidrür, cıva, kurşun ve gümüş gibi ağır metalleri kirli sudan arındırmak için kullanılır.

1.2.3.16. Alev geciktirici ve yavaşlatıcılarda bor ürünleri

Malzeme alev geciktirici veya alev geciktiricidir ancak malzemedeki bor bileşiği tutuşmayı engeller.

Alev Geciktiriciler Bor bileşikleri ve işlevleri: Çinko borat, plastiklerde alev geciktirici olarak kullanılır. En yaygın olarak kullanılan alev geciktirici alüminyum trihidrattir (ATH). Alev geciktirici olarak çinko borat ATH kullanıldığında, yangın durumunda çok az duman veya toksisite üretir. Diğer alev geciktirici bor bileşikleri: borik asit, boraks pentahidrat (URL-4).

1.3. Borlama

Bor, genellikle demirli malzemelerde alaşımlama veya yüzey sertleştirme elemanı olarak kullanılır. Boring ise bir difüzyon mekanizması ile gerçekleştirilen termokimyasal bir yüzey sertleştirme işlemidir, borun yüksek sıcaklıklarda metal yüzeye difüzyonu sağlanır.

Malzeme yüzeyindeki bor difüzyonu ilk olarak tane sınırları, dislokasyonlar ve atomlar arası boşluklar gibi mikroskobik kusurların olduğu bölgelerde başlar ve Fe₂B çekirdekleri birçok yerde oluşur ve büyür. Yüzeydeki çizikler ve lekeler gibi. Bu oluşumu, daha fazla borca zengin bileşiklerin çekirdeklenmesi takip eder (Badini, 1988).

Bor işlemleri sırasında bor atomları ısı etkisi altında metal yüzeyine difüze olur ve matris metal atomlarıyla uyumlu bor oluşturur. Bor kaynağının fiziksel hali katı, sıvı veya gazdır. Malzeme bekleterek pişirilir bor üreten katı, macunsu sıvı veya gazlı ortamda 700 ile 1000 °C arasında değişen sıcaklıklarda özelliklerine bağlı olarak yaklaşık 1 ile 12 saat süreyle (ASM El Kitabı, 1991).

Kaynatma işlemi birçok demirli ve demirsiz alaşımlara, sinterlenmiş karbürler ve seramiklere uygulanabilir. Kaynama ortamı, bir bor kaynağından (bor veya bileşikleri) (B_4C , $Na_2B_4O_7$, H_2B_6), bir aktivatörden (KBF_4), bir dolgu maddesi veya bir oksijen tutucudan oluşur. Dolgu maddeleri ve deoksidanlar, bor oksidasyon işlemi sırasında oksijeni uzaklaştırarak ve bor oksitleyicinin bor malzemesine yapışmasını önleyerek indirgeyici bir ortam oluşturur. Kaynatma ısıl işlemi sırasında kullanılan yöntem, kaynatılan karışımın bileşimi, kaynatılacak malzemenin cinsi, işlem süresi ve sıcaklık elde edilen tabakayı etkileyen faktörlerdir (Turhan, 2008).

Difüzyon işleminde çelik yüzeyinde sert bir tabaka oluşturarak difüzyon hacim difüzyonu ile kontrol edilir. Çeliğin iki klasik yüzey sertleştirme işlemi, karbonlama ve nitrüleme, C ve N'nin ana metale difüzyonuna dayanır (Bozkurt, 1984).

Bor difüzyonu toplu taşıma araçlarıyla da gerçekleşir. Ayrıca ana metalde bulunan alaşım elementleri tek tek veya kombinasyon halinde bor difüzyonunu etkiler. Delme işlemi iki temel adımda yapılır. Erken evrelerde, vücut yüzeyindeki ara seviyeler ile reaktif bileşenler arasında reaksiyonlar meydana gelir. Öğütülmüş parçacıklar, yüzeyde çok hızlı bir şekilde ince, yoğun bir borür tabakası oluşturur. Bu oluşum süresi sıcaklığa bağlıdır ve 900°C'de yaklaşık 10 dakikadır. Bu adım, toplam köprülendirme süresine kıyasla çok kısadır ve atlanabilir. İkinci aşama, ince ve güçlü birinci tabaka oluşturulduktan hemen sonra başlar. Bu adım difüzyon ile kontrol edilir. Oluşan bor tabakasının kalınlığı, agregasyon süresi ve sıcaklığın bir fonksiyonu olarak difüzyon yasasına göre parabolik olarak artar. Her malzemenin içeriğine bağlı olarak belirli bir difüzyon katsayısı vardır (Ming-Jiong, 1983).

1.3.1. Borlama Yöntemleri

Kaynatma işlemi kullanılan bor kaynağının fiziksel özelliklerine göre belirlenir ve endüstride kullanılan kaynatma işlemleri ve pratikte aşağıdaki başlıklar altında sıralanabilir:

- Katı ortamda (toz ortamda) borlama-(kutu borlama)
- Sıvı ortamda borlama
- Macunlama ile borlama
- Daldırma yöntemiyle borlama
- Derişik çözeltide borlama
- Elektroliz yöntemiyle borlama
- Plazma borlama
- Gaz ortamda borlama

Katı bir ortamda (toz ortam) kaynatma, pratik ve endüstriyel uygulamalarda kullanılan diğer kaynatma yöntemlerine göre birçok avantaj sunar ve basit ve kullanımı kolaydır. Bu avantajlarından dolayı katı ortamda kaynatma (kutu ısıtma) aslında tercih edilir. Pilot çalışmamızda da bu yöntem tercih edildiğinden bu yöntemin detayları aşağıda sunulmuştur.

1.3.2. Katı Ortam (Toz Ortam) Borlama Yöntemi-Kutu Borlama

Yüzeyi borlanacak malzemeler, borlama için 800-1000°C'de toz bor donör ortamında 4-10 saat bekletilir. Isıya dayanıklı paslanmaz çelikten yapılmış bir kutu sıkıcı toz ile doldurulur ve delinecek parça bu tozun içine gömülür. Bu toz, parçanın her tarafında en az 10 mm kalınlığında olmalıdır. Kutuyu bir kapakla kapatın, fırına koyun, önceden belirli bir sıcaklığa ısıtın, fırın kapağını kapatın ve fırının içindeki sıcaklığı borik asit sıcaklığına yükseltin. Bir süre bekledikten sonra kutuyu ocaktan alın, soğumaya bırakın ve parçaları çıkarın. Çelik kutu kapakları kendi ağırlığı altında kutunun üzerine oturmalıdır. Çimento gibi sıkılaşmaya gerek yok. İşlem normal bir atmosferde gerçekleştirilirse kapak sıkıca kapatılır. İşlem ayrıca koruyucu gaz atmosferinde de gerçekleştirilebilir. İşlem ucuzdur ve özel beceriler gerektirmez (Uzun, 2002).

Bu yöntem kutu çimentolamaya benzer ve kutunun sızdırmaz olması koşuluyla inert gaz atmosferinde veya normal atmosferde gerçekleştirilebilir. Sistem ucuzdur ve özel ekipman veya teknoloji gerektirmez. (Bozkurt, 1984). Ticari sektörde katı borat ajanları kullanım amaçlarına göre sınıflandırılır ve satılır. (URL-3). Borid elementlere ilişkin teknik bilgiler aşağıdaki Çizelge 1.1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. 1. Borlama elemanlarına ait teknik bilgiler

EKABOR Borlayıcılar		
Tip	Toz Tane Boyutu	Açıklama
EkaborB1	<150	Yüzeyde maksimum Kalite
EkaborB2	<1000	Mükemmel yüzey tabakası, işlem sonrası kolaylık
EkaborB3	<2000, >1000	Çok iyi yüzey tabakası işlem sonrası kolay toz akışkanlığı
EkaborHM	<150	Sert metaller için ve küçük çap borular için ideal kalın borür tabaka
Ekabor Paste	<100	İnert gaz ortamında kullanılır
Ekabor Ni	<100	Ni esaslı alaşımlar için
Ekrit		Oksijeni engelleyici örtü malzemesi

Katı ortam borlama işlemi, kullanım kolaylığı, güvenliği, toz karışımının bileşimini değiştirebilme özelliği, ekonomik olması ve daha az ekipman gerektirmesi nedeniyle en yaygın kullanılan borlama işlemlerinden biridir. Borlama işlemleri katı, sıvı, gaz, plazma ve iyon implantasyonu gibi yöntemlerle gerçekleştirilir. Sert boridasyon tipik olarak, yaklaşık %5 B₄C, %5 KBF₄ ve %90 SiC bileşimine sahip özel bir malzeme karışımı kullanılarak gerçekleştirilir. Sabit borlama için numune kapalı bir kutu içinde toz karışıma verilir. Belirli bir sıcaklığa ısıtılan bir kutu, belirli bir süre o sıcaklıkta tutulur ve daha sonra soğutulur (Pazar, 2012).

Bor, demirli malzemelerin yüksek sıcaklıklarda (850-1050 °C) borlama işlemi ile demir yüzeyinde dağılır. Bu biriktirme yöntemi, tek fazlı Fe₂B veya iki fazlı Fe₂B + FeB'den oluşan ferrobora katmanları verir. FeB aşaması, daha fazla borcu olduğu için daha savunmasızdır. Bu nedenle, iki fazlı Fe₂B + FeB fazlar yerine tek fazlı Fe₂B oluşumu tercih edilir. FeB'nin (23.10-6/°C) termal genleşme katsayısı Fe₂B'ninkinden (7.85.10-6/°C) daha büyüktür. İki fazlı sistemde Fe₂B ve FeB fazlar arasındaki termal genleşme farkı nedeniyle yüzeyde çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar FeB fazını azaltarak veya FeB fazının oluşumunu engelleyerek önlenir. Borlama ortamının ana bileşenleri bor karbür (B₄C), ferrobora ve amorf bor bor içeriği bor karbürden daha yüksektir, bu da tabaka kalınlığını artırır, ancak bor karbürden daha pahalıdır (Komutsu,

1974). Silisyum karbür (SiC) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) çözücü görevi görür ve reaksiyona katılmaz. Ancak SiC bor miktarını kontrol eder ve borlaştırıcının katılmasını engeller. $NaBF_4$, KBF_4 , $(NH_4)_3BF_4$, NH_4Cl , Na_2CO_3 , BaF_2 ve $Na_2B_4O_7$ aktivatörlerdir. Ek olarak, Ekabor® gibi benzersiz ve patentli özel karışım bordürleri ticari olarak mevcuttur (ASM El Kitabı, 1991). Ticari katı borlama toz karışımlarının bileşimleri aşağıdaki gibidir.

- %5 B_4C , %90 SiC, %5 KBF_4
- %85 B_4C , %15 Na_2CO_3
- %50 B_4C , %45 SiC, %5 KBF_4
- %95 B_4C , %5 $Na_2B_4O_7$
- Amorf bor (%95-97 B)
- %84 B_4C , %16 $Na_2B_4O_7$
- %95 amorfbor, %5 KBF_4

1.3.3. Borlama işleminin uygulanabildiği malzemeler ve uygulama alanları

Borlama işlemi bor ve bor karışımlarının yüksek sıcaklıklarda (700-1000 °C) malzeme yüzeyine difüzyonu olup, prosesin en önemli parametrelerinden biri de yüksek sıcaklık uygulamasıdır. Borlama yapılırken borlanacak malzemenin erime noktası borlama işlem sıcaklığından düşük olmalı ve malzeme buna göre seçilmelidir. Bu nedenle bazı malzemeler (Zn ve Al) borlama için uygun değildir. Boring, tüm demir alaşımlarına, refrakter metallere (W, Ta, Mo, Zr, Hf, Nb), karbürlere (özellikle Co-bonded WC) ve Ni ve Ni bazlı alaşımlara dayalı alaşımlara başarıyla uygulanabilir. Ti ve Ti ve borid tabakaları elde edilebilir (Bozkurt,1984). Yeni geliştirilen prosesler kullanılarak Cu ve alaşımlarına da uygulanabilir. Ancak, düşük erime noktalı Zn ve Al için geçerli değildir (Junker, 2000).

Sıcak ve soğuk şekillendirme için makine ve alet parçaları, dövme parçalar için çelik, dökme demir ve demir dışı malzemeler hizmet ömürlerini uzatmak için bor işlemine tabi tutulur. Ayrıca cam, otomotiv, havacılık, denizcilik ve silah endüstrilerinden ilgili tüm malzemeler (çelik, dökme demir, demir dışı metaller, sert metaller) eritilir (Settin,2003).

Pişirme işlemi yumuşak çelik, karbon çeliği, takım çeliği, sertleştirilmiş çelik, dökme çelik, gri dökme demir ve demir esaslı çeliğe uygulanır. Demir bazlı malzemelerin yanı sıra diğer elementler ve bor bileşikleri de üretilebilir. Bor kalitesi, çelik ve dökme demir alaşımlarının yanı sıra demir dışı metaller ve alaşımlarda (Ni, Co, Mo, Ti) başarıyla sağlanmaktadır. Aşınmaya dayanıklı TiB_2 kalitesi, titanyum ve titanyum alaşımlarının

sinterlenmesiyle elde edilir. Bu alaşımların pişirilmesi için optimum sıcaklık 1000-1200°C'dir. Refrakterlerde oluşturulan borür tabakalarının sertlik değerleri, nikel ve kobalt üzerinde oluşturulan tabakalara göre çok daha yüksektir. Delme, bakır ve alaşımları için de kullanılabilir, ancak çinko ve alüminyum gibi düşük erime noktasına sahip malzemeler için kullanılamaz. Demirli malzemelerin ısıl işlemi, demirli malzemeler için kullanılan kaynatma işleminden farklı değildir (Baştürk, 2006).

1.3.4. Demir esaslı malzemelerde borlama yönteminin uygulanması

Borlanacak malzemelerin ısıl işlemlere uygunluk, gerekli mekanik dayanım ve çok sert, aşınmaya dayanıklı borür tabakaları oluşturabilme gibi özelliklere sahip olması gerekir. Hemen hemen tüm demirli malzemeler; dövme ve dökme çelikler, gri dökme demirler, sfero dökme demirler, sinterlenmiş demirler ve çelikler, takım çelikleri ve diğer çelikler tanımlanmış özellikleri karşılar ve bor difüzyonu ile sertleştirilebilir (Matuschka, 1980).

Demirli malzemelerin delik işleme işlemi, karbonlama işleminden farklı olarak, malzemenin üst yüzeyindeki yüksek karbon alanını kademeli olarak azaltma eğilimindedir. Borid tabakaları, tek fazın veya hem tek hem de çift fazın bir arada bulunduğu malzemelerde oluşur. Tek fazlı borür tabakası sadece Fe₂B'den oluşurken, iki fazlı tabaka üstte FeB ve altta Fe₂B'den oluşur. Tek fazlı veya çift fazlı tabakaların oluşumu bor miktarına bağlıdır (Chattenje-Fischer, 1977).

Alüminyum ve silisyum içeren çelikler hariç tüm yapı çeliklerinde, temperlenmiş çeliklerde, alet ve paslanmaz çeliklerde, dökme çeliklerde, ticari saf demirlerde, gri ve dövme demirlerde, sinterlenmiş demirlerde ve çeliklerde endüstriyel bor işlemi etkilidir.

Kurşunlu ve kükürtlü çeliklerde çatlama ve kabarma özelliklerinden dolayı delik açma tavsiye edilmez. Nitrürleme çeliği kırılğan olduğu için bor tedavisi için uygun değildir. (PDS-4, 1990).

Demirli malzemeler 850-1150°Cde 2-8 saat boyunca borlandığında, yaklaşık 250µm katman derinliğine ve yaklaşık 2500HV0.06 katman sertliğine sahip bir demir borür (Fe₂B, FeB) fazı difüzyon katmanı oluşur. malzeme yüzeyi. Bu tabaka testere dişi şeklindedir, alt tabakaya çok iyi yapışır ve tabaka özellikleri proses parametrelerine göre değişir (Çelikyürek, 2004).

1.4. Antimikrobiyal Aktivite Çalışmaları

Metal iyon katkılı antibakteriyel tozun uygulandığı ürünlerde antibakteriyel etkinliğinin saptanması için yeni test metotları geliştirilmiştir. Bu metotlar Halo test metodu, Kontakt test metodu ve Shake Flask test metotlarıdır. Bu metotlar “American Society for Testing and Materials (ASTM)” ve “Japanese Industrial Standards (JIS)” standartlarına uygundur (Doğan ve Pekşen, 2005).

1.4.1. Halo test metodu

Halo test metodu yüzeyi pürüzlü ve gözenekli numuneler için uygulanmaktadır. Petriler, numuneler içlerine yerleştirildikten sonra steril edilir, besiyerleri malzemeler üzerinde ince bir film tabakası oluşturacak şekilde dökülür ve yüzeye yayma yöntemi ile ekim yapılır. 37°C’de 24 saat inkübe edildikten sonra sonuçlar gözlemlenir (Doğan ve Pekşen, 2005).

1.4.2. Kontakt test metodu

Kontakt test metodu yüzeyi pürüzsüz ve yoğun numuneler için hazırlanan dilüsyonlardan bakteri ekimi petri tabanına yapılır ve numune yüzeyi ile temas edecek şekilde numune petri tabanına yerleştirilir. Numunelerin üzerine alüminyum folyolardan hazırlanmış ve steril edilmiş küvetler yerleştirilir ve küvetler steril su ile doldurulur. Küvetler petri iç ortamında nem dengesini sağlamak ve sıvı seviyesinin azalmasını en aza indirmek amacıyla kullanılmaktadır. Petri kapları kapatılarak etrafı parafilm ile sarılır. Petriler 25°C’de 24 saat süre ile inkübe edilir. Yirmidört saat sonunda numuneler petrilere alındıktan sonra petride kalan örnek steril katı bir besiyerine ekilir. Ekim yüzeye yayma yöntemi ile yapılır. Petriler 37°C’de 24 saat süre ile inkübe edildikten sonra sonuçlar gözlemlenir (Doğan ve Pekşen, 2005).

1.4.3. Shake Flask metodu

Shake Flask metodu küçük boyutlarda, girintili şekle sahip veya granül halindeki numuneler için uygulanmaktadır. Numuneler erlenlere yerleştirildikten sonra, erlen içine hazırlanan dilüsyon ilave edilir ve 25°C’de 24 saat çalkalamalı inkübatörde inkübe edilir. Yirmidört saat sonunda erlenlerden örnekler alınarak petri kaplarına yüzeye yayma yöntemi ile ekim yapılır. Petri kapları 37°C’de 24 saat inkübe edildikten sonra sonuçlar gözlemlenir (Doğan ve Pekşen, 2005).

1.4.4. Kirby-Bauer disk difüzyon yöntemi

Bilinen en eski ve en çok kullanım olanağı bulunan antimikrobiyal testlerden birisi Disk Difüzyon yöntemidir. Kirby Bauer'in geliştirdiği bu yöntemin maliyeti düşüktür ve uygulaması kolaydır. Pek çok bakteriyi test etmeyi mümkün kılar. Bunun yanında, birçok antimikrobiyal maddenin test edilebilmesi için uygun bir yöntemdir. Disk şeklindeki kağıtlara emdirilen antimikrobiyal maddenin, duyarlılığı incelenen organizmaların içine yerleştirildiği besiyerine yayılması esasına dayanmaktadır. Bir süre sonra çözünen diskler agara doğru yayılırken, mikroorganizmalar üremeye başlar. Belirli bir süre sonrasında diskin etrafında üreme gözlenmez. Diskin çevresinde meydana gelen inhibisyon bölgesinin genişliği mikroorganizmaların antimikrobiyal maddeye duyarlılığına bağlıdır. Duyarlılık arttıkça bu bölge genişler. İnhibisyon bölgesinin çapı ölçülerek, çeşitli standartlarla kıyaslanarak değerlendirme yapılır (Temiz, 2010; Alan ve ark., 2018; Onur ve ark., 2020; Yılmaz ve ark., 2020; CLSI, 2012; Balouiri ve ark., 2016; Bauer-Kirby, 1966; Murray ve ark., 2007; Cappuccino ve Welsh, 2019).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ünlü ve Yılmaz (2006) Bu çalışmada bor ve borlama işlemlerinin üstün özelliklerinden dolayı tribolojik, mekanik, fiziksel ve kimyasal özelliklere yer verilmiş ve çeşitli endüstriyel alanlarda uygulama alanları belirtilmiştir.

Ayar (2007) Bu çalışmada, çinko borat eldesinin laboratuvar ölçekli üretim koşulları tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla; literatürdeki üretim bilgileri de dikkate alınarak laboratuvar ortamında katı faz reaksiyonu ile çinko borat üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen ürünlerin karakterizasyonu XRD, TGA-DSC ve EDS donanımlı SEM analizleri ile belirlenmiştir. Uygun bağlayıcı ile boya haline dönüştürülerek aleve ve yüksek sıcaklığa dayanım testleri uygulanmış olup, boyalı ve boyasız malzemede LOI değerleri tespit edilmiştir.

Temel ve Vaizoğlu (2009) bu çalışmada insanların yaşamları boyunca çevredeki kimyasallara maruz kaldıklarını ve bazı kimyasalların vücut sıvılarında ve insan dokularında yaygın olarak bulunduğunu ortaya koymuştur. Bazı kimyasallar kalıcı olarak çevrede kalır ve kronik maruziyet nedeniyle insan sağlığı üzerindeki etkileri de kalıcıdır. Vücut sıvılarında ve insan dokularında birikir ve seviyeleri sürekli artmaktadır. Çevrede kalıcılık, insanların uzun yıllar bu maddelerden etkilenmesi anlamına gelir. Bu derlemede bu kimyasallardan biri olan Teflon üretiminde kullanılan maddeler, bunların bozunma ürünleri ve sağlığa etkileri değerlendirilmiştir.

Aytan (2012) bu çalışmada, budama makası bıçağının teflonla (PTFE) kaplanmasının, kaplanmamış bıçağa göre maksimum kesme kuvvetini ve kesme enerjisini nasıl etkilediği saptanmış ve maksimum kesme kuvveti ile meyve türü, dalçapı, kuru madde miktarı ve kesme hızı faktörlerine bağlı olarak değişimleri araştırılmıştır. Yapılan regresyon analiz sonuçları, her iki bıçak tipinde de, kesme hızının maksimum kesme kuvvetini azaltacak yönde etkilediğini ortaya koymuştur.

Dizaj ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada metallerin ve metal oksit nanopartiküllerin antimikrobiyal aktivitesi üzerine derleme bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada etki mekanizmaları ile birlikte metal ve metal oksit nanoparçacıkların antimikrobiyal aktivitesi ile ilgili son araştırma çalışmaları incelenmiştir. İncelenen literatürlere göre, partikül boyutunun metal nanopartiküllerin antimikrobiyal etkinliğini

belirleyen temel parametre olduğunu göstermiştir. Metal nanopartiküllerle kombinasyon tedavisi, antibakteriyel ajanlara karşı mevcut bakteriyel direncin üstesinden gelmek için olası stratejilerden biri olabileceği belirtilmiştir.

Ozan ve Altuncu (2014) bu çalışmada, yapışmaz kaplama; Düşük sürtünme katsayıları, yüksek korozyon direnci, yüksek dielektrik dayanımı, diğer polimerlere göre daha yüksek sıcaklıklara dayanımları ve geniş çalışma sıcaklık aralığı nedeniyle birçok endüstride yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Başlıca dezavantajları düşük aşınma direncidir. Bu çalışmada, Teflon'un aşınma direncini artırmak için teflon kaplamaya nanometre boyutunda gümüş (Ag) partikülleri eklenerek kaplama karakterizasyonu yapılmıştır. Yapılan araştırmalara göre nano gümüş (Ag) katkısının kaplamanın sürtünme özelliklerini ve aşınma direncini iyileştirdiği belirlendi. Endüstriyel testlerin sonuçlarına göre ev ve el aletlerinde başarıyla kullanılabilir bir kaplama bileşimi ortaya çıktı.

Bülbül (2014) Sert ve yumuşak kaplamalar incelenmiştir. Geleneksel olarak, sürtünme mekanik özellikleri iyi ve sertliği yüksek ($> 10\text{GPa}\sim 1000\text{HV}$) yapılara sert kaplamalar denirken, yumuşak kaplamalar katı yağlama için kullanılan bağlayıcı malzemeye tozun karıştırılması veya elektrokimyasal kaplama ile elde edilir. ve çeşitli fiziksel buharlar Kaplama prosesleri ile üretilen düşük sertlikte ($<10\text{GPa}\approx 1000\text{HV}$) kaplamalardır. Sert ve yumuşak kaplamalar, uygulama koşullarına bağlı olarak, katı yüzeylerde direncin yanı sıra korozyon, elektrik, ısı vb. Estetik özellikler açısından da avantajlar sunmaktadır.

Demurtas ve Perry, (2014) tarafından yapılan çalışmada altın nanopartiküller (GNP'ler), kolay ve iyi çalışılmış sentezleri, kolay yüzey işlevselleştirmeleri ve biyouyumlulukları nedeni ile geçerli ve verimli bir ilaç dağıtım/taşıyıcı sistemi oluşturmak için çok yararlı bir taşıyıcı olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, stabil antibiyotik konjuge GNP'ler, suda az çözünür bir antibiyotik olan amoksisilin kullanılarak tek aşamalı bir reaksiyonla sentezlendi. Amoksisilin konjuge edilmiş altın, tek başına antibiyotik uygulamasına kıyasla *Escherichia coli*'ye karşı antibakteriyel aktivitede olumlu bir artış göstermiştir.

Akıncı ve Akbulut (2018) bu çalışmada, mühendisler için gerekli kaplama malzemelerinin üretilmesi için küresel ve Türk polimer endüstrisinin hızlı gelişimine öncülük etmiştir. Yüksek sıcaklık dayanımı, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek korozyon

direnci ile floropolimerler bu benzersiz özelliklerinden dolayı endüstride tercih edilmektedir.

Akyıldız (2018), çeşitli Teflon kaplı estetik tellerin fiziksel ve mikrobiyolojik özelliklerini inceledi. Bu çalışmanın sonucuna göre estetik teller klinik uygulama sonrasında yüzey bütünlüğünü koruyamamaktadır. Ayrıca S eklenen mutanların miktarı artar ve lekelenme meydana gelir.

Bilaç (2018), akımsız nikel-bor-fosfor kaplamada sodyum hipofosfit miktarının etkisini incelemiştir. Alüminyum ve alaşımları, aşınmaya karşı oldukça hassas yüzeylere sahiptir. Mükemmel korozyon direncine sahiptir ve yüzeyde oksit filmi oluşturarak korozyonun ilerlemesini engeller. Ancak bu katman aşınmaya dayanıklı değildir. Isıl işlem, metal matraste Ni_3P ve Ni_2B/Ni_3B gibi korozyona dayanıklı bileşikler oluşturarak, tek katmanlı korozyona dayanıklı bir kaplama ile sonuçlanır. Burada her iki bileşikten metal kaplama tabakasında homojen bir kompozit yapı oluşturularak korozyona dayanıklı yeni bir kompozit kaplama tabakası elde edilir.

Uğur (2019), yüksek sıcaklığa dayanıklı polimerlerle modifiye edilmiş seramik malzemeleri ve uygulamalarını inceledi. PTFE'nin tüm bu sorunları vardır, bu nedenle kızartma tavası üreticileri Teflon'un yerine silikon ve silikon kaplama teknolojisi geliştirmiştir. İlk bölümde yeni sol-jel formülasyonları tasarlanmıştır. Sol-jel konsantrasyonunun hibrit nanoliflerin morfolojisi ve termal direnci üzerindeki etkisi, FTIR ve temas açısı ile birlikte araştırıldı. Çalışmanın 2. ve 4. bölümlerinde, 1. bölümün sol-jel formülasyonları PTFE ve PFOA içermeyen, yapışkan olmayan, temizlemesi kolay, hidrofobik ve yeni kaplama formülasyonları olacak şekilde geliştirilmiştir. Jel işleme. Teflon ikame kaplamalar için sol-jel teknolojisi ile yapılan yeni seramik malzemelerin kullanımı umut vericidir.

Toç (2019) Teflon kaplamalarda kullanılan farklı türdeki dolguların kaplamanın özellikleri üzerine etkilerini incelemiştir. Bu tez çalışmasında, ilk aşama olarak yapışmaz kaplamalarda dolgu malzemesi olan Silisyum Karbür'ün (SiC) farklı tanecik boyutunun kaplama özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Kaplamanın yapışma performansı görsel bir test olan yumurta testi yapılarak değerlendirildi. CNT ve grafen takviyeli bileşimler olumsuz sonuç verirken, karışım olarak hazırlanan SiC 1000 ve SiC 400, en iyi sonucu veren bileşim olmuştur.

Pan ve ark. (2019) tarafından yapılan çalışmada antibakteriyel yapışma özelliğine sahip pikosaniye lazer dokulu paslanmaz çelik süperhidrofobik yüzey tasarımı yapmışlardır. Çalışmada gıda kabı, tıbbi ekipman ve ilaç tanklarının yüzeylerinde antibakteriyel özelliklerin bulunmasına yönelik birçok çalışma bulunmaktadır. Kendi kendini temizleyen, buğu önleyici, kar önleyici ve bakteri yapışmasını azaltan özelliklere sahip biyomimetik süperhidrofobik yüzeylerden esinlenerek, AISI 420 martensitik paslanmaz çelik plakalar üzerinde süperhidrofobik antibakteriyel yüzey üretimi için basit ve etkili bir pikosaniye lazer doku teknolojisi kullanılmıştır. Üst üste bindirilmiş nanoyapılara sahip mikropapilla desenlerine sahip lazer dokulu yüzey, olağanüstü havada süperhidrofobik ve süperaerofilik özelliğe sahip olup bu, salınım durumunda %99 *Escherichia coli* ve %93 *Staphylococcus aureus*'un yapışmasına direnir ve sabit bir durumda neredeyse hiç bakteriyel yapışmaya sahip olmadığı belirtilmiştir.

Aslan ve Duru (2021) Akımsız ni-p-w kompozit kaplamalarda PTFE konsantrasyonunun sertlik ve aşınma üzerinde etkisini incelemiştir. Elde ettikleri sonuçlar doğrultusunda Ni-P-W-PTFE kompozit kaplamalar başarılı bir şekilde üretilmiştir.

Gençer ve arkadaşları (2021) tarafından yapılan çalışmada pandemi döneminde kapalı alanlarda geçirilen sürenin artması ve temas edilen yüzeylerin kendi kendine temizlenebilen ve antimikrobiyal aktivite özelliklerinin bulunabilmesi ve iç mekanlarda kullanımının hayati öneme sahip olduğu söylenebilir. Çalışmada elde edilen sollar yüksek yoğunluklu (HDF) melamin kaplı laminat parkelerin yüzeyine lignoselülozik endüstriyel malzemeler ile kaplama olarak uygulanmış ve kendi kendini temizleme özellikleri ve antimikrobiyal etkinlikleri değerlendirilmiştir. Sonuç olarak kaplanmış laminat parke yüzeylerinin, *E.coli* bakteriyel yükünde% 97, *S. aureus* için % 87 azalma ile antibakteriyel etkinlik sağladığı görülmüştür.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında mevcut teflon boyaların kaplama düzeyi, hijyenlik ve antibakteriyellik açısından incelenmiştir. Mevcut teflon boyalarla kendi ürünümüz olan geliştirdiğimiz yeni bir bor türevinin sıvısı ile mevcut teflon boyalar modifiye edilmiş ve bu boyadan üretilen malzemelerin üretim koşulları yapılan deneyler ve ölçüm araçları aşağıda açıklanmıştır.

3.1.1. Kullanılan kimyasal maddeler

-Politetrafloroetilen - (C₂F₄)_n

-Bor-B

3.1.2. Kullanılan cihazlar

- Abrasyon (aşındırma) Cihazı
- Dijital Termometre
- Kalınlık Ölçüm Cihazı
- Yüzey Pürüzlülüğü Ölçüm Cihazı
- pH metre
- Manyetik Karıştırıcı

3.2. Metot

3.2.1. Yüzey temizliği

Kaplama operasyonu gerçekleştirilmeden evvel yüzey hazırlığı yapılmalıdır. Bu işlem kaplama yüzeyinin kir, yağ, pas gibi atıklardan temizlenmesini ayrıca yüzeyi pürüzlendirerek kaplamanın yüzeye daha iyi tutunmasını sağlamaktadır. Malzeme yüzeyinin temizlik ve pürüzlülük için hazırlığı, aşındırıcı malzemenin belirli bir basınç ve açı parametreleri ile gerçekleştirilmektedir. Yüzey hazırlığı kumlama gibi fiziksel bir yöntemle gerçekleştirilmeden evvel kimyasal yöntem ile temizlenerek gerçekleştirilmez. Bunun sebebi kirli bir yüzeye kimyasal temizlik yapılmadan kumlama işlemi gerçekleştirildiğinde kumların kirli yüzeye tutunması ve yüzeyin pürüzsüz kaplama için

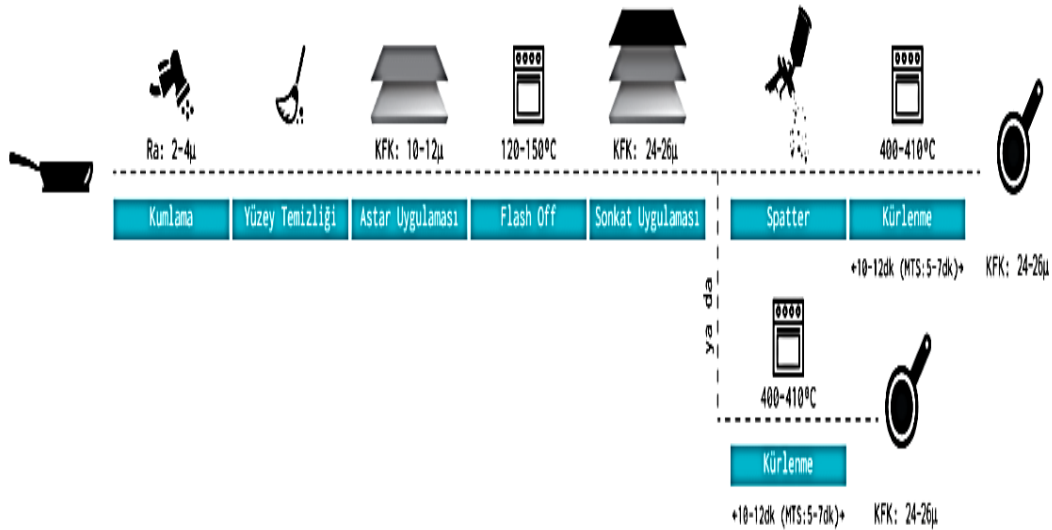
uygunsuz olacağı şeklinde tespit edilmiştir. Kumlama işlemi yaygındır, ekonomik ve etkili bir yöntem olarak kullanılmaktadır

Kaplanacak malzemenin yüzey temizliği için alüminyum gövde yıkama tüneline yıkanarak yüzeydeki yağ ve kirlerden temizlenir. Daha sonra yıkanan gövde yüzeyi kumlama makinasında 2.5-4 mikron aralığında aşındırılarak kaplamanın yüzeye daha iyi tutunması için ön hazırlık yapılmıştır.

3.2.2. Sprey kaplama

Basıncı hava, boya ile büyük oranlarda karıştırılır ve bu daha sonra dar bir nozuldan püskürtülür. Ortaya çıkan basınç düşüşü, atomizasyonun gerçekleşmesine neden olur ve yansıtılan hava / boya karışımı, istenen hedefe yönlendirilir.

Yüzey temizliği yapılan kaplanacak ürün sprej kaplama hattında yüzeyine elde edilen nihai su bazlı astar boya, 1,0 ile 1,4 mm meme çapına sahip sprej tabancası ile 4,5-5 bar basınçta astar püskürtülerek 9 - 15 µ birinci kat uygulaması yapılır ve astar ile kaplanan ürün fırında 150 °C sıcaklığında 3-5 dk süre arasında ara kurutma yapılır, daha sonra astar üzerine borlu teflon karışımı sprej yöntemi 1,0-1,4 mm sprej tabancası ile 3,5-5 bar basınç altında 15 - 25 µ kalınlığında ürün üzerine Borlu Teflon kaplanarak fırında kürlenme işlemine tabi tutulur 410 – 420 °C sıcaklığı 6-7 dk görecekte fırında kalarak kaplamanın ürün üzerinde katılaşması sağlanır ve teflon kaplama işlemi yapılmıştır.



Şekil 3. 1. Metal kaplama akış şeması

3.2.3. Kaplaması yapılan ürünlere tabi tutulan testler

3.2.3.1. Aşındırma testi

Su içerisinde %10'luk bulaşık deterjanı çözeltisi test edilecek yüzeye dökülür. Yüzeyi tarayacak olan hareketli ekipmanın altına bulaşık süngeri (3M 7447) koyulur. Üst kısmına da toplamda 3 kg olacak şekilde ağırlık yerleştirilir. Isıtıcı 60°C sıcaklığa ayarlanır ve bu sıcaklığa ulaşıldığında cihaz başlatılır. Her 250 git gelde bulaşık süngeri ters yüz edilir, her 500 git gelde ise bulaşık süngeri değiştirilir. Taranan yüzeyin %10'unda alüminyum yüzey görüldüğünde teste son verilerek, toplam devir kaydedilir. Test 5 defa tekrarlanır ve yüzeyin testi kaç kere geçtiği gözlemlenir.



Şekil 3. 2. Abrasion (aşındırma) testi

3.2.3.2. Yumurta testi

Test edilecek kaplanmış yüzey elektrikli ocağa yerleştirilerek sıcaklık 160°C'ye ayarlanmaktadır. Test süresi boyunca sıcaklık kontrolü sağlanmalıdır. Test yüzeyine istenilen sıcaklığa ulaşıldığında yumurta kırılır ancak sıcaklık yumurta yanmayacak biçimde ve sıcaklığın 200°C'yi aşmamasını sağlayacak şekilde ayarlanmalıdır. Yumurta 3 dakika boyunca pişmeye bırakılır ve 3 dakika sonunda spatula yardımıyla yüzeyden yumurtanın kolaylıkla veya zorlukla alınmasına bağlı olarak kaplamanın yapışmazlık durumu görsel kontrol yardımıyla sağlanmaktadır. Ayrıca bu test aynı şartlar sağlanarak 5 defa tekrarlanmaktadır ve 5 defa tekrarlanan yapışmazlık durumu değerlendirilerek test sonucu elde edilmektedir. Şekil 3'de yumurta testi örnek görseli paylaşılmıştır.



Şekil 3. 3. Yumurta testi görseli

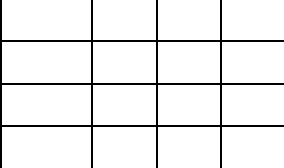
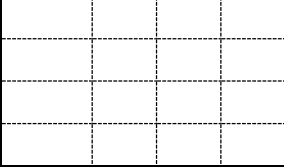
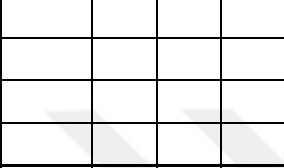
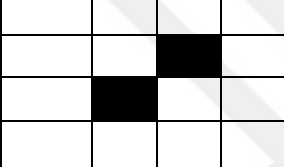
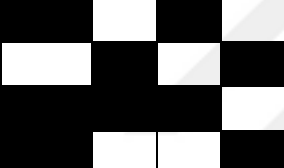
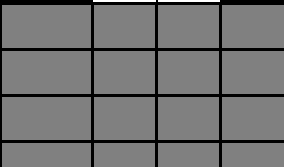
3.2.3.3. Kareleme testi

Boya kaplı yüzey, neşter/falçata yardımıyla kareleme yöntemine göre çizilir. Oluşturulan karelerin üzerine yapışkan bant yapıştırılır ve bant sıkıca bastırılarak altında hava boşluğu kalmaması sağlanır. Serbest ucundan tutulan yapışkan bant, yüzeye dik olarak güçlü bir şekilde tek seferde çekilir. Farklı yönlerde 5 kez bu işlem tekrarlanarak (yatay, dikey ve çapraz) yapışma derecesi belirlenir. Yapışma derecesi ASTM D-3359 (5B - En İyi | 0B - En Kötü) veya DIN 53151'e (GT0 - En İyi | GT5 - En Kötü) göre değerlendirilir.



Şekil 3. 4. Kareleme testinde kullanılan malzemeler

Çizelge 3. 1. Değerlendirme skalası

YÜZEY	DEĞER	AÇIKLAMA
	GT0/5B	Kafesin karelerinden hiçbiri çıkmamıştır.
	GT1/4B	Karelerin kesişme yerlerinde küçük film parçacıkları çıkmıştır.
	GT2/3B	Boya parçacıkları, kesim kenarları ve kesişme yerleri boyunca zeminden ayrılmıştır.
	GT3/2B	Boya parçacıkları kare kenarları boyunca ve bazı karelerin tamamından dökülmüştür.
	GT4/1B	Boya parçacıkları kare kenarları boyunca şerit halinde çıkmıştır.
	GT5/0B	Bütün kareler çıkmış yada çıkma eğilimindedir.



Şekil 3. 5. Kareleme test görseli

3.2.4 Migrasyon testi

Migrasyon testi gıda ile temas eden, ambalaj, mutfak malzemeleri ve gıda üretim makineleri üzerinde gerçekleştirilen ve yapılarında bulunan toksikolojik risk oluşturan maddelerin gıdalara göç etme (bulaşmasını) durumunun belirlenmesini sağlayan analizdir.

Metal migrasyonu test koşulları olarak %0,5 Sitrik Asit, 100°C, 2 saat olarak düzenlenmiş ve toplam 21 adet element için analizler gerçekleştirilmiştir. Ayrıca gıdaya uygunluk testi olarak genel kabul gören testlerden formaldehit, PFOA&PFOS, primer aromatik aminler için analizler (25 kompozisyon) Avrupa standartlarında uygulanmıştır.

3.2.5 Antimikrobiyal aktivitenin belirlenmesi

Bu çalışmada mikroorganizma olarak; gram pozitif; *Staphylococcus aureus* Rosenbach ATCC-6538, *Bacillus cereus* ATCC 7064, gram negatif; *Escherichia coli* ATCC-8739, *Salmonella typhimurium* suşları, Muller Hilton Broth (MHB)'a aşılansarak 37±1 °C'de 18 saat ve *Candida albicans* ATCC-90028 maya suşu Malt Ekstrakt Broth (MEB) aşılansarak 25±1 °C'de 18 saat inkübe edilerek aktivasyonu sağlandı. Antimikrobiyal aktivite için besiyeri olarak bakteriler için Müller Hilton Agar (MHA), maya suşu için Malt Ekstrakt Ağar (MEA) kullanıldı. Steril olarak hazırlanan petri kutularına suşlar, 0.5 McFarland standardı ile standardize edilerek aşılandı ve bakteri suşları 37±1 °C'de ve maya suşu 25±1 °C'de 1 saat inkübe edildi (CLSI, 2012; Balouiri ve ark., 2016). Kontrol için uygulama yapılmayan numune ve Amikasin (AK: 30 µg) ve Gentamisin (CN: 10 µg) kullanıldı.

Farklı konsantrasyonlarda uygulama yapılan numunelerin antimikrobiyal aktivitesi Kirby-Bauer Disk Difüzyon Yöntemi kullanılarak tespit edildi (Bauer-Kirby, 1966; Murray ve ark., 2007). Numuneler 25x25 mm olacak şekilde kullanılmak için hazırlandı. MHA'a bakteri ve MEA'a maya suşlarının ekimi yapılmış kültürleri üzerine hazırlanan plakalar yerleştirildi. İnhibisyon zonlarının belirlenmesi için bakteri suşları 18-24±2 saat süre ile 37±1 °C de, maya suşu 25±1 °C'de 48 saat inkübe edildi. (CLSI, 2012; Balouiri ve ark., 2016; Cappuccino ve Welsh, 2019). Çalışma üç tekrarlı olarak yapılarak ortalama değerleri verilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

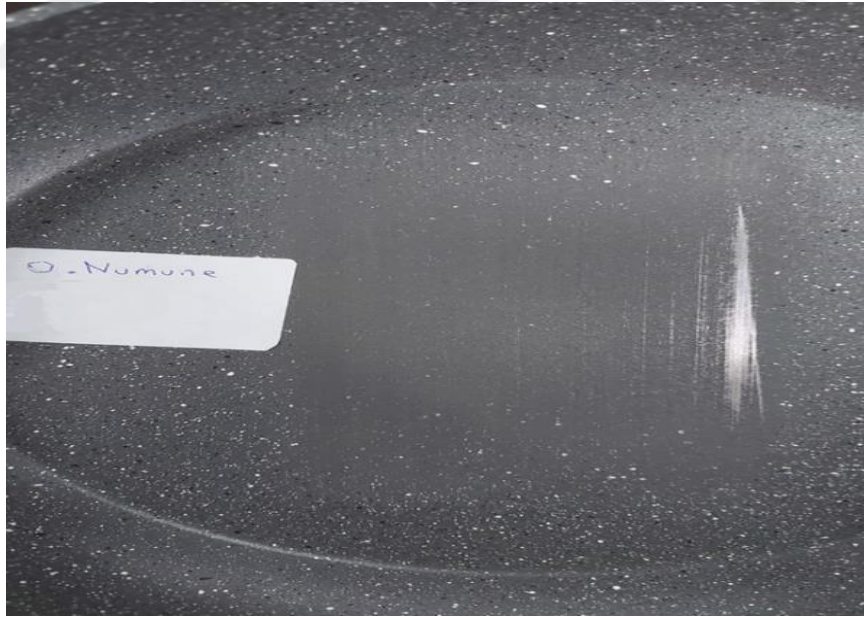
Bu tez çalışmasında mevcut teflon boyanın modifiye edilmiş alternatif boya çeşidinin üretilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışmadaki amacımız aşağıda belirtilen ve yapılan deneylerde, ölçümlerde görüldüğü gibi antibakteriyel özellikli, aşınma dayanımı daha yüksek teflon boyalar eldesi sağlanmıştır.

4.1. Mevcut Teflon Kaplamalar

Mevcut PTFE ile kaplanan ürünler sırasıyla Aşındırma, Yumurta, Kareleme, Antibakteriyellik ve Gıdaya uygunluk testlerine tabi tutulmuştur. Aşağıda bu testlerin bulguları ve tartışması yapılmıştır.

4.1.1. Aşındırma testi

Standart PTFE kaplama ile kaplanan piyasa ürünlere yapılan aşındırma test işlemine göre ürünler 3500 devir/dk 'da aşındığı gözlemlenmiştir. Aşındırma test görseli Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4. 1. Aşındırma testi bulguları

Şekil 4.1 de görüldüğü gibi 3500 devir/dk da PTFE ve astar boyasının tamamen ortadan kalktığı ve metalin ortaya çıktığı görülmüştür. Bunun anlamı piyasada ürünlerin kullanım ömrünü ortaya koymaktadır. Garanti kapsamında ortalama 2 yıllık mutfakta kullanıma uygun olduğunu göstermektedir.

4.1.2. Yumurta testi

Standart PTFE kaplama ile kaplanan ürünlere yapılan yumurta testi işleminde teflon yüzeyde yanma olmayıp hafif yapışma görülmüştür. Test sonucu görseli Şekil 4.2 de verilmiştir.



Şekil 4. 2. Yumurta testi bulguları

Şekil 4.2 de görüldüğü gibi, mevcut piyasadaki PTFE kaplama ürünlerde yanmaya ait siyah karbon oluşumu gözlenmemiştir. Ancak Şekil 4.2 de görüldüğü gibi yumurtanın PTFE kaplamaya yapıştığı görülmüştür.

4.1.3. Kareleme testi



Şekil 4. 3. Kareleme testi bulguları

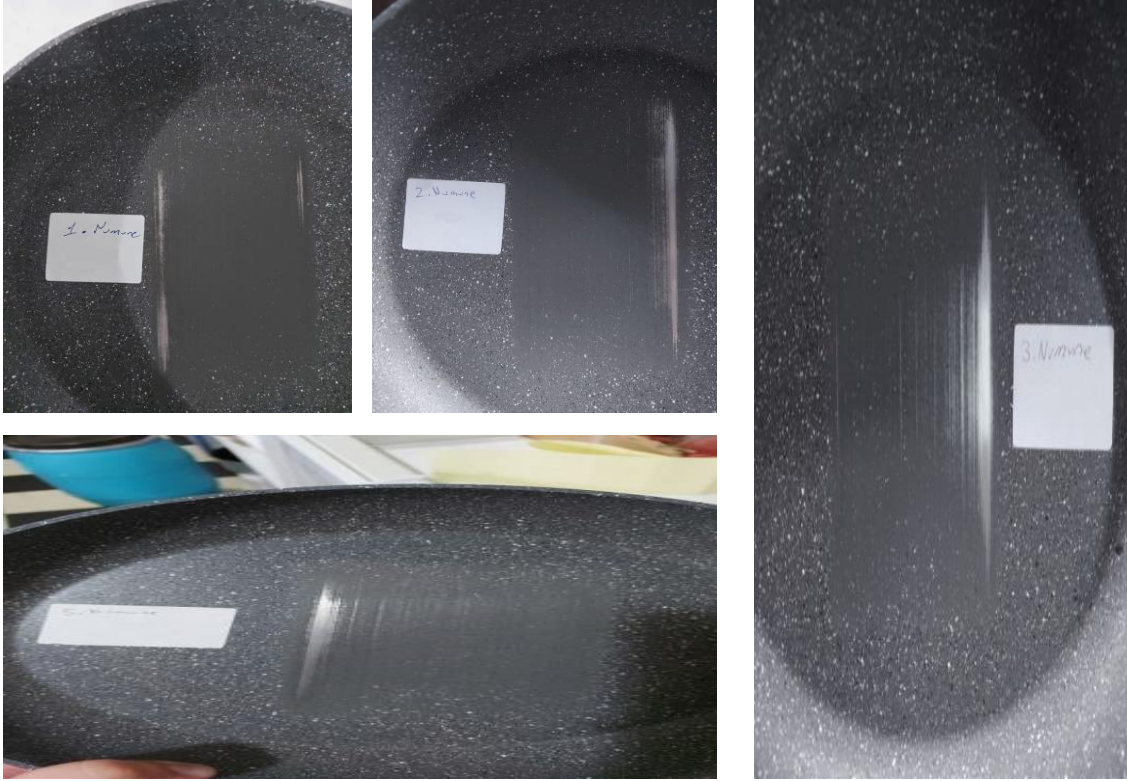
Şekil 4.3 görüldüğü gibi mevcut piyasada kullanılan PTFE kaplamalı tavanın kare testi verilmiştir. Bu test maket bıçağı ile kare bulmaca şeklinde derin çizgiler oluşturulmakta ve kaplanan astar ve PTFE kaplamanın kavlama-bant yapıştırma sonrasında kalıntı gözlenmesi yapılmıştır. Mevcut piyasa ürünlere yapılan kareleme testi sonucunda kaplama da herhangi bir kalkma veya bant üzerinde kalıntı gözlenmemiştir.

4.2. XBoR Katkılı Teflon Kaplama

Bu tez çalışması kapsamında farklı oranlarda 5 adet XBoR katkıli teflon karışımı hazırlanmıştır. Hazırlanan bu karışımlar sprej kaplama hattında yüzey temizliği yapılan alüminyum gövde üzerine her karışımdan 5'er numune kaplanarak toplamda 25 adet numune ürün kaplanmıştır. Böylece günlük yaşantımızda sıklıkla kullandığımız teflon kaplamalı ürünler XBoR ilavesi eklenerek sprej püskürtme metoduyla kaplanması sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

4.2.1. Aşındırma testi

XBoR katkıli PTFE kaplama ile kaplanan beş farklı numuneye ait aşındırma testi yapılmıştır. Yapılan numunelerden bir tanesi bozunmaya uğradığı için teste tabi tutulmamıştır.



Şekil 4. 4. Bor Kaplama yapılan numunelere ait bulguları

Şekil 4. 4' de aşındırma test görseli bozunmaya uğrayan haricinde verilmiştir. 1 nolu X Бор katkılıda 12500 devir/dk aşınma olduğu saptanmıştır. Buda Şekil 4.1 de verilen piyasa ürününden 3,57 kat fazla aşınmaya dayanıklı olduğu gözlenmiştir. Bu da garanti süresini 8 yıl gibi süreye çıkarmaktadır. İnsan sağlığı açısından önemli bir sonuçtur. Şekil 4.4 teki 2 nolu X Бор katkılıda aşınma 11500 devir/dk; 3 nolu da 11000 devir/dk, 5 nolu da 12000 devir/dk olduğu gözlenmiştir. Bu sonuçlar X Бор katkılı ürünlerin mevcut ürünlerin ortalama 3 katı daha dayanıklı olduğunu göstermiştir.

4.2.2. Yumurta testi

X Бор katkılı PTFE kaplama ile kaplanan 4 ürünlerde yapılan yumurta testi işlemlerinde teflon yüzeyde yanma ve yapışma görülmemiştir. Şekil 4. 5'de test sonucu görseli verilmiştir. Şekil 4.2 de standart piyasa PTFE kaplamasında yanma gözlenmemiş ancak hafif yapışma gözlenirken; X Бор katkılı tüm ürünlerde yanma ve yapışma gözlenmemiştir.



Şekil 4. 5. Bor katkılı ürüne ait yumurta testi bulguları

4.2.3. Kareleme testi

X Бор katkılı PTFE kaplama ile kaplanan ürünlere yapılan kareleme testi sonucunda kaplama da herhangi bir kalkma veya bant üzerinde kalıntı gözlenmemiştir. Şekil 4.6 'da test sonucu görseli verilmiştir. Bu sonuç normal standart PTFE fark olmadığı gözlenmiştir.



Şekil 4. 6. Bor katkılı ürüne ait kareleme testi

4.3. Migrasyon Testi

Standart PTFE katkılı piyasa ürünün migrasyon testleri uygun olduğu bilinmektedir. Bu nedenle sadece X-Bor katkılı ürünün gıdaya uygunluk testleri aşağıda verilmiştir. Bu testler İNTERTEK Almanya laboratuvarında yapılmıştır.

4.3.1. Duyusal test

Kaplaması yapılan ürünlere duyusal test yapılarak tat ve koku gibi üründen gıdaya geçen kimyasal madde geçişi sonucu Çizelge 4.1 'de verilmiştir. Yapılan bu test ile tat ve koku olarak limit değerlerin altında sonuçlar elde edilmiştir. DIN 10955 metoduna göre tat ve koku değerleri uygun bulunmuştur.

Çizelge 4. 1. Duyusal test sonucu

Analiz Adı	Sonuç	Metot	Limit	Değerlendirme
Duyusal Analiz	Tat:0,5 Koku:0,01	DIN 10955	$\leq 2,5$ a	Uygun

4.3.2. Formaldehit spesifik migrasyonu

Elde edilen ürüne ait formaldehit spesifik migrasyon testi bulguları Çizelge 4.2'de verilmiştir. Çalışmada EUR 24815 TS CEN/TS 13130 -23 metodu uygulanarak elde edilen

sonuç 3,0 mg/kg olarak belirlenmiştir. Bu standartlar çerçevesinde ürünün limit değerler altında olduğu belirlenmiş ve Avrupa standartlarına uygun olduğu söylenebilir.

Çizelge 4. 2. Formaldehit spesifik migrasyon sonucu

Analiz Adı	Sonuç	Ölçüm Limiti	Metot	Limit	Değerlendirme
Formaldehit Spesifik Migrasyonu Doldurma/Filling %3 Asetik Asit / %3 Acetik Acid 100°C, 2 saat	3,0 mg/kg	1.7 mg/kg	EUR 24815 TS CEN/TS 13130 -23	<=15 mg/kg	Uygun

4.3.3. PFOA & PFOS spesifik migrasyonu

Elde edilen ürüne ait PFOA & PFOS spesifik migrasyon testi bulguları Çizelge 4.3'de verilmiştir. Çalışmada EN 13130-1 LC-MS/MS Inhouse Metot kullanılarak elde edilen bulgulara göre ürün üzerinde PFOA & PFOS tespit edilememiştir. Çalışmada ürünün Avrupa standartlarına uygun olduğu değerlendirilmiştir.

Çizelge 4. 3. PFOA & PFOS Spesifik migrasyon sonucu

Analiz Adı	Sonuç	Ölçüm Limiti	Metot	Limit	Değerlendirme
PFOA & PFOS Spesifik Migrasyonu PFOA Doldurma / Filling 60°C, 3,5 saat	Tespit Edilemedi	1 µg/dm ²	EN 13130-1 LC-MS/MS Inhouse Metot	<=5 µg/dm ² c	Uygun

4.3.4. Spesifik metal migrasyonu

Elde edilen ürüne ait metal migrasyon testi TS EN 13130-1, ISO 17294-1&2 metodu kullanılarak test koşulları Çizelge 4.4.'de verilmiştir. Çalışmada metallerle akrşi migrasyon sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Spesifik metal migrasyonu test koşulları

Test Edilen Malzeme	Gıda veya Gıda Simulandı	Süre (Saat)	Sıcaklık (°C)	Gıda Temas Yüzey Alan Hacim Oranı
Non-Stick Products	% 0,5 Sitrik Asit	2	100	4 dm ² 500 mL

Çizelge 4. 5. Spesifik metal migrasyon sonucu

Element	Tespit Limiti (mg/kg)	1+2 Kullanım Toplamı	Limit (7 x SR)	Değerlendirme	3.Kullanım	Limit SRL (mg/kg)	Değerlendirme
Lityum (Li)	0,002	TED	0,336	Uygun	TED	0,048	Uygun
Berilyum (Be)	0,001	TED	0,07	Uygun	TED	0,01	Uygun
Aluminyum(Al)	0,002	0,382	35	Uygun	0,081	5	Uygun
Vanadyum (V)	0,001	TED	0,07	Uygun	TED	0,01	Uygun
Krom (Cr)	0,001	TED	1,75	Uygun	TED	0,25	Uygun
Mangan (Mn)	0,001	0,002	12,6	Uygun	TED	1,8	Uygun
Demir/İron(Fe)	0,002	0,05	280	Uygun	0,004	40	Uygun
Kobalt (Co)	0,001	TED	0,14	Uygun	TED	0,02	Uygun
Nikel (Ni)	0,001	0,001	0,98	Uygun	TED	0,14	Uygun
Bakır (Cu)	0,001	0,002	28	Uygun	TED	4	Uygun
Çinko (Zn)	0,001	0,063	35	Uygun	0,022	5	Uygun
Arsenik (As)	0,0002	TED	0,014	Uygun	TED	0,002	Uygun
Molibden (Mo)	0,01	TED	0,84	Uygun	TED	0,12	Uygun
Gümüş (Ag)	0,001	TED	0,56	Uygun	TED	0,08	Uygun
Kadmiyum (Cd)	0,001	TED	0,035	Uygun	TED	0,005	Uygun
Kalay (Sn)	0,11	TED	700	Uygun	TED	100	Uygun
Antimon (Sb)	0,003	TED	0,28	Uygun	TED	0,04	Uygun
Baryum (Ba)	0,001	0,021	8,4	Uygun	0,002	1,2	Uygun
Cıva (Hg)	0,0001	TED	0,021	Uygun	TED	0,003	Uygun
Talyum (Tl)	0,0001	TED	0,0007	Uygun	TED	0,0001	Uygun
Kurşun (Pb)	0,002	TED	0,07	Uygun	TED	0,01	Uygun

TED = Tespit Edilemedi

Elde edilen ürüne ait metal migrasyon testi bulgularına göre 21 adet metal incelenmiştir. Bu metallerin tümünde migrasyon bulgusu limit değerlerin altında bulunmuştur. Yeni ürüne ait metal migrasyonu bulguları ile ürünün başarılı olduğu belirlenmiştir. Gıda ile temas eden ürünlerin bu analizlere tabi tutulduğu, bu analizlerden başarılı olması gerektiği için gıdalarda kullanılabilirliği açısından önemlidir (Çizelge 4.5).

4.3.5. Primer aromatik aminlerin spesifik migrasyonu

Elde edilen yeni ürünün primer aromatik aminlerin spesifik migrasyon test koşulları Çizelge 4.6’da verilmiştir. Test koşulları gıda simülasyonu düşünülerek standartlar çerçevesinde uygulanmıştır.

Çizelge 4. 6. Primer aromatik aminlerin spesifik migrasyonu test koşulları

Test Edilmiş Bileşen	Gıda Simülasyonu	Zaman	Sıcaklık (°C)	
Yeni Ürün (XBar)	3% (w/v) Asetik Asit	2 Saat	100	
Gıda ile Temas Eden Yüzey Alanı			dm ² 6.78	mL 1000

Elde edilen ürüne ait primer aromatik aminlerin spesifik migrasyon bulguları Çizelge 4.7’de verilmiştir. Test bulgularına göre 25 adet primer amin kompozisyonuna göre ürünün Avrupa standartlarına göre uygun olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. 7. Primer aromatik aminlerin spesifik migrasyon bulguları

No	Adı	Cas No	1. Migrasyon	2. Migrasyon	3. Migrasyon	Limit (mg/kg)	SML - Limit (mg/kg)	Sonuç
A - Azodyes								
1	4-Aminodiphenyl	92-67-1	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
2	Benzidine	92-87-5	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
3	4-Chloro-o-toluidine	95-69-2	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
4	2-Naphthylamine	91-59-8	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
5	o-Aminoazotoluene	97-56-3	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
6	5-Nitro-o-toluidine	99-55-8	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
7	p-Chloraniline	106-47-8	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
8	2,4-Diaminoanisol	615-05-4	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
9	4,4-Diaminodiphenylmethan	101-77-9	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
10	3,3'-Dichlobenzidine	91-94-1	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
11	3,3'-Dimethoxybenzidine	119-90-4	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
12	3,3'-Dimethylbenzidine	119-93-7	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
13	3,3'-Dimethyl-4,4'-diaminodiphenylmethan	838-88-0	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
14	p-Cresidine	120-71-8	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
15	4,4'-Methylen-bis-(2-chloroaniline)	101-14-4	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
16	4,4'-Oxydianiline	101-80-4	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
17	4,4'-Thiodianiline	139-65-1	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
18	o-Toluidine	95-53-4	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
19	2,4-Toluene-diamine	95-80-7	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
20	2,4,5-Trimethylaniline	137-17-7	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
21	2-Methoxyaniline	90-04-0	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
22	4-Aminoazobenzene	60-09-3	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
23	m-Phenyldiamine	108-45-2	ND	ND	ND	0.002	ND	Uygun
24	Benzoguanamin	91-76-9	ND	ND	ND	0.002	5	Uygun
25	4,4'-Methylenebis(3-chloro-2,6-diethylaniline)	106246-33-7	ND	ND	ND	0.005	0.05	Uygun

TED / ND = Tespit Edilemedi

4.3.6. Biyolojik aktivite bulguları

Çalışmada kullanılan 1, 2, 3 ve 5 nolu numunelerin biyolojik aktiviteleri Çizelge 1'de gösterilmiştir. Çalışmada numunelerin gram pozitif ve gram negatif mikroorganizmalarına karşı 25-30 mm çapında inhibisyon zonları gösterdiği belirlenmiştir. Kontrol olarak kullanılan uygulama yapılmayan numunenin suşlara karşı bir etkisi olmamıştır. 5 nolu örneğin kullanılan mikroorganizmalara karşı en yüksek inhibisyon zonu gösterdiği bulunmuştur. Çalışmada *C. albicans* suşuna karşı biyolojik aktivitesinin bulunmadığı belirlenmiştir. Bu farklı bulguların her suşun kendine özgü hücre duvar yapısının bulunması (Hashim ve ark., 2018) ve mikroorganizmaların direnç özelliğinin farklı olmasından kaynaklı olabileceği düşünülmektedir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4. 8. Komplekslerin biyolojik aktiviteleri (mm)

Numuneler	Gram Negatif		Gram Pozitif		Mantar
	<i>E. coli</i> (mm)	<i>Salmonella typhimurium</i> (mm)	<i>S. aureus</i> (mm)	<i>Bacillus cereus</i> (mm)	<i>Candida albicans</i> (mm)
1	0	0	0	0	0
2	28	28	28	0	0
3	25	0	28	0	0
5	30	28	30	0	0
Amikasin	24	28	28	30	0
Gentamisin	18	22	22	20	0
Flukonazol	0	0	0	0	17

0: Zon gözlenmemiştir.

Çalışmada kullanılan Gentamisin ve Amikasin antibiyotikleri ile kıyaslandığında yeni ürünün bu antibiyotiklerin gösterdiği inhibisyon zonlarına yakın değerlerde gösterdikleri etki ile olumlu sonuçlar alınabilmesi mümkündür. Bulgulara göre gram negatif ve pozitif suşlara karşı, yoğun olarak kullanılan antibiyotik tedavilerinde bu kompleks yapılarının antibiyotiklerin yerini alması muhtemeldir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada standart PTFE (teflon) kaplamalı ürünlerle ile kendimizin geliştirdiği farklı oranlarda XBor katkılı PTFE ürünlerin karşılaştırılması yapılmıştır. Aşağıda karşılaştırmaların sonucu verilmiştir;

- XBor katkılı PTFE kaplama, standart PTFE kaplamaya göre 3,57 kat daha fazla aşınma değerine sahiptir.
- XBor katkılı PTFE kaplama, standart PTFE kaplamaya göre yanmazlık aynı ancak yapışmazlık özelliği XBor da hiç olmadığı gözlenmiştir.
- XBor katkılı PTFE kaplama, standart PTFE kaplamaya göre kareleme testinin aynı olduğu gözlenmiştir.
- XBor katkılı PTFE kaplama, standart PTFE kaplamaya göre migrasyon testlerinin aynı olduğu gözlenmiştir. Çalışmada Avrupa standartlarına uygun olduğu belirlenmiştir. Gıda ile temas eden ürün olarak kullanımı mümkün olduğu söylenebilir.
- XBor katkılı PTFE kaplama antibakteriyel özellik kazandığını, standart PTFE kaplamada bu özelliğin görülmediği gözlenmiştir. Antimikrobiyal özellikli yeni bir ürün olarak gıda ile teması sırasında mikroorganizma üremesini engellediği söylenebilir.
- Bu çalışmanın patent başvurusu yapılmaktadır.
- Bu çalışma mevcut piyasada bulunan bor türevleri ile başarılı olunmamıştır.

Bu çalışmanın endüstriyel boyutta fizibilitesi ve uygulanması önerilmektedir. İleri çalışmalarda PTFE nin yapım aşamasında XBor türevinin eklenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acarkan, N. (2001). Bor ürün çeşitleri ve kullanım alanları, *Maden Mühendisleri Odası Dergisi*, 29: 10-17.
- Ademdir, O. (2001). Bor Ürünlerinin Teknolojileri ve Türkiye'deki Durumu. *Maden Mühendisleri Odası Dergisi*, 34: 7-11.
- Akovalı, G. (1984). Temel ve Uygulamalı Polimer. A.Ü.F.F. Basımevi, ODTÜ Ankara.
- Alan Ş. Koçer, F. Uyar G. (2018). Antimicrobial activities of some bryophytes in Turkey. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 27(2), 17-22.
- Anac, S., Bilek, C., Kanali, H. (1999). Processing Boron-Eti Holding upgrades Bigadic, Industrial Minerals, January 376 : 45-49.
- ASM Handbook, (1991). *Heat Treating*.Vol.4 (a). p.977.
- Badini, C. Mazza, D., (1988). The Texture of Borided Layers Grown of Fe-Ni and Fe-Cr Alloy. *J.Mater. Sci. Let.*, 7, 661-662.
- Balouiri, M., Sadiki, M., Ibsouda, S. K. (2016). Methods for in vitro evaluating antimicrobial activity: A review. *Journal of pharmaceutical analysis*, 6(2), 71-79.
- Baştürk, S., Erten, M., (2006). Borlama ile Yüzey Sertleştirme Çalışmaları, *Mühendis Makina* 563.
- Bauer, A.W., Kirby, W.M., Sherris, J.C., Turck, M. (1966). Antibiotic Susceptibility Testing By a Standardized Single Disk Method. *Americana Journal Clinical Pathology*. 45: 493-496.
- Bozkurt, N., (1984). Bor yayınımla çeliklerde yüzey sertleştirme, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Bradshaw, L.J. (1992). Laboratory Microbiology. Fourth Edition. Printed in U.S.A. 435s.
- BROYDSON, J. A., (1989). *Plastics Materials*”, Butterworth Heinemann Ltd. Linacre House, Jordan Hill, Oxford Great Britain.
- Cappuccino, J.G. Welsh C. (2019). *Microbiology: a laboratory manual* (p. 561). 12th Edition San Francisco: Pearson/Benjamin Cummings.
- Chattenje-Fischer, R.,(1977). *Powder Metall.*, Vol 20 (No.2), P 96-99).
- CLSI, (2012). Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests, Approved Standard, 7th ed., CLSI document M02-A11. Clinical and Laboratory Standards Institute, 950 West Valley Road, Suite 2500, Wayne, Pennsylvania 19087, USA.
- Çelikyürek,İ., Baksan, B., Gürler, R., (2004). Küresel Grafitli Dökme Demirlerin Borlanması II. *Uluslararası Bor Sempozyumu*, Eskişehir.

- Çetin M., (2003). Borlanmış Hadfield Çeliklerinin Aşınma Dayanımını İncelenmesi, *Y.Lisans Tezi*, Dumlupınar Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya)
- Çinkı, M.M. (2000). Ulusal Maden Varlığımız ve Bor Gerçeği”, Ankara Ticaret Odası, 60: 7-17.
- David, A.P., McCuen, J.P. (1988). Manual of BBL Products and Laboratory Procedures. Sixth Edition. U.S.A, 67-72.
- Demurtas, M., Perry, C. C. (2014). Facile one-pot synthesis of amoxicillin-coated gold nanoparticles and their antimicrobial activity. *Gold bulletin*, 47(1), 103-107.
- Dizaj, S. M., Lotfipour, F., Barzegar-Jalali, M., Zarrintan, M. H., Adibkia, K. (2014). Antimicrobial activity of the metals and metal oxide nanoparticles. *Materials Science and Engineering: C*, 44, 278-284.
- Doğan, A., Pekşen, C. (2005). Metal iyon katkılı antimikrobiyal malzemelerin hastane infeksiyonlarını önlemede katkıları ve uygulamaları. 4. *Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi*, 20-24.
- Du Pont (1997). Teflon Industrial Coatings, Du Pont Licensed Industrial Applicator Program, USA.
- Duman, İ. (2003). Bor Madenleri ve Stratejik Bor Ürünleri. Kimya Mühendisleri Odası Dergisi, 35: 7-11.
- Fırat, A. (2001). Bor Madenleri Alt Komisyonu Raporu”, DTP, Ankara, 1-100.
- Fichtl,W. Trausner, N. Matuschka, A.G. (1972). Boronizing with Ekabor, in Elektroschmeltz Kempten, GmbH; and W.Fichtl, Oberflächentechn. *Metallpraxis*, Vol 11, p 434.
- Gençer, A., Gençer, G. M., Akarsu, M., Arpaç, E. (2021). Kendi Kendini Temizleme Özelliğine Sahip Antimikrobiyal Etki Gösteren Laminat Yüzeylerinin Eldesi. *Journal of Science, Technology and Engineering Research*, 2(1), 68-76.
- Gökten, D., Ünsal, K., Kavas, A., Altuğ, T. (1995). Etibank Bigadiç Bor İşletmesi Civarındaki İçme Suyunda ve Bazı Besinlerde Bor İçeriği ile Bunların İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkisi, Nihai Rapor, Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü, İzmir, 15-97.
- Güneş, İ., Taktak, S., (2012). Surface Characterization of Pack And Plasma Paste Boronized of 21NiCrMo2 Steel, *J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.*, 27(1), 99-108.
- Hashim, A., Agool, I. R., Kadhim, K. J. (2018). Novel of (polymer blend-Fe₃O₄) magnetic nanocomposites: preparation and characterization for thermal energy storage and release, gamma ray shielding, antibacterial activity and humidity sensors applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29(12), 10369-10394.
- Komatsu, N., Obayashi, M., Endo, J. (1974). Boronizing of iron and steel with ferrobore and KBF₄ mixture. *Japan Institute of Metals, Journal*, 38, 481-486.

- Kunst, H., Schaaber. O. (1967). Beobachtungen beim Oberflaechenborieren von Stahl II. *Haerterei Technische Mitteilungen* 22: 1-25.
- Ming-Jiong, L. (1983). Die Bildungs-und Wachstumskinetik monophasiger Boridschichten. *HTM Journal of Heat Treatment and Materials*, 38(4), 156-169.
- Matuschka A.G., (1980). *Boronizing*. Carl Hanser Verlag,100s, München.
- Murray, P. R., Baron, E. J., Jorgensen, J. H., Landry, M. L., Pfaller, M. A. (2007). Manual of clinical microbiology, 9th ed., ASM Press. Washington, DC.
- Onur, S., Köse, M., Koçer, F., Tümer, F. (2020). Synthesis, characterization and antibacterial effect of diarylmethylamine-based imines. *Journal of Molecular Structure*, 1214, 128150.
- Öztürk U. (2015). Borlama Yüzey Kaplama Teknolojisinin Bir Dizel Motorun Yanma Odası Elemanlarına Uygulanması. Fırat Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı. 244 s.
- Pan, Q., Cao, Y., Xue, W., Zhu, D., Liu, W. (2019). Picosecond laser-textured stainless steel superhydrophobic surface with an antibacterial adhesion property. *Langmuir*, 35(35), 11414-11421.
- PDS-4 (1990) Process Data Sheet 4 (PDS-4), “*Boroalloy Process*”, Lindberg Heat Treating Company.
- Smith, C. O. (1986). The Science of Engineering Materials. Prentice–Hall, Inc., USA.
- Temiz, A. (2010). Genel Mikrobiyoloji Uygulama Teknikleri. Hatiboğlu yayınları, Ankara, 278s.
- Turhan, A. (2008). Borlamanın Paslanmaz çeliğin Radyasyon Zırhlama Özelliğine Etkisinin Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- URL-1. (2000). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Madencilik Özel İhtisas Komisyonu. Bor Madenleri Alt Komisyonu Raporu, D.P.T. 17-56.
- URL-2. (2002). Türkiye'nin geleceğini aydınlatan ışık: Bor. Konya Ticaret Odası Dergisi, 173: 22-36.
- URL-3. (2001). Ulusal maden varlığımız ve bor gerçeği”,Ankara Ticaret Odası, 57-169.
- URL-4. (1999). Roskill Information Services Ltd”., The Economy of Boron, 1-7.
- Uzun, H. A. (2002). Borlama ile Yüzeyleri Sertleştirilen Çeliklerin Aşınma ve Korozyona Karşı Dayanımları, *Y.Lisans Tezi*,Süleyman Demirel Ü. Fen Bil. Ens., Isparta
- Yılmaz, A. (2002). Her Derde Deva Hazinemiz Bor, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Sayı 414, 39-48.
- Yılmaz, U., Koçer, F., Tutuş, A., Sönmez, S. (2020). Determination of Microbial Load Accumulating in Paper Mouth and Face Masks and Obtaining Antimicrobial

Properties with Chamomile Extract. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 32(46), 1-7.

Yünker U. (2000). Borlanmış Çeliklerin Aşınma Davranışlarının Belirlenmesi. Celal Bayar Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, *Y.Lisans Tezi*, 161s, Manisa.

