

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**SCHIFF BAZI-BOR KOMPLEKSLERİNİN ELEKTROKİMYASAL  
YÖNTEMLE METAL YÜZEYLERİNE BOR KAPLAMADA KULLANILMASI**

**Murat SÖNMEZ**

**KİMYA ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2009**

**Her hakkı saklıdır**

## ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

### SCHIFF BAZI-BOR KOMPLEKSLERİNİN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLE METAL YÜZEYLERİNE BOR KAPLAMADA KULLANILMASI

Murat SÖNMEZ

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Hasan NAZIR

Bu tez çalışmasında salisilaldehitin ( $C_7H_6O_2$ ) *o*-hidroksianilin ( $C_6H_7NO$ ) ve etanol amin ( $C_2H_7NO$ ) ile olan reaksiyonundan ligant olarak kullanılan  $C_{11}H_{11}NO_2$ ,  $C_9H_{11}NO_2$  Schiff bazları ve bu Schiff bazlarının fenilboronik asit ( $C_6H_7O_2B$ ) ve borik asit ( $H_3BO_3$ ) ile olan reaksiyonlarından da fenildibenzo[d,h]-6aza-1,3,2-dioxaboracyclono-6-ene ( $C_{19}H_{14}NO_2B$ ) (B1), ( $C_{26}H_{18}N_2O_5B_2$ ) (B4), *m*-oxo-[bis [m-[(2-hydroxy-kO) ethyl] imine-kN]-methylphenolate-(2-)-kO] diboron ( $C_{18}H_{18}N_2O_5B_2$ ) (B5) Schiff bazı-bor kompleksleri sentezlendi. Sentezlenen Schiff bazı-bor komplekslerinin dimetilformamit (DMF)'deki çözeltileri ( $1 \times 10^{-4}$  M) tetrabutilamonyum hekzaflorofosfat ( $C_{16}H_{36}F_6NP$ ) beraberinde (7:3) kullanılarak metal yüzeylerine (ST-42 çeliği, Cu, Ni) kronoamperometri (CA) tekniği ile kaplandı. Kaplı metallerin elektrokimyasal özellikleri kaplı olmayan metallere karşılaştırmalı olarak 0,5 M NaCl çözeltisinde açık devre potansiyeli (OCP), lineer taramalı voltametri (LSV) ve tafel ekstrapolasyonu (TAFEL) ile incelendi. Ayrıca yapılan elektrokimyasal kaplama Cu metali için x-ışınları difraksiyonu (XRD) ve atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile de gösterildi.

**Ekim 2009, 54 Sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Schiff bazı-bor kompleksleri, elektrokimyasal bor kaplama, ST-42 çeliği, bakır, nikel

## ABSTRACT

Master Thesis

### BORIDING METAL SURFACES WITH ELECTROCHEMICAL METHODS USING SCHIFF BASE – BORON COMPLEXES

Murat SÖNMEZ

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Chemistry

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Hasan NAZIR

In this thesis, firstly,  $C_{11}H_{11}NO_2$ ,  $C_9H_{11}NO_2$  schiff bases using as a ligand were synthesized by reaction of salicylaldehyde ( $C_7H_6O_2$ ) *o*-hydroxyaniline ( $C_6H_7NO$ ) with ethanolamine ( $C_2H_7NO$ ). And then schiff fenildibenzo[d,h]-6aza-1,3,2-dioxaboracyclono-6-ene (B1), (B4), *m*-oxo-[bis [m-[(2-hydroxy-kO) ethyl] imine-kN]-methylphenolate-(2-)-kO] diboron (B5) schiff base-boron complexes were synthesized by reaction of phenyl boronic acid and boric acid with these schiff bases and characterized. Synthesized schiff base-boron complexes were coated on metal surfaces (ST-42 steel, Cu, Ni) using chronoamperometric technique in DMF solution ( $1 \times 10^{-4}$  M) containing supporting electrolyte tetrabutylammonium hexafluorophosphate ( $C_{16}H_{36}F_6NP$ ). Electrochemical behaviors of coated and uncoated metals were investigated using open circuit potential (OCP), linear sweep voltammetry (LSV) and tafel extrapolation (TAFEL) techniques in 0.5 M NaCl solution. Moreover electrochemical coating for copper was indicated by X- ray diffractometry and atomic force microscope(AFM).

**October 2009, 54 Pages**

**Key Words:** Schiff base-boron complexes, electrochemical boron coating, ST-42 steel, Cu, Ni

## TEŞEKKÜR

Öncelikle, bu yüksek lisans tez çalışmasının hazırlanması ve yürütülmesinde çalışmalarımın her aşamasında bilgi ve önerileriyle beni yönlendiren ve her konuda bana destek olup yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen hocam, Yrd. Doç. Dr. Hasan NAZIR'(Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi) a teşekkür ederim

Çalışmalarım boyunca yardımlarını gördüğüm Mürsel ARICI'ya ve yakın ilgileri için Amir Parvis Farshchi TABRİZİ ve Ali ÖZTUNA'ya teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, TÜBİTAK Temel Bilimler Araştırma Grubu tarafından TBAG–106T538 no.'lu ve “Elektrokimyasal Kuartz Kristal Mikrobalans Sisteminde Yüzey Kaplama, Kimyasal ve Biyokimyasal Sensör Çalışmaları” konulu proje tarafından desteklenmiştir.

Murat SÖNMEZ

Ankara, Ekim 2009

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ.....	4
2.1 Korozyonun Tanımı ve Önemi.....	4
2.1.1 Korozyona etki eden faktörler.....	5
2.1.1.1 Ortamın etkisi.....	5
2.1.1.2 Sıcaklığın etkisi.....	6
2.1.1.3 Malzeme türünün etkisi.....	6
2.1.1.4 Taneler arası özellik farkları .....	6
2.1.1.5 Sistem tasarımı.....	6
2.1.1.6 Sistemin bulunduğu ortamın oksijen konsantrasyonu.....	6
2.1.1.7 Zemin yapısının öz direncinin etkisi.....	6
2.1.2 Korozyon çeşitleri.....	7
2.1.2.1 Genel korozyon.....	7
2.1.2.2 Galvanik ya da metal çifti korozyonu.....	8
2.1.2.3 Aralık korozyonu.....	8
2.1.2.4 Çukurcuk korozyonu.....	9
2.1.2.5 Taneler arası korozyon.....	10
2.1.2.6 Seçimli korozyon.....	10
2.1.2.7 Erozyon korozyonu.....	11
2.1.2.8 Gerilim çatlama korozyonu.....	11
2.1.3 Korozyonun önlenmesi.....	12
2.1.3.1 Malzeme seçimi.....	12
2.1.3.2 Kaplama.....	12

2.1.3.3 İnhibitörler.....	13
2.1.3.4 Katodik koruma.....	13
2.1.3.5 Anodik koruma.....	14
2.2 Bor Kaplama Yöntemleri.....	14
2.2.1 Borlama işlemi.....	14
2.2.2 Borlama yöntemleri.....	16
2.2.2.1 Katı borlama yöntemi.....	16
2.2.2.2 Sıvı borlama yöntemi.....	16
2.2.2.3 Gaz borlama yöntemi.....	17
2.2.2.4 Plazma borlama.....	18
2.3 Korozyon Testinde Kullanılan Elektrokimya Testler.....	19
2.3.1 Açık devre potansiyeli (OCP).....	19
2.3.2 Lineer tarama voltametri (LSV).....	20
2.3.3 Tafel ekstrapolasyonu yöntemi (TAFEL).....	20
2.4 Kronoamperometri (CA) .....	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	22
3.1 Kimyasal Maddeler ve Cihazlar.....	22
3.1.1 Kimyasal maddeler.....	22
3.1.2 Kullanılan elektrotlar.....	22
3.1.3 Deney hücresi.....	22
3.1.4 Cihazlar.....	22
3.2 Yöntem.....	23
3.2.1 Schiff bazları ve schiff bazı – bor kompleksleri .....	23
3.2.2 Elektrokimyasal bor kaplama.....	24
3.2.2 Korozyon testleri .....	24
4. DENEYSEL BÖLÜM.....	25
4.1 Schiff Bazlarının Sentezi.....	25
4.1.1 (2-hidroksibenzilidenamino)fenol sentezi .....	25
4.1.2 1-[(2-Hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzen sentezi.....	25
4.2 Schiff Bazı – Bor Komplekslerinin Sentezi.....	26
4.2.1 B <sub>1</sub> kompleksinin sentezi.....	26
4.2.2 B <sub>4</sub> kompleksinin sentezi.....	26

4.2.3 B <sub>5</sub> kompleksinin sentezi.....	27
4.3 Kaplamada İşleminde Kullanılan Çözeltilerin Hazırlanması.....	27
4.4 Elektrokimyasal Deneylerin Yapılması.....	27
5. ARAŞTIRMA BULGULARI.....	29
5.1 Açık Devre Potansiyeli (OCP) .....	29
5.1.1 B1'in OCP grafikleri.....	29
5.1.2 B4'ün OCP grafikleri.....	29
5.1.3 B5'in OCP grafikleri.....	30
5.2 Linear Tarama Voltametri (LSV) .....	31
5.2.1 B1'in LSV grafikleri.....	31
5.2.2 B4'ün LSV grafikleri.....	32
5.2.3 B5'in LSV grafikleri.....	32
5.3 Tafel Ekstrapolasyonu Yöntemi (TAFEL) .....	34
5.3.1 B1'in TAFEL grafikleri .....	34
5.3.2 B4'ün TAFEL grafikleri .....	34
5.3.3 B5'in TAFEL grafikleri.....	35
5.4 B1 Kompleksiyle Kaplı Cu Metalinin Isıl İşlem Uygulandıktan Sonra Kaydedilen AFM Görüntüsü.....	36
5.5 B1 kompleksiyle kaplı Cu metalinin ısıl işlem uygulandıktan sonra kaydedilen XRD eğrisi.....	37
6 SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	39
KAYNAKLAR.....	42
EKLER.....	45
EK 1(2-hidroksibenzilidenamino)fenol'ün IR spekturumu.....	46
Ek 2 2 1-[(2-hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzen'in IR spekturumu.....	47
Ek 3 B1 kompleksinin IR spekturumu.....	48
Ek 4 B4 kompleksinin IR spekturumu.....	49
Ek 5 B5 kompleksinin IR spekturumu.....	50
Ek 6 B1 kompleksinin TGA analizi.....	51
Ek 7 B4 kompleksinin TGA analizi.....	52
Ek 8 B5 kompleksinin TGA analizi.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	54

## SİMGELER VE KISALTMALAR

A	Amper
E	Potansiyel
$E_{KOR}$	Korozyon potansiyeli
$E_b$	Kırılma potansiyeli
$\dot{I}$	Akım
$i_{KOR}$	Korozyon akımı
Mv	Milivolt
V	Volt
$\mu A$	Mikroamper
t	Zaman
OCP	Açık devre potansiyeli
LSV	Lineer taramalı voltametri
TAFEL	Tafel ekstrapolasyonu
DMF	Dimetilformamit
THF	Tetrahidroforan
CA	Kronoamperometri

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Genel korozyon.....	8
Şekil 2.2 İki farklı metalin temasından oluşan galvanik korozyon.....	8
Şekil 2.3 Aralık korozyonu.....	9
Şekil 2.4 Çukurcuk korozyonu.....	9
Şekil 2.5 Taneler Arası korozyon.....	10
Şekil 2.6 Mekanik zorlamalı korozyon türleri.....	11
Şekil 2.7 Dış akım kaynaklı katodik koruma.....	14
Şekil 2.1 Borlama sırasında borür tabakasının oluşum aşaması .....	15
Şekil 2.9 Tafel eğrisi.....	20
Şekil 2.10 Kronoamperometride çalışma elektroduna uygulanan potansiyeli zamanla değişimi.....	21
Şekil 5.1 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş açık devre potansiyeli (OCP) grafiği .....	29
Şekil 5.2 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş açık devre potansiyeli (OCP) grafiği .....	30
Şekil 5.3 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş açık devre potansiyeli (OCP) grafiği .....	30
Şekil 5.4 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği.....	31
Şekil 5.5 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği.....	32
Şekil 5.6 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği.....	33
Şekil 5.7 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği.....	34
Şekil 5.8 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği .....	35
Şekil 5.9 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği .....	35
Şekil 5.10 Kaplı olmayan bakır metalinin AFM görüntüsü.....	36
Şekil 5.11 B1 kompleksi ile kaplı bakır metalinin AFM görüntüsü.....	37
Şekil 5.12 Kaplı olmayan bakır metalinin XRD eğrisi.....	37
Şekil 5.13 B1 kompleksi ile kaplı bakır metalinin XRD eğrisi .....	38

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Deneylerde kullanılan bileşiklerin açık ve kapalı formülleri.....	2
Çizelge 5.1 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl çözeltisindeki denge potansiyelleri.....	31
Çizelge 5.2 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl çözeltisindeki kırılma potansiyelleri .....	33
Çizelge 5.3 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl çözeltisindeki korozyon potansiyelleri .....	36

## 1. GİRİŞ

Yüksek performanslı yüzey kaplama malzemelerinin geliştirilmesi ve yeni kaplama tekniklerinin araştırılması metal kaplama endüstrisi için her zaman önemli olmuştur. Örneğin demir esaslı metalleri korozyondan koruyan veya kullanım ömrünü uzatan bir çok kaplama biliniyor olmasına rağmen, konu halen çalışılmaya devam edilmektedir. Hem metali korozyondan koruması hem de metale kazandırdığı ilâve özellikler nedeniyle, bor'da metal yüzeyine kaplamada kullanılmaktadır.

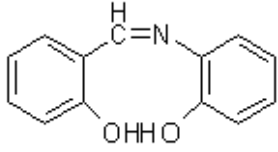
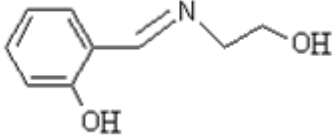
Bor katkılı kaplamaların diğer yüzey kaplama bileşimlerine üstünlüğü; yüzey tabakasının çok sert, sürtünme katsayısının çok düşük olmasının yanı sıra, asit ve bazlarının oluşturacakları korozyona ve yüksek sıcaklık korozyonuna direnç göstermesidir. Halen kullanılan yöntemler katı, sıvı, gaz, plazma ve iyon implantasyonu dur (Steward 1997, Pfohl 2000, Hofsass 2004). Kullanılan bu yöntemlerde kaplamanın yüksek sıcaklıkta yapılması ortak özelliktir. Kaplanan yüzeyde bor tabakasının oluşumu borlama sıcaklığına, borlama yöntemine, işlem zamanına ve malzemenin özelliklerine bağlıdır. Ancak kullanılan bor kaplama yöntemlerinde yüksek sıcaklık gerekliliği nedeniyle, borlama sıcaklığı proses maliyetini ve borlama için madde seçimini etkileyen en büyük faktördür. Ayrıca yüksek sıcaklıkta yapılan kaplamalarda malzemelerin mekanik özelliklerinde değişiklik ve hasar meydana getirme ihtimali de çok yüksektir. Dolayısıyla bor kaplama işleminin çok daha düşük sıcaklıklarda yapılabilmesi önemlidir. Bor'un düşük sıcaklıklarda ve ılıman şartlarda kaplanabilirliğinin araştırılması veya yeni bor türevlerinin sentezlenmesi ve bu amaçla test edilmesi, yapacağı önemli katkı nedeniyle her zaman araştırmaya değer olmuştur. Öteyandan bor komplekslerinin floresans, fotoiletkenlik ve elektrolüminesans (Barba, 2000) gibi özelliklerinin yanısıra tıbbi kimyada da uygulama alanı bulması nedeniyle bilinen (veya yeni) bor komplekslerinin sentezi ve özelliklerinin incelenmesi ilginç sonuçlar verebilecektir.

Bu tezin amacı; tezin amacı, *a*) Schiff bazı-bor komplekslerinin hazırlanması, *b*) hazırlanan komplekslerin elektrokimyasal olarak elektrot yüzeyinde {Cu, Ni, Çelik} biriktirilmesi, korozyon direncinin test edilmesi ve *c*) yüzey kaplamanın XRD (X-

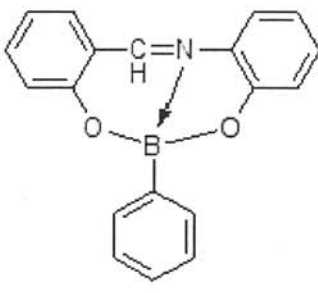
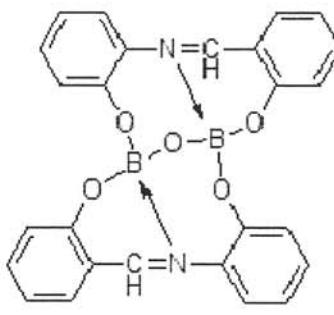
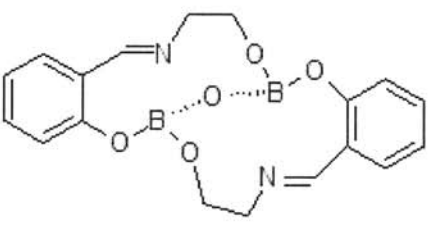
ışınları difraktometresi) ve yüzey topografisinin AFM (atomik kuvvet mikroskobu) ile incelenmesidir.

Bu tez çalışmasında sentezlenmiş olan Schiff bazları ve Schiff bazı-bor komplekslerinin kimyasal formülleri Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Tez çalışmasında sentezlenmiş olan Schiff bazı ve Schiff bazı-bor Kompleksleri

BİLEŞİK NO	AÇIK VE KAPALI FORMÜL MOLEKÜL KÜTLESİ	ADI
1	 <p>The structure shows two benzene rings connected by a C=N double bond. The carbon of the double bond is also bonded to a hydrogen atom and a hydroxyl group (-OH). One of the benzene rings has a hydroxyl group (-OH) at the ortho position relative to the C=N bond.</p>	$C_{13}H_{11}NO_2$ $M_A=213g/mol$ 2-hidroksibenzilidenamino fenol
2	 <p>The structure shows a benzene ring with a hydroxyl group (-OH) at the 2-position. At the 1-position, there is a C=N double bond. The nitrogen atom is bonded to a hydroxyl group (-OH) and a methyl group (-CH3).</p>	$C_9H_{11}NO_2$ $M_A=165g/mol$ 1-[(2-Hidroksietil)iminometil]-2- hidroksibenzen

Çizelge 1.1 Tez çalışmasında sentezlenmiş olan Schiff bazı ve Schiff bazı-bor Kompleksleri (devam)

3		<p><math>C_{19}H_{14}BNO_2(B1)</math>  <math>M_A = 299.14g/mol</math>            Fenildibenzo[d,h]-6aza-1,3,2-dioxaboracyclono-6-ene            (Höpl, 1998)</p>
4		<p><math>C_{26}H_{18}B_2N_2O_5(B4)</math>  <math>M_A = 460.04g/mol</math>            (Yalçın, 2001)</p>
5		<p><math>C_{18}H_{18}B_2N_2O_5(B5)</math>  <math>M_A = 363.96g/mol</math>            m-Oxo- [bis [m- [(2-hydroxy-kO)ethyl ]imine-kN ]-methylphenolate- (2- )-kO ]]diboron            (Barba, 2000)</p>

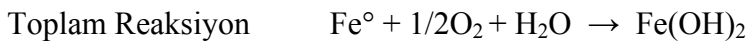
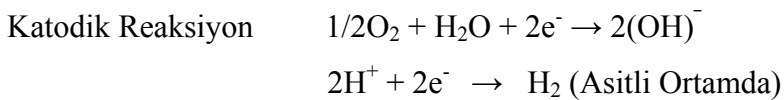
## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Korozyon, endüstriyel yatırımları etkileyen önemli faktörlerden biridir. Korozyonu tam olarak yok etmek mümkün olmamakla birlikte, korozyona karşı önlemlerin alınması yatırım maliyetini doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla korozyonla mücadelenin temeli ekonomiktir (Üneri1998).

Ülkemizde de korozyonun incelenmesi ve korozyondan korunmanın çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmaların genel bilgileri incelendiğinde , korozyon ve korozyondan korunmanın kısmi olarak anlatıldığı hemen göze çarpan ortak noktadır. Dolayısıyla, bu tezin bir bölümü olarak “Genel Bilgiler” hazırlanırken bir bütünlüğe ulaşmak amacıyla konuyla ilgili çalışılan kolay erişilebilir tezler ve bu tezlerde atıf yapılan kitaplar incelenmiş olup, birbirini tamamlayan kısımlar bir araya getirilmeye çalışılmıştır. Hem bu tezler hem de incelenen kitaplar kaynaklarda verilmiştir.

### 2.1 Korozyon Tanımı ve Önemi

Korozyon, metalik malzemelerin katı, sıvı ve gazlar tarafından aşındırılması ile özelliklerini kaybetmesi ve kullanılmaz hale gelmesidir. Korozyonun en fazla görüldüğü malzeme elektrokimyasal reaksiyonlara eğilimlerinin yüksek olmasından dolayı metallerdir. Metallerin korozyona uğrama miktarları oksijene olan ilgileriyle alakalıdır. Korozyon sırasında anodik (elektron veren, yükseltgenme) reaksiyonlar ile katodik (elektron alan, indirgenme) reaksiyonları birlikte oluşur. Demir metalinin bulunduğu ortamdaki anodik ve katodik reaksiyonlar şunlardır:



Anot – katot arası gerilim farkı elektron hareketine neden olur. Elektron alışverişi ise metalin aşınması ile sonuçlanır.

Korozyon; yapıların çürümesine, yüksek maliyetli cihazların bozulmasına, endüstriyel kirliliğine, besin kirliliğine ve milyarlarca dolar servetin boşa gitmesine sebep olmaktadır. Bütün bunlar korozyonu önlemek için yapılan bütün çalışmaların ne kadar önemli olduğunu göstermektedir.

Korozyon olayı endüstrinin her dalında kendini gösterir. Atmosfer şartlarına açık bulunan tanklar, depolar, direkler, taşıtlar, yeraltı boru hatları, iskele ayakları ve birçok makine parçası korozyon olayı ile karşı karşıyadır. Tüm bu yapılar korozyon sebebiyle beklenenden daha kısa sürede işletme dışı kalmakta ve büyük ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Korozyon olayı sonucu temelde sadece malzeme ve işçilik kayıplarının meydana geldiği düşünülse de, korozyon dolaylı da olsa farklı kayıplara sebep olur.

Bu dolaylı kayıpları dört maddede toparlayabiliriz.

- Ürün kaybı
- Ürünün kirlenmesi
- Tesisin servis dışı kalması
- Boya sarfiyatı

## **2.1.1 Korozyona etki eden faktörler**

### **2.1.1.1 Ortamın etkisi**

Ortamdaki nem miktarı, asitlik-baziklik durumu, havanın oksijeninin veya suyun ortam tarafından geçirilebilme yeteneği, kaçak akımlar ve çeşitli bakteriler korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı etkenlerdir.

### **2.1.1.2 Sıcaklığın etkisi**

Ortam sıcaklığının artması iyon hareketini arttırarak korozyon hızını arttırır. Soğuk ortamda iyon hareket hızı çok düşüktür.

### **2.1.1.3 Malzeme türünün etkisi**

Korozyona sebep olan etkenlerden biri de birbiriyle potansiyel farkı bulunan metallerin bir arada kullanılmasıdır. Bu durum korozyonu başlatıcı ve hızlandırıcı bir etkindir.

### **2.1.1.4 Taneler arası özellik farkları**

Metallerin tane boyutları arasındaki farklar ve iki tanedeki farklı konsantrasyonlar sonucunda iki tanenin sınırı, korozyon başlangıcı için uygun bir ortam oluşturur.

### **2.1.1.5 Sistem tasarımı**

Korozif malzemelerin depolandığı sistemlerde korozif ortamın (su vb) birikmesini engellemeye yönelik tasarımlar uygulanmalıdır. Ayrıca arasında sıvı birikintisine sebep olabilecek çok ince aralıklardan kaçınılmalıdır.

### **2.1.1.6 Sistemin bulunduğu ortamın oksijen konsantrasyonu**

Farklı havalandırma koşullarındaki sistemlerde yan yana duran sistem bir bölgede anot iken hemen yanındaki bölgede katot görevi görerek elektrokimyasal korozyona sebep olabilir.

### **2.1.1.7 Zemin yapısının öz direncinin etkisi**

Düşük elektriksel özgül dirençli bölgelerde iletkenliğin yüksek olması iyonik ortamın daha aktif olmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı korozyon mekanizması daha hızlı gelişmesine neden olmaktadır.

### **2.1.2 Korozyon çeşitleri**

Korozyonun başlaması ve yürümesi tamamen elektrokimyasal pilde olduğu gibidir. Korozyon çeşitlerini şöyle sıralayabiliriz:

- 1- Genel Korozyon
- 2- Galvanik ya da Metal Çifti Korozyonu
- 3- Aralık Korozyonu
- 4- Çukurcuk Korozyonu
- 5- Taneler Arası Korozyon
- 6- Seçimli Korozyon
- 7- Erozyon Korozyonu
- 8- Gerilim Çatlama Korozyonu
- 9- Hidrojen Kırılması Korozyonu

#### **2.1.2.1 Genel korozyon**

Genel korozyonda, metalin tüm yüzeyi yaklaşık aynı hızda ve aynı oranda aşınır, dolayısıyla metalin her tarafı aynı oranda incelir ve zamanla işeyaramaz duruma gelir. Örneğin bir çelik ya da çinko parçası seyreltik sülfürik asit içine daldırılırsa metalin yüzeyi her yandan aynı aynı hızla çözünür. Açık havada bulunan demir levhanın her yanı aynı derecede paslanır. Genel korozyona homojen dağılım korozyonu da denir. Genel korozyonu önlemek için korozyon azaltıcı bazı işlemler yapılmalıdır. Bunlar;

1. Boyama
2. İnhibitör
3. Katodik Koruma

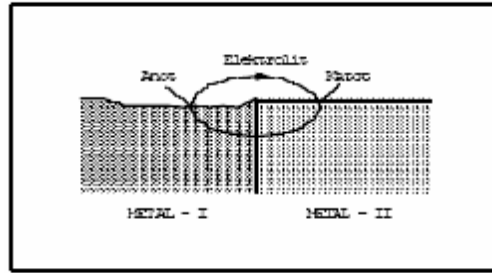
Şeklinde sıralanabilir.



Şekil 2.1 Genel Korozyon (Gedikli, 2004)

### 2.1.2.2 Galvanik ya da metal çifti korozyonu

İki farklı metalin bağlantısından ileri gelen bir korozyon çeşididir. Bu tip korozyona sık rastlanır. Metallerden daha soy olanı katot, daha aktif olanı ise anot olur. Böylece bir korozyon hücresi meydana gelir. Bu hücrede yalnız anot olan metal korozyona uğrar.

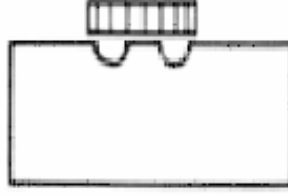


Şekil 2.2 İki farklı metalin temasından oluşan galvanik korozyon(Gümüş, 2007)

Galvanik korozyon için her iki metale de değen elektrolitin bulunması gerekir. Eğer metal yüzeyi kuru ise, bu durumda galvanik korozyon söz konusu olmaz. Ancak dışarıda atmosfere açık olarak duran metal yüzeylerinde genellikle galvanikkorozyona yetecek miktarda bir rutubet filmi bulunur.

### 2.1.2.3 Aralık korozyonu

Korozif ortamlarda bulunan metaller, yüzeylerinde aralıklar içinde ya da metal yüzeylerindeki örtülmüş yerlerde şiddetli yerel korozyon olur. Bu tür korozyon çeşidi genel olarak metal yüzeyinde oluşan durgun çözeltilerden kaynaklanmaktadır. Örneğin conta, civata ve kaynak yapılmış kısımlar arasındaki aralıklar yüzeyinde oluşan birikintiler ile aralık korozyonu söz konusudur.

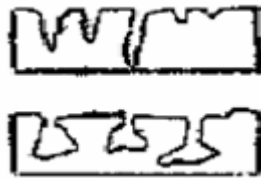


Şekil 2.3 Aralık Korozyonu

Aralık korozyonunu önlemek ya da korozyonu azaltmak için perçin ya da civata bağlantılarında lehim kullanılmalıdır. Bir boru hattının, kazılan toprağın yeniden doldurulması sırasında her tarafı homojen sağlamaya çalışmak ve teflon gibi absorplayıcı olmayan katı contalar kullanmak gibi önlemler alınabilir. Bu tip korozyon birikinti ya da conta korozyonu olarak da bilinir.

#### 2.1.2.4 Çukurcuk korozyonu

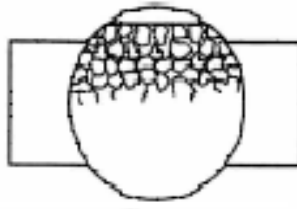
Korozyon sonucunda bir metal yüzeyinde delikçikler, çukurlar oluşuyorsa bu tip korozyona çukurcuk korozyonu denir. Anot, yüzeyin herhangi bir bölgesinde açılan çukurun içinde dar bir bölge, katot ise çukurun çevresindeki çok geniş bir alandır. Korozyon sonucu çukur gittikçe büyüyerek metalin o noktadan kısa sürede delinmesine neden olur. Bu nedenle çukur tipi korozyonu çok tehlikeli bir korozyon türü olarak kabul edilir. Çukurcuk içinde metal hızla çözünürken, metal yüzeyinde oksijen indirgenir. Fakat bunu nicel olarak ölçmek ve yayılmasını kestirmek oldukça zordur. Çünkü aynı koşullar altında çukurcukların sayısı ve derinliği değişkendir. Çukurcuk korozyonu testleri bazan uzun zaman aldığından laboratuvar koşullarında incelemek de güçtür.



Şekil 2.4 Çukurcuk Korozyonu(Gedikli, 2004)

### 2.1.2.5 Taneler arası korozyon

Bir metalin kristal yapısında tanelerin sınır çizgisi boyunca meydana gelen korozyona taneler arası korozyon denir. Eritilmiş bir metalin katılaşması veya katı halde bulunan bir metalin herhangi bir ısıtma işlemine tabi tutulması sırasında metal atomu kristallerinin sınır bölgelerinde korozyon açısından zayıf bozukluklar meydana gelebilir. Metal korozif bir ortam içine girdiğinde bu bölgelerde taneler arası korozyon olayı kendini gösterir.



Şekil 2.5 Taneler arası korozyon

Taneler arası korozyon, taneler arasında bulunan herhangi bir safsızlıktan, örneğin bir alaşım elementinin daha fazla bulunması veya bulunmaması nedeniyle de oluşur. Örneğin alüminyum içinde bulunan az miktarda demir taneler arası korozyona neden olabilir. Çünkü alüminyum içinde demir çok az çözünür, bu nedenle taneler arasında toplanır.

### 2.1.2.6 Seçimli korozyon

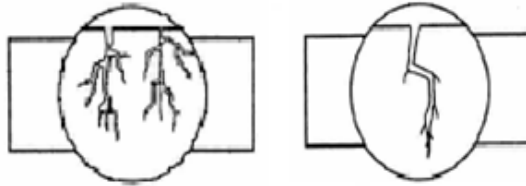
Bir alaşım içinde bulunan elementlerden birinin korozyona uğrayarak uzaklaşması sonucu oluşan korozyon olayıdır. Bu tip korozyona en iyi örnek, pirinç alaşımı içinde bulunan çinkonun bakırdan korozyona uğramasıdır. Pirinç, yaklaşık %70 bakır + %30 çinkonun oluşan bir alaşımdır. Başlangıçta sarı renkli olan bu alaşım, çinkonun korozyonundan sonra gittikçe bakır kırmızısı rengine dönüşür.

### 2.1.2.7 Erozyon korozyonu

Korozif çözeltilerin metal yüzeyinden hızla akması halinde, korozyon yanında erozyonda meydana gelir. Bu durum korozyon hızının da artmasına neden olur. Bunun nedeni, oluşan korozyon ürünlerinin akışkan tarafından sürüklenerek götürülmesidir. Metal yüzeyinden metal, ya iyon olarak çözünerek uzaklaşır ya da katı korozyon ürünleri olarak yüzeyde kalır. Erozyonlu korozyonun tipik bir görünüşü vardır. Yüzey temiz halde olup hiçbir korozyon olayı görülmez. Akış yönünde göz ile görülen oyuklar ve dalga biçiminde yuvarlaklar oluşur. Erozyonlu korozyon olayına etkileyen en önemli faktör, akışkanın akış hızıdır. Akış hızı arttıkça erozyon etkisi de artar. Akışkan içinde katı partikül bulunması, olayın şiddetini artırır. Korozyon sonucu oluşan küçük bir oyuk türbilans etkisiyle erozyonlu korozyon olayını başlatıcı etken olur. Erozyonlu korozyon olayı daha çok hareketli akışkanları bulunduğu ekipmanlarda, örneğin borular, dirsekler, valfler, pompalar santrifüjler, pervaneler, karıştırıcılar, sı değiştiriciler, türbin paletleri gibi cihazlarda söz konusu olabilir.

### 2.1.2.8 Gerilim çatlama korozyonu

Korozif ortamlarda bulunan makina parçaları mekanik gerilim altında ise metalin çatlayarak kırılması çabuklaşır. Örneğin yüksek basınçlı kaplar, içten yanmalı motorların silindir kısımları ve buhar kazanları gerilim-çatlama korozyonu tehdidi altındadır. Metal yüzeyinde bulunan herhangi bir çukur veya çatlak gerilim altında duyarlı hale gelerek korozyonun başlaması için uygun bir ortam yaratır. Normal halde korozyon ürünleri metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturduğu halde, stres altında kabuk oluşturamaz. Bunun sonucu olarak neden olur. korozyon hızla devam ederek metalin o bölgede çatlamasına neden olur. Bu tip korozyona saf metallerden çok alaşımlar duyarlıdır.



Şekil 2.6 Mekanik zorlamalı korozyon türleri

Metal içine giren hidrojenin gerilimin aşırı olduğu bölgelerde bir çatlama yaptığını ve korozif çözeltinin bu çatlaklarda metale etkideğini söyleyebiliriz. Metal içinde bulunan hidrojen molekülleri metal boşluklarında büyük bir basınç oluşturarak metalin çatlamasına neden olur.

### **2.1.3 Korozyonun önlenmesi**

Metallerin korozyonunu önlemek için çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bunlardan en uygun olanı seçilerek uygulanması gerekir.

- 1- Dayanıklı malzeme kullanmak
- 2- Korozyona dayanıklı malzemeyle metal yüzeyini kaplamak
- 3- Ortama inhibitör ekemek
- 4- Katodik koruma uygulamak
- 5- Anodik koruma uygulama

#### **2.1.3.1 Malzeme seçimi**

Korozyonu önlemenin en genel yolu kullanıldığı yere uygun metal ve alaşımların seçilmesidir. Genel olarak saf metallerin korozyona karşı dayanıklıkları, az miktarda da olsa diğer elementlerden içeren metallere göre daha iyidir. Saf metaller yüksek fiyatları, yumuşak ve zayıf olmalarından dolayı çok tercih edilmezler.

#### **2.1.3.2 Kaplama**

Metali kendisinden daha soy karakterli (nikel ve krom gibi) bir metal ile ya da katodik koruma sağlayabilecek bir metal (çinko gibi) ile kaplama işlemidir (Üneri 1998).

- Elektrolizle kaplama
- Kaplanacak metali daha soy karakterli bir metal ile kaplama
- Giydirme

**Elektrolizle kaplama:** Korunacak metal katot olarak asılır ve uygun bir elektrot kaynağı ile doğru akım kaynağına bağlanır. Kaplamanın özellikleri, süre, sıcaklık, akım yoğunluğu gibi etkenlere bağlı olarak değişir.

**Kaplanacak metali daha soy karakterli bir metal ile kaplama:** Bu teknikte yapılacak kaplama çok sıkı olmalıdır. Gözenekli yapılarda çukurcuk korozyonuna neden olan küçük anot büyük katot çifti oluşur.

**Giydirme:** Bir metalin üzerini levha halinde başka bir metal silindirme ile geçirilir. Yüksek dayanımlı alüminyum alaşımlarını çoğu kez korozyona daha dayanıklı yapmak için ticari arı alüminyum ile giydirilirler.

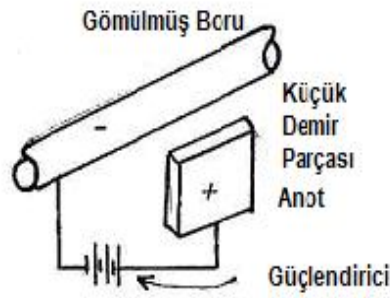
### 2.1.3.3 İnhibitörler

İnhibitörler, korozif ortamla az miktarda etkileştikleri zaman metalin bulunduğu ortam ile tepkimesini etkin olarak denetleyen, azaltan ya da önleyen maddelerdir (Rozenfeld, 1981). İnhibitörler ya anot ya katot tepkimelerini ya da her ikisinin hızlarını azaltarak korozyonu yavaşlatırlar. Anodik inhibitörler, anodik polarizasyonu artırır ve korozyon potansiyelinin pozitif yöne kaymasına neden olurlar. Genellikle anyon olan anodik inhibitörler anot bölgesine doğru göç ederek oksijenin de etkisi ile metali pasifleştirirler. İnhibitör miktarı yeterli olmadığı ya da giderek azaldığı zaman, anot yüzeyi tamamen örtülmez ve bunun sonucu büyük anot küçük katot etkisi ortaya çıkar. Bu durum çukurcuk korozyonun başlamasına sebep olur. Katodik inhibitörler ise korozyon potansiyelini negatif yöne kaydırırlar. Asitli ortamlarda hidrojen indirgenmesi, nötr ya da yaklaşık nötr ortamlarda oksijen indirgenmesini katodik tepkime üzerinden etkileyerek korozyon hızını yavaşlatırlar. Genel olarak katodik olan bu tür inhibitörler, katot bölgesine göç ederek kimyasal ya da elektrokimyasal olarak o bölgelerde çökler, yüzeyi kaplarlar.

### 2.1.3.4 Katodik koruma

Katodik koruma korozyona uğrayan metallerin katot olarak polarizasyonunu gerektirir. Bu korunacak metali daha aktif bir metal ile eşleyerek sağlanacağı gibi dıştan akım uygulayarak da gerçekleştirilebilir.

Katodik koruma özellikle boru hatları, bina çelik donatıları, deniz içi yapılar, gemiler ve depolama tanklarında uygulanmaktadır.



Şekil 2.7 Dış akım kaynaklı katodik koruma

### 2.1.3.5 Anodik koruma

Anodik koruma pasifleşen metallere uygulanan bir yöntemdir. Bu yöntemde metalin akım-potansiyel karakteristikleri iyi bilinmelidir. Pasiflik bölgesinde uygulanan potansiyel, metalin aşırı aşınmasını önler. Metal başlangıçta bir miktar çözünerek yüzeyde pasif bir tabaka oluşturur. Uygulanan anodik potansiyelde oluşan pasif tabakanın sürekliliği sağlanır. Bu yöntem pasifleşmeyen metallere uygulanamadığı gibi, bilinçsizce yapılacak bir anodik koruma uygulaması da çok büyük zararlara neden olacaktır.

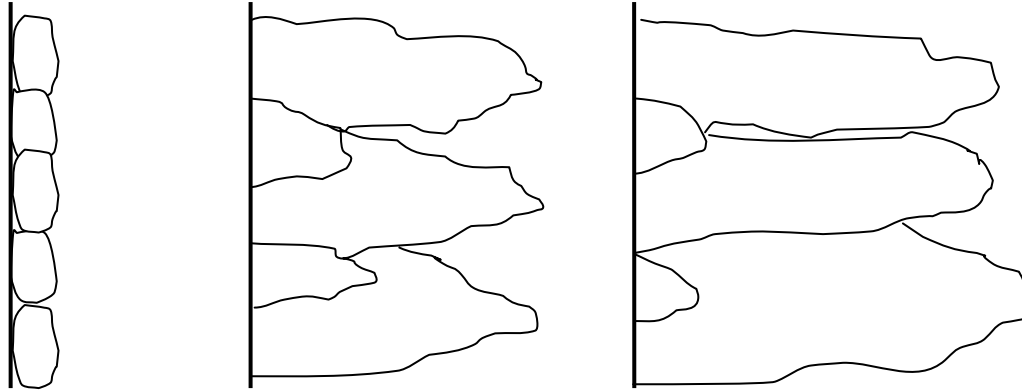
## 2.2 Bor Kaplama Yöntemleri

### 2.2.1 Borlama işlemi

Borlama; termokimyasal bir yüzey sertleştirme işlemidir. Borlama, bor elementinin yüksek sıcaklıkta metal yüzeyine yayılması ile yüzeyde borür tabakası elde etme işlemidir. Demir borürler termal ve elektrik iletkenliği gibi özelliklerinden başka yüksek

sertlik gibi tipik seramik özellikleri de gösteren bileşiklerdir. Tane sınırları, dislokasyonlar, atom boşlukları gibi mikro hatalar ile yüzey pürüzlülükleri ve çizikler gibi yüzeyin daha reaktif olduğu yerler borür tabakası oluşumunun başlangıç noktalarıdır. Bu noktalarda  $Fe_2B$  çekirdekleri oluşur ve gelişir.

Borlamanın birinci aşamasında borlayıcı ortam ve nesnenin yüzeyindeki reaksiyon partnerleri arasında reaksiyon oluşur. Taneler yüzeyde çekirdek oluşturmaktadır. Borlama süresi ile çekirdek oluşumu artar ve ince bir bor tabakası elde edilir. Bor,  $Fe_2B$  ve FeB yapısında çeliğin yüzeyine yayılır. Borlama işlemi sırasında, ilk borür çekirdeği numunenin yüzeyinde oluşmaktadır.



Şekil 2.8 Borlama sırasında borür tabakasının oluşum aşaması (Xu, 2000)

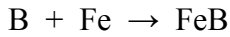
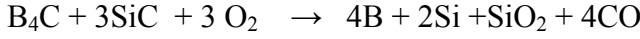
Oluşan ilk borür çekirdeği numune içinde büyür. Bor atomları kafes yapının 001 doğrultusunda daha hızlı yayıldığı için FeB ve  $Fe_2B$  001 boyunca yönelir. Bu yüzden borür taneleri 001 yönünde yüzeye dik daha hızlı büyür. Borür tanelerinin diğer yönlerde büyümesi daha yavaştır. Bu nedenle kolonsal yapı oluşur. Önce  $Fe_2B$  fazı oluşur, ortamda yeterince bor konsantrasyonu varsa FeB fazı da oluşur. İlk önce oluşan  $Fe_2B$  fazı uzun bir sürede büyümektedir. Borür tabakaları çeliğin yüzeyinden içeriye doğru  $FeB_x$  FeB  $Fe_2B$  yapısında oluşur. Borlamanın son aşamasında sadece FeB fazı oluşur. FeB fazı  $Fe_2B$  fazından daha kısa sürede büyür. Bu yüzden FeB fazının dokusu  $Fe_2B$  fazı kadar güçlü değildir.

## 2.2.2 Borlama yöntemleri

### 2.2.2.1 Katı borlama yöntemi

Borlama ortamı olarak katı maddelerin kullanıldığı yöntemdir. B<sub>4</sub>C, KBF<sub>4</sub> ve SiC içeren toz veya granürden oluşan bir karışım ile malzemenin etrafı sarılır. Bu işlem koruyucu atmosfer altında veya sıkı kapatılmış kutularda yapılır. Burada amaç borlama ortamına dışarıdan oksijen akışını kesmektir. Böylece redüksiyon ortamı korunmuş olur. İşlem sırasında ısıya dayanıklı malzemeden yapılmış kutular kullanılır. Borlama 800 - 1100 °C sıcaklık aralığında ve 2 - 10 saat süreyle inert bir atmosferde yapılır.

Katı borlama prosesinde yer alan reaksiyonlar şunlardır.



Katı borlama yönteminde kullanılan bor bileşikleri; borkarbür, ferrobor, elementer bordur. Bunlardan en çok kullanılanı, borkarbürdür. Aktivatör olarak sodyum bor florür, potasyum bor florür, baryum florür, sodyum karbonat, amonyum klorür ve redükleyici olarak silisyum karbür, grafit ve sodyum klorür gibi maddeler kullanılır.

Borlama maddesinin tane boyutu küçüldükçe temas yüzeyi artar. Temas yüzeyinin artması yayılımı kolaylaştırır, dolayısıyla borür tabakasının kalınlığı artar [13]. Borlama, kaynaklı birleştirmelerde başarı ile uygulanabilir. AISI 1040 ve AISI 8620 çeliklerinde kaynak birleştirmelerde uygulanan katı borlama yöntemi ile kaynak bölgesinde de yeterli miktarda borür tabakası elde edilmiştir.

### 2.2.2.2 Sıvı borlama yöntemi

Bor bileşikleri, aktivatör ve redükleyici maddelerden oluşan erimiş tuza, iş parçasının daldırılması yöntemidir. Daldırma süresi borlama süresidir. Borlama işlemi 900 - 1100 °C sıcaklıkta ve 2 - 9 saat süre ile yapılır. Bu yöntemin dezavantajı sıcaklıktır. Sıcaklığın 850°C nin altına düşmesi durumunda erimiş boraksın akıcılığı azalacağından borlama imkansız hale gelecektir.

İşlemede susuz boraks ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ), susuz borik asit ( $\text{B}_2\text{O}_3$ ), metaborik asit ( $\text{HBO}_2$ ), boraks, bor karbür gibi bor bileşikleri kullanılır. Silisyum karbür, ferrosilisyum, grafit, NaCl, Al gibi redükleyiciler kullanılır. Borlayıcı ortamın sıvı olması için bor bileşiklerinin veya NaCl gibi eriticilerin miktarı yüksek olmalıdır. Böylece eritici olan bu maddeler diğer maddeleri de eriterek sıvı eriyik oluşturur.

Sıvı ortam borlaması sırasında borlanan metal ile redükleyici madde arasında galvanik pil oluşur. Aktif bor oluşumu sırasında metal yüzeyinde katodik bir reaksiyon olurken, redükleyici madde yüzeyinde anodik bir reaksiyon olmaktadır. Bu işlemin oluşması için; borlanacak metal ile redükleyici madde taneleri arasında elektrokimyasal farkın bulunması gerekir. Difüzyon reaksiyonu esnasında katot potansiyeli, yüzeyde oluşan fazın ( $\text{FeB}$ ,  $\text{Fe}_2\text{B}$ ) potansiyel değerini alır. Katı eriyik, oluşum esnasında yüzeyde yayılan elementin konsantrasyonundaki değişimle birlikte sürekli değişir .

Sıvı borlama yöntemi AISI 1040 çeliğine uygulamış, çelik  $1000^\circ\text{C}$  de erimiş %70 boraks, % 13 borik asit, %10 ferrosilisyum ve %7 Al içeren tuz banyosuna daldırılmıştır.  $1000^\circ\text{C}$  sıcaklıkta 7 saat borlama sonucu  $150\mu\text{m}$  tabaka kalınlığı ve 2000 HV sertlikte borür tabakası elde edilmiştir.

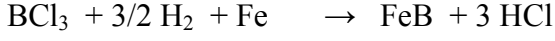
### **2.2.2.3 Gaz borlama yöntemi**

Borlama ortamının gaz fazında olduğu borlama işlemidir. Borlama işlemi Ar ve  $\text{H}_2$  gazlarının ve bir evapotartörde gaz haline getirilmiş bir bor kaynağının ( $\text{BCl}_3$  gibi) belirli karışımının, dış ortama kapalı paslanmaz çelik bir odadaki numune üzerine püskürtülmesiyle yapılır.

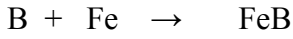
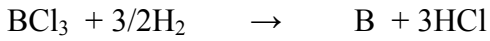
Gaz borlamada gazlaştırılabilen  $\text{BCl}_3$  (bor halitler),  $\text{BF}_3$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$  (diboran) ve TEB (trietyl boran) gibi bor bileşikleri ve redüktan olarak hidrojen gazı kullanılmaktadır. Gaz borlama işleminde genellikle bor halitler ve diboran kullanılmaktadır. Diboran ve bor halitlerin gazları zehirli ve patlayıcıdır; çevreyi kirletici etki yaptığından ticari kullanımı

sınırlıdır. Gaz borlamanın avantajları gaz sirkülasyonu sonucu daha uniform bir bor dağılımının sağlanması, sonradan temizleme gerektirmediği için kolay elde edilmesidir.

Gaz borlama reaksiyonları şunlardır. Gaz borlamada bor triklorür ısı ile aktive edilir.



Burada hidrojen  $\text{BCl}_3$  ü redükler. Böylece bor, demire yayılır. Reaksiyon bileşenleri iki aşamada oluşur.



Gaz borlamada diboran ve bor klorür gazlarına alternatif olarak zehirsiz organik bor kaynakları trimetil borat, TMB,  $\text{B}(\text{OCH}_3)_3$  ve trietil boran, TEB,  $\text{B}(\text{C}_2\text{H}_5)_3$  boran trietil amin gibi maddeler kullanılmaktadır.

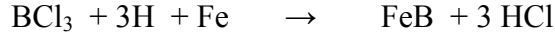
#### 2.2.2.4 Plazma borlama

Katı haldeki bir maddeyi enerji vererek sıvı, sıvı haldeki maddeyi enerji vererek gaz; ve gaz durumdaki maddeyi enerji vererek plazma haline getirmek mümkündür. Plazma, içerisinde iyon, elektron, uyarılmış atom, foton ve nötral atom veya molekül içeren karışımdır. Uygulamada plazma, ısı enerjisi verilerek, ışınla veya elektriksel boşalma ile elde edilir. En yaygın kullanılan plazma yöntemi elektriksel boşalmadır. Bir elektrik gerilim kaynağı gaz içinde bulunan iki iletken plaka arasına bağlanırsa belirli şartlar gerçekleştiği takdirde uygulanan gerilim plakalar arasındaki gazın delinme geriliminin üzerinde ise , bu iki plaka arasında bir elektrik akışı olur.

Plazma borlama  $\text{BCl}_3$ ,  $\text{BF}_3$ ,  $\text{B}_2\text{H}_6$  ve TEB (trietil boran) gibi bor bileşikleri ve redüktan olarak hidrojen gaz kullanılarak, 800 - 1100°C sıcaklıkta, yaklaşık 10-2 Pa gibi düşük bir basınçta oluşturulmuş bir plazma içerisinde yapılan borlamadır. Klasik borlama, tuz

borlama ve gaz borlama gibi işlemlerin çevreye kirletici etkisi nedeniyle son yıllarda plazma borlama işlemi daha yoğun olarak çalışılmaktadır.

Plazma borlama reaksiyonları şunlardır.



Bor florür (BF<sub>3</sub>) ile borlama reaksiyonu



Plazma borlamanın avantajları yüksek enerji etkinliği, minimum çarpılma, düşük işlem sıcaklığıdır. Plazma borlamanın dezavantajları BCl<sub>3</sub> ve B<sub>2</sub>H<sub>6</sub> gazları kullanılmasıdır. Bu gazlar, pahalı, zehirli, patlayıcıdır ve korozyona neden olmaktadır.

### 2.3 Korozyon testinde kullanılan elektrokimyasal teknikler

- 1- Açık Devre Potansiyeli (OCP)
- 2- Linear Tarama Voltametri (LSV)
- 3- Tafel Ekstrapolasyonu Yöntemi (TAFEL)

#### 2.3.1 Açık devre potansiyeli (OCP)

OCP tekniğinde devreden hiç akım geçmezken potansiyel değeri ölçülür. Korozif ortamda metalin korozyona uğraması sağlanır. Metalin korozyona uğraması sonucunda potansiyel fark oluşur. OCP tekniğinde oluşan bu korozyon potansiyeli değerleri kaydedilir.



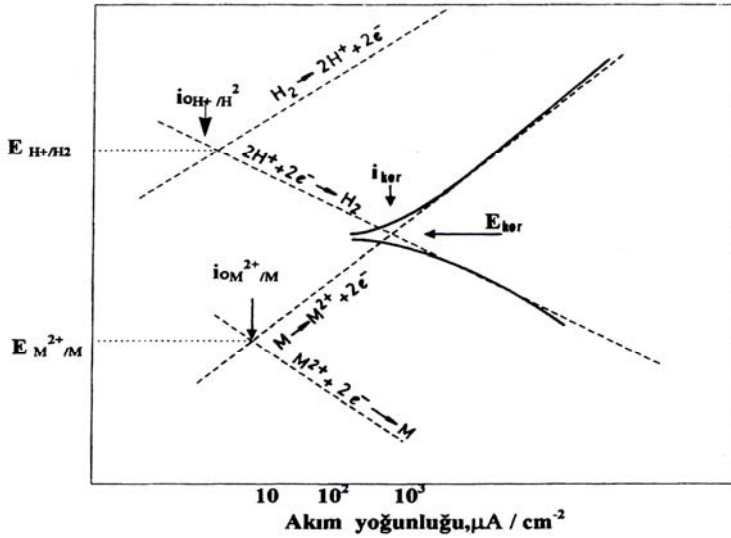
Denge halinde her iki yöne doğru olan elektron değişimi hızı birbirine eşittir. Denge halinde ölçülen potansiyeline denge potansiyeli denir.

### 2.3.2 Lineer tarama voltametri (LSV)

Akım sabit tutulurken potansiyel zamana göre lineer olarak değiştirilir ve I-E eğrisi elde edilir. Akım potansiyelin fonksiyonu olarak kaydedilir. Kırılma potansiyelinden itibaren metalin korozyona karşı direnci kaybolur ve yüzeyden kopmalar başlar. Sonuçta akım sürekli artar. İndirgenen maddenin yüzey konsantrasyonu ise sürekli düşer.

### 2.3.3 Tafel ekstrapolasyonu yöntemi (TAFEL)

Anodik ve katodik polarizasyon eğrilerinin Tafel bölgelerinin korozyon potansiyeline ekstrapole edilmesiyle korozyon akımı yani korozyon hızı belirlenir. Korozyona uğrayan bir metal için anodik ve katodik Tafel eğrileri deneysel yoldan belirlenir. Deneysel sonuçları grafiğe geçirildiğinde çizgisel olan kısımlar uzatılır ve kesim noktalarında o sistem için korozyon hızı bulunur

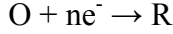


Şekil 2.9 Tafel eğrisi

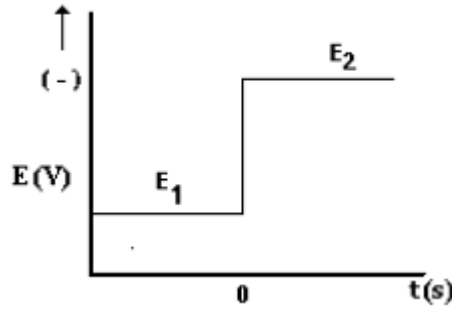
## 2.4 Kronoamperometri (CA)

Kronoamperometride çalışma elektrodunun potansiyeli aniden değiştirilir ve durgun ortamda akım–zaman ilişkisi gözlenir.

Bir elektrot yüzeyinde ;



reaksiyonun olduğunu ve başlangıçta çözeltide yalnız O maddesinin bulunduğunu varsayalım. Kronoamperometride çözeltiliye daldırılan çalışma elektroduna uygulanan potansiyel–zaman grafiği Şekil 2.9’da gösterildiği gibidir. Önce çalışma elektroduna herhangi bir indirgenmenin olmadığı E1 potansiyeli uygulanır. Sonra potansiyel ani olarak E2’ye değiştirilir. E2 potansiyeli, indirgenme difüzyon kontrollü olacak şekilde seçilir.



Şekil 2.10 Kronoamperometride çalışma elektroduna uygulanan potansiyelin zamanla değişimi

E1 potansiyelinde reaksiyon olmaz, E2 potansiyelinde ise akım difüzyon kontrollüdür.

E1 ve E2 potansiyeli seçilirken önce maddenin CV’si alınır. Akım henüz gözlenmediği artık akım bölgesindeki potansiyel başlangıç potansiyeli (E1) olarak seçilir. CV’nin pik potansiyelinin daha ötesinde bir potansiyelde E2 potansiyeli olarak alınır. Potansiyel E2 değerinde belirli bir süre sabit tutulur.

### **3. MATERYAL VE YÖNTEM**

#### **3.1 Kimyasal Maddeler ve Cihazlar**

##### **3.1.1 Kimyasal maddeler**

Salisilaldehit (Merck), etanolamin (Fluka AG), asetonitril (Sigma-Aldrich), etanol (Sigma-Aldrich), metanol (Sigma-Aldrich), 2- Aminofenol (Merck), borik asit (Teknik), dimetilformamit (DMF), tetrahydroforan (Sigma-Aldrich), fenil boronik asit (Fluka AG), tetrabutilamonyumhekzaflorofosfat (Aldrich), sodyum klorür (Teknik) ticari haliyle saflaştırılmadan kullanıldı.

##### **3.1.2 Elektrotlar**

Elektrokimyasal çalışmalarda referans elektrot olarak gümüş-gümüş klorür ( $\text{Ag}|\text{AgCl}|\text{Cl}^-$ ), karşıt elektrot olarak Pt ve çalışma elektrotları olarak ta Fe, Cu ve Ni ( $R=5\text{mm}$ ,  $A=0.196\text{ cm}^2$ ) kullanılmıştır.

##### **3.1.3 Deney hücresi**

Elektrokimyasal ölçümlerde standart 3 bölmeli “luggins” kapilerli Pyrex cam hücre kullanılmıştır.

##### **3.1.4 Cihazlar**

Sentezlenen bileşiklerin erime noktaları Gallon Kamp erime noktası cihazıyla tayin edildi. Element analizi, LECO CHNS-932 cihazıyla yapıldı. FTIR (KBr disk) spektrumları Mattson-1000 FTIR spektrofotometre ile,  $4000 - 400\text{ cm}^{-1}$  aralığında  $4\text{ cm}^{-1}$  duyarlılıkla ve 30 tarama sayısı ile kaydedildi. Spektrumların kaydedilmesinde, spektrofotometreye ait yazılım programı (FIRST v1.60 1992, Mattson Instruments Inc.) kullanıldı.  $^1\text{H-NMR}$

(CDCl<sub>3</sub>, SiMe<sub>4</sub> iç standart) spektrumları DPX 400 FTNMR spektrometre ile kaydedildi. Bor komplekslerinin termogramları Shimadzu firmasının DTG-60H Simultaneous DTA-TGA cihazında kaydedildi. Elektrokimyasal çalışmalarda Ivium CompactStat (Ivium Technologies, Hollanda) potansiyostat ve elektrokimyasal yazılımı kullanıldı. Cu'ın X ışınları difraktomları Cu K(λ= 1,5418Å<sup>0</sup>) radyasyon kullanılarak Ripoku Dmax-2200 difraktometre ve AFM görüntüleri Nanosurf® EasyScan<sup>2</sup> AFM cihazıyla kaydedildi.

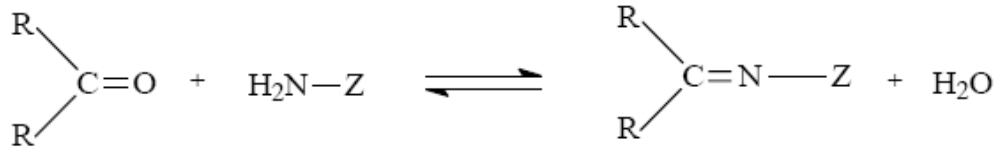
### 3.2 Yöntem

#### 3.2.1 Schiff bazları ve schiff bazı – bor kompleksleri

Karbonil bileşikleri primer amin grupları ile kondensasyon reaksiyonları verir ve karbon azot çifte bağı meydana gelir. Bu bağı imin veya azometin bağı adı verilir. Karbonil bileşiği aldehit ise oluşan bağı azometin veya aldimin, keton ise oluşan bağı imin veya ketimin adı verilir (Denklem 3.1).



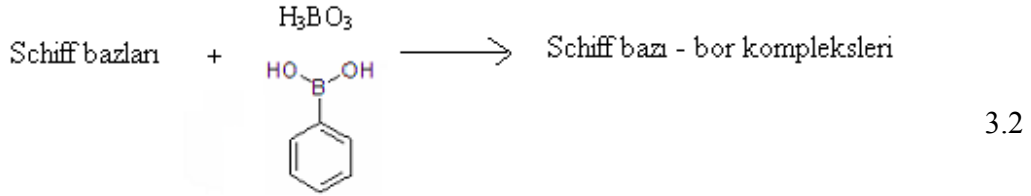
azometin



3.1

imin

Bu tezde denklem 3.1'e göre, salisilaldehitin o- hidrosi anilin ve etanolamin ile reaksiyonundan sırasıyla N-2- hidroksisalisilaldimin ve 2-salicylideneaminoethanol schiff bazları sentezlendi.



Bu tezde denklem 3.2'e göre, schiff bazlarının borik asit ve fenil boronik asit ile reaksiyonlarından schiff bazı – bor kompleksleri sentezlendi.

### 3.2.2 Elektrokimyasal bor kaplama

Komplekslerin metal yüzeylerine kaplanması ise kronoamperometri (CA) tekniği ile yapıldı. Çalışma elektrodu yüzeyinin kaplanmasında komplekslerin dimetil formamid (DMF)'deki çözeltisi ( $1 \times 10^{-4}$  M) kullanıldı. Metal yüzeylerine kaplama potansiyeli için -2.4V kullanıldı. Kaplama işlemi 13 s süreyle yapıldı.

### 3.2.3 Korozyon testleri

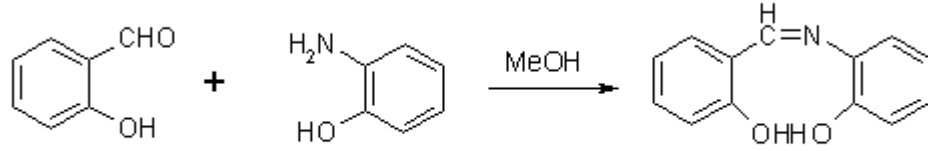
Korozyon çalışmalarında, açık devre potansiyeli (OCP), doğrusal taramalı voltametri (LSV) ve Tafel teknikleriyle sırasıyla korozyon potansiyelinin zamanla değişimi ( $E_{\text{OCP-t}}$ ), kırılma potansiyelinin ( $E_b$ ) ve korozyon akımının bulunması hem kaplı hem de kaplı olmayan Fe, Cu ve Ni metalleri için incelendi.

## 4. DENEYSEL BÖLÜM

### 4.1 Schiff Bazlarının Sentezi

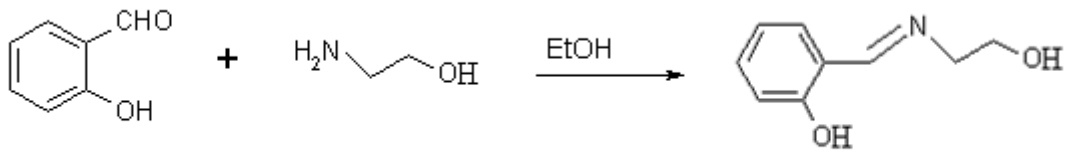
#### 4.1.1 (2-hidroksibenzilidenamino)fenol sentezi

2.44g salisil aldehit 10ml sıcak metanolde çözülür. 2.18g 2-hidroksifenilamin 20ml sıcak metanolde çözülür. Sonra her iki çözelti bir beherde kaynatılarak karıştırılır. Daha sonra çözelti kiritallendirmeye bırakılır.



#### 4.1.2 1-[(2-hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzen sentezi

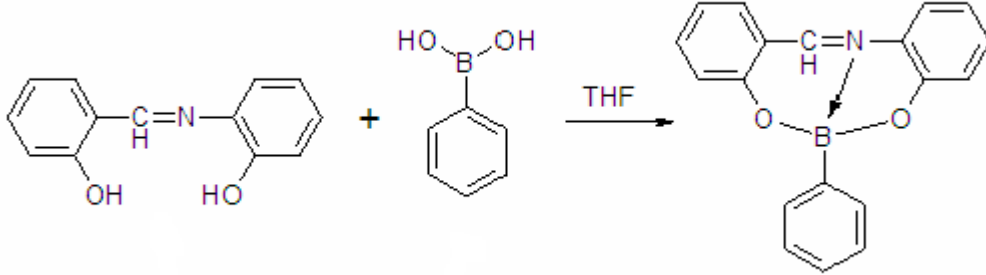
2.44g salisil aldehit 15ml sıcak etanolde çözülür. 1.22g etanol amin 10ml sıcak etanolde çözülür. Sonra her iki çözelti bir beherde kaynatılarak karıştırılır. Daha sonra çözelti kristallendirmeye bırakılır.



## 4.2 Schiff Bazı – Bor Komplekslerinin Sentezi

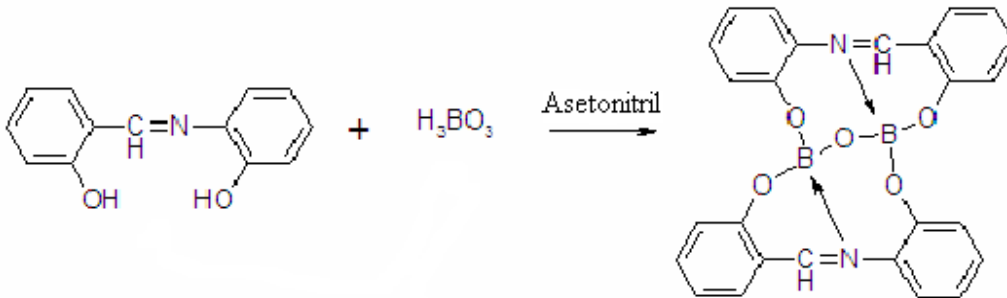
### 4.2.1 B1 kompleksinin sentezi

0.5g (2.34 mmol) (2-hidroksibenzilidenamino)fenol'ün  $\text{CH}_3\text{CN}$ 'deki (40mL) kaynamakta olan çözeltilisine ve 0.28 g (2.34 mmol) fenilboronik asitin 20 mL  $\text{CH}_3\text{CN}$ 'deki çözeltilisinin karıştırılması ile elde edilir. Karışım 24 saat kristallenmeye bırakılır. Sonuçta açık sarı kristalin kompleks elde edilir. (Verim >%85)



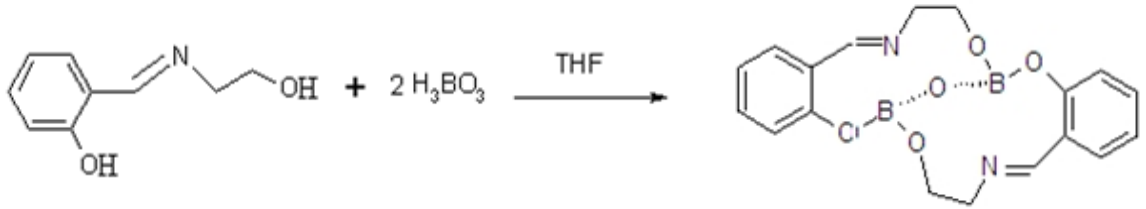
### 4.2.2 B4 kompleksinin sentezi

0.212 g (0.001mol) (2-hidroksibenzilidenamino)fenol 40 mL asetonitrilde ısıtılarak çözülür. 20 mL sıcak asetonitril içerisinde hazırlanmış 0.062 g (0.001 mol) borik asit çözeltisi üstte hazırlanan çözeltiliye ilave edilir. Karışım 24 saat kristallenmeye bırakılır. Sonuçta açık sarı renkli kompleks elde edilir. Elde edilen açık sarı renkli kompleks süzülerek kurumaya bırakılır.



### 4.2.3 B5 kompleksinin sentezi

0.5g (3.03mmol) 1-[(2-hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzenin CH<sub>3</sub>CN'deki (40mL) kaynamakta olan çözeltilisine 0.19g (3.03mmol) borik asidin 20 mL CH<sub>3</sub>CN'deki çözeltilisinin karıştırılması ile elde edilir. Karışım 24 saat kristallenmeye bırakılır. Elde edilen beyaz katı bileşik (1.31mmol, 0.5g) 50ml THF içinde 3 saat karıştırılır. Reaksiyon tamamlandıktan sonra sarı renkli katı süzülerek (0.34g) % 72 verimle elde edilir.



### 4.3 Kaplamada İşleminde Kullanılan Çözeltinin Hazırlanması

0.0046g (0.01mmol) B<sub>4</sub> kompleksi 10 mL DMF' de kaynatılarak çözüldü. Hazırlanan bu çözeltiden 1 mL alınarak bir dereceli silindire konuldu. Bunun üzerine 9 mL DMF eklendi. Böylece 10<sup>-4</sup>M'lık çözelti hazırlanmış oldu. Bu çözeltiden 7 mL alınarak bir dereceli silindire konuldu. Bunun üzerine 3 mL iletkenlik artırıcı (Tetrabutylamonyumhekzaflorofosfat) eklendi. Aynı işlemler B1 (0.0029g) ve B5 (0.0036g) komplekleri ile tekrarlanarak diğer kaplama çözeltileri hazırlandı.

### 4.4 Elektrokimyasal Deneylerin Yapılması

Elektrokimyasal deneyler 20 °C'da yapıldı. Bor komplekslerinin metal yüzeylerine kaplanmasında kronoamperometri (CA) tekniği kullanıldı. Çalışma elektrodu yüzeyinin kaplanmasında komplekslerin dimetil formamid (DMF)'deki çözeltisi (1x10<sup>-3</sup> M) ve referans elektrot olarak Ag/Ag-HFF (HFF, hekzaflorofosfat) kullanıldı. Kaplama işlemi yapılmadan önce çalışma elektrotlarının yüzeyi SiC tip (1200 ve 2000) zımpara kağıdı

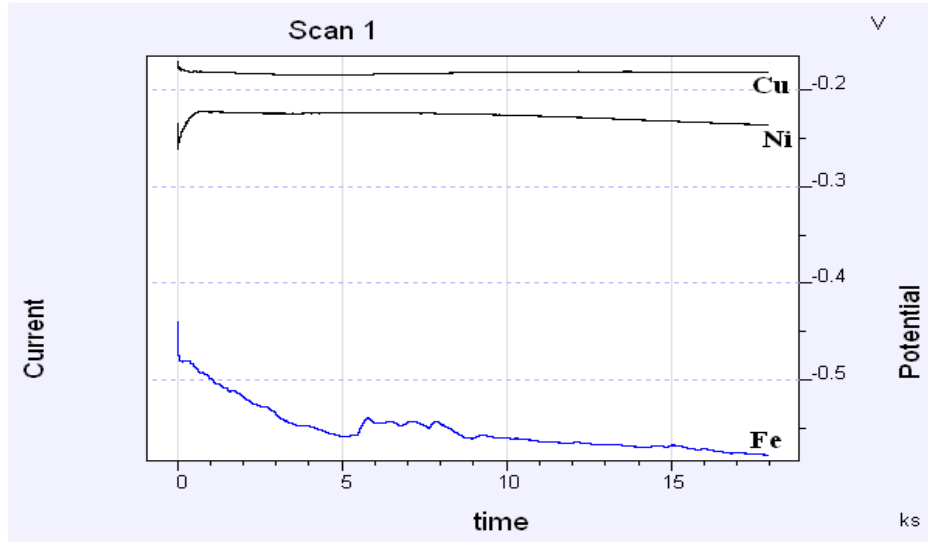
ile parlatılarak temizlendi. Kaplama işlemi “luggins” kapilerli standart üç elektrotlu bir hücrede , -2.4 V ‘da 13 s süreyle yapıldı. Kaplama işleminden sonar elektrot 30 dk oda sıcaklığında bekletilir. Elektrokimyasal ölçümler 0,5M NaCl çözeltisi içinde hem kaplı metal hem de kaplı olmayan metaller için OCP‘nin 200 mV altında ve üstünde, anodik ve katodik yönde 1 mV/s tarama oranıyla yapıldı.

## 5. ARAŞIRMA BULGULARI

### 5.1 Açık Devre Potansiyeli (OCP) Sonuçları

#### 5.1.1 B1'in OCP grafikleri

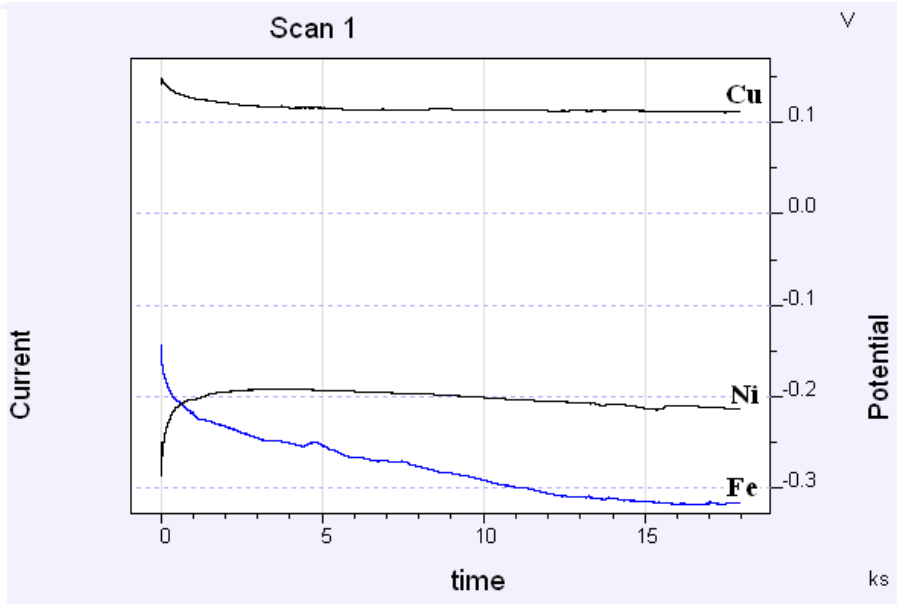
B4'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen OCP grafikleri şekil 5.1'de , bulunan denge potansiyeli değerleri ise çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.1 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş açık devre potansiyeli (OCP) grafiği

#### 5.1.2 B4'ün OCP grafikleri

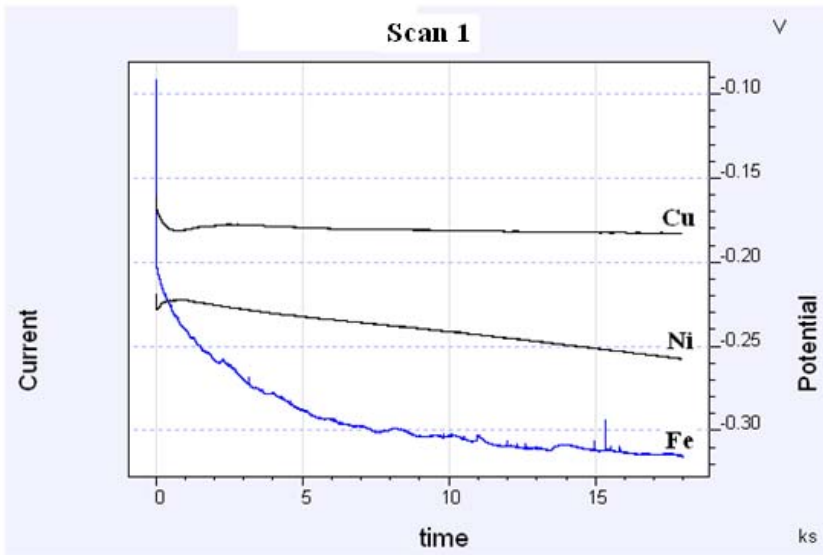
B4'ün Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen OCP grafikleri şekil 5.2'de, bulunan denge potansiyeli değerleri ise çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.2 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş Açık Devre Potansiyeli (OCP) grafiği

### 5.1.3 B5'in OCP grafikleri

B5'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen OCP grafikleri şekil 5.3'de , bulunan denge potansiyeli değerleri ise çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.3 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş Açık Devre Potansiyeli (OCP) grafiği

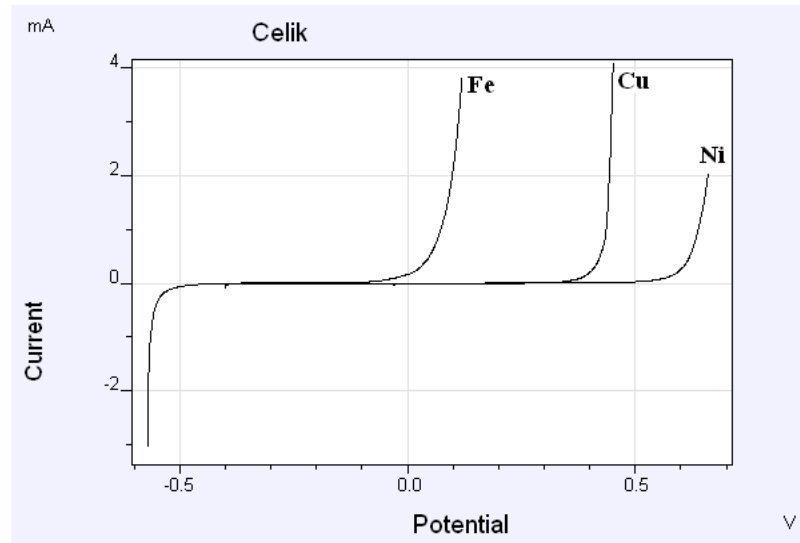
Çizelge 5.1 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl ortamındaki denge potansiyelleri

	Fe	Cu	Ni
<b>Kaplı Olmayan</b>	-0.596V	-0.189V	-0.315V
<b>B1</b>	-0.578V	-0.181V	0.574V
<b>B4</b>	-0.316V	0.111V	0.160V
<b>B5</b>	-0.315V	-0.183V	-0.257V

## 5.2 Linear Tarama Voltametri (LSV) Sonuçları

### 5.2.1 B1'in LSV grafikleri

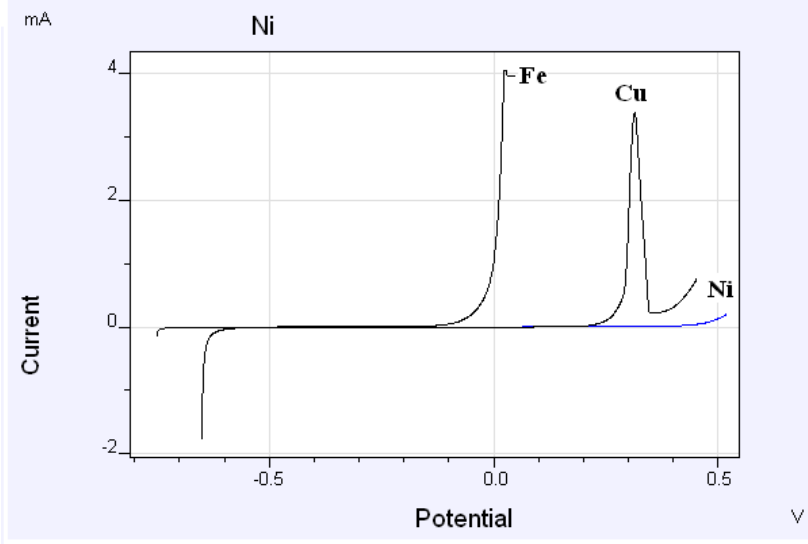
B1'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen LSV grafikleri şekil 5.4'de , bulunan kırılma potansiyeli değerleri ise çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.4 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği

### 5.2.2 B4'ün LSV grafikleri

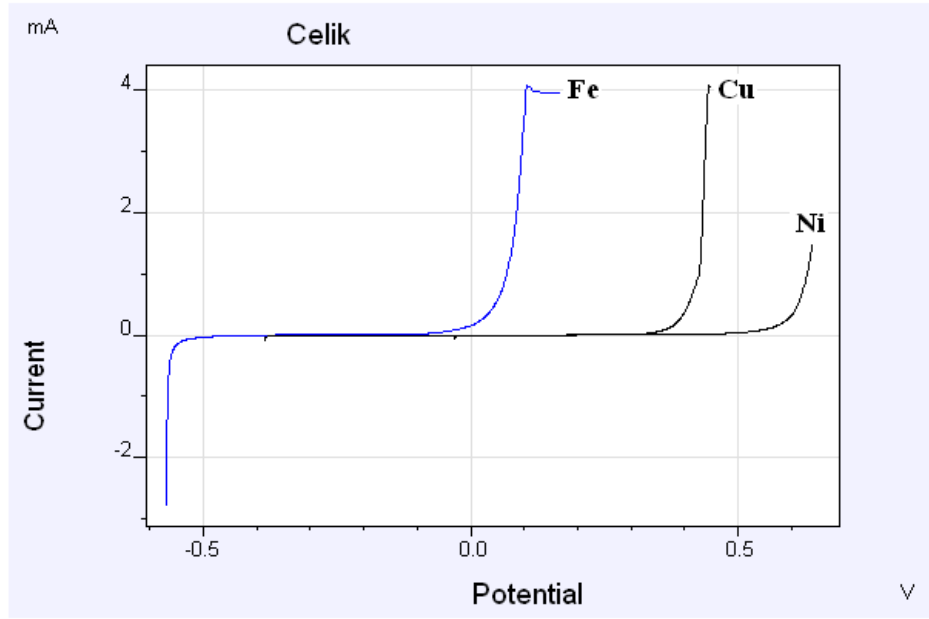
B4'ün Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen LSV grafikleri şekil 5.5'de, bulunan kırılma potansiyeli değerleri ise çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.5 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği

### 5.2.3 B5'in LSV grafikleri

B1'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen LSV grafikleri şekil 5.6'da , bulunan kırılma potansiyeli değerleri ise çizelge 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.6 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilmiş lineer tarama voltametri (LSV) grafiği

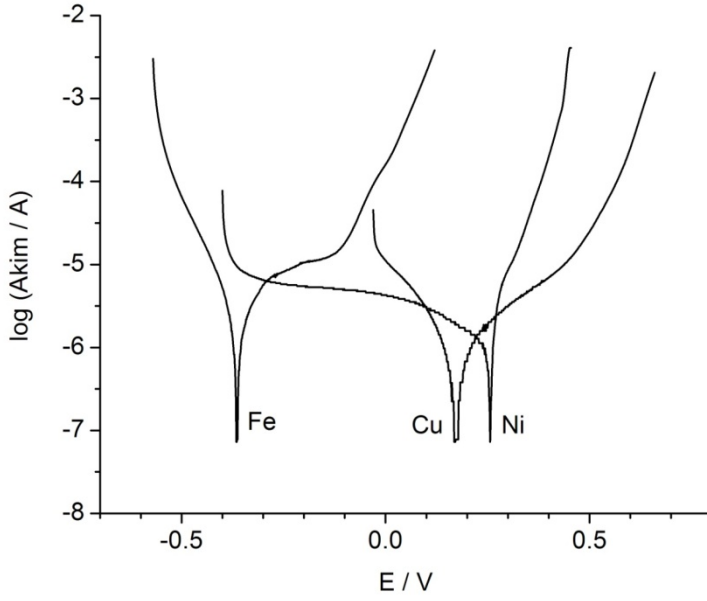
Çizelge 5.2 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl ortamındaki kırılma potansiyelleri

	Fe	Cu	Ni
<b>Kaplı Olmayan</b>	-0.375V	-0.054V	0.252V
<b>B1</b>	0.045V	0.397V	0.574V
<b>B4</b>	-0.052V	0.249V	0.427V
<b>B5</b>	0.030V	0.379V	0.554V

### 5.3 Tafel Ekstrapolasyonu Yöntemi (TAFEL) Sonuçları

#### 5.3.1 B1'in TAFEL grafikleri

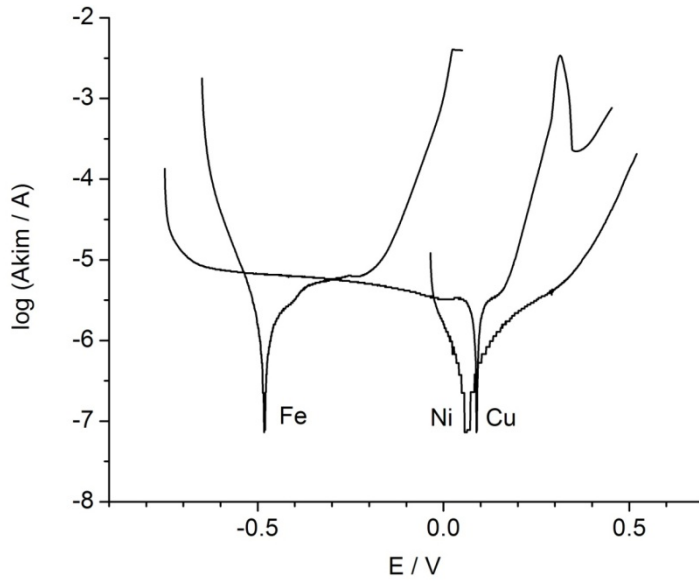
B1'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen TAFEL grafikleri şekil 5.7'de , bulunan korozyon potansiyeli değerleri ise çizelge 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.7 B1'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği

#### 5.3.2 B4'ün TAFEL grafikleri

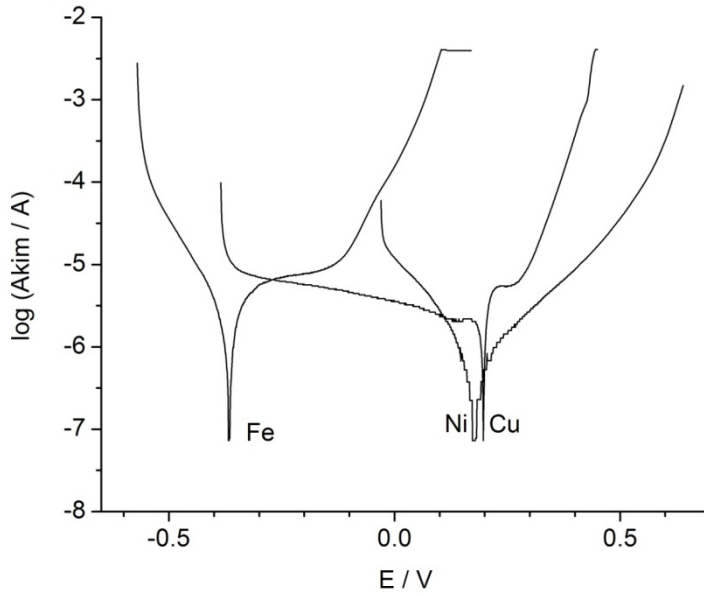
B4'ün Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen TAFEL grafikleri şekil 5.8'de , bulunan korozyon potansiyeli değerleri ise çizelge 5.3'de verilmiştir.



Şekil 5.8 B4'ün Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği

### 5.3.3 B5'in kaydedilen TAFEL grafikleri

B5'in Fe, Cu ve Ni için 0.5M NaCl çözeltisinde kaydedilen TAFEL grafikleri şekil 5.9'da , bulunan korozyon potansiyeli değerleri ise çizelge 5.3'de verilmiştir.



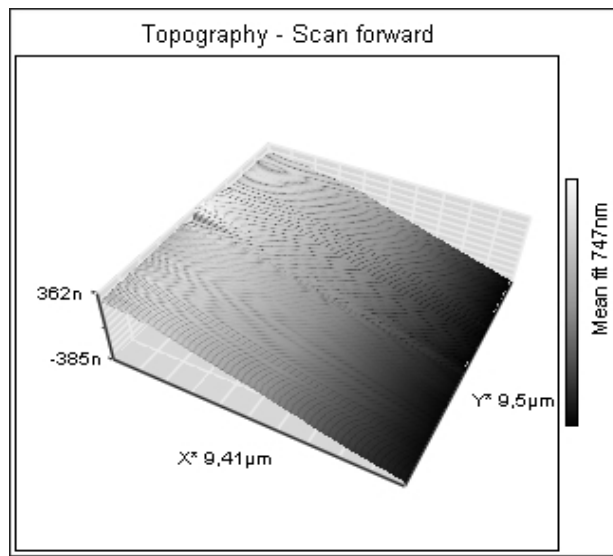
Şekil 5.9 B5'in Fe, Cu ve Ni için kaydedilen TAFEL grafiği

Çizelge 5.3 Bor kompleksleri ile kaplı Fe, Cu ve Ni metalinin 0.5 M NaCl ortamındaki korozyon potansiyelleri

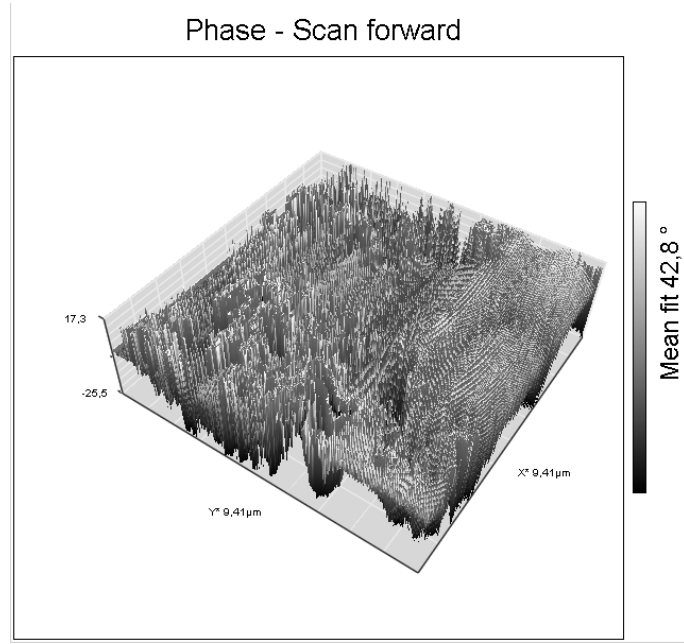
	Fe	Cu	Ni
<b>Kaplı Olmayan</b>	-0.4935V	-0.2112V	-0.0553V
<b>B1</b>	-0.3643V	0.2558V	0.1724V
<b>B4</b>	-0.4817V	0.090V	0.0641V
<b>B5</b>	-0.3665V	0.1965V	0.1785V

#### 5.4 B1 Kompleksiyle Kaplı Cu Metalinin Isıl İşlem Uygulandıktan Sonra Kaydedilen AFM Görüntüsü

Kaplı olmayan Cu metalinin ısıl işlem uygulandıktan sonra kaydedilen AFM görüntüsü şekil 5.10'da, B1'le kaplı Cu metalinin ısıl işlem uygulandıktan sonra (600 °C, 5 dakika) kaydedilen AFM görüntüsü şekil 5.11'de verilmiştir.



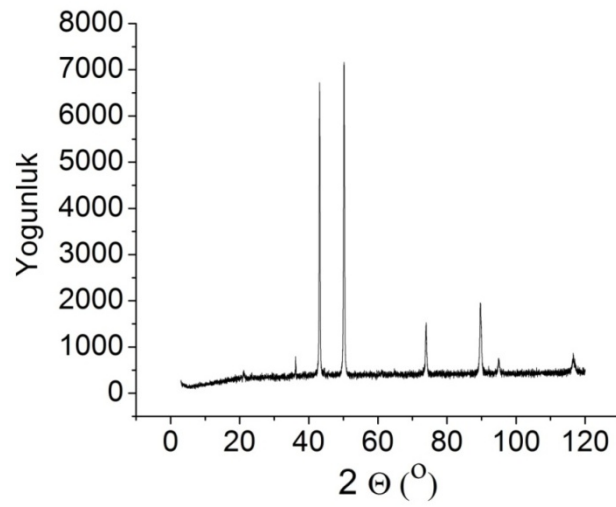
Şekil 5.10 Kaplı olmayan bakır metalinin AFM görüntüsü



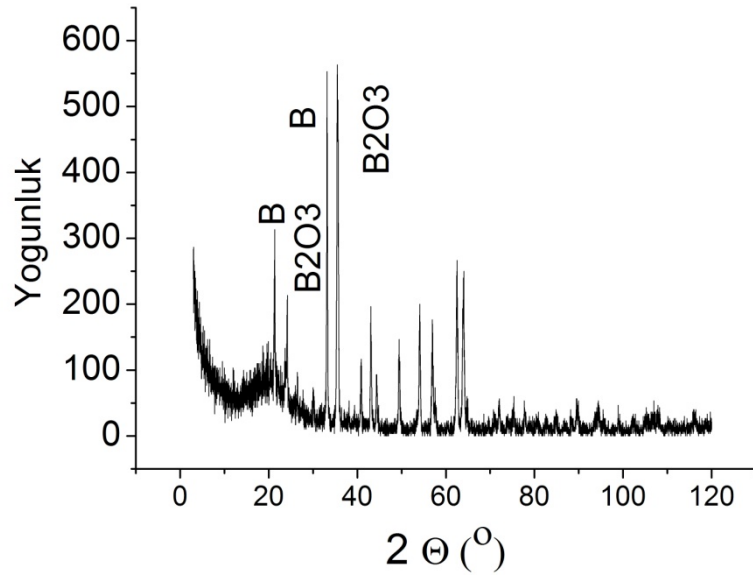
Şekil 5.11 B1 kompleksi ile kaplı bakır metalinin AFM görüntüsü

### 5.5 B1 kompleksiyle kaplı Cu metalinin ısı işlem uygulandıktan sonra kaydedilen XRD eğrisi

Kaplı olmayan Cu metalinin ısı işlem uygulandıktan sonra kaydedilen XRD görüntüsü şekil 5.12’de, B1’le kaplı Cu metalinin ısı işlem uygulandıktan sonra (600 °C, 5 dakika) kaydedilen AFM görüntüsü şekil 5.13’de verilmiştir.



Şekil 5.12 Kaplı olmayan bakır metalinin XRD eğrisi



Şekil 5.13 B1 kompleksi ile kaplı bakır metalinin XRD eğrisi

## 6. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

Bu tez kapsamında, Schiff bazı bor komplekslerinin elektrokimyasal yöntemle metal yüzeylerine bor kaplamada kullanılması amaçlanmış ve çalışılmıştır. Çalışılan tez üç genel kısımdan oluşmaktadır; 1- Schiff bazı ve Schiff bazı bor komplekslerinin sentezi, 2- Sentezlenen Schiff bazı-bor komplekslerinin elektrokimyasal olarak Fe, Cu ve Ni yüzeylere kaplanması ve yapılan kaplamanın incelenmesi, 3- Yapılan yüzey kaplamaların mikroskopik ve kristalografik olarak gösterilmesidir.

*Tezin birinci kısmı için,* Çizelge 1.1’de verilmiş olan Schiff bazı ve bor kompleksleri sentezlenmiştir. Sentezlenen bileşiklerin spektroskopik analizlerinden kaydedilen spektrumlar EKLER kısmında verilmiştir. Kaydedilen spektrumlar her bir deneysel anlatım sonunda verilen literatür bilgisiyle uyumludur.

*Tezin ikinci kısmı için,* sentezlenen Schiff bazı-bor kompleksleri kronoamperometrik yöntemle elektrot yüzeylerine kaplanmış ve yapılan kaplama elektrokimyasal korozyon testleriyle (OCP, LSV, TAFEL) kontrol edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, kaplı ve kaplı metaller için Bölüm 5 ‘de “Araştırma Bulguları” kısmında hem spektral olarak hem de spektrumların topluca sayısal olarak değerlendirildiği çizelgeler halinde verilmiştir. Bu sayısal değerlerin maddeler halinde karşılaştırılması ise aşağıda yapılmıştır.

- OCP değerleri incelendiğinde; Fe için, değişiminin anodik yönde B4, 280; B5, 281; B1, 18 mV olduğu bulunmuştur. OCP, B4>B5>B1 şeklinde değişmektedir.
- OCP değerleri incelendiğinde; Cu için, değişiminin anodik yönde B4, 300; B5, 5; B1, 8 mV olduğu bulunmuştur. OCP, B4>B1>B5 şeklinde değişmektedir.
- OCP değerleri incelendiğinde; Ni için, değişiminin anodik yönde B4, 475; B5, 57; B1, 79 mV olduğu bulunmuştur. OCP, B4>B1>B5 şeklinde değişmektedir.

Denge potansiyeli değerlerinin daha pozitif potansiyellere kayması bor kompleksleriyle kaplanmış Fe, Cu ve Ni metallerinin daha geç korozyona uğradığını göstermektedir.

- Kırılma Potansiyeli ( $E_b$ ) değerleri incelendiğinde, ; Fe için, değişiminin anodik yönde B4, 323; B5, 405; B1, 420 mV olduğu bulunmuştur. Kırırma potansiyeli( $E_b$ ) ,  $B1 > B5 > B4$  şeklinde değişmektedir.
- Kırılma Potansiyeli ( $E_b$ ) değerleri incelendiğinde, ; Cu için, değişiminin anodik yönde B4, 303; B5, 433; B1, 451 mV olduğu bulunmuştur. Kırırma potansiyeli( $E_b$ ) ,  $B1 > B5 > B4$  şeklinde değişmektedir.
- Kırılma Potansiyeli ( $E_b$ ) değerleri incelendiğinde, ; Ni için, değişiminin anodik yönde B4, 175; B5, 302; B1, 322 mV olduğu bulunmuştur. Kırırma potansiyeli( $E_b$ ) ,  $B1 > B5 > B4$  şeklinde değişmektedir.

Kırılma potansiyeli değerlerinin daha pozitif potansiyellere kayması bor kompleksleriyle kaplanmış Fe, Cu ve Ni metallerinin daha geç korozyona uğradığını göstermektedir.

- Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ) değerleri incelendiğinde, ; Fe için, değişiminin anodik yönde B4, -481,7; B5, -366,5; B1, 364,3 mV olduğu bulunmuştur. Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ),  $B1 > B5 > B4$  şeklinde değişmektedir.
- Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ) değerleri incelendiğinde, ; Cu için, değişiminin anodik yönde B4, 90; B5, 196,5; B1, 255,8 mV olduğu bulunmuştur. Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ),  $B1 > B5 > B4$  şeklinde değişmektedir.
- Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ) değerleri incelendiğinde, ; Ni için, değişiminin anodik yönde B4, 64,1; B5, 178,5; B1, 172,4 mV olduğu bulunmuştur. Korozyon potansiyeli ( $E_{kor}$ ),  $B5 > B1 > B4$  şeklinde değişmektedir.

Korozyon potansiyeli değerlerinin daha pozitif potansiyellere kayması bor kompleksleriyle kaplanmış Fe, Cu ve Ni metallerinin daha geç korozyona uğradığını göstermektedir.

*Tezin üçüncü kısmı için, Schiff bazı-bor komplekslerinin metal yüzeylerine yapılan kaplamalardan, Cu metalinin yüzey kaplamasına ait atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile kaydedilen morfolojik görüntüleri ve X-ışınları difraktometresiyle kaydedilen spektrograflar hem boş Cu yüzeyi hem de kaplı Cu yüzeyi için, “Araştırma Bulguları” kısmında verilmiştir. Elektrokimyasal olarak yapılan kaplamada bor’un yüzeydeki varlığını göstermek için AFM ve X-ışınları incelenmesi ısıl işlem uygulandıktan sonra yapılmıştır. Görüntüler ve spektrograflar incelendiğinde, Schiff bazı-bor komplekslerinin yüzeye kaplandığı gösterilmiştir. Dolayısıyla bu tarz bor bileşiklerinin metal yüzeylerine elektrokimyasal tekniklerle kaplanabileceği söylenebilir. Bu yönüyle tez çalışması başarıyla sonuçlandırılmıştır.*

## KAYNAKLAR

- Altunbaş, E. 2008. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Barba, V., Vargas, G., Gomez, E., and Farfan, N. 2000. *Inorganic Chimica Acta*, 311, 133-137
- Beyer, H. 1980. Lehrbuch der Organischen Chemie, S. Hirzel Verlag, 18. Auflage, 174-177, Stuttgart.
- Beyer, H. 1980. Lehrbuch der Organischen Chemie, S. Hirzel Verlag, 18. Auflage, 16-17, Stuttgart.
- Brown, W.H. 1995. Organic Chemistry. Saunders College Publishing, 674-675.
- Buytoz, B. ve Somunkıran, İ. 2005 Borla Kaplanan Yüzeyin Mikroyapı ve Mekaniksel Özellikleri Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi (4) 41-45.
- Campos, J., Bautista, O., Ramirez, G., Islas, M., De La Parra, J., Zuniga, L., Appl. Surf. Sci. 243(2005)430.
- Çalık, A. ve Özsoy, A. 2002 'Termal Çevirimli Borlama İşleminin ÇI010 Çeliğine Etkilen' 11 Uluslararası Malzeme Sempozyumu, İstanbul.
- Çelik, A. 2002 Plazma ile Termokimyasal Yüzey İşlemleri, Mühendis ve Makina, Sayı 510, TMMOB, Makina Mühendisliği Odası Yayını.
- Evcin, E. 2006 Afyonkarahisar Kocatepe Üniversitesi Kaplama Teknikleri Ders Notları
- Gedikli, Ü. 2004. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Gümüş, M. 2007. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Höpfl, H., Sanchez, M., Farfan, N., and Barba, V., 1998 *Can. J. Chem.*, **76**, 1352-1360, 1998.
- Hunger, H. J. and Löbig, G. 1997 Generation of Boride Layers on Steel and Nickel Alloys by Plasma Activation of Boron Trifluoride, Thin Solid Films, 310 244 - 250.
- Küper, A., Qiao, X., Stock, H.R., 2000 A Novel Approach to Gas Boronizing, Surface and Coatings Technology, 130 87-94.

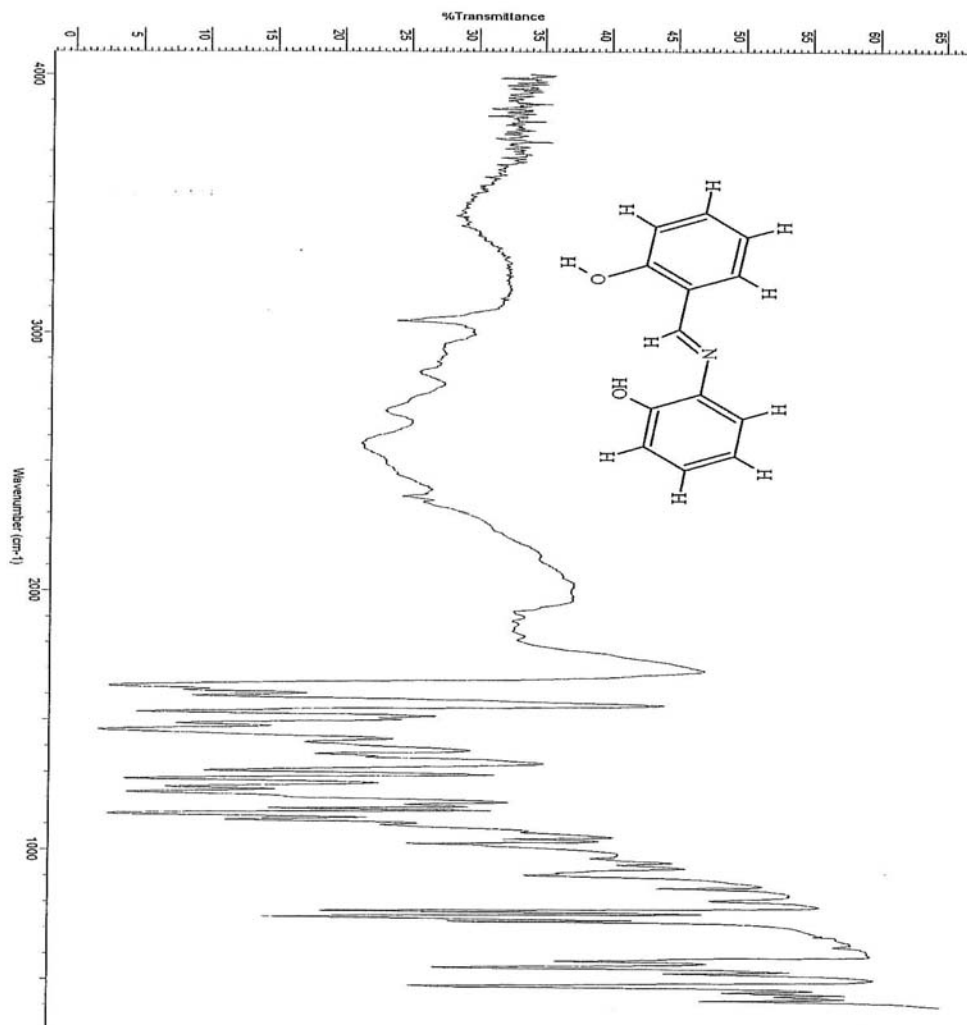
- Küstü, C. 2008. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Mathuschka, A. G. and Boronizing, C., Hanser Verlag, München Wien. 1980, Germany.
- Meriç, C., and Şahin, S. 2002 Investigation of Effect on Boride Layer of Powder Particle Size in Boronizing with Solid -Yielding Sunbtances, Materials Research Bulletin, 35, 2165 - 2172.
- Meriç, C. and Şahin, S.2002 Investigation of Effect Boronizing on Welding zone, Science Technology of Welding and Joining, 7 107.Mühendis ve Makine Dergisi, SAYI-532, Mayıs 2004.
- Nam, K.,S., Lee, K.H., Lee, S. R. andKwon, S.C.1998 A Study on Plasma-Assited Boriding of Steels, Surface and Coatings Technology, 98 886-890.
- Nazır, H.1997. Dotor Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Nazır, H., Küstü, C., Ercan, F., Çelik, K.2008 Bor Komplekslerinin Elektrokimyasal Tekniklerle Kaplamada Kullanılması, Ulusal Bor Enstitüsü, II Ulusal Bor Çalıştayı, *Bildiriler* s. 487-491, Ankara,
- Özbek, İ., Şen, S., İpek, M., Bindal, C., Zeytin, S. and Üçışık, H. 2004 A Mechanical Aspect of Borides Formed on the AISI 440 C Stainless Steel, Vacuum, 73 643-648.
- Şahin, S.1999 Katı Borlama Yöntemi İle Ferrobör Üretimi ve Özelliklerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa.
- Şen, U.1995 Termokimyasal Yöntemle Bor Kaplama ve Kaplama Özellikleri, Sekizinci Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 6-9 Haziran, İstanbul.
- Pfohl, A.and Bulak, K.T.2000 Rie, Surf. Coat. Technol. 131 141.

- Rozenfeld, I. L., 1981. Corrosion Inhibitors,.Mc Grow Hill,New York,USA  
Stewart, K., Adv. Mater. Proc. 151(1997)23.
- Şen, U.1995 Termokimyasal Yöntemle Bor Kaplama ve Kaplama Özellikleri, Sekizinci Uluslararası Metalurji ve Malzeme Kongresi, 6-9 Haziran, İstanbul.
- Üneri, S. 1998 ‘‘Korozyon ve Önlenmesi’’, Korozyon Derneği,Poyraz Ofset, Ankara 246-248.
- Xiaoming, L., Hong, X., Xiao, F., Qing, S., Wei, G., Ying M.2008 *Journal of Physics and Chemistry of Solids* doi:10.1016/j.jpms.2008.09.011.
- Xu, C.H., Gao, W.and Yang, Y.L.2000 Superplastic Boronizing of a Low Alloy Steel- Microstructural Aspects, Journal of Materials Processing Technology, 108 349-355.
- Taşçı, A. 1993. "Borlanmış çeliklerin Aşınma ve Korozyon Dayanımları", Y.Lisans. Tezi-İTÜ. İstanbul.
- Yalçın, N., Kenar, A., Arici, C., Atakol, O., Tastekin, M.,M.2001 Main Group Metal Chemistry, 24, 247-248,
- Yalçın, H.ve Koç, T.2000 Elektrokimya, Palme yayınları, Ankara, 99-112
- Yalçın, H. ve Koç, T. 1999 Katodik Koruma. Palme yayınları, Ankara, 356s.
- Yanardağ T. 2004. Yüksek Lisans Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yoon, J. H., Jee, Y. K. and Lee, S. Y.1999 Plasma Paste Boronizing Treatment of the Stainless Steel AISI 304, Surface and Coatings Technology, 112 71 - 75.

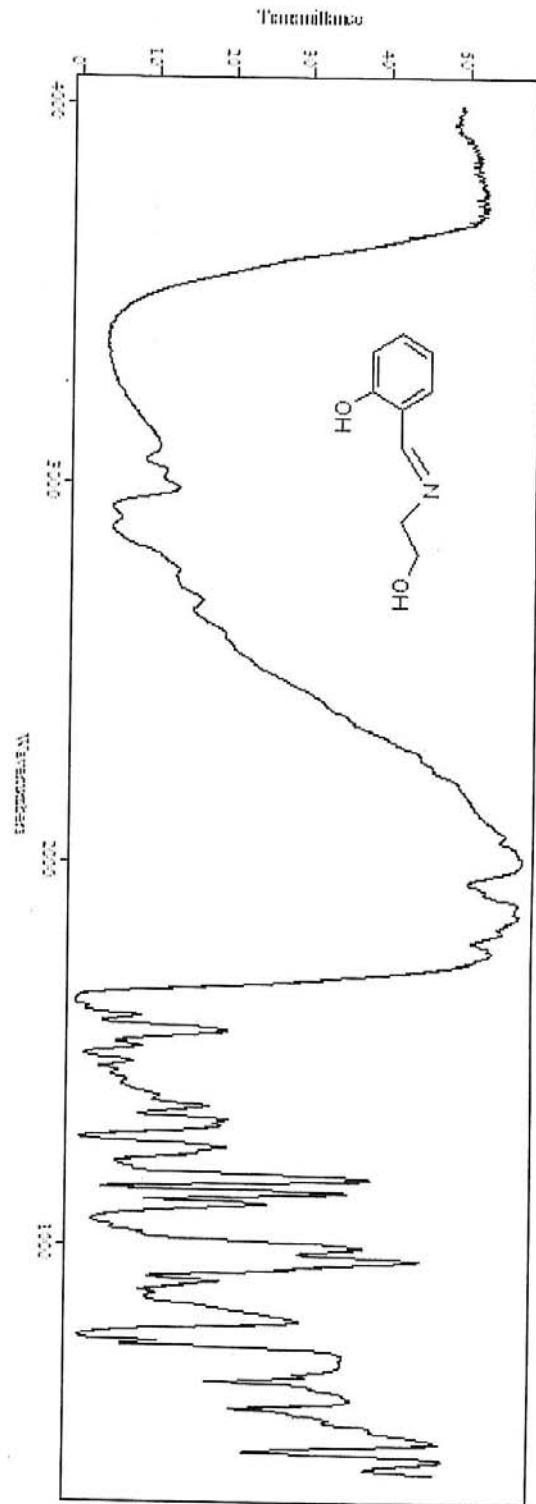
## **EKLER**

- EK 1 (2-hidroksibenzilidenamino)fenol'ün IR spekturumu**
- EK 2 2 1-[(2-hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzen'in IR spekturumu**
- EK 3 B1 kompleksinin IR spekturumuEK 4 B4 kompleksinin IR spekturumu**
- EK 5 B5 kompleksinin IR spekturumu**
- EK 6 B1 kompleksinin TGA analizi**
- EK 7 B4 kompleksinin TGA analizi**
- EK 8 B5 kompleksinin TGA analizi**

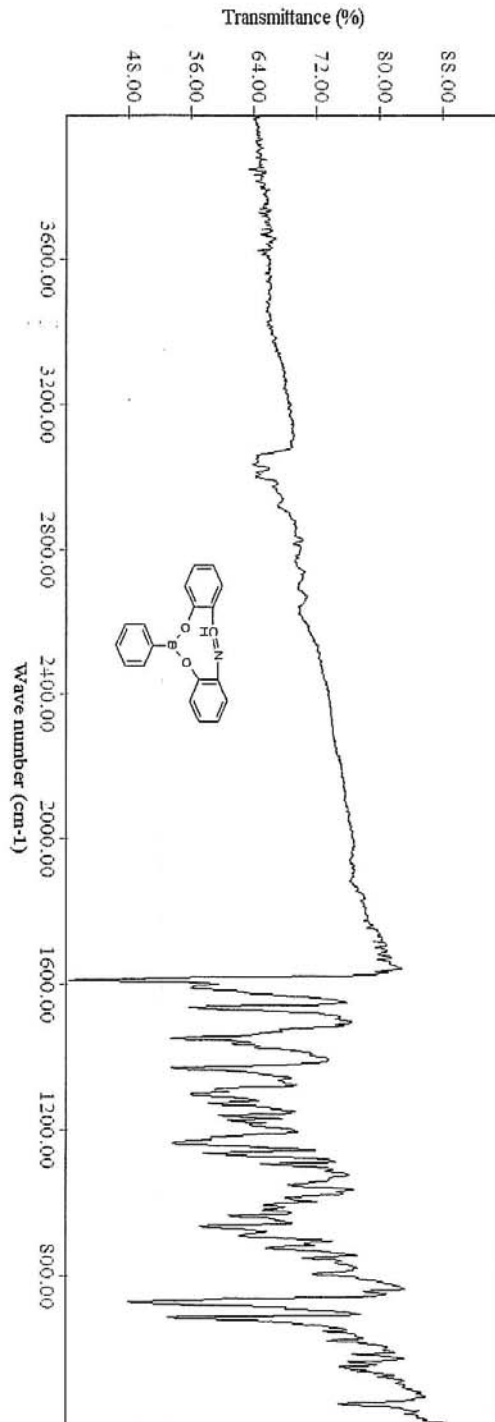
EK 1 (2-hidroksibenzilidenamino)fenol'ün IR spekturumu



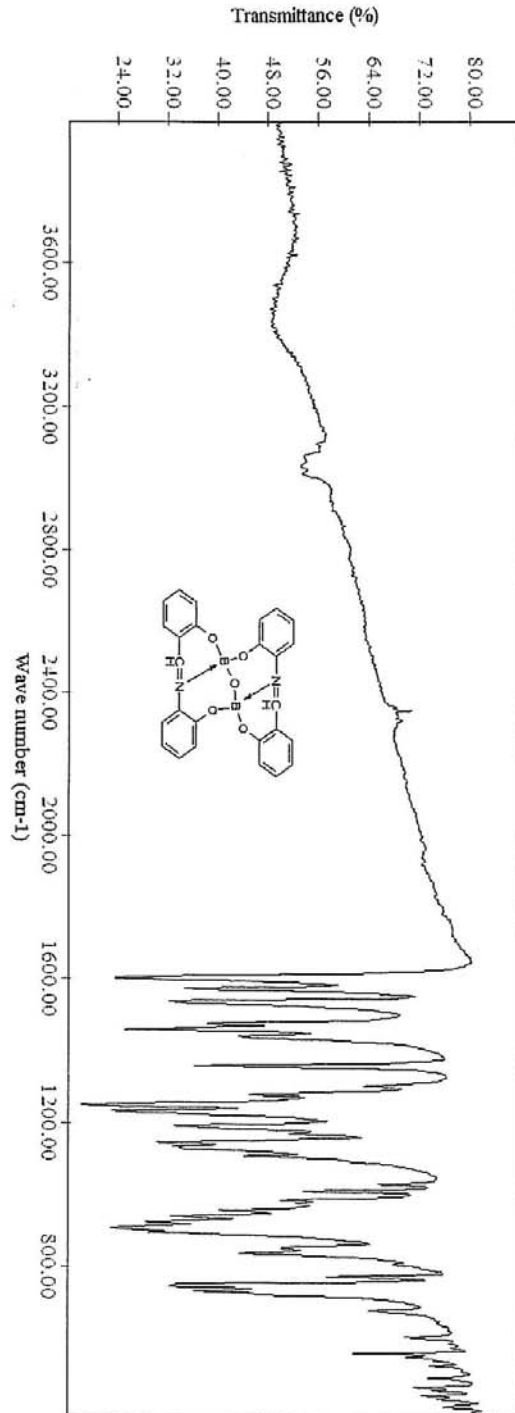
EK 2 2 1-[(2-hidroksietil)iminometil]-2-hidroksibenzen'in IR spekturumu



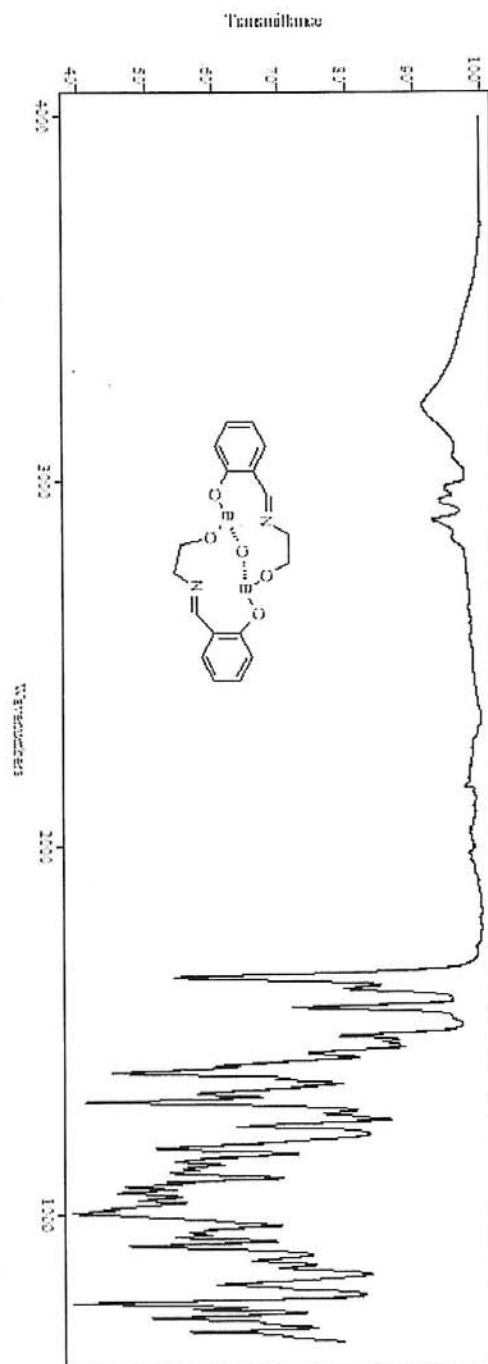
EK 3 B1 kompleksinin IR spekturumu



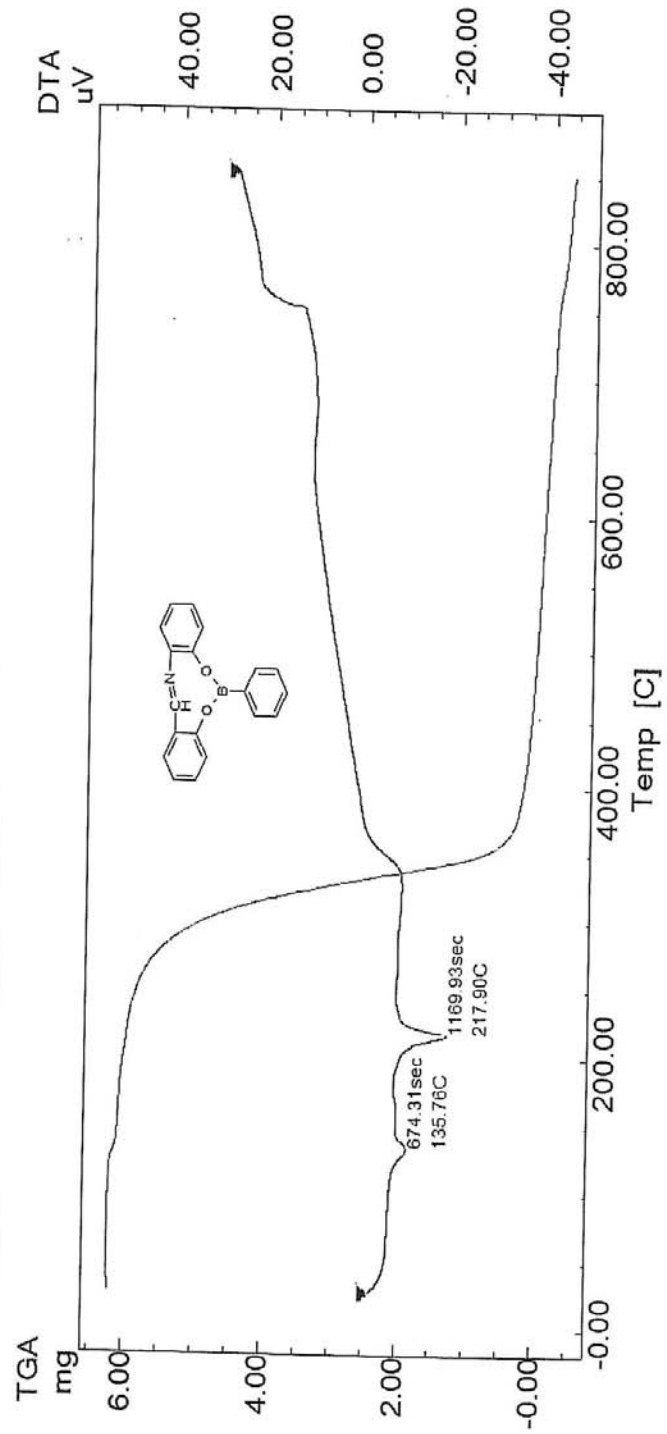
EK 4 B4 kompleksinin IR spekturumu



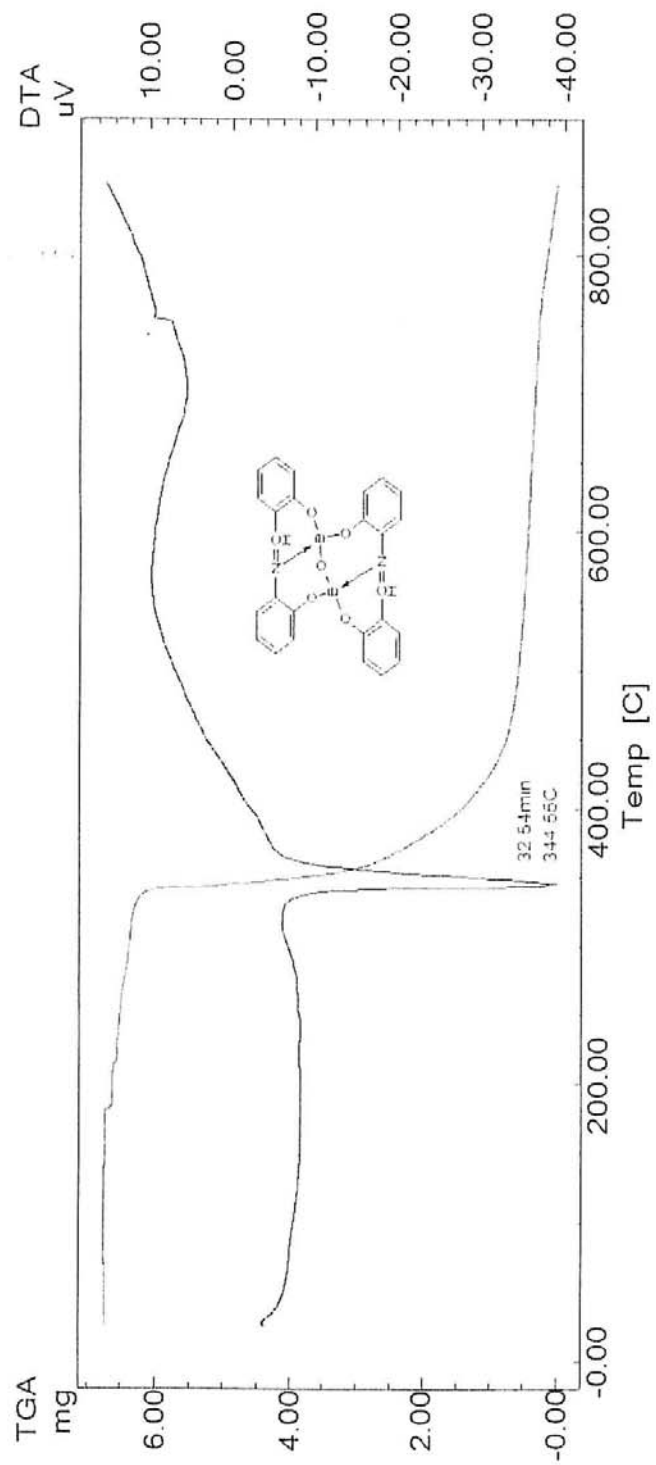
EK 5 B5 kompleksinin IR spekturumu



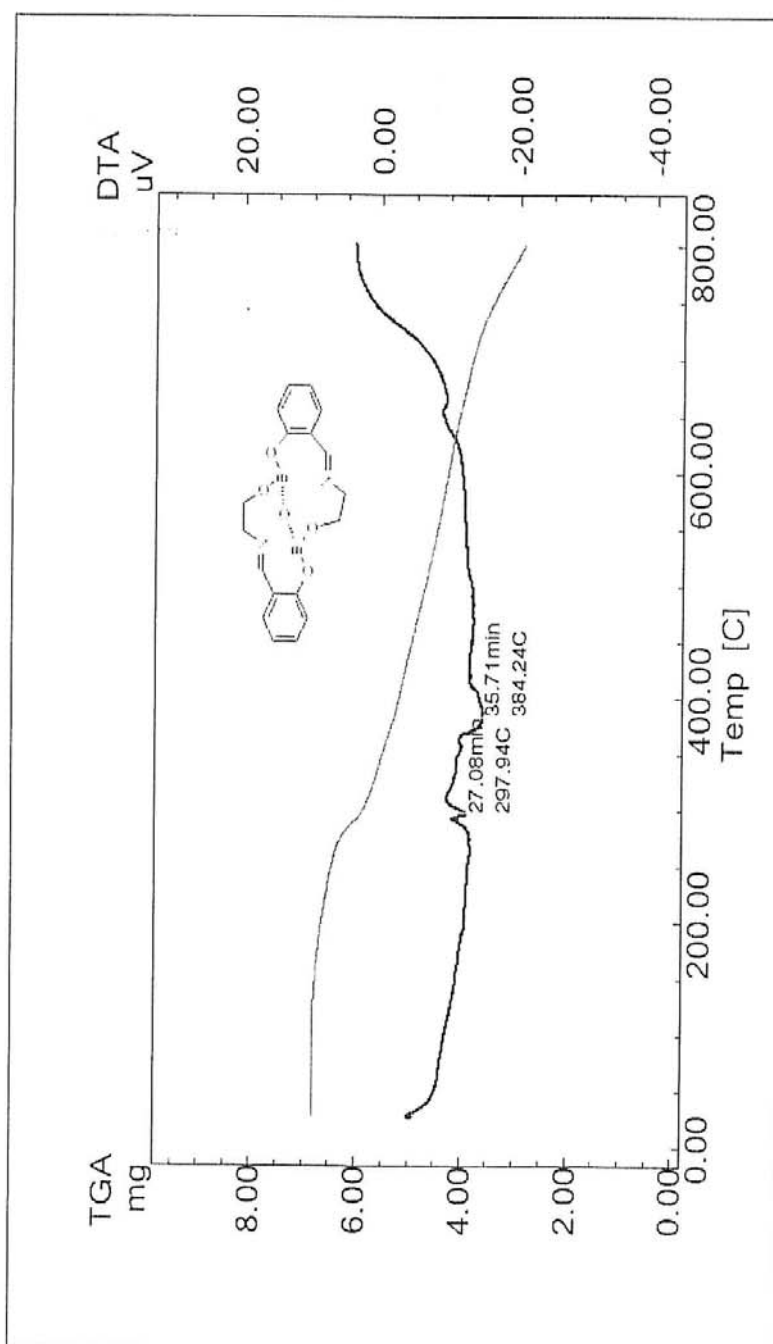
EK 6 B1 kompleksinin TGA analizi



EK 7 B4 kompleksinin TGA analizi



EK 8 B5 kompleksinin TGA analizi



## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Murat SÖNMEZ

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 15.07.1975

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu

Lise : Kalaba Lisesi 1992

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü 1997

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya  
Anabilim Dalı 2009