

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

PİRİNÇ'İN SULU ÇÖZELTİLERDEKİ KOROZYONU

Semra MURATOĞLU

KİMYA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2008**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

PIRİNÇ'İN SULU ÇÖZELTİLERDEKİ KOROZYONU

Semra MURATOĞLU

Ankara Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. A. Abbas AKSÜT

Semra Muratoğlu tarafından hazırlanan bu yüksek lisans çalışmasında, farklı bileşimlerdeki bakır ve çinko ve de pirincin 0.5 M NaCl çözeltisindeki korozyonuna ogzalatın etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla NaCl çözeltisine değişik miktarlarda ogzalat eklenerek hazırlanan sulu çözeltilerinde elektrokimyasal yolla potansiyel-zaman, AC-empedans ve akım-potansiyel eğrileri elde edilmiştir. Bu eğrilerden yararlanarak korozyon hızları ve diğer korozyon karakteristikleri belirlenmiştir. Belirlenen bu korozyon hızlarından da inhibitör etkinliği hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlardan, pirinç, çinko ve bakırın düşük derişimlerdeki ogzalatın ile metallerin korozyonunu önemli ölçüde değiştirdiği belirlenmiştir. Ogzalat derişiminin artması ile metal korozyonu dolayısıyla inhibisyon etkinliği azalmıştır. Bu etki metal bileşimiyle de önemli ölçüde değişmektedir. Saf çinkoda korozyonu önleme ogzalat derişime bağlı olarak % 96'ya kadar çıkmaktadır. Ogzalat derişiminin artması ile inhibitör etkinliği ,çinko ogzalatın kompleks iyon halinde çözünmesi nedeniyle azalmaktadır. Ogzalat saf bakırda korozyonu artırırken, saf olmayan bakırda ise saf çinkoya benzer biçimde ogzalat derişime bağlı olarak korozyon hızı önce azalmakta sonra ise bakır ogzalatın çözünmesiyle yeniden artmaktadır. Korozyon ortam bileşimine bağlı olarak ya yük transfer yada difüzyon kontrollü olmaktadır.

Aralık 2008, 69 sayfa

Anahtar Kelimeler: Korozyon, çinko, bakır, pirinç, inhibisyon, ogzalat

ABSTRACT

Master Thesis

THE CORROSION OF BRASS IN THE AQUEOUS SOLUTION

Semra MURATOĞLU

Ankara University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Chemistry

Supervisor: Prof. Dr. A. Abbas AKSÜT

In this study, Semra Muratoğlu has been investigated the effect of oxzalat on the corrosion of brass and its component copper and zinc have different composition 0.5 M NaCl solution. For this aim, potential–time, AC-impedance and current-potential curves were obtained with electrochemical workstation in NaCl solution containing different oxzalat concentration. Corrosion rates and other corrosion characteristics of studied metal and alloy were determined from these electrochemical curves. Corrosion inhibition of oxzalat was calculated from measured corrosion rates of metals in studied solutions. Oxzalat was inhibited the corrosion of studied metals especially in small oxzalat concentrations. Inhibition effect of oxzalat was decreased media with increasing oxzalat concentration in the corrosive media. Inhibition effect of oxzalat was increased up to %96 depending to the oxzalat concentration in NaCl solution. Inhibition effect was decreased at the high oxzalat concentration for dissolution of zinc oxzalat as complex ion. Same effect was observed with unpure copper, but oxzalat was increased the corrosion of pure copper in same condition. Corrosion mechanisms of zinc, copper and brass are charge transfer or diffusion control depending of composition of studied solution.

September 2008, 69 pages

Key Words: Corrosion, zinc, copper, brass, inhibition, oxzalat

TEŞEKKÜR

Bu tez çalışmasının planlanmasından başlayarak, bana çalışmalarımın her aşamasında her türlü çalışma imkanı sağlayan ve her konuda yakın ilgi ve yardımları ile beni yönlendiren değerli hocam, Sayın Prof. Dr. A. Abbas AKSÜT'e (Ankara üniversitesi Fen Fakültesi) saygı ve şükranlarımı sunarım.

Deneysel çalışmalarım sırasında benden yardımlarını esirgemeyen Araştırma Görevlisi Turan YANARDAĞ'a teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında maddi ve manevi destekleriyle her zaman yanımda olan, bana büyük bir sabır ve özveri gösteren değerli aileme sonsuz sevgilerimi sunarım.

Semra MURATOĞLU

Ankara, Aralık 2008

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	2
2.1 Korozyonun Tanımı	2
2.2 Korozyonu Etkileyen Faktörler	3
2.3 Korozyon Çeşitleri	4
2.3.1 Homojen Dağılımlı Korozyon	5
2.3.2 Galvanik korozyon	5
2.3.2.1 Galvanik korozyon önleme yolları	6
2.3.3 Çukurcuk korozyonu	7
2.3.3.1 Çukurcuk korozyonunun belirgin özellikleri	8
2.3.4 Aralık korozyonu	9
2.3.5 Seçici korozyon	10
2.3.6 Tanelerarası korozyon	11
2.3.7 Gerilimli korozyon	12
2.3.8 Kazımalı korozyon	14
2.3.9 Erozyon korozyonu	14
2.4 Korozyon Hızını Belirleme Yöntemleri	15
2.4.1. Analitik yöntemler	16
2.4.2 Kütle kaybı yöntemi	16
2.4.3 Elektrokimyasal yöntemler	17
2.4.3.1 Tafel ekstrapolasyonu yöntemi	18
2.4.3.2. Lineer polarizasyon yöntemi	18
2.4.3.3 Alternatif akım empedans yöntemi	19
2.5 Çinko Metali ve Fiziksel Özellikleri	19

2.5.1 Çinkonun fiziksel özellikleri	21
2.5.2 Çinkonun kullanım alanları	21
2.6 Bakır Metali ve Fiziksel Özellikleri	23
2.6.1 Bakırın fiziksel özellikleri	23
2.6.2 Bakırın elde edilmesi	23
2.6.3 Bakırın kullanım alanları	24
2.6.4 Bakırın işlenmesi	25
2.7 Pirinç Metali ve Özellikleri	27
2.7.1 Pirincin kullanım yerleri	27
2.7.2 Pirincin korozyon durumu	28
2.7.3 Pirincin işlenmesi	30
2.8 Çinkoyla Yapılan Çalışmalar	34
2.9 Bakırla Yapılan Çalışmalar	35
2.10 Pirinçle Yapılan Çalışmalar	36
3. MATERYAL VE YÖNTEM	39
3.1 Kullanılan Elektrot	39
3.2 Çalışma Elektrolitinin Hazırlanması	40
3.3 Deneylerde Kullanılan Cihazlar	40
3.4 Deneyin Yapılışı	40
3.5 Korozyon Karakteristiklerin Belirlenmesi	40
4. DENEY SONUÇLARI	41
4.1 Çinkoyla Yapılan Deneyler	41
4.2 Bakırla Yapılan Deneyler	47
4.3 Pirinçle Yapılan Deneyler	53
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	60
KAYNAKLAR	66
ÖZGEÇMİŞ	69

SİMGELER DİZİNİ

i_{cor}	Korozyon hızı
E_{cor}	Korozyon potansiyeli
β_a	Anodik Tafel eğimi
β_c	Katodik Tafel eğimi
R_p	Polarizasyon direnci
η	İnhibisyon
F	Faraday sabiti
n	Aktarılan elektron sayısı
Δt	Zaman aralığı
S	Yüzey alanı
Δm	Kütle kaybı
DKE	Doygun kalomel elektrot
θ	Yüzey kaplanma kesri

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Korozyona uğramış bir metal parçası	2
Şekil 2.2 Homojen dağılımlı korozyon	5
Şekil 2.3 Galvanik korozyon.....	6
Şekil 2.4 Çukurcuk korozyonu	8
Şekil 2.5 Aralık korozyonu	10
Şekil 2.6 Seçici korozyon	11
Şekil 2.7 Tanelerarası korozyon	12
Şekil 2.8 Korozyon çeşitlerine örnekler.....	13
Şekil 2.9 Gerilimli korozyon.....	13
Şekil 2.10 Korozyon çeşitlerine örnekler.....	14
Şekil 2.11 Erozyon korozyonu	15
Şekil 2.12 Sfalorit (çinko sülfür) minerali	20
Şekil 2.13 Çinko	22
Şekil 2.14 Armatür	25
Şekil 2.15 Bira kaynatma kazanı	25
Şekil 2.16 Pirinç	28
Şekil 2.17 Çinkonun korozyonla uzaklaşması	29
Şekil 2.18 Gerilmeli korozyon	29
Şekil 2.19 Paslanmaz çeliğin sülfat- sülfirik asit çözeltisinde 27 saat bekletilmesi sonucu oluşmuş korozyon	30
Şekil 2.20 Paslanmaz çeliğin klorür içeren sulu ortamda kalması sonucu oluşmuş korozyon	30
Şekil 2.21 Derin çekme makinası	31
Şekil 2.22 Derin çekme sonucu oluşmuş tavan sac	31
Şekil 2.23 Sıvama sonucu oluşmuş sac	32
Şekil 2.24 Gümüş kaplama	33
Şekil 3.1 Deney sisteminin şematik gösterimi	39
Şekil 4.1 Çinkonun 0.5 M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC	

-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	42
Şekil 4.2 Çinkonun 0.5 M NaCl+10 ⁻⁵ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	43
Şekil 4.3 Çinkonun 0.5 M NaCl+10 ⁻⁴ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	44
Şekil 4.4 Çinkonun 0.5 M NaCl+10 ⁻³ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	45
Şekil 4.5 Çinkonun 0.5 M NaCl+10 ⁻² M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	46
Şekil 4.6 Saf bakırın 0.5 M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC -empedans ve akım –potansiyel eğrileri	48
Şekil 4.7 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10 ⁻⁵ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	49
Şekil 4.8 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10 ⁻⁴ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	50
Şekil 4.9 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10 ⁻³ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	51
Şekil 4.10 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10 ⁻² M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	52
Şekil 4.11 Pirincin 0.5 M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC -empedans ve akım –potansiyel eğrileri	54
Şekil 4.12 Pirincin 0.5 M NaCl+10 ⁻⁵ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel - zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	55
Şekil 4.13 Pirincin 0.5 M NaCl+10 ⁻⁴ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel - zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	56
Şekil 4.14 Pirincin 0.5 M NaCl+10 ⁻³ M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel - zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	57
Şekil 4.15 Pirincin 0.5 M NaCl+10 ⁻² M Na ₂ C ₂ O ₄ ortamında elde edilen potansiyel - zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri	58
Şekil 4.16 % inhibisyon etkinliğinin -ogzalat derişimiyle değişimi	63

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Standart elektrot potansiyelleri	4
Çizelge 4.1 Saf çinkonun 0.5 M NaCl+x M ogzalot ortamında belirlenen korozyon karakteristikleri	47
Çizelge 4.2 Saf bakırın 0.5 M NaCl+x M ogzalot ortamında belirlenen korozyon karakteristikleri	53
Çizelge 4.3 Pirincin 0.5 M NaCl+x M ogzalot ortamında belirlenen korozyon karakteristikleri	59
Çizelge 5.1 Daha az saf çinko ve bakır ile elde edilmiş korozyon hızları	65

1. GİRİŞ

Bakır ve bakır alaşımı olan bronz insanların ilk kullandıkları metal malzemelerdendir. Bakırdan daha yüksek dayanımlı olan bronzun M.Ö. 2500 yıllarında üretilmesiyle, günlük kullanım araçlarında metal malzemelerin üstün tokluk özelliklerinden tam anlamıyla yararlanılmaya başlanmıştır. Dolayısıyla Bronz Çağı insanlar için önemli bir aşamadır.

Tarihin ilk zamanlarından orta çağa kadar, insanlar tarafından en fazla kullanılan metal olan bakır, demirin silah yapımında kullanılması ile yerini demir metaline bırakmıştır. 19. yüzyılın sonuna doğru, elektroteknikğin gelişmesiyle elektriği çok iyi ileten saf bakıra duyulan gereksinmeyi giderek arttırmıştır. Diğer taraftan bakır daha çok elektrolitik arıtma, yani elektrik enerjisi yardımıyla elde edildiğinden, elektroteknik ve bakır üretimi birbirlerini karşılıklı destekleyerek gelişmişlerdir.

Bakır veya bakır alaşımları aşağıda sıralanan özelliklere bağlı olarak ihtiyaç duyulan yerlerde kullanılmaktadır.

- * Elektrik ve ısı iletkenliği (saf bakır)
- * Korozyon direnci (nikelli alaşımlar)
- * Görünüş, mimari (bronz, pirinç. vs.)
- * Toksik olmaması (gıda, şeker sanayi)
- * Yatak olmaya elverişlilik (kayma – sürtünme özelliği)(kalay, bronz vs.)

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Korozyonun Tanımı

Geleneksel anlamda korozyon metal ve alaşımlarının çevreleri ile kimyasal ve elektro-kimyasal reaksiyonları sonucu bozunmalarını tanımlamak için kullandığımız deyimdir. Ancak yeni bulgular metal olmayan malzemelerin de çevresel koşullardan benzer biçimde etkilendiklerini ortaya koymaktadır. Örneğin, metal ve alaşımlarının gerilimli korozyonla bozunmalarını tariflemek için kullanılan yöntemler cam, seramik malzemeler, polimerler ve geleceğin yapı malzemesi olarak kabul edilen bileşik malzemelere de başarı ile uygulanabilmektedir. Bu nedenle, korozyon deyimini yapı malzemesi niteliği olan tüm malzemelerin çevrenin etkisi ile bozunmalarını kapsar biçimde kullanılabiliyor. Dilimizde kesinlikle yerleşmemiş olmakla birlikte, paslanma deyimini demir ve demir cinsi malzemelerin (çelik ve dökme demirler) korozyonu, pas deyimini de aynı tür malzemelerden kaynaklanan korozyon ürünü anlamında kullanabiliriz. Korozyona uğramış bir metal parçası Şekil 2.1 'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 Korozyona uğramış bir metal parçası

Korozyon bir yüzey olayı olup, metal ile ortamın temas yeri olan ara yüzeyde olur. Metal ile ortamın temas etmediği bölgelerde meydana gelen değişiklikler korozyon olarak nitelendirilemez. Fakat metal-ortam ara yüzeyinde oluşan bazı korozyon ürünleri metalik bünyeye yayınarak orada metal-ortam ara yüzeyinden uzak bir bölgede tahribata örneğin kırılmaya neden olabilirler. Buna örnek olarak asidik bir çözeltiye

daldırılmış yüksek karbonlu bir çelik yüzeyinde hidrojen iyonunun indirgenmesi (redüklenmesi) ile açığa çıkan hidrojen atomunun metal içine yayınması ve metal içinde birleşip hidrojen gazı oluşturarak metali çatlatması (hidrojen kırılabilirliği) gösterilebilir.

Korozyon “metal ile ortam” arasındaki “ara yüzey” de oluşan bir olay olduğuna göre korozyondan korunma yöntemleri de:

1-Metali ortalama daha dayanıklı kılmak

2- Ortamın metal üzerindeki korozif etkisini azaltmak veya değiştirmek

3-Ara yüzeye müdahale ederek metal -ortam ilişkisini kesmek. Yani metali yalıtkan bir malzeme kaplayarak veya yüzey özelliğini değiştirerek

4-Ara yüzeyin elektrokimyasal özelliğini değiştirmek; katodik veya anodik koruma uygulamak, burada ara yüzey ile ilgili koruma tedbirleri, endüstride en yaygın kullanılan korozyondan koruma yöntemlerini içermektedir.

2.2 Korozyonu Etkileyen Faktörler

Korozyonu etkileyen en önemli faktörlerden bir tanesi, birbirlerine bağlandığında veya bir elektrolit çözeltisinin içine daldırıldığında metallerin oluşturdukları potansiyel elektrik farkıdır. Bu potansiyel, anodik ve katodik bölgelerin kimyasal doğaları nedeniyle. Bazı metallerin hidrojenle karşılaştırıldıklarında anodik olabildikleri gösterge değerleri çizelge'deki standart elektrot potansiyeli (emk) tablosunda verilmektedir. Standart hidrojen elektrotun potansiyel değeri sıfır alınarak, diğer metallerin elektrot potansiyel değerleri ölçülür. Bu değerler azalan bir sıralamayla verilmektedir. Listenin en başındaki aktif metaller listenin sonundaki metallere oranla, korozyona (yükseltgenmeye)daha güçlü bir eğilim göstermektedirler.

Elektrot potansiyelleri (emk), yalnızca serilerin tanımlandığı şartlar altındaki metallerin tuz çözeltisini içeren şartlardaki değerlerdir. Gerçek çalışma şartlarında, diğer elektrolit

çözeltilerinde davranışları farklı olabilir. EMK yerine, çok geniş bir çevre şartlarında metallerin bileşimleri üzerine yapılan deneyde benzer “Galvanik Seri” ’ler kullanılır (örneğin deniz suyunda). Burada “galvanik” elektrik akımı üreten ve kullanan anlamındadır.

Çizelge 2.1 Standart elektrot potansiyelleri

Elektrot Reaksiyonu	Standart Elektrot Potansiyeli, E ° Volt, 25 °C	Elektrot Reaksiyonu	Standart Elektrot Potansiyeli, E ° Volt, 25 °C
$K^+ + e^- = K$	2,922	$Co = Co^{++} + 2e^-$	-0,277
$Ca^{++} + 2e^- = Ca$	2,87	$Ni = Ni^{++} + 2e^-$	-0,250
$Na^+ + e^- = Na$	2,712	$Sn = Sn^{++} + 2e^-$	-0,136
$Mg^{++} + 2e^- = Mg$	2,34	$Pb = Pb^{++} + 2e^-$	-0,126
$Be^{++} + 2e^- = Be$	1,70	$1/2H_2 = H^+ + e^-$	-0,000
$Al^{3+} + 3e^- = Al$	1,67	$Cu = Cu^{++} + 2e^-$	0,345
$Mn^{++} + 2e^- = Mn$	1,05	$Cu = Cu^+ + e^-$	0,522
$Zn^{++} + 2e^- = Zn$	0,762	$Cu^+ = Cu^{++} + e^-$	0,17
$Cr^{3+} + 3e^- = Cr$	0,71	$Pd = Pd^{++} + 2e^-$	0,83
$Ga^{3+} + 3e^- = Ga$	0,52	$Hg = Hg^{++} + 2e^-$	0,854
$Fe^{++} + 2e^- = Fe$	0,440	$Pt = Pt^{++} + 2e^-$	1,2
$Cd^{++} + 2e^- = Cd$	0,402	$Au = Au^{3+} + 3e^-$	1,42
$Ag^+ + e^- = Ag$	-0,800	$Au = Au^+ + e^-$	1,68

2.3 Korozyon Çeşitleri

Korozyon aşağıda belirtilmiş olan biçimlerde olabilir:

- Homojen dağılımlı korozyon
- Galvanik korozyon
- Çukurcuk (oyuklu) korozyonu
- Aralık korozyonu
- Seçici korozyon
- Tanelerarası korozyonu
- Gerilimli korozyon
- Kazımalı korozyon

- Erozyon korozyonu

2.3.1 Homojen dağılımlı korozyon

En yaygın korozyon türüdür. Uzun süreler için hesaplanan ortalama korozyon hızlarının her yerde aynı olduğu kabul edilebilir. Eşit dağılımın başlıca nedeni, anodik ve katodik çevrelerin sürekli olarak yer değiştirmesidir. Homojen dağılımlı korozyonun yararlı olarak değerlendirildiği hallerde vardır. Örneğin, sıcak haddeleme sonucu çeliğin yüzeyini kaplayan oksit tabakalarının uzaklaştırılmasında yararlandığımız yol bu tür korozyon koşulunun gerçekleştirildiği kimyasal işlemlerdir. En yaygın korozyon türü olarak, homojen dağılımlı korozyonun yol açtığı metal kaybı, diğer korozyon türlerine oranla yüksektir. Buna karşın en az korkulan korozyon türü olduğunu belirtmek gerekir. Çünkü homojen dağılımlı korozyonun hızı basit laboratuvar deneyleri ile saptanabilir. Böylece saldırgan ortamlara terk edilen parça ve yapıların ömrüne ilişkin tutarlı tahminlere ulaşmak mümkün olur.



Şekil 2.2 Homojen dağılımlı korozyon

2.3.2 Galvanik korozyon

Birbiriyle temas halinde olan farklı türden metal ve alaşımların aynı ortama terk edilmesi halinde karşılaştığımız korozyon olayıdır. Bu tür galvanik eşlemeler çoğunlukla arzumuz dışında ve bir tasarım veya imalat gereksinimi olarak karşımıza

ıkarlar. Örneğin otomobil motorunun soğutma sisteminde ayrı türden malzemeler soğutucu ortamla temas halindedirler. İlke olarak aktif olan metallerin korozyonu artacaktır. Örneğin, demirin korozyon hızı eğlendiği metalin soylağmasına paralel olarak artmaktadır.



Şekil 2.3 Galvanik korozyon

2.3.2.1 Galvanik korozyonu nleme yolları

Galvanik dizide birbirlerinden uzak metal veya alaşımların eğlenmesi olanaklar lusnde nlenmeye çalışılmalıdır. Bu tür eğlemeler kaçınılmaz bir zorunluluk olarak ortaya çıkarsa aynı türden metaller yalıtkan conta veya ara parçaları kullanarak birbirinden izole edilmelidir. Eğlemede vidalı ve perçinli bağlantılardan kaçınılmalı, kaynak ve lehim türünden bağlantılara öncelik tanınmalıdır.

Eğlenen metallerden yüzey alanı küçük olanların soy olanlarına oranla daha küçük olmasına dikkat edilmelidir.

Eğlenen metallere daha aktif bir metalin iliştirilmesi ile galvanik korozyonun etkenliği sınırlanır ve hatta tamamen nlenebilir. Bu nlemin uygulanması halinde korozyon, sisteme eklenen metal üzerinde yoğunlaşır ve sistemin daha soy metallerden oluşan

kısımları korozyona karşı korunur. Sisteme ilave edilen aktif metal, yani anot belirli zaman aralıklarında değiştirilerek önlemin sürekliliği sağlanır.

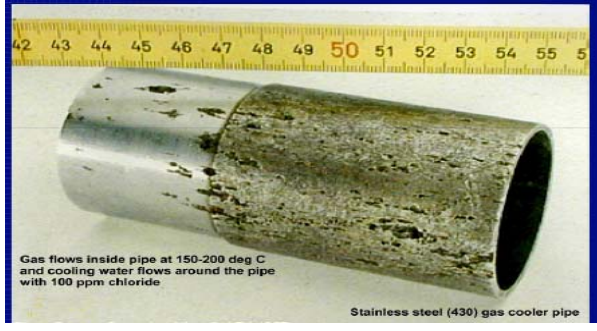
Ortamdan ayrışarak sistemin belirli yerlerinde çökelen metaller olumsuz bir eşlemeye olanak sağlayabilir. Bu tür ayrışmaların zararsız hale getirilmesi için gerekli tasarım önlemleri üzerinde durulmalıdır.

Korozyon hızlarının yüksek olmadığı ve sürekli bakım ve yenilemenin sağlanabildiği koşullarda yüzey kaplamaları yararlı olabilir. Ayrıca ortamın saldırganlığını sınırlayıcı önlemlere de başvurulabilir.

Sistemin korozyona uğrayan kısımları diğer kısımlarına oranla daha kalın olmalıdır. Gereğinde bu kısımların kolay değiştirilmesine olanak sağlayıcı tasarım üzerinde durulmalıdır.

2.3.3 Çukurcuk (oyuklu) korozyonu

Korozyon olayının çok dar bölgeler üzerinde yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan korozyon türüdür. Metal yüzeyinde oluşan çok sayıda çukurcuk genellikle bir karıncalanma görünümü verir. Çukurcukların çapı, derinliği ve sıklığı malzeme ve ortama bağlı olarak değişir. Toplam metal kaybı homojen dağılımlı korozyonun aksine çok küçüktür. Ancak parçalar kısa zamanda delinerek kullanılmaz hale gelirler. Ayrıca, çukurcuk diplerinde oluşan mekanik gerilim yoğunlaşması, dayanç kaybı yanında korozyonlu yorulma ve gerilimli korozyon olarak tanınan çatlama olaylarını başlatabilir. Bozucu etkisi, yaygınlığı ve kontrolündeki güçlükler nedeni ile çukurcuk korozyonu en korkulan korozyon türlerinin başında gelir.



Sekil 2.4 Çukurcuk korozyonu

2.3.3.1 Çukurcuk korozyonunun belirgin özellikleri

Çukurcuk korozyonunu birçok metal ve alaşımda görmek mümkündür. Çukurcuk korozyonu genellikle klor ve brom iyonları içeren nötr ortamlarda oluşur. NaCl ve oksijen bakımından hayli zengin olan deniz suyu çukurcuk korozyonuna yol açan etken bir ortamdır.

PH – değeri de ortamın çukurcuk korozyonunu belirleyen önemli bir göstergedir. Çukurcuk korozyonu öncelikle nötr ortamlarda oluşur. PH - değeri düşürülünce yerini genel korozyona (homojen dağılımlı korozyon) terk eder.

Oksitleyici, yani indirgenebilen metal iyonlarının klorürlerini içeren ortamlar çukurcuk korozyonu yönünden en tehlikeli olanlardır. $FeCl_2$, $CuCl_2$ ve $HgCl_2$ bunların akla gelen ilk örnekleridir. Bu ortamlar da katodik olay klorürlerden kaynaklanan metal iyonlarının indirgenmesidir. Bu koşullarda, oksijene gerek olmadığı gibi, oksijen miktarının çukurcuk korozyonuna etkisi de ihmal edilebilir düzeydedir.

Çukurcuk korozyonunun belirgin özelliklerinden biri de çok küçük çözeltilerle oluşmasıdır. Yani korozyonun yoğunlaştığı çukurcuk dipleri ile ortamın büyük hacmi

arasında bir tıkanıklığın gerekliliğinden söz edilebilir. Bu tıkanıklığı giderici etkiler, örneğin durgun haldeki bir ortamın akış haline dönüştürülmesi, çukurcuk korozyonu eğilimini önemli ölçüde azaltabilir. Bu nedenle, saldırgan ortamların nakli için kullanılan paslanmaz çelik pompalar sürekli çalışma koşullarında korozyona tam dayanç gösterirken, çalışmaya bir süre ara verilmesi durumunda korozyona uğrarlar.

2.3.4 Aralık korozyonu

Aralık korozyonu, perçin cıvata gibi birleştirmelerden dolayı oluşan veya kaplamaların altında kalan dar aralıkta oluşan bir korozyon türüdür. Bu tür dar aralıklar, içerisinde durgun çözelti bulunduran yerlerdir. Bu bölgelere oksijen difüzyonu zordur. Metaller üzerinde biriken kir ve birikintilerin altında da bu tür korozyona rastlamak mümkündür. Bazı makine parçalarında montaj sırasında da yok edilemeyen dar bölgeler ve aralıklar vardır.

Aralık korozyonunun oluşabilmesi için aralığın, sıvının içerisine girebileceği kadar geniş, ancak durgun bir bölge oluşturabilmesi içinde yeterince dar olması gerekir. Bu mesafe milimetrenin onda biri veya daha küçüktür. Aralık genişledikçe korozyon etkenliğini kaybeder ve genişliğin birkaç milimetre olduğu durumlarda ise korozyon nadiren görülür. Aralığı oluşturan malzemelerin ikisinin de metal olması gerekmez. Conta gibi metal ve metal olmayan malzemelerin temas yerlerin de aralık korozyonu oluşabilir. Ağaç, cam, beton, kauçuk, asbest gibi maddeler de aralık korozyonuna sebep olabilir.

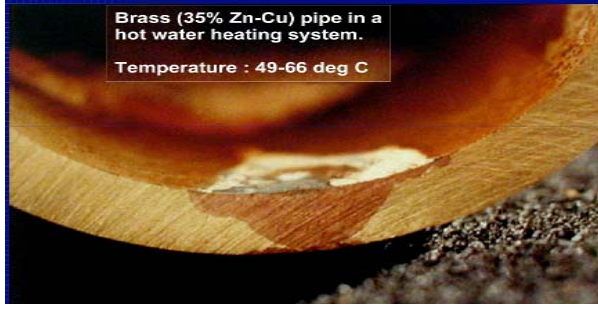


Şekil 2.5 Aralık korozyonu

2.3.5 Seçici korozyon

Alaşımarda belirli bir metal veya belirli bir faz üzerinde olan korozyon türüdür. İlke olarak, elektrokimyasal gerilim dizisinde birbirinden çok uzak metallere oluşan alaşımlar seçici korozyona uğrarlar. Örneğin, altın - gümüş alaşımı seyreltik nitrik asit çözeltisine daldırılınca gümüşün çözüldüğü ve hatta giderek geriye yalnız saf altının kaldığı görülür.

Seçici korozyonun bozucu etkisi malzemenin uğradığı dayanç kaybıdır. Korozyonun etkili olduğu bölgelerde çekme dayanımının sıfıra indiği kabul edilir. Bu nedenle korozyona uğrayan parçalarda saptanan dayanç kaybı korozyondan etkilenen kesit alanının doğrudan bir göstergesi olarak önem taşır. Büyük ölçüde dayanç kaybına karşın, korozyona uğrayan parçaların dış görünümünde, renk değişimi dışında hiçbir farklılık görülmeyebilir.



Şekil 2.6 Seçici korozyon

2.3.6 Tanelerarası korozyonu

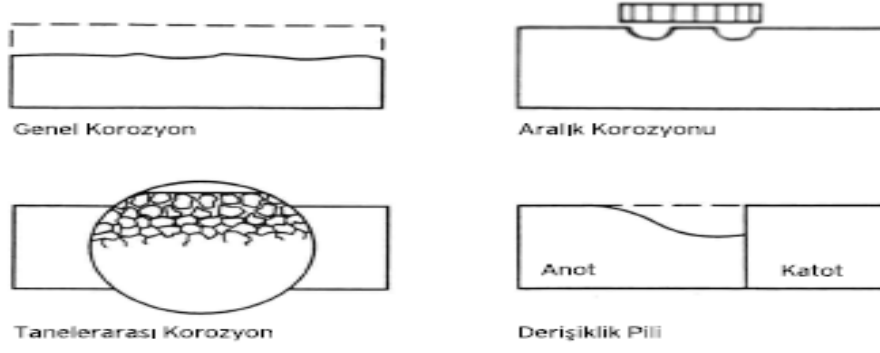
Korozyon olayının malzemenin tane sınırları yakınında yoğunlaşması sonucu ortaya çıkan bozunma türüdür. Tane sınırları korozyonu özellikle ostenitik dokulu krom - nikel çeliklerinde ve alüminyum - bakır alaşımlarında görülür. Ferritik dokulu paslanmaz çelikler, çok sınırlı koşullar altında bu tür korozyona duyarlılık gösterirler.

Tane sınırları korozyonunun en belirgin özelliği çok küçük ağırlık kaybına karşın, korozyon hızının tane sınırları yakınında çok yüksek değerlere ulaşabilmesidir. Bu koşul, parçaların kısa sürede tüm kesit alanı boyunca korozyona uğrayarak bozunmalarına yol açar. Taneler bütünlük ve şekillerini korurken, taneler arası bağ bozunmaya uğrar. Bunun sonucu olarak metallere özgü bazı tutumlarda önemli değişiklikler beklemek gerekir. Bunlardan en önemlisi korozyonun etken olduğu bölgelerde mekanik dayancın sıfıra indirgenmesidir.

Örneğin tane sınırları korozyonu ile bozulan ostenitik krom - nikel bir parçayı parmaklar arasında ezerek toz haline getirmek mümkündür. Parçaların dış görünüm ve ölçülerinde önemli bir değişiklik görülmez. Bu nedenle, tane sınırları korozyonun izlenmesini ve kontrol altına alınmasını güçtür.



Şekil 2.7 Tanelerarası korozyon



Şekil 2.8 Korozyon çeşitlerine örnekler

2.3.7 Gerilimli korozyon

Saldırğan ortamlarla temas halinde olan makine parçaları ve metal yapıların çoğu mekanik gerilimler altındadır. Yüksek basınçlı kaplar, buhar kazanları, içten yanmalı motorların silindir gömlekleri, pompa mili ve rotoru verilebilecek çok sayıda örnekten birkaçıdır. Gerilimli korozyon, aynı korozif ve mekanik etmenlerin yol açtığı bozunma türü olarak tanımlanabilir. Bozunma parça yüzeyinde mevcut çatlak veya gerilim yoğunlaşmasına olanak sağlayan diğer geometrik düzensizliklerle başlar (örneğin, çukurcuk korozyonunun parça yüzeyinde oluşturduğu çukurcuklar, mekanik gerilimlerin de etkisi altına girerek keskin uçlu çatlaklara dönüşebilir).

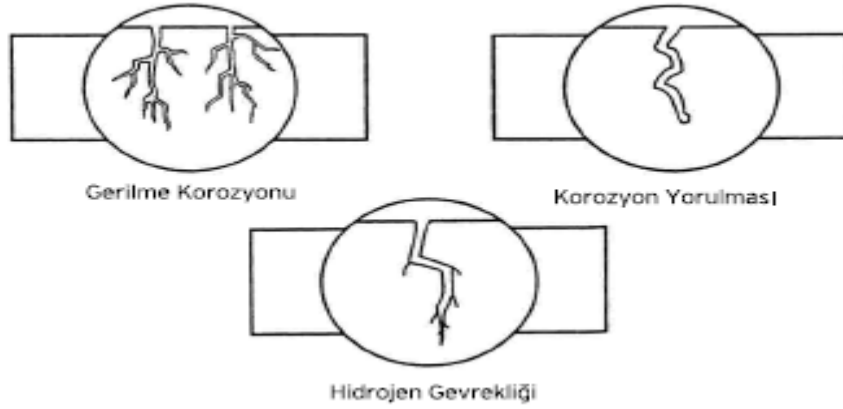
Çatlaklar mekanik gerilimlerin büyüklüğü ve çevresel koşulların etkenliğine de bağlı olarak belirli hızlarla malzeme içine doğru yürürler. Parça kesitinin mevcut yükleri taşıyamayacak ölçüde daralması sonucu ani kopmalar meydana gelir.

Gerilimli korozyonun en önemli özelliği kimyasal ve mekanik etkilerin birbirlerini destekler nitelikte gelişmesidir. Bu nedenle aynı zamana rastlamayan korozif mekanik etkilerin toplamı, gerilimli korozyon olarak nitelenemez. Gerilimli korozyonun oluşabilmesi için gerekli koşulları şöyle özetleyebiliriz.

1. Duyarlı bir malzeme
2. Etken bir ortam
3. Çekme gerilimi
4. Zaman



Şekil 2.9 Gerilimli korozyon



Şekil 2.10 Korozyon çeşitlerine örnekler

2.3.8 Kazımalı korozyon

Yeterli yük altında birbirleri üzerinde ileri geri hareket eden metal yüzeylerde görülen bozunma türüdür. Bozunan yüzeylerin görünümü çok sayıda oksit parçaları ile çevrelenmiş çukurcuklardan oluşur. Olaya korozyonla desteklenen aşınma olarak bakılabilir. Başlangıçta parçaların teması yüzeylerin çıkıntılı kısımlarının birbirlerine değmesi ile sağlanır. Yüksek gerilim altında sivri uçlar parçaların kayma hareketi sırasında kazınırlar ve ara yüzeye giren havanın oksijeni ile oksitlenirler. Böylece oluşan oksit parçacıklarını ara yüzeyden uzaklaştırma olanağı yoktur. Bunlar genellikle serttir ve kazıyıcı ortam olarak etkilidirler. Olay kazınan parçaların oksitlenmesi ile tekrarlanarak sürer.

2.3.9 Erozyon korozyonu

Bir metal ile korozif ortam arasındaki bağıl hareket nedeniyle metalin aşınma ya da parçalanma hızının artmasına erozyon korozyonu denir. Genellikle bu hareket oldukça hızlıdır ve mekanik yıpranma ya da aşınma etkisi söz konusudur. Metal, metal iyonu halinde çözünerek uzaklaşır ya da katı korozyon ürünleri oluşturur. Bu korozyon

ürünleri de mekanik olarak metal yüzeyinden uzaklaştır. Erozyon korozyonunun görünüşü kendine özgü olup, yivler, hendekler, dalgalar, yuvarlakça delikler, oluklar, at nalı gibi çeşitli biçimde olabilir.

Metal ya da alaşımların çoğu erozyon korozyonunu karşı duyarlıdır. Birçoklarının korozyona karşı duyarlılıkları yüzeylerinde oluşan filme (pasiflik) bağlıdır. Bunlara örnek olarak alüminyum, kurşun ve paslanmaz çelikler verilebilir. Bu koruyucu filmler yıprandığı ya da hasara uğradığı zaman metal ve alaşımlar hızla erozyon korozyonuna uğrarlar.

Erozyon korozyonu çeşitli ortamlarda olabilir. Bunlar gazlar, sulu çözeltiler, organik sistemler ve sıvı metallerdir. Örneğin sıcak gazlar bir metali oksitleyebilir yüksek karıştırma hızında bu oksitler savrulup gidebilir, aksi durumda ise koruyucu film oluşturur.



Şekil 2.11 Erozyon korozyonu

2.4 Korozyon Hızını Belirleme Yöntemleri

Metal ve alaşımların korozyona karşı dirençlerini birbirleriyle karşılaştırabilmek için her birinin aynı korozyon ortamdaki korozyon hızları verilmelidir. Korozyon hızı bir metalin birim zamandaki çözünme miktarıdır. Bazı korozyon hızı belirleme yöntemlerini şöyle sıralayabiliriz. Çalışmalarımızda elektrokimyasal yöntemler kullanılmıştır.

1. Analitik yöntemler
2. Kütle kaybı yöntemi
3. Elektrokimyasal yöntemi
 - a) Tafel ekstrapolasyonu yöntemi
 - b) Lineer polarizasyonu yöntemi
 - c) Alternatif akım empedans yöntemi

2.4.1 Analitik yöntemler

Korozyon hızı belirlemelerinde çokça uygulanan bir yöntemdir. Çözelti içindeki korozyon ürünlerinin miktarının tayinine dayanır. Korozyon ürünlerinin miktarı zamana bağlı olarak artacağından, belirli zaman aralığındaki analiz değerlendirilir. Analitik yöntemlerden uygun olanı seçilerek korozyon ürünlerin analizi ayrı ayrı yapılabilir. Koroziif ortama eklenen inhibitörün metal yüzeyinde adsorplananın dışında, çözeltide kalan kısmı analiz edilerek de sonuca ulaşılabilir.

2.4.2 Kütle kaybı yöntemi

Kütle kaybından korozyon hızı belirlenirken çözünmenin homojen olması ve korozyon ürünlerinin ya tamamen çözünür veya uygun bir çözeltide çözünerek metal yüzeyinden uzaklaştırılması gerekmektedir. Bu yöntemde korozyon akımı Faraday yasası ile şöyle bulunabilir:

$$i_{kor} = \frac{\Delta m \cdot F \cdot n}{\Delta t \cdot M}$$

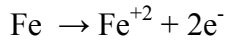
Burada Δm kütle kaybı, F Faraday sabiti, n söz konusu metalin yükseltgenmesi sırasında verdiği elektron sayısı, M metalin mol kütlesi, Δt ise zaman aralığını gösterir.

Kütle kaybı yöntemiyle korozyon hızının bulunması elektrokimyasal yöntemlere göre daha uzun zaman gerektirir.

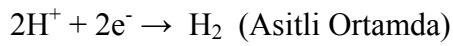
2.4.3 Elektrokimyasal yöntemler

Elektrokimyasal yöntemlerle korozyon hızı belirleyebilmek için, korozyonun elektrokimyasal doğasını bilmek gerekir. Korozyon olayı, elektrokimyasal bir pilde yürüyen olaylarla aynıdır. Korozyon tepkimesi de pil tepkimesinde olduğu gibi anodik ve katodik yarı tepkimelere ayrılır. Bu tepkimeler aşağıdaki gibidir.

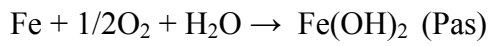
Anodik reaksiyon;



Katodik reaksiyonlar;



Toplam Reaksiyon;



2.4.3.1 Tafel ekstrapolasyonu yöntemi

Potansiyostatik ve galvonastatik yöntemle, korozyon potansiyelinden başlayarak anodik ve katodik yönde çizilen, yarı logaritmik akım-potansiyel eğrilerinin çizgisel bölgelerinin korozyon potansiyeline ekstrapole edilmesiyle korozyon hızı yani korozyon akımı belirlenir. Kısa sürede gerçekleştirilen bu yöntem, tek bir indirgenme ve yükseltgenme reaksiyonu içeren sistemlere uygulanabilir. Anodik ve Katodik Tafel bölgeleri bir arada elde edilemediği zaman ise sadece birinin korozyon potansiyeline ekstrapolasyonu ile de korozyon hızı bulunabilir.

2.4.3.2 Lineer polarizasyon yöntemi

Korozyon potansiyeli dolayındaki doğrusal akım-potansiyel değişiminin eğiminden polarizasyon direnci bulunup, Stern-Geary eşitliğinde yerine konarak korozyon hızı belirlenebilir.

$$i_{cor} = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.303(\beta_a + \beta_c)} \left(\frac{\Delta I}{\Delta E} \right) = \frac{\beta_a \cdot \beta_c}{2.303(\beta_a + \beta_c)} \left(\frac{1}{R_p} \right) = \frac{B}{R_p}$$

$$R_p = \Delta E / \Delta I$$

Burada i_{cor} korozyon akımı, β_a ve β_c ise anodik ve katodik Tafel doğrularının eğimleridir. Korozyon potansiyeli dolayındaki doğrusal akım-potansiyel değişiminin eğiminin ($\Delta I / \Delta E$) tersi ise, R_p polarizasyon direncidir.

2.4.3.2 Alternatif akım empedans yöntemi

Bu yöntemde metal çözelti ara yüzeyinin eşdeğer elektriksel devresinden yararlanılarak yük transfer kontrollü tepkimelerin Rp polarizasyon direnci belirlenip, Stern-Geary denkleminde yerine konulması ile korozyon hızı bulunur. Elektriksel eşdeğer devreler çalışılan ortam ve metal yapısına bağlı olarak farklılık gösterdiklerinden, Rp'nin hesaplanması her zaman kolay olmaz.

2.5 Çinko Metali ve Fiziksel Özellikleri

Çinko, mavimsi açık gri renkte, kırılgan bir metaldir. Elementlerin periyodik tablosunda geçiş elementleri grubunda yer almakta olup , düşük kaynama sıcaklığına sahiptir. Bu özellik metal üretiminde çok belirleyici bir etmendir. Dökülmüş halde sert ve kırılgan olan çinko, 120°C'de şekillendirilebilir. Elektrokimyasal potansiyel dizisinde demir'den daha negatif potansiyele sahiptir. Böylece çinko anot olarak katodik korumada önemli bir kullanım alanı bulur. Galvanizleme de bu tür uygulamalardan biridir.

Çinko gerilim sırasındaki yerine uygun olmak üzere de asitlerde hidrojen ayrıştırarak çözünür. Çinko, saf suda, yüzeyinde koruyucu hidroksit oluşturduğundan çözünmez. Fakat bazik ortamda çinkat vererek çözünür. Nitrik asitte artan asit derişimine bağlı olarak NH₃, N₂O, NO ve NO₂ gibi ürünler oluşturmak üzere tepkimeye girer. Derişik sülfürik asit ise tepkime sonucu SO₂ çıkışı olur. Çinko bileşiklerinin en önemlileri ZnO, ZnSO₄, ZnCl₂ dür.

Çinko, yerkabuğunda en çok bulunan elementler arasında 23. sıradadır. En çok kullanılan cevheri ise sfalerit (ZnS) olup, %40-50 çinko ve yaklaşık %10 da demir

içerir. Çinkonun ayrıştırıldığı diğer mineraller smitsonit (çinko karbonat), hemimorfit (çinko silikat) ve franklinit ((Fe,Mn,Zn)(Fe,Mn)₂O₄) dir.

Çinko, bileşiklerinde +2 değerlikli olup oluşturduğu bileşiklerde ise genelde iyonik bağ yapar. Amonyak, amin, siyanür ve halojen iyonları ile kompleks bileşikler verir. Mineral asitlerde H₂ çıkışıyla çözünür. Nitrik asitte ise NO_x çıkışı olur. Çinko, özellikle toz halde çok etkili indirgendir. Normal sıcaklıkta havada bırakılan metalin yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluştuğundan bu sıcaklıkta halojenlere bile dayanıklıdır. HCl gazı çinkoyu çok çabuk korozyona uğratar. Toz çinkonun reaksiyona girme kabiliyeti oldukça fazla ise de yanıcı değildir. Yüksek sıcaklıkta oksijen, klor ve kükürt gibi elementlerle şiddetle reaksiyona girer. Civa ile sert bir amalgam meydana getirir. Klorür ve sülfat tuzlarının suda yüksek miktardaki çözünmesine karşılık, çinko oksit, silikat, fosfat ve organik kompleksleri ya suda hiç çözünmezler ya da çok az çözünürler. Bileşikleri arasında çinko oksitin teknik ve ekonomik değeri vardır. Organik bileşikleri arasında ise çinko sabunu en önemli kullanıma sahip olanıdır.



Şekil 2.12 Sfalerit (çinko sülfür) minerali

2.5.1 Çinkonun fiziksel özellikleri

- Görünüş : Mavimsi açık gri
- Mol kütlesi : 65,409(4) g/mol
- Elektron dizilimi : Ar 3d¹⁰ 4s²
- Maddenin hali : katı
- Yoğunluk : 7,14 g/cm³
- Sıvı haldeki yoğunluğu : 6,57 g/cm³
- Ergime noktası : 419,53°C
- Kaynama noktası : 907°C
- Ergime ısısı : 7,32 kJ/mol
- Buharlaşma ısısı : 123,6 kJ/mol
- Isı kapasitesi : 25,390 (25°C) J/(mol·K)
- Elektrik direnci : 59,0 nΩ·m (20°C'de)
- Isıl iletkenlik : 116 W/(m·K)
- Isıl genleşme : 30,2 µm/(m·K) (25°C'de)

2.5.2 Çinkonun kullanım alanları

Çinko, dünyada yıllık kullanım miktarı açısından demir, alüminyum, ve bakırdan sonra gelir. Çinko korozyondan korunma amacıyla, çelik gibi diğer metallerin kaplanmasında, pirinç, nikelli gümüş, değişik lehimler, alman gümüşü gibi alaşımların yapımında, genellikle otomotiv endüstrisinde döküm kalıplarında ve pil gövdelerinin yapımında kullanılır.

Çinko oksit, sulu boyalarda beyaz pigment ve lastik sanayinde aktivatör olarak kullanılır. Reçetesiz satılabilen bazı merhemlerin bileşiminde bulunur ve ince bir tabaka halinde uygulandığında cildin su kaybetmesini önler. Yazın güneş, kışın da soğuk

yanıklarına karşı koruyucudur. Bebeklerin bez bağlanan bölgelerinde çok az miktarda kullanılarak ciltte meydana gelebilecek kızarıklıklar önlenebilir. Yaşa bağlı göz hastalıklarının tedavisinde de kullanılmaktadır.

Çinko klorür, deodorantlar ve ahşap koruyucularda

Çinko sülfür, karanlıkta parlayan pigment olarak saatlerin akrep ve yelkovanlarında

Çinko metil, $(Zn(CH_3)_2)$ pek çok organik maddenin sentezinde kullanılmaktadır.

Ayrıca, çinko pek çok günlük vitamin ve mineral ilaçlarının bileşeni olup, cildin ve kasların erken yaşlanmasını önleyen anti-oksidan özellikler taşıdığına da inanılmaktadır.



Şekil 2.13 Çinko

2.6 Bakır Metali ve Fiziksel Özellikleri

Bakır, ısı ve elektriği iyi iletmektedir. Korozyona dayanıklıdır. Mekanik özellikleri değiştirilebilir. İşlenmesi ve şekillendirilmesi kolaydır. Lehim ve kaynak işlemlerine elverişlidir.

2.6.1 Bakırın fiziksel özellikleri

- * Özgül kütle: $8,92 \text{ g/cm}^3$
- * Ergime sıcaklığı: 1083°C
- * Isıl genleşme katsayısı: $17,7 \cdot 10^{-6} \text{ K}$
- * Isıl iletkenlik: $0,91 \text{ cal/cm.s.grd}$
- * Elek. İletkenliği: $40-59 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2$
- * Elastik modülü: $125000-128500 \text{ N/mm}^2$
- * Mol kütlesi: 63.546
- * Kaynama Noktası: 2567°C
- * Boyca Genleşme Katsayısı: $0.0000166\text{cm}/^\circ\text{C} (0^\circ\text{C})$
- * Yoğunluk: $8.96\text{g/cc} (300\text{K})$
- * Niteliği: Portakal renkli bir geçiş metalidir.

2.6.2 Bakırın elde edilmesi

* Tabiatta saf bakıra nadiren rastlanır. Doğada genellikle oksitli ve sülfürlü bakır cevherleri halinde bulunur. Oksitli bakır cevherleri Cu_2O ve CuCO_3 $\text{Cu}(\text{OH})_2$, Sülfürlü cevherler ise Cu_2S , Cu_3FeS_3 ve CuFeS_2 dir.

* Kükürlü cevher ilk önce kavrulur. SO_2 açığa çıkar. Geri kalan kısım kuyu fırınında ergitilmesiyle ve %50 bakır içeren “mat” oluşur. Bu işlem birçok kez tekrarlanır ve mat yakılmasıyla %94 ile %97 bakır içeren ham bakır elde edilir.

* Oksitli cevher yaş metoda göre H_2SO_4 ile karşı akım usulünde işleme tabi tutulur. %3 bakır içeren bakır sülfat çözeltisinden bakır, demir hurdası vasıtasıyla çöktürülür veya elektrolit olarak katotta toplanır.

* Elde edilen ham bakır elektroliz veya alevle saflaştırma metotlarıyla içindeki yabancı maddelerden arıtılır.

* Alevle saflaştırma: Oksijene karşı bakırdan daha fazla ilgileri olan yabancı maddelerin oksitlenerek gaz haline geçmeleridir. Fakat bu esnada oldukça fazla Cu_2O oluşur ve ergimiş bakırda %7 oranında çözülür. Bu yüzden yüksek fosforlu bakır veya yeşil ağaç dallarının banyoya daldırılmasıyla redükleme yapılır.

* Elektrolizle saflaştırma: Levhalar halinde dökülmüş olan ham bakır, sülfürik asitli bakır sülfat banyosuna anot olarak asılır. Alçak gerilim ve yüksek yoğunlukta akım verilerek bakır anottan ayrılır.

* Bakır yüksek elektrik iletkenliği bakımından bütün elektroteknik için önemlidir. İletkenler, şalter parçaları vs. bakırdan imal edilmektedir.

* Mükemmel ısı iletkenliğinden dolayı ısı eşanjörlerinin imalinde de kullanılır. Bunlara, kanatlı borular, buzdolabı boruları, lamelli radyatörler örnek olarak verilebilir.

2.6.3 Bakırın kullanım alanları

Kimyasal etkilere karşı dayanıklılığı sebebiyle bakır, kimya ve gıda maddeleri endüstrisinde, tesisat tekniğinde, makine imalatında geniş kullanım alanına sahiptir. Örneğin: bira kaynatma kazanları, banyo sobaları, bakır damlar, su boruları ve armatürler gibi.



Şekil 2.14 Armatür



Şekil 2.15 Bira kaynatma kazanı

2.6.4 Bakırın işlenmesi

Bakır, dört şekilde işlenebilir.

- Talaşsız şekil verme
- Talaş kaldırarak şekil verme
- Birleştirme
- Dökümle

1) Talaşsız şekli verme: Ticari bakır çeşitleri soğuk veya sıcak olarak şekillenebilir. Yarı mamül üretiminde başlangıçta sıcak olarak büyük kesit azaltmaları, sonunda ise

küçük boyutlarda soğuk işlenerek kombine bir yöntem kullanılır. Sıcak şekil verme 650°C'nin üstünde yapılır. Sac ve bant için 200 mm kalınlığa ve 2 ton ağırlığa kadar dökülmüş hadde levhaları alınır. Bunlar 800°C'da tavllanır ve sıcak olarak 10 ila 20 mm kalınlığa ininceye kadar ön haddelenir. Dekapaj ve bölme işlemlerinden sonra saclar son olarak soğuk haddelenir.

2) Talaş kaldırarak şekil verme: Bakır düşük sertliğinden dolayı(sert durumda dahi) yayılıp yapışma eğilimi gösterdiği için talaş kaldırılan bir metaldir. Sertliği oldukça yükselten telleryumun etkisi, selenyum, kalay ve çinko gibi elemanların az miktarda ilavesiyle kabiliyeti iyileştirilebilir.

3) Birleştirme: Yumuşak ve sert lehimleme, gaz ergitme, elektrik ark ve direnç kaynakları olarak beşe ayrılır.

a)Yumuşak lehimleme; özellikle elektroteknikte kullanılan küçük parçaların kalay miktarı yüksek kalay lehimini ile havya alev veya daldırma usulünden faydalanılarak birleştirilmesine yarar.

b)Sert lehimleme; lehim yeri yüksek mekanik zorlamalara dayanmak zorunda ve ergitme kaynağı mümkün değilse kullanılır.

c)Gaz ergitme; kalın ve büyük parçaların birleştirilmesi için kullanılır.

d)Elektrik ark; bakırda kullanılamaz. Çünkü normal ark bakırın yüksek ısı iletkenliği sebebiyle yeterli büyüklükte bir metal banyosu oluşturmaya yetmez.

e)Elektrik direnç; bakırın kaynağı, bakır kablo ve rayların birleştirilmesi gibi büyük olmayan kesitlere uygulanır.

4) Dökümle: Bakır iyi bir döküm malzemesi değildir. Bu yüzden bakırın kalıp dökümü sadece elektrik iletkenliğine gerektiren kokiller, yüksek fırın hava memeleri, sıcak hava valfleri, soğutma levhaları gibi yerlerde kullanılır.

2.7 Pirinç Metali ve Özellikleri

* Pirinç bakır ve çinko alaşımıdır. Tabii olarak bulunmaz. Saf bakır ve çinkonun gerektiğinde de kurşun da ilave edilerek ergitilmesiyle elde edilir. %54'den fazla bakır içeren pirinç alaşımları önemlidir. Daha az bakır bulunması durumunda alaşımlar sert ve çok gevrek olduklarından kullanılamazlar.

* Pirinç düşük sıcaklıktan etkilenmez. Sıcaklık yükselmesiyle pirincin korozyon direnci ve şekil değiştirme kabiliyeti azalır.

* Pirinç manyetik değildir. Yüzde birkaç demir ilavesiyle hafif manyetik özellik gösterebilir.

* Pirinçler tane yapılarına göre iki gruba ayrılırlar. Alfa pirinci(tek fazlı) ve alfa-beta pirinci(çift fazlı)

Alfa pirinci: %62 den fazla bakır içerir. Yalnız alfa katı eriyik kristallerinden meydana gelir. Soğukta çok çabuk şekil değiştirebilirler. Fakat talaş kaldırarak işlemek zordur. Cıvata, pim ve vida yapımında yaygın olarak kullanılır.

Beta pirinci: Daha az bakır içerir. İç yapısında alfa kristalleri yanında beta kristalleri de bulunur. Saf beta-pirinç alaşımlarında %53 den daha az bakır içerir ve teknikte kullanılmaz. Sıcakta çok iyi şekil değiştirir ve talaş kaldırılarak kolay işlenebilirler. Kurşun ilavesi ile işlenebilme kabiliyeti artırılır. Soğukta sert ve gevrekler. Musluk vanası, kapı ve pencere kolu ve bazı bağlantı parçalarının imalinde kullanılır.

2.7.1 Pirincin kullanım yerleri

Mimari ve elektroteknikte (mesela klemenslerde), her tür dönel parçalar (cıvatalar, somunlar, rekorlar, flanşlar), optik ve mekanik endüstrisinde, lamba parçaları, elektrik

cihazları, ev eşyaları, çakmak zarfları, nefesli sazlar, bilyalı kalem uçları ve tel dokumalarda kullanılırlar.



Şekil 2.16 Pirinç

2.7.2 Pirincin korozyon durumu

- 1) Çinkosuzlaşma
- 2) Gerilmeli korozyon

1) Çinkosuzlaşma: Bu korozyon şeklinde sadece çinko yüzeyden ayrılmaz bütün pirinç yani bakır ve çinko çözülür, aynı zamanda bakır korozyon yerinde ya da yakınında tekrar ayrılır. Bu olay başlangıç durumunda belli etmeden bir parçayı tamamen harap edebilir. Önlem olarak, mesela kondenser boruları için özel pirinç kullanılması eğer şartlar çok ağırsa çok az fosfor yahut arsenik katılması gerekir.



Şekil 2.17 Çinkonun korozyonla uzaklaşması

2) Gerilmeli korozyon: Pirinçte %80den az bakır bulunursa ortaya çıkabilir. Yüzeyde çekme gerilmelerinin etkisi altında bulunan parçalar herhangi bir dış sebep görülmediği halde ani olarak çatlayabilirler (havadaki NH_3). Gerilme çatlaklarını önlemek amacıyla, korozyona sebep olan maddeler ortamdaki uzak tutulur (boya, korunmuş depolama ile) veya parçadaki gerilmeler yok edilir.

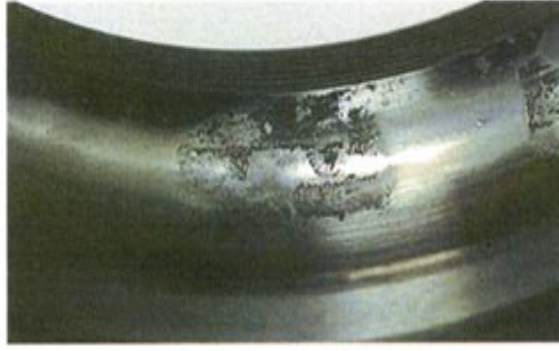


Şekil 2.18 Gerilmeli korozyon

Pirincin asit ve asit tuz çözeltilerine karşı dayanıklılığı iyi değildir. Nötr tuz çözeltileri ve alkalilere karşı dayanıklıdır. Deniz suyuna ve tatlı suya karşı alfa-pirinçleri alfa-beta-pirinçlerinden daha dayanıklıdır. Pirince dış havanın zararlı etkisi bakırla kıyasla biraz daha fazladır. Ancak malzemeye hemen zarar verecek kadar da fazla değildir.



Şekil 2.19 Paslanmaz çeliğin sülfat- sülfürik asit çözeltisinde 27 saat bekletilmesi sonucu oluşmuş korozyon



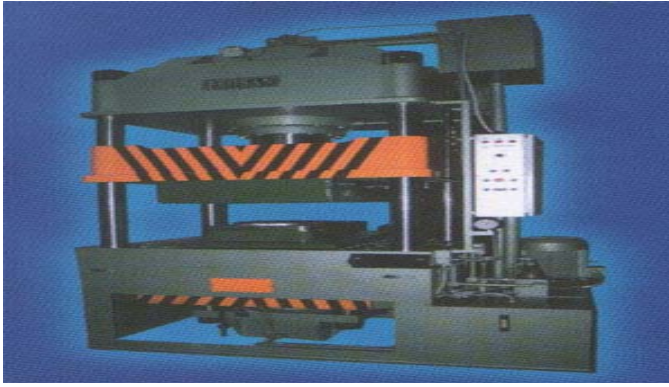
Şekil 2.20 Paslanmaz çeliğin klorür içeren sulu ortama maruz kalması sonucu oluşmuş korozyon

2.7.3 Pirincin işlenmesi

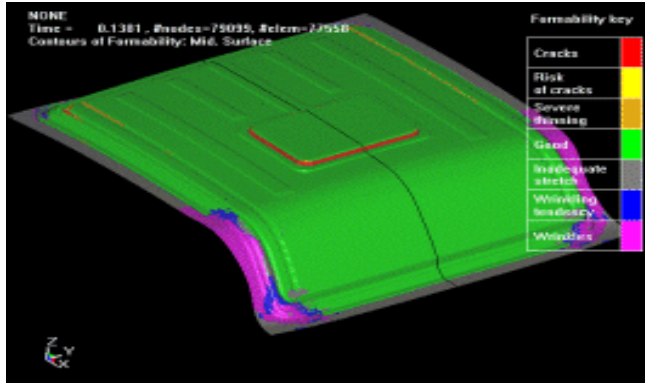
- 1) Talaşsız şekil vermeyle
- 2) Isıl işleme
- 3) Talaş kaldırarak şekil vermeyle
- 4) Birleştirme usulleriyle
- 5) Yüzey işlemleriyle

1) Talaşsız şekil verme: Bu işlem için en iyi alfa yapılı (%63'den fazla bakır içeren)pirinçler uygundur. Başta derin çekme olmak üzere sıvama, zımparalama, akma ekstrüzyonu, yığma, bükme ve basma usulleri uygulanır.

Derin çekme; kesilmiş sac parçalarının içi boş cisimler haline getirilmesi veya böyle cisimlerin daha ileri kademede şekillendirilmesidir.



Şekil 2.21 Derin çekme makinası



Şekil 2.22 Derin çekme sonucu oluşmuş tavan sac

Sıvama; içi boş cisimlerin elle imalına yarayan bir yöntemdir. Özellikle kullanılan maddenin yumuşak olması gerekir. Derin çekmeye kıyasla daha az masraflıdır. Bu yüzden ya tek parçalar ya da el sanatları için uygundur.



Şekil 2.23 Sıvama sonucu oluşmuş sac

- Kesme; talaşsız şekil verme usullerine dahildir. Çalışma aletleri; kesme istampası ve kesme levhasıdır. Çalışılacak yüzey çok iyi parlatılmış olmalıdır.
- Basma; bu yöntemde malzeme alt ve üst kalıp arasında preslenir.
- Yığıma; bu işlemle perçin, pim, hortum supabı ve cıvata üretilir.
- Akma ekstrüzyonu; kurşun tüplerin soğuk püskürtülmesinden geliştirilmiştir. Elektroteknik ya da aparat imalatında kullanılır
- Dökme ve köşeli kıvrırma; kalınlıkları az olan profillerin imalında kullanılır. Kalıplama ve dövmede ise alfa-beta – pirinçleri kullanılır. Ekstrüzyonla imal edilmiş çubuk profil ya da borulardan kesilmiş parçalar tavlandıktan sonra kalıpla dövülür.

2) Isıl işlemler: Soğuk şekil değiştirme sonucu her metal sertleşir. Bu durum sertlik yükselmesinden dolayı istenirken, malzemenin şekil değiştirmesi güçleştiğinden de istenmez. Pirinçteki sertlik, akma sınırı ve şekil değiştirme güçlüğü tavlama yöntemiyle giderilebilir. Tavlama sıcaklığı soğuk şekil değiştirme derecesine ve alaşıma bağlıdır. 500°C ile 600°C sıcaklık tavlama malzemesini yumuşatmaya yetmektedir.

3) Talaş kaldırarak şekil verme: Bu yöntemde tornalama ve delme usulleri mevcuttur. Malzemeye önce tornalama sonra delme işlemi uygulanır.

4) Birleştirme usulleri: Lehimleme ve kaynak olmak üzere ikiye ayrılır. Lehimlemede yumuşak lehimlemeden ziyade sert lehimleme daha uygundur. Sert lehimleme yüksek şekil değiştirme kabiliyeti, korozyona dayanıklılık, direnç ve uygun renk istenilen hallerde kullanılır.

Kaynak ise; pirincin ısı iletkenliği bakırınkinin %30'u kadar olduğundan bakıra kıyasla daha iyi kaynak yapılır.

5) Yüzey işlemleri: Pirincin kaplanmasıdır. Bunun için en uygun yol galvanik kaplamadır. Pirinç üzerine galvanik yolla çeşitli metalik kaplamalar yapılır. Bunun için en çok nikel, krom, gümüş ve altın kullanılır.



Şekil 2.24 Gümüş kaplama

2.8 Çinkoyla Yapılan Çalışmalar

Desai *et al.* (1973)'de yaptıkları çalışmada; çinkonun korozyon inhibitörleri konu edinilmiştir. Çinko, demir içermeyen metallerin en önemlilerinden biridir. Metalik kaplamada kullanımı çok yaygındır. Hava kirliliğinden dolayı oluşan paslanmaya ve atmosferik saldırıya karşı oldukça dirençlidir. Saf suya ve deniz suyuna karşı direnci oldukça yüksek iken yumuşak suya direnci çok düşüktür. Çinko ve demir arasında 60°C ve üzeri sıcaklıkta kutuplaşma oluşur. Çinko ürünlerinin korozyonu alkali ve asitlerde kolayca çözünür. Metal yüzeyi sadece nötr ortamda korunur. Çinko nötr çözeltilerde oksijen kaplamadan dolayı kolayca aşınır. Asitte ise çinkonun çözünme hızı, katodik bölgedeki hidrojen oluşumunda oluşan aşırı potansiyelden oldukça etkilenir.

Aramaki'nin (2000) yılında yaptığı çalışmada; havayla doyrulmuş 0.5 M NaCl 'de yapılan çinko korozyonundaki katyon inhibitörlerinin(Al^{+3} , La^{+3} , Ce^{+3} , Ce^{+4}) inhibisyon etkileri incelenmiştir. Bu katyonlardaki inhibisyon etkileri, çözeltideki çinko elektrot polarizasyon ölçümleriyle belirlenmiştir. Ce^{+3} ve La^{+3} 'ün etkileri %90 oranında yükselmiştir. Fakat çinko korozyonunun uyarılmasını gösteren diğer katyonlar negatiftir. XPS'de, Ce^{+3} içeren bulunan çözeltideki çinko yüzeyinde oluşan ZnO ve $Zn(OH)_2$ parçacıkları ve Ce_2O_3 ile $Ce(OH)_3$ 'den oluşan zayıf bir koruma tabakası olduğu görülmüştür. Bu tabaka içerisinde de klorür iyonu bulunmamaktadır. Yüzeydeki tabaka oluşumu da bu sonuçlara göre yorumlanır.

Kalinauskas *et al.* (2001)'de yaptığı çalışmada; nötral çözeltilerde çinkonun fotokimyasal korozyonu incelenmiştir. Çinkonun foto korozyonu, polikromatik ve lazer aydınlatmayla bakılan oksijen atmosferdeki oksit tabakasıyla kaplanmıştır. Aydınlatma, çözünmüş oksijene farklı parçalar içeren NaCl içerisinde yapılır. Işıktaki korozyon hızı aydınlatmanın ilk aşamasında oluşur. Bunun sonucunda da hem katodik sınır akımında yükselme hem de pozitif foto potansiyelindeki değişim bariz bir şekilde görülür. Oksijensiz çözeltide hızın etkisi kaybolur. Bu sebeple de oksijen indirgenmesinde hızlandırılmış ışın yüklenir. Hız etkisindeki aydınlatma zamanı ile ışın inhibisyonu yer

değiştirir. Bu değişim empedans ve kütle kayıp ölçümlerinde görülür. İnhibisyon etkisi, çinkoda koruyucu tabakada ışık üretimiyle açıklanır. Korozyonun başlangıç sürecinde, nanogravimetri cam kristaliyle ışın korozyon deneyleri oksit tabakasında çürüme sonucu oluşan ışınlar bunu desteklemez.

2.9 Bakırla Yapılan Çalışmalar

Otmacic and Ema Stupnisek-Lisac'ın (2002) yaptıkları çalışmada; nötral ortamda bakırın korozyonuna toksik olmayan imidazol türevlerinin etkisini, elektrokimyasal polarizasyon metotları ve kütle kaybı ölçümleriyle incelemişlerdir. Bu imidazollar bakırın korozyonunu inhibe etmekte olup, sonuçlar daha yüksek moleküllü bileşiklerin inhibisyon etkisinin daha iyi olduğunu göstermiştir, örneğin fenil halkası içerenler gibi.

Li *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada; Triasetoksivinilan'ın bakır alüminyum metallere yüzey davranışını öğrenmek için, sulu ortamda sol-jel hazırlanmıştır. Sol-jelle hazırlanmış metallere korozyonu çevrimsel voltametri, potansiyodinamik polarizasyon ve elektrokimyasal empedans spektroskopisiyle incelenmiştir. Bu sonuçlara göre TAVS sol-jelle kaplanmış metaller, trietoksilan sol-jelle kaplanmış metale göre daha iyi korunmaktadır.

Taniguchi and Manabu Kawasaki'nin (2008) yapmış oldukları çalışmada ise, anaerobik koşullarda saf bakırın korozyon hızı ve gerilmeli korozyonu Na₂S içeren sentetik deniz suyunda gerilme hız testleri ve daldırma testleriyle öğrenilmiştir. Korozyon hızı, sülfür derişimiyle artmaktadır. Çok az miktarda sülfür derişimi bile bakır potansiyelini önemli ölçüde arttırır.

Barouni *et al.* (2008) çalışmalarında; nitrik asit çözeltisinde bulunan bakırın korozyonuna beş amino asitin inhibisyon etkisi elektrokimyasal polarizasyon ve kütle kaybı ölçümleriyle incelenmiştir. Korozyon süresince Valin ve Glisin hızlandırmış; Arginin, Lisin ve Sistein ise yavaşlatmıştır. Sistein en iyi inhibitördür. İnhibisyon 10⁻³ M 'da % 61'e ulaşır.

Aksüt and Büyüksağış'ın (2003) yaptıkları çalışmada, alüminyum- bakır alaşımlarının HCl ve H₂SO₄ ortamlarındaki korozyonuna ikili-üçlü bağ içeren alkollerin (1-büten-3-ol, 2-metil-3-butin-2-ol, 3-metil-2-büten-1-ol, 3-metil-3-büten-1-ol , 3-metil-1-pentin-3-ol, 5-hexen-1-ol) etkisi incelenmiştir. Alüminyum alaşımlarının korozyon karakteristikleri akım-potansiyel eğrilerinden, korozyon hızları ise Tafel ekstrapolasyonu ve lineer polarizasyon yöntemleriyle belirlenmiştir. Alevli atomik absorpsiyon spektrometresi kullanılarak alaşım yüzeyinden çözünen elementlerin (Cu, Fe, Al, Mn, Mg, Zn) çözeltideki miktarları ppm olarak tayin edilmiştir. Metal mikroskobu ve SEM kullanılarak da alaşımların yüzey fotoğrafları görüntülenmiş, alaşımların kendi içlerinde oluşturdukları metaller arası bileşikler ise EDS yöntemiyle belirlenmiştir. Deneysel bulgular alaşımların korozyonuna HCl ve H₂SO₄ ortamındaki bakır, çinko ve magnezyum elementlerinin önemli ölçüde etki ettiğini göstermiştir. İnhibitörlere alaşım elementlerinin etkisini görmek için ise, deneyler saf bakır, saf magnezyum, saf alüminyum ve saf çinko ile HCl ve H₂SO₄ ortamlarında ve bu ortamlara 20 mM alkol eklenerek de gerçekleştirilmiştir. İnhibisyonda etkili olan adsorpsiyonun hangi izoterme uyduğunun belirlenmesi için inhibitör derişimi ile yüzey kaplanma kesri arasındaki ilişki incelenmiş ve θ 'ya karşı logc değişiminin bir doğru vermesinden, alkollerin H₂SO₄ ve HCl ortamlarında Al-Cu alaşımlarının yüzeylerindeki adsorpsiyonun Temkin adsorpsiyon izotermine uyduğu belirlenmiştir. Bu da inhibitörün yüzeyde aktif merkezleri kapattığı anlamına gelmektedir.

2.10 Pirinçle Yapılan Çalışmalar

Kosec *et al.* (2007) yaptıkları çalışmada bakır yüzeyindeki koruyucu tabaka oluşumunu benzotriazol içeren klorür çözeltisinde bakır ve bakır- çinko (Cu -10 Zn ve Cu- 40 Zn) alaşımında, atom güç mikroskopisi ve X- ışınları fotoelektron spektroskopisi ve elektrokimyasal teknikleri kullanılarak yapmışlardır. Elektrokimyasal reaksiyonlar ve yüzey ürünleri, açık devre potansiyelin veya belli bir potansiyel aralığındaki verilerden bulunur. Sıvı havayla doldurulmuş benzotriazol, nötral 0,5 M NaCl çözeltisindeki Cu, Zn, Cu-10 Zn, Cu-40 Zn alaşımlarının çözünmesinden etkilenir. Sonuçlar, inhibisyon etkisi ve Gibbs adsorbsiyon enerjileriyle de karşılaştırılmıştır. Benzotriazol genellikle

bakır Cu- Zn alaşımları ve Zn metalin korozyonunda inhibitör etkisi gösterir. Yüzey tabakası, polimerik maddeler ve oksitler içerir. Karıştırılmış Cu-Zn oksit polimer karışımının korozyona karşı koruma etkisi sağladığı da ileri sürülmektedir.

Dobrza'nski *et al.* (2005) yaptıkları çalışmalarda CuZn40Pb2 pirincinin korozyon direncini, zayıf multıtabaka kaplamalarıyla (Ti/CrN, Ti/ZrN, Ti/TiAlN, TiAlN/Mo) gerçekleştirmişler. Korozyon testleri ise 1M HCl'de yapılmıştır. Gelişmiş korozyon direncinin pirinç yüzeyindeki kaplamalardan ileri geldiği anlaşılmıştır. Tabakanın kalınlaşması korozyon direncinin yükselmesine neden olmaktadır. En iyi sonuçlar, çoklu Ti/ZrN ve Ti/CrN kaplamalarıyla elde edilmiştir.

Ravichandran *et al.* (2004) tarafından yapılan bu çalışmada ise benzotriazol türevlerinden olan iki organik inhibitörün varlığında pirincin korozyonu, nötral 0,1 M NaCl çözeltisinde incelenmiştir. (Benzotriazol türevleri; N-[1-(benzotriazol-1-yl)methyl]aniline (BTMA) and 1-hydroxy methyl benzotriazole (HBTA)). Pirincin korozyonunun inhibisyonundaki organik bileşenlerin analizi, potansiyodinamik polarizasyon ve elektrokimyasal impedans spektroskopisi ile yapılmıştır. İnhibisyondaki polarizasyon sonuçları, klorür çözeltisi içindeki pirinçte karışık türlerin farklı hareket ettiğini göstermiştir. Bu ise katodik ve anodik reaksiyon hızlarını yavaşlatmayla olur (açık devre potansiyelindeki değişim). Çözelti analizleri ve Fourier dönüşüm infrared spektroskopisi ise yüzey filmini tanımlamasında kullanılmıştır.

Chung *et al.* (2004) çalışmaları sonucunda, pirincin korozyon direnç mekanizması incelenmiş ve ZnO tabakasının pirincin korozyonuna %92,5 oranda katkıda bulunduğu tespit edilmiştir.

Selman Dinçer *et al.* (2003) yaptıkları çalışmada %70 Cu ve % 30 Zn içeren pirinç alaşımının 0,1 M NaCl çözeltisi içindeki korozyonu üzerine Benzotriazol(BTA)'ün etkisini elektrokimyasal polarizasyon ve çözelti analizleri ile incelemişler. Karşılaştırma amacıyla bakır ve çinko elektrotlarla da elektrokimyasal polarizasyon

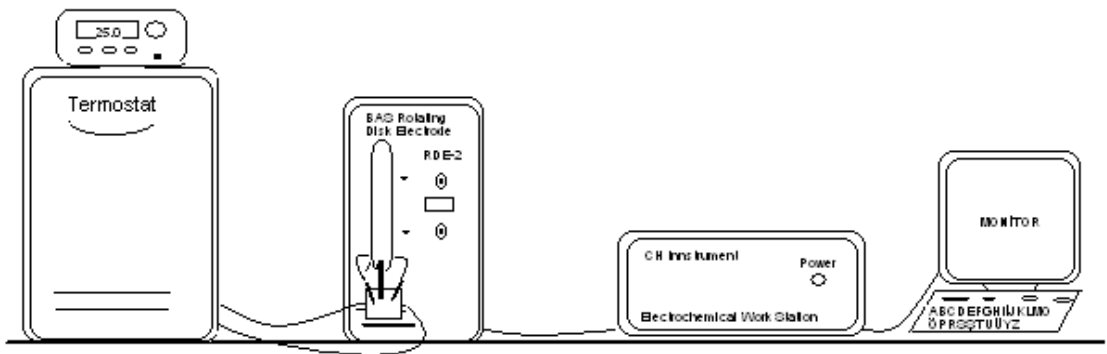
eğrileri elde edilmiştir. BTA içeren 0,1 M NaCl çözeltisinde bakır ve pirinç de benzer elektrokimyasal özellik göstermiştir. BTA pirinçte iki ayrı potansiyel bölgesinde iki farklı şekilde etkili olur. -1,0 V ile 0,0 V arası birinci bölgede elektron transferi ile Cu-BTA filmi oluşturarak, 0,0 V ile 0,8 V aralığındaki ikinci bölgede ise bakır oksitleri ve CuCl filmiyle pasifliğinin sağladığını ileri sürmüşlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada amaç, Cu-Zn alaşımı, saf bakır ve saf çinkonun Cl⁻ içeren ortamdaki korozyonunu önlemek için çevreye duyarlı uygun bir inhibitörün bulunmasıdır. Bu amaçla ogzalat anyonunun pirincin korozyonuna etkisi elektrokimyasal yöntemlerle araştırılmıştır.

3.1 Kullanılan Elektrot

Bu çalışmada, çalışma elektrodu olarak Cu, Zn ve pirinç, karşılaştırma elektrodu olarak Ag/AgCl ve karşı elektrot olarak da platin tel kullanılmıştır. Deneylede elde edilen akım-potansiyel eğrilerindeki tüm potansiyeller Ag/AgCl'e karşı ölçülmüş ve sonuçlarda bu elektroda karşı verilmiştir. Çapı 5 mm ve boyu 3 cm olacak şekilde silindir şeklinde kesilen çinko, bakır ve pirinç metalleri teflon içerisine yerleştirilip çevresi çelik yapıştırıcı ile doldurularak elektrot haline getirilmiştir. Şekil 3.1'de deney sisteminin şematik gösterimi ve şekil 3.2'de ise hücre şemasının gösterimi bulunmaktadır.



Şekil 3.1 Deney sisteminin şematik gösterimi

3.2 Çalışma Elektrolitinin Hazırlanması

Elektrolit olarak kullanılacak olan çözeltilerin tümü çift distille su ve proanaliz saflıktaki maddelerle hazırlanmıştır.

3.3 Deneylerde Kullanılan Cihazlar

Elektrokimyasal korozyon deneyleri CH Instrument potansiyostat, polyscience termostat, BAS dönerdisk elektrot ve bilgisayar sisteminden oluşan deney düzeneği yardımıyla yapılmıştır. Kullanılan suyun iletkenliğiyle zaman zaman iletkenlik cihazıyla ölçülmüştür.

3.4 Deneyin Yapılışı

Çalışma elektrotları 1200 lük zımpara kağıdı ile parlatılıp, 20 sn. 0.15 M HCl çözeltisine daldırıldıktan sonra iletkenlik suyuyla yıkanıp deney çözeltisine daldırılıp ve yaklaşık 30 dakika süreyle potansiyel–zaman değişimi kaydedildikten sonra, EIS eğrileri ve son olarak Potansiyodinamik yöntem kullanılarak söz konusu alaşımların söz konusu ortamlardaki akım-potansiyel eğrileri elde edilmiştir.

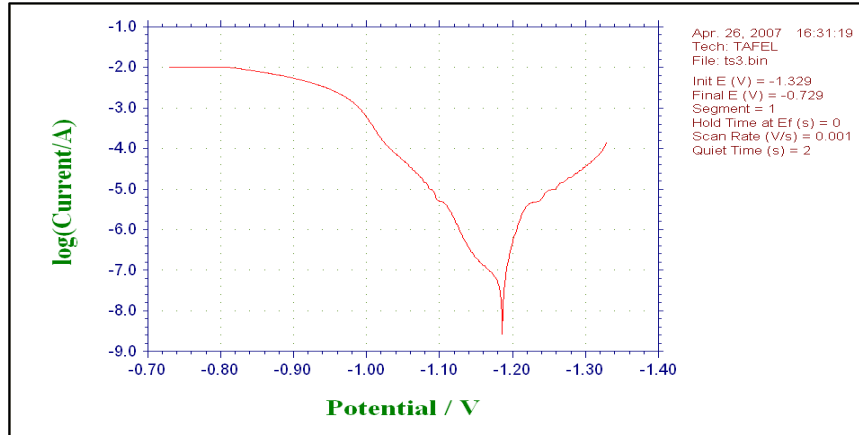
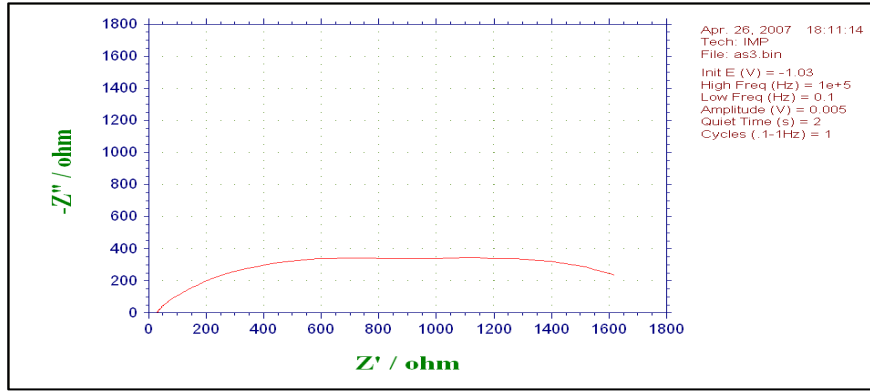
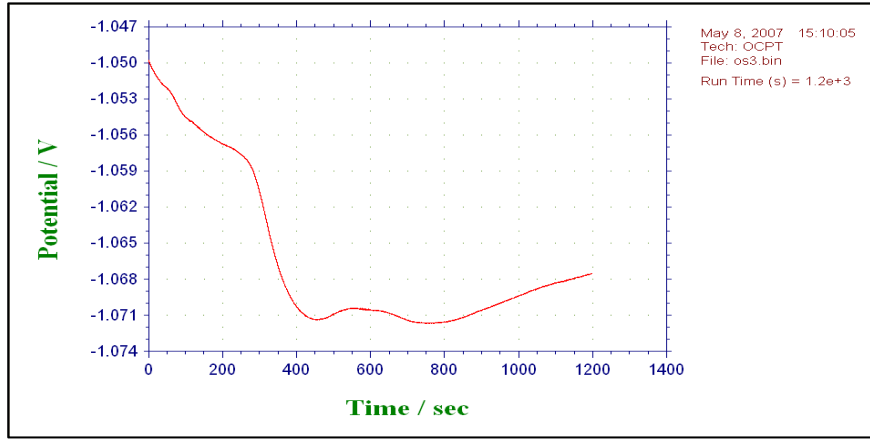
3.5 Korozyon Karakteristiklerin Belirlenmesi

Bu çalışmada belirlenmiş korozyon karakteristikleri: korozyon hızı (i_{kor}), korozyon potansiyeli (E_{kor}), anodik ve katodik tafel eğimleri (β_a ve β_c), polarizasyon direnci (R_p) ve yüzde etkinlik (inhibisyon) değerleridir. Bu verilerden bazıları cihazdan doğrudan okunurken bazıları da akım-potansiyel ve AC empedans eğrilerinden hesaplanmıştır.

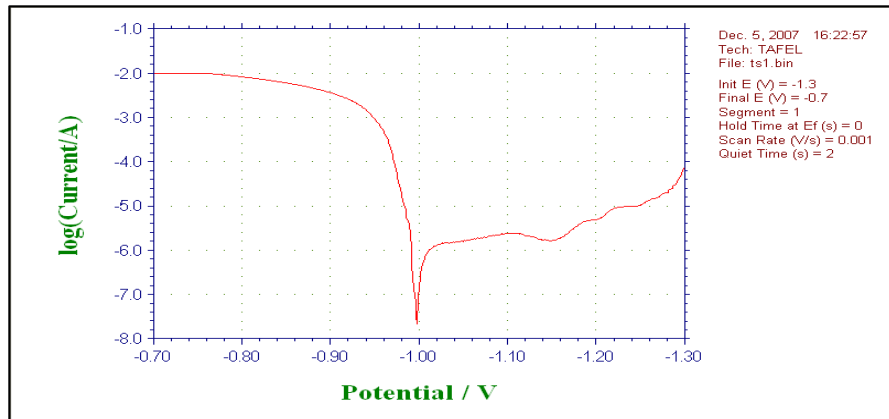
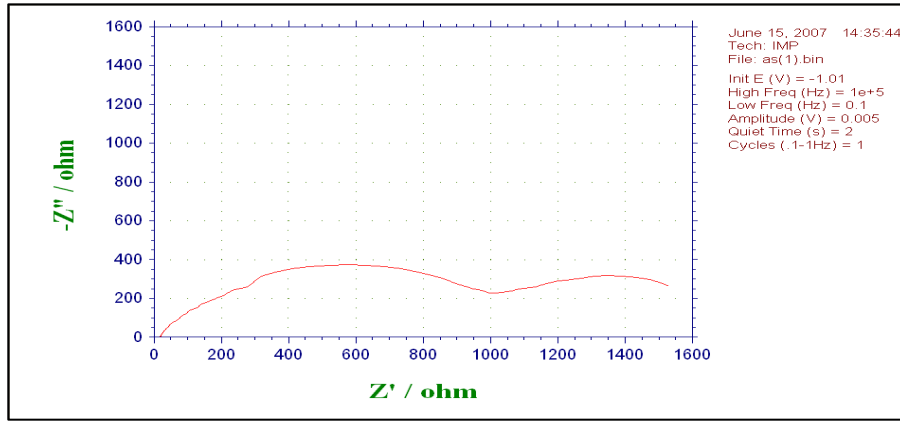
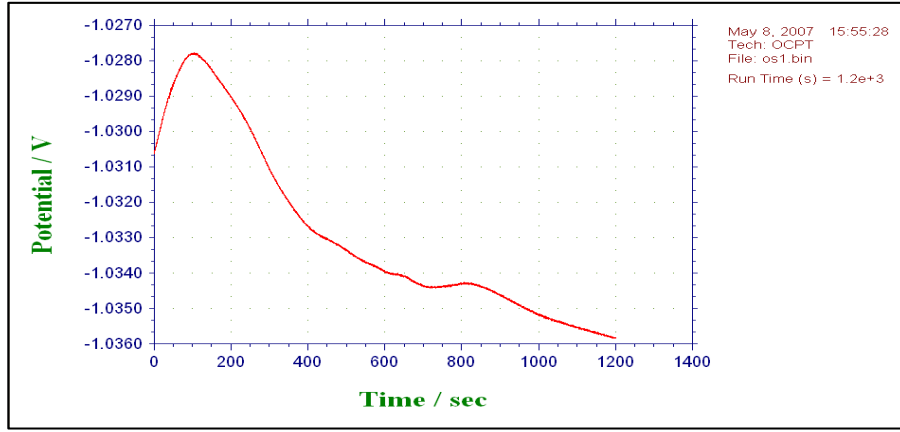
4. DENEY SONUÇLARI

4.1 inkoyla Yapılan Deneyler

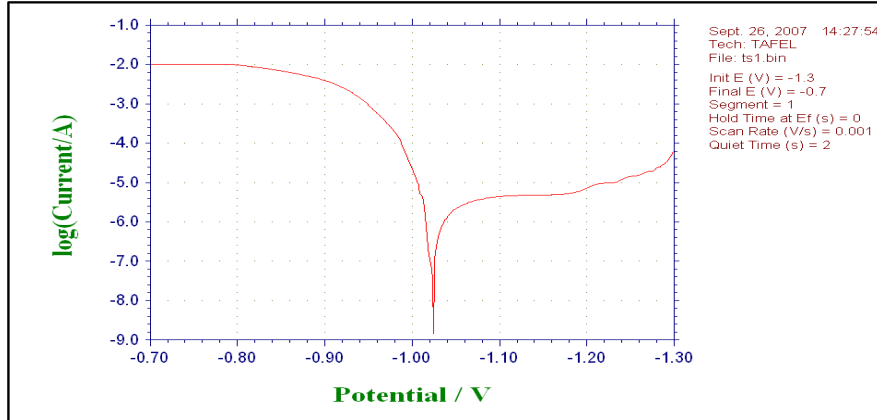
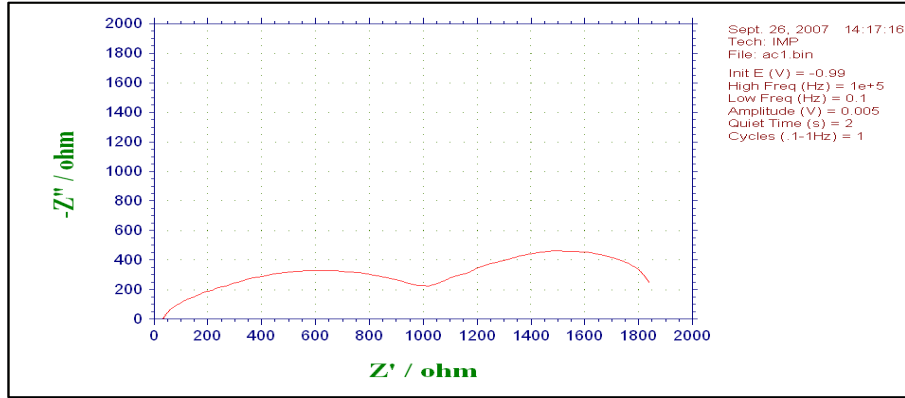
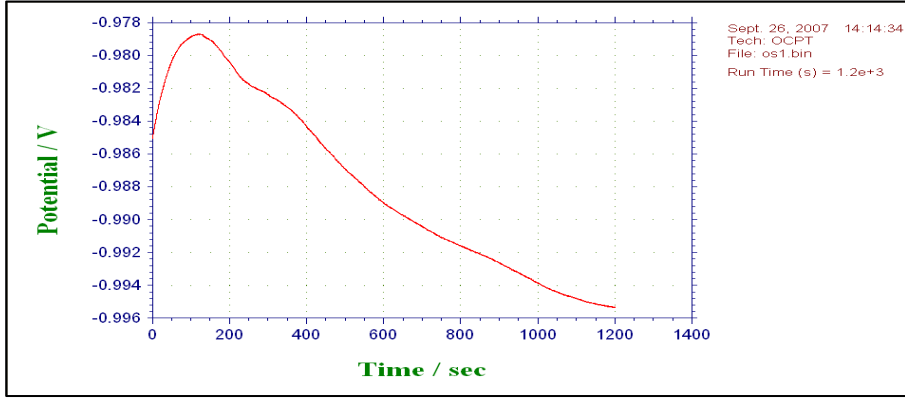
Çinkonun 0.5M NaCl ortamındaki korozyonuna ogzalatın etkisini araştırmak için farklı miktarlardaki ogzalatın NaCl çözeltilisine eklenmesiyle hazırlanan çözeltilerde belirlenen potansiyel-zaman, AC-impedans ve akım-potansiyel eğrilerinden birer örnek şekil 4.1- 4.5’de ve bu grafiklerden hesaplanmış olan korozyon karakteristikleri ise çizelge 4.1’de verilmiştir. % 99.999 saflıktaki çinko metali ile çalışılmıştır. Bu çizelgedeki veriler en az üç deneyin ortalamasını ifade etmektedir.



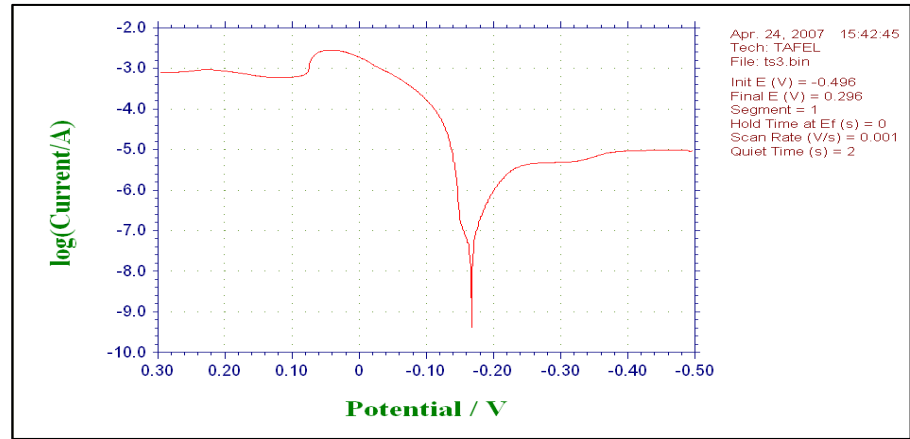
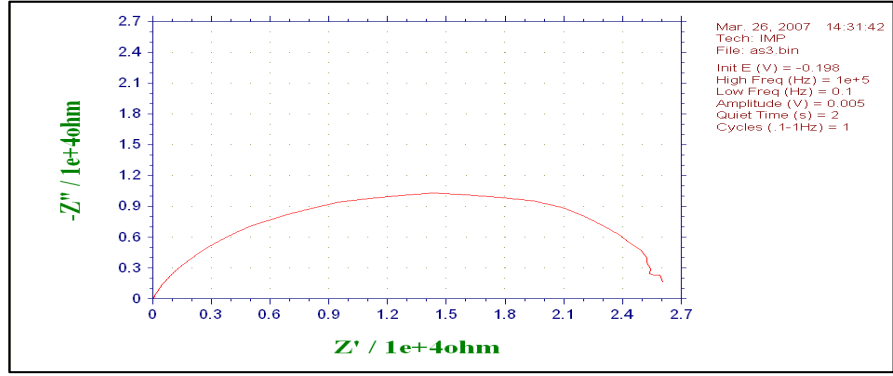
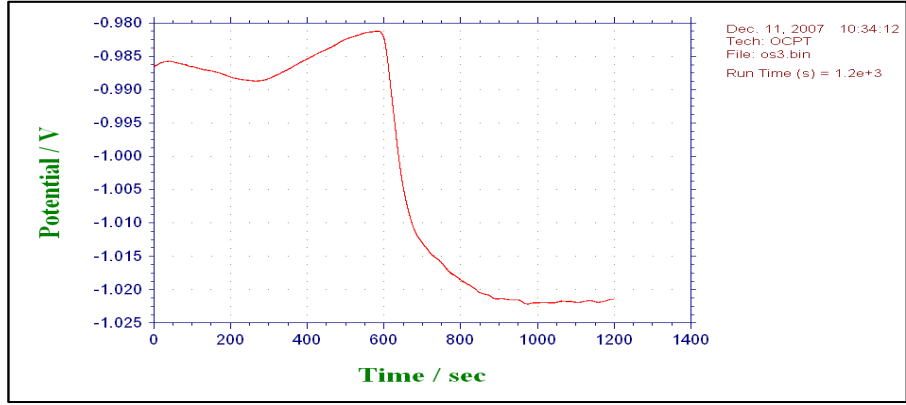
Şekil 4.1 Çinkonun 0.5 M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



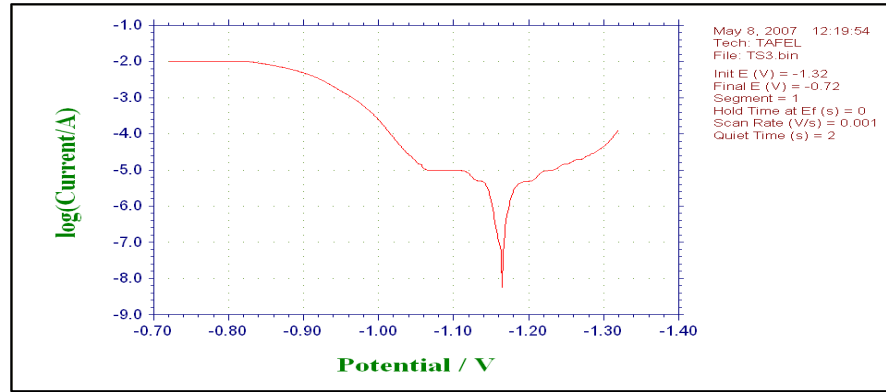
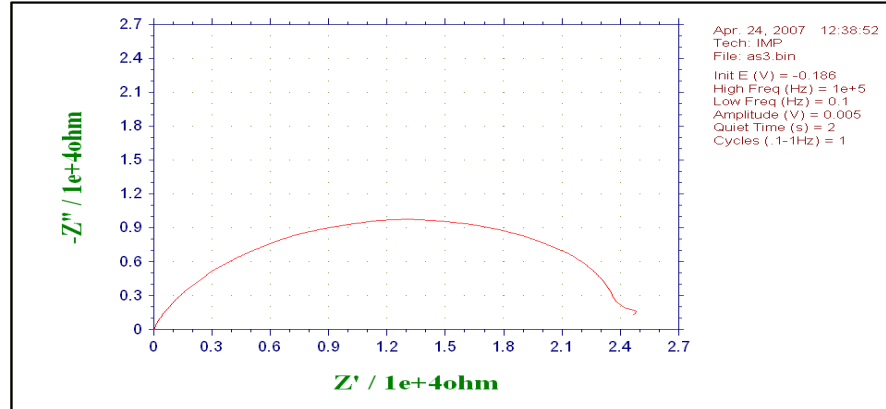
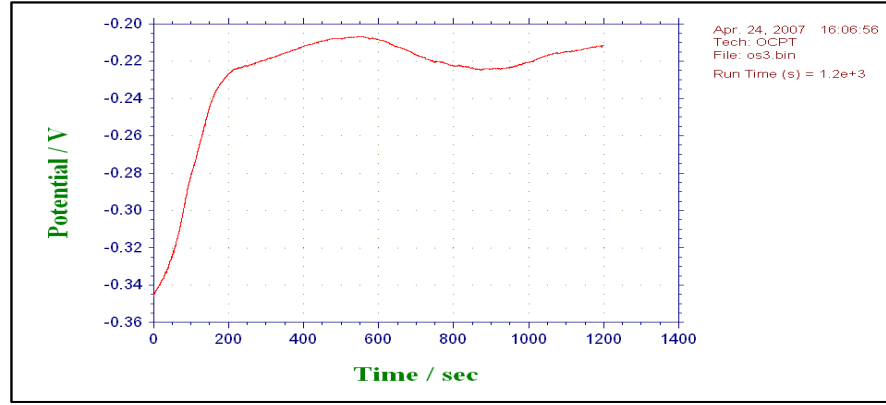
Şekil 4.2 Çinkonun 0.5 M NaCl+ 10^{-5} M $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.3 Çinkonun 0.5 M NaCl+10⁻⁴ M Na₂C₂O₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.4 Çinkonun 0.5 M NaCl+ 10^{-3} M $Na_2C_2O_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



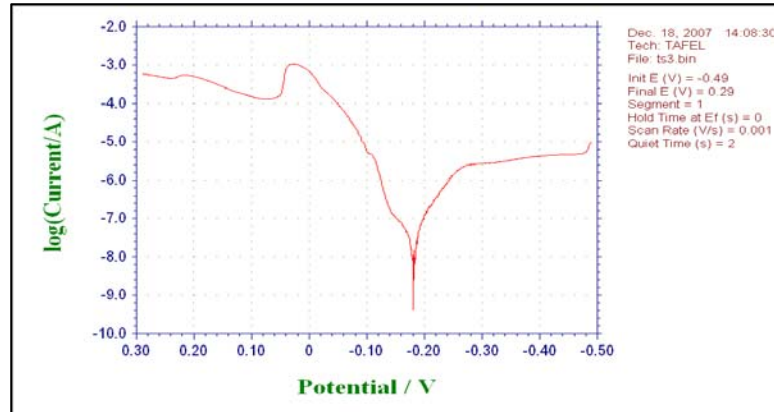
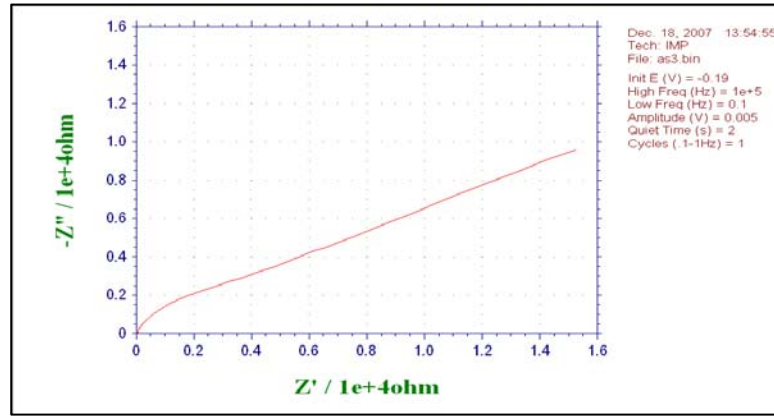
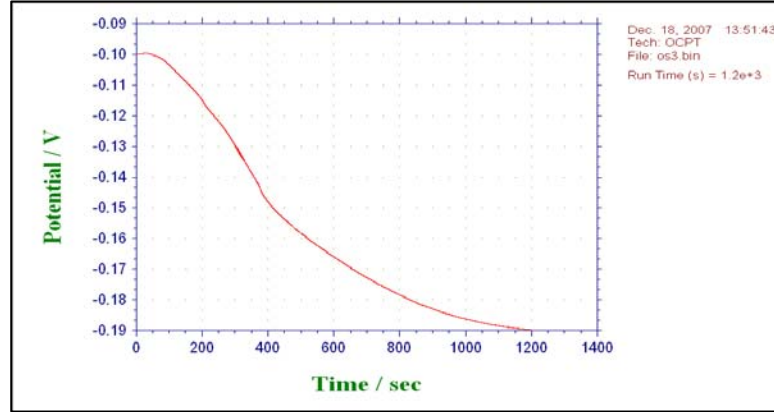
Şekil 4.5 Çinkonun 0.5 M NaCl+10⁻² M Na₂C₂O₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri

Çizelge 4.1 Saf çinkonun 0.5 M NaCl + x M ogzalıt ortamında belirlenen korozyon karakteristikleri

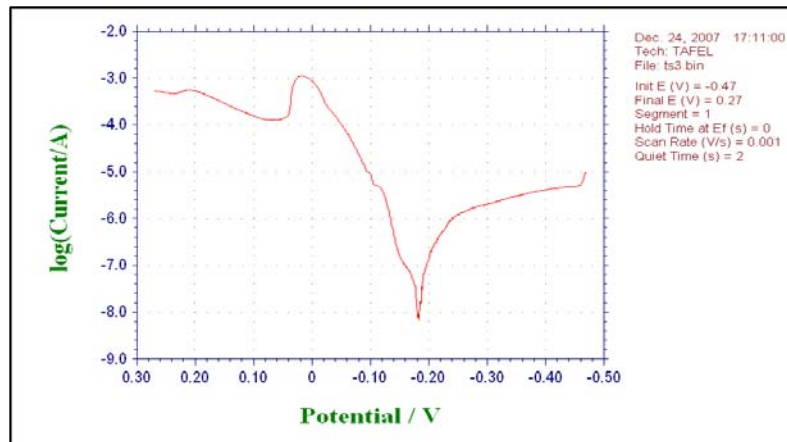
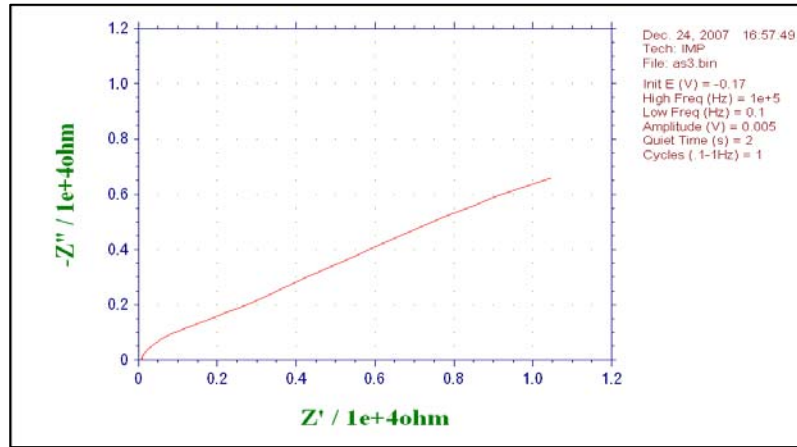
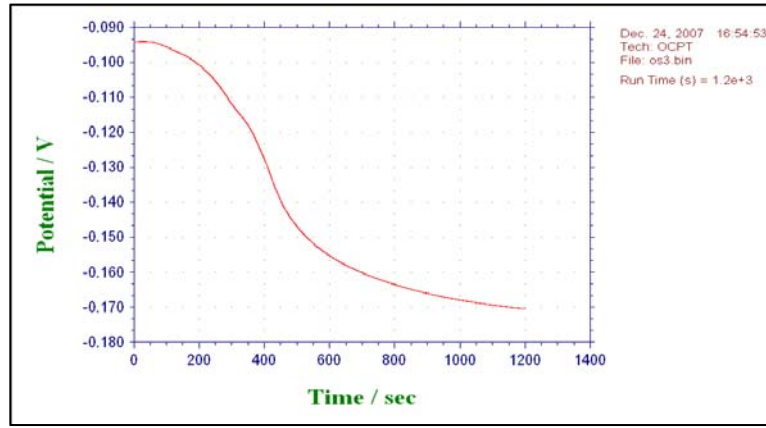
Ortam	\dot{i}_{cor} ($\mu A/cm^2$)	-E _{cor} (V)	$-\beta_c$ (mV)	β_a (mV)	% η (\dot{i}_{cor})	R _p (Ωcm^2) Tafel	R _p (Ωcm^2) AC- impedance
0,5N NaCl	60.8	0.989	2014	9	-	4.12	343
+10 ⁻⁵ M ogzalıt	2.059	1.001	56	61	96.6	18.45	3530
+10 ⁻⁴ M ogzalıt	1.38	0.99	121	42	97.8	18.64	3672
+10 ⁻³ M ogzalıt	2.64	0.99	56	63	95.6	17.67	3463
+10 ⁻² M ogzalıt	17.23	0.972	919	119	71.6	10.68	1572

4.2 Bakırđa Yapılan Deneyler

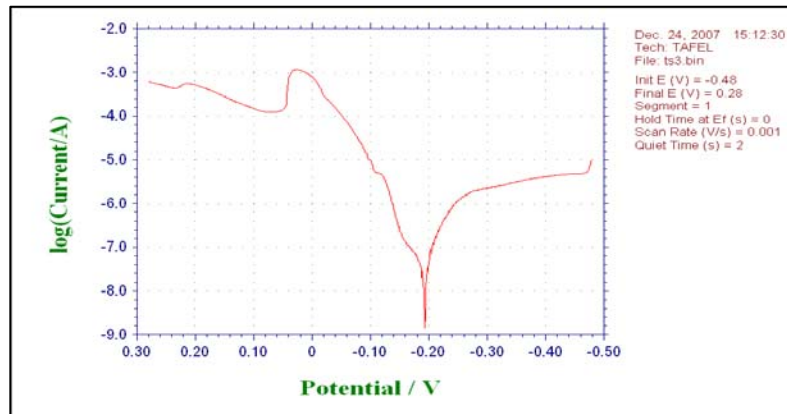
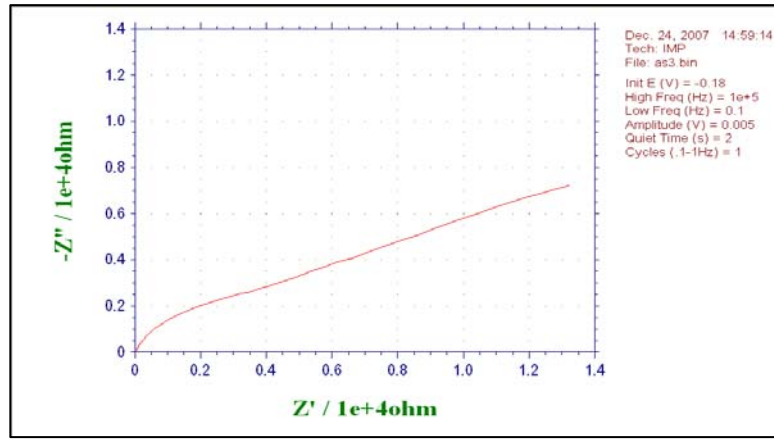
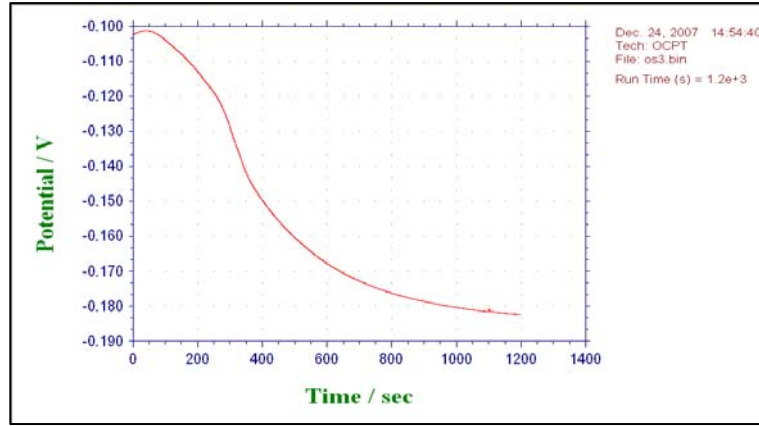
Bakırın 0.5 M NaCl ortamındaki korozyonuna ogzalıtın etkisini araştırmak içinde farklı derişimlerdeki ogzalıt NaCl çözeltilisine eklenmiş ve hazırlanan bu korozyon ortamlarında belirlenen potansiyel-zaman, AC-impedans ve Tafel eğrilerinden birer örnek şekil 4.6 - 4.10'da verilmiştir. Bu grafiklerden hesaplanmış olan saf bakırın söz konusu ortamlardaki korozyon karakteristikleri ise çizelge 4.2'de verilmiştir. Elektrot yüzey alan 0.07065 cm² olan 3 mm çaplı % 99.999 saflıktaki Aldrick marka bakır metalden hazırlanmıştır. Her bir ortam için en az üç deney yapılmış ve bu deneylerin ortalaması çizelge 4.2'de verilmiştir.



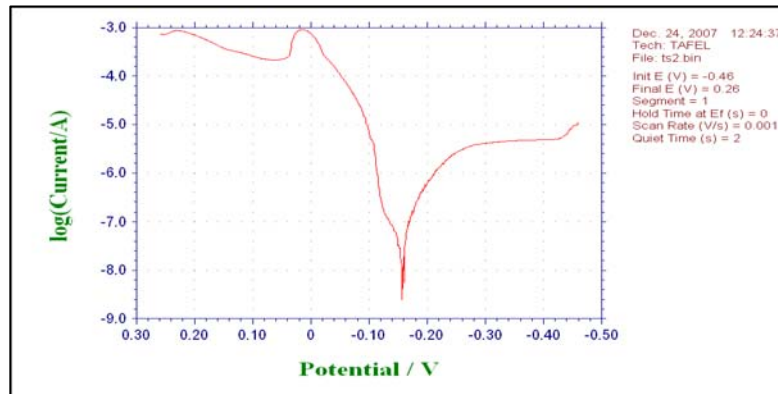
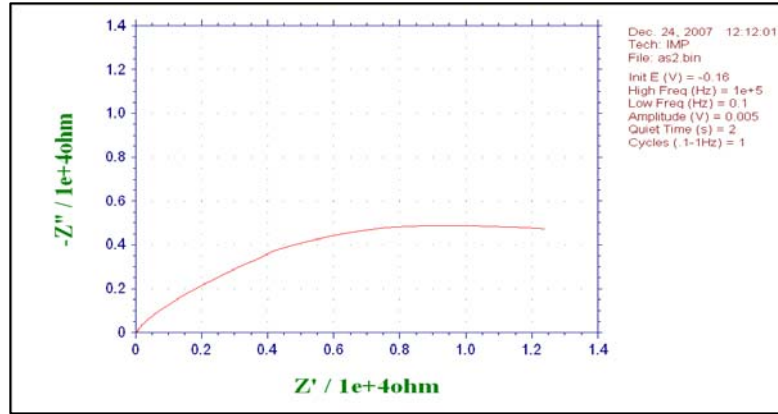
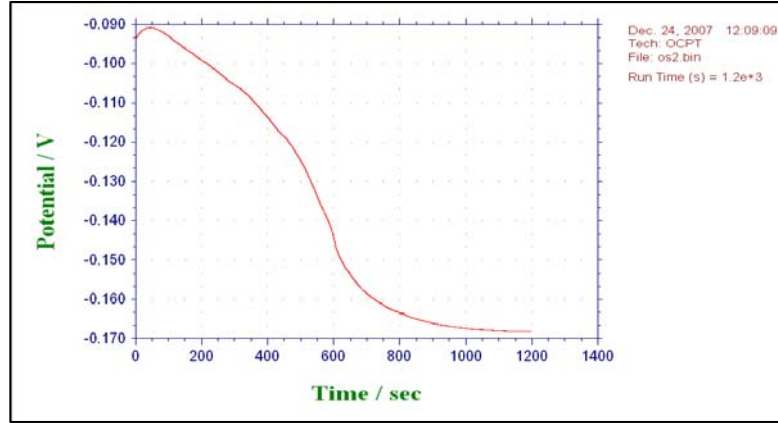
Şekil 4.6 Saf bakırın 0.5 M M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



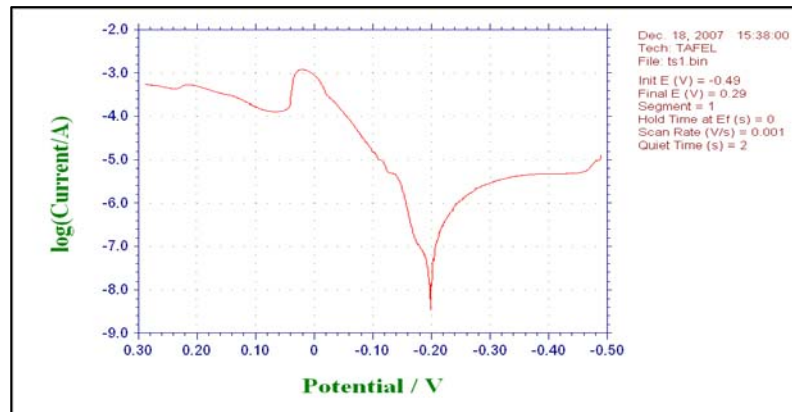
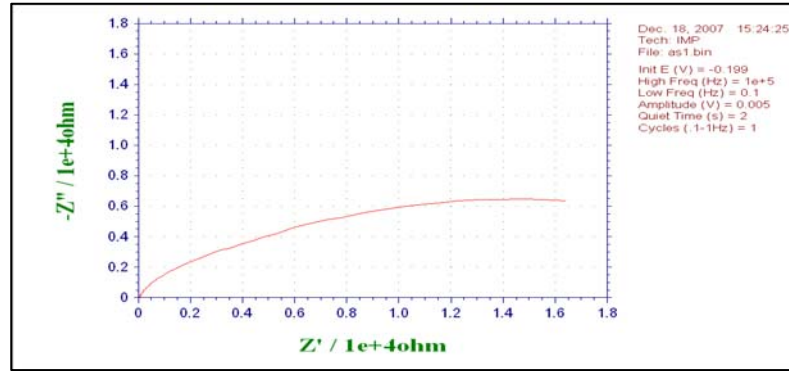
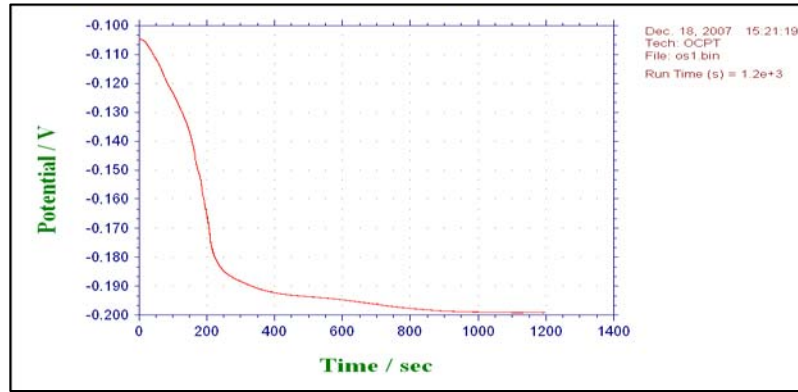
Şekil 4.7 Saf bakırın 0.5 M NaCl+ 10^{-5} M $Na_2C_2O_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.8 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10⁻⁴ M Na₂C₂O₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.9 Saf bakırın 0.5 M NaCl+10⁻³ M Na₂C₂O₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



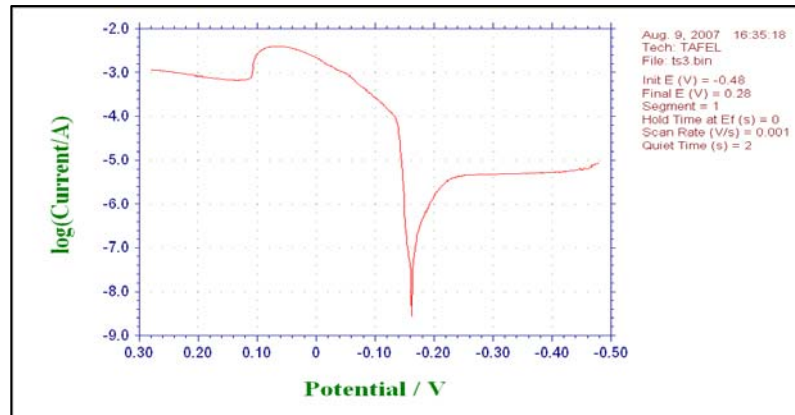
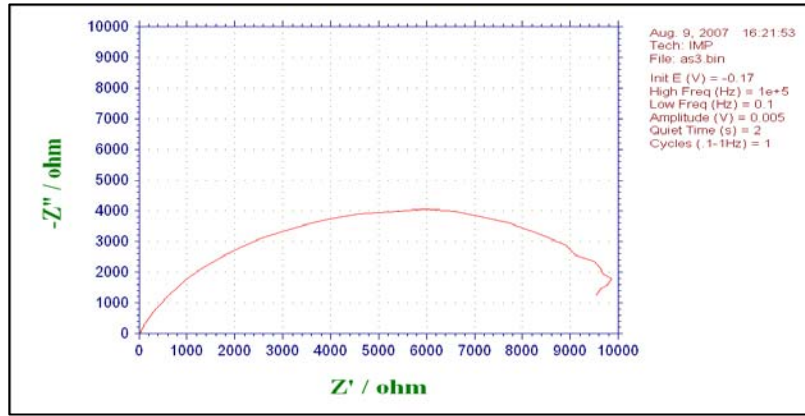
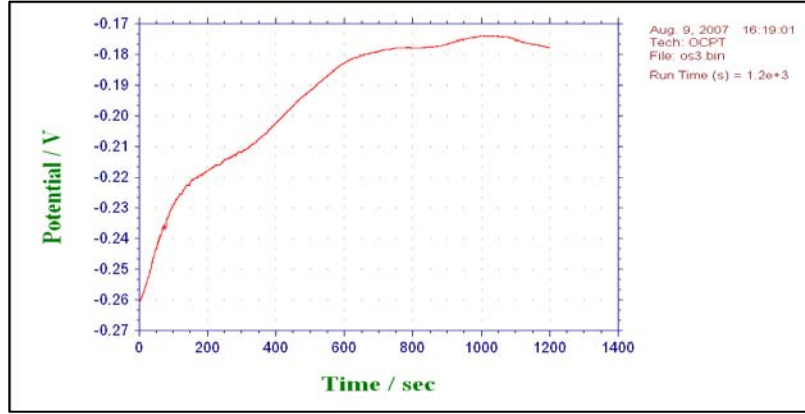
Şekil 4.10 Saf bakırın 0.5 M NaCl+ 10^{-2} M $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım – potansiyel eğrileri

Çizelge 4.2 Saf bakırın 0.5 M NaCl + x M ogzalıt ortamında belirlenen korozyon karakteristikleri

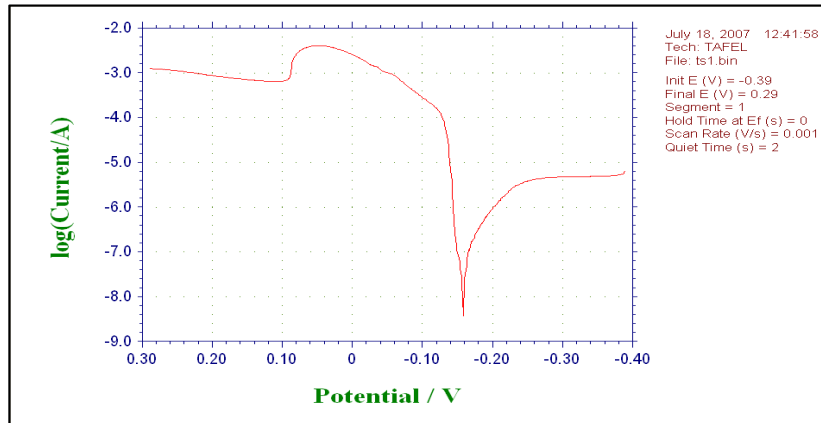
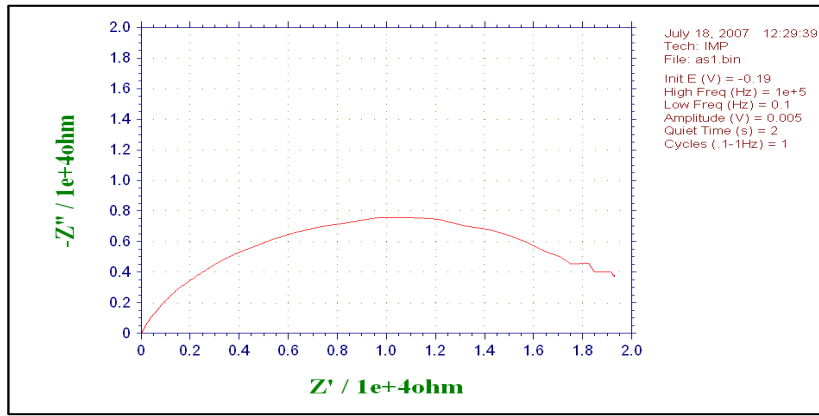
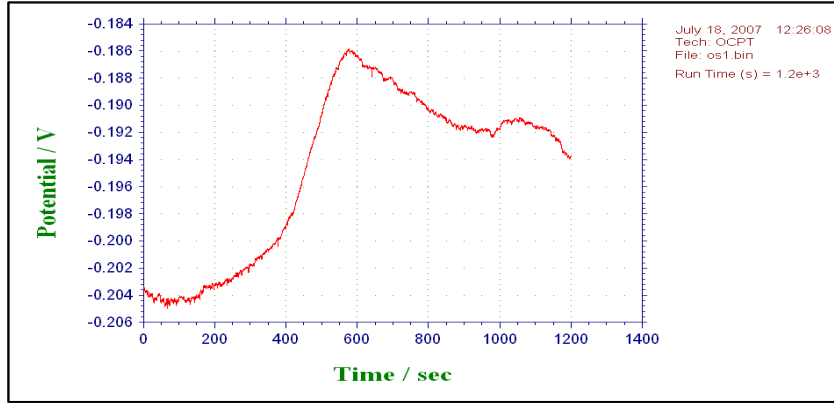
Ortam	\dot{i}_{cor} ($\mu A/cm^2$)	-E _{cor} (V)	$-\beta_c$ (mV)	β_a (mV)	% η (\dot{i}_{cor})	R _p (Ωcm^2) Tafel	R _p (Ωcm^2) AC- impedance
0,5M NaCl	1.626	0.1	301	54	-	0.12	1059
+10 ⁻⁵ M ogzalıt	1.538	0.097	225	49	5	0.155	883
+10 ⁻⁴ M ogzalıt	1.854	0.096	285	51	-14	0.11	841
+10 ⁻³ M ogzalıt	2.379	0.118	237	56	-46	0.09	833
+10 ⁻² M ogzalıt	2.49	0.102	3921	55	-53	0.075	820

4.3 Pirinçle Yapılan Deneyler

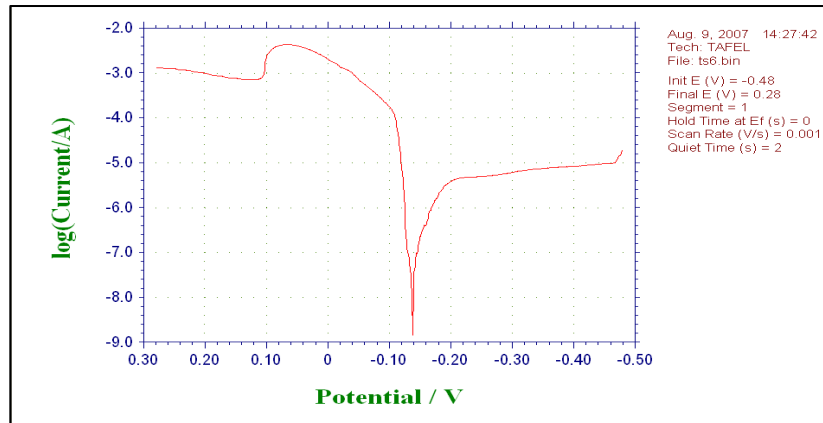
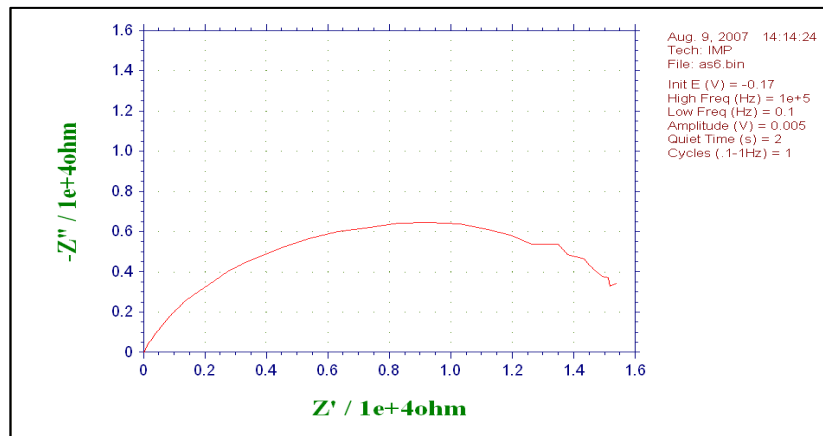
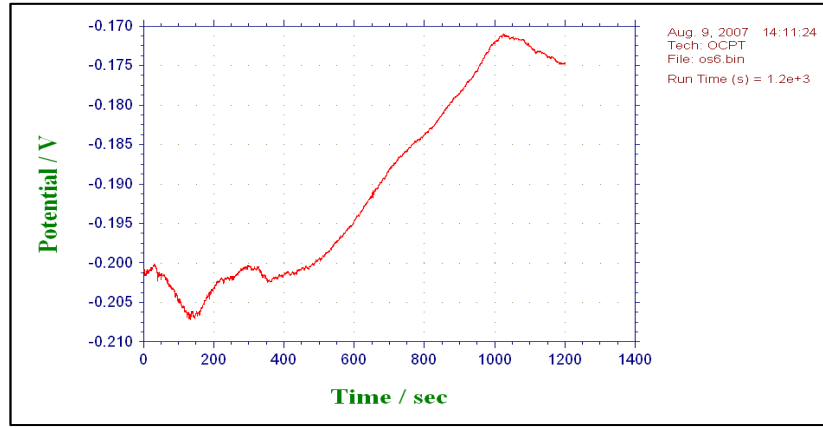
Pirincin 0.5M NaCl ortamındaki korozyonuna ogzalıtın etkisini araştırmak için farklı derişimlerde ogzalıt NaCl çözeltilisine eklenmiş ve hazırlanan bu ortamlardaki elde edilen potansiyel-zaman, AC-empedans ve Tafel eğrilerinden birer örnek şekil 4.11 - 4.15'de verilmiştir. Bu grafiklerden hesaplanmış olan korozyon karakteristikleri ise çizelge 4.3'de verilmiştir. Kullanılan pirinç elektrotunda Cu % 60.3, Zn % 36.7, Mo % 0.68, Fe % 0.24, Pb % 1.74, Sn % 0.34 ve eser elementler bulunmaktadır. Bu çizelgede veriler en az üç deneyden hesaplanan değerlerin ortalamasıdır.



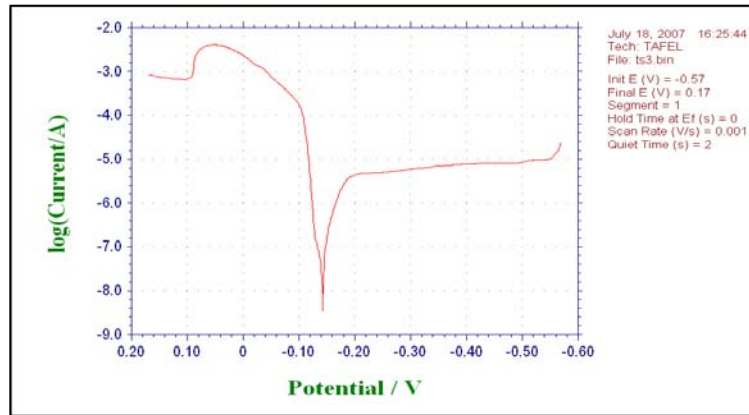
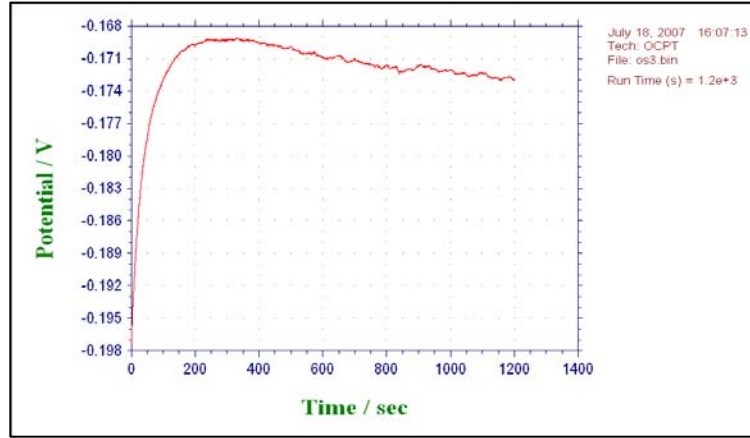
Şekil 4.11 Pirincin 0.5 M NaCl ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



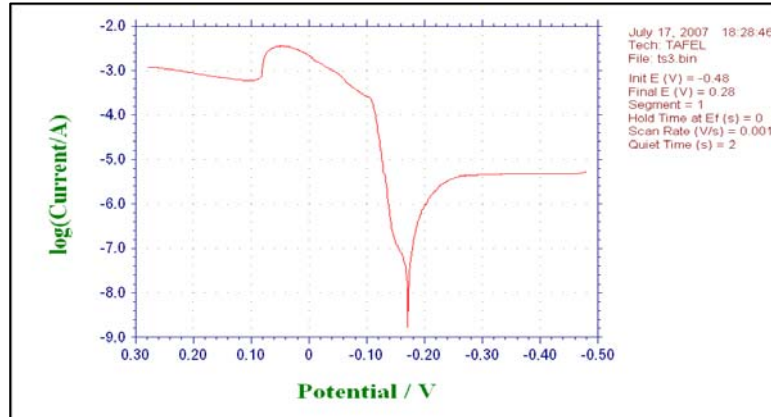
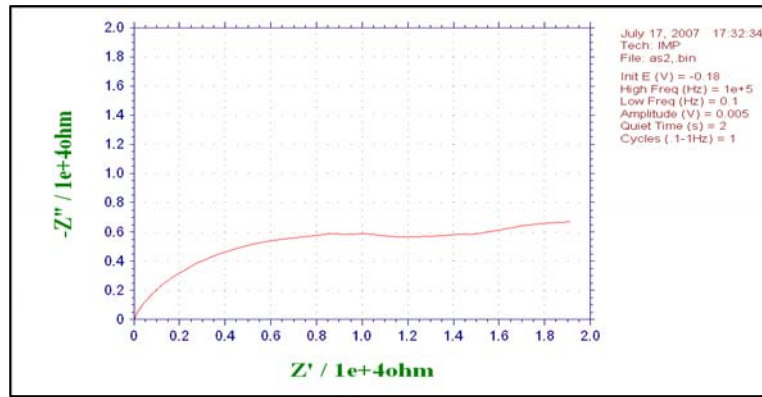
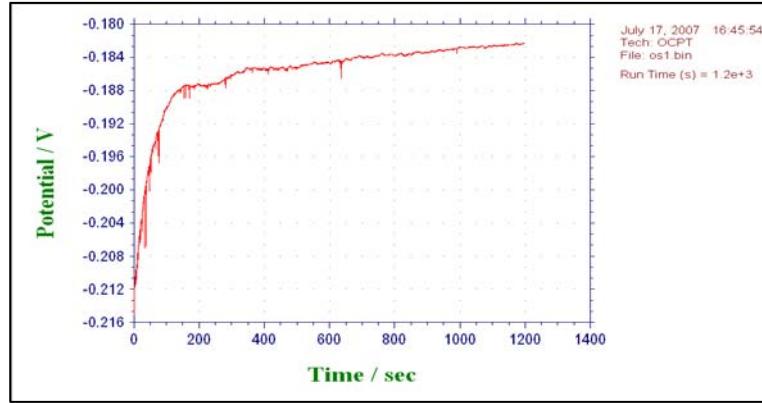
Şekil 4.12 Pirincin $0.5 \text{ M NaCl} + 10^{-5} \text{ M Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.13 Pirincin 0.5 M NaCl+ 10^{-4} M Na₂C₂O₄ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.14 Pirincin $0.5 \text{ M NaCl} + 10^{-3} \text{ M Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ortamında elde edilen potansiyel– zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri



Şekil 4.15 Pirincin 0.5 M NaCl+ 10^{-2} M $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ortamında elde edilen potansiyel – zaman, AC-empedans ve akım –potansiyel eğrileri

Çizelge 4.3 Pirincin 0.5 M NaCl ortamında+x M ogzalal ortamında belirlen korozyon karakteristikleri

Ortam	\dot{I}_{cor} ($\mu A/cm^2$)	-E _{cor} (V)	$-\beta_c$ (mV)	β_a (mV)	% η (\dot{I}_{cor})	R _p (Ωcm^2) Tafel	R _p (Ωcm^2) AC- impedance
0,5N NaCl	3,63	0,173	534	106	-	4,06	²¹⁵⁸
+10 ⁻⁵ M ogzalal	1,57	0,195	255	108	56,7	10,54	3925
+10 ⁻⁴ M ogzalal	3,88	0,195	253	108	-6.9	6,54	3336
+10 ⁻³ M ogzalal	3,33	0,165	813	101	8.3	6.3	3540
+10 ⁻² M ogzalal	2,65	0,182	428	107	26.9	8.5	3826

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu yüksek lisans çalışmasında bakır, çinko ve bunların alaşımı olan pirincin NaCl ortamındaki korozyonuna ogzalatın etkisi araştırılmıştır. Ogzalatın bakır ve çinko kanyonları ile oluşturduğu komplekslerin çözünürlük çarpımları küçüktür (Weast 1972). Bu nedenle bu komplekslerin, metal yüzeyinde film oluşturarak söz konusu metalleri korozyondan koruyabileceği beklentisiyle bu çalışma gerçekleştirilmiştir. NaCl çözeltisindeki bakır, çinko ve pirincin yüzeyinde genellikle korozyon ürünü olarak klorür ve oksitler oluşmaktadır (Bayoumi *et al.* 2008) . Bunlardan oksitler metalin korozyonunu azaltıcı yönde etkinken, klorür bileşiklerinin çözünürlüklerinin fazla olması nedeniyle metal yüzeyden uzaklaşmakta ve metalin korozyonunu arttırıcı yönde etki yapmaktadır. Metalin korozyonunu azaltmanın bir yolu korozif ortama inhibitör eklemektir. Bazı durumlarda tek bir madde inhibitör olarak kullanılmakta olup, inhibitör etkisini arttırmak için korozif ortama bazen sinerjik etki için birden fazla madde eklenmektedir (Mountassir and Srhiri 2007, Yazdzad *et al.* 2008,). Bu yolla korozyona karşı koruyuculuk artmaktadır.

Bakır, çinko ve pirincin 0.5 M NaCl ortamındaki korozyonu belirlemek ve ortamdaki korozyonu azaltmak için 0.5 M NaCl ortamına farklı derişimlerde sodyum ogzalat eklenerek elde edilen çözeltelerde potansiyel-zaman, AC-empedans ve akım-potansiyel eğrileri elde edilmiştir. Bu eğrilerden yararlanılarak belirlenmiş olan korozyon karakteristikleri Çizelge 4.1 – 4.3’ te verilmiştir.

Metallerin potansiyel-zaman eğrilerine bakıldığında farklı değişimler göstermektedir. Saf bakır metalinin potansiyeli NaCl ve ogzalat içeren tüm ortamlarda negatif yönde değişmektedir (Şekil 4.6- Şekil 4.10). Buda metalin yüzeyinin açılması ile açıklanabilir. Bakır, klorür ve ogzalat halinde çözünmektedir. NaCl ortamında çinko metalinin potansiyeli negatif yönde değişirken (şekil 4.1) ortama ogzalatın eklenmesiyle potansiyel önce pozitif sonra negatif yönde değişmektedir (şekil 4.2-şekil 4.5). Bu değişim düşük ogzalat durumunda daha belirgindir. Bu durum düşük ogzalat olunca,

ortak iyon etkisiyle kompleksin çözünürlüğünü azaltmakta, dolayısıyla metal yüzeyini kapatmaktadır. Sonra yeniden oluşan kompleks iyonun etkisiyle potansiyel negatif yönde değişmektedir. Pirincin potansiyel-zaman değişimi de çinko metaline benzer bir durum göstermektedir (şekil 4.11-şekil 4.15). Ancak burada potansiyeldeki artış daha geç olmaktadır. Negatif yöndeki tekrar düşüşün olmasında daha az kararlı bir yüzey yapısının oluşmasıyla açıklanabilir.

Bakır ve pirinçle elde edilen akım-potansiyel eğrilerinde anodik yönde akım piki görülmektedir. Bu pik Cu^{+2} yükseltgenmesiyle ilgili olmalıdır. Bu akım piki yaklaşık 0,0 Volt'ta (Ag/AgCl elektroda karşı) meydana gelmekte olup, benzer değişimler literatürde de görülmektedir (Kılınççeker 2008, Zhang *et al.* 2008).

Bakırın elektrot potansiyeli ($\text{Cu}^{+2} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$) tepkimesi için, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir. Eğer çözeltideki Cu^{+2} derişimi 10^{-6} M ve alaşımdaki bakır derişiminde 0,6 alınırsa ;

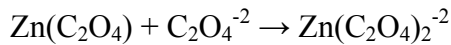
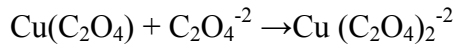
$$E = 0,34 + 0,060 \log \frac{a_{\text{Cu}^{+2}}}{a_{\text{Cu}}} = 0,34 + 0,060 \log \frac{10^{-6}}{0,6}$$

$E = 0,34 + 0,060 (-6 + 0,3) = 0,34 - 0,342 = 0,0$ V olur. Bu değer eğrilerde gözlenen yükseltgenme pik potansiyeli ile uyumlu görülmektedir. Akım-potansiyel eğrisinde gözlenen pik, korozyon ürünlerinin metal yüzeyini kapatarak kısmen pasiflik sağladığı anlamına gelir.

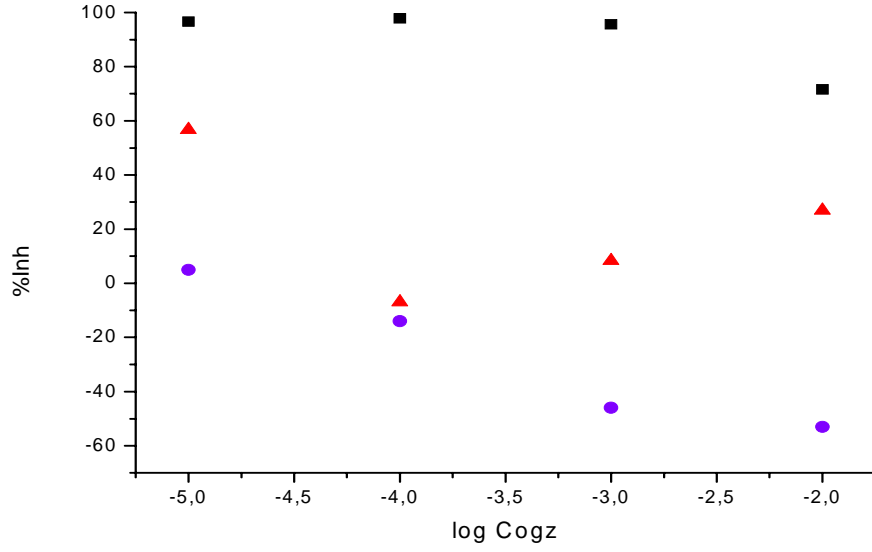
AC-empedans diyagramlarına bakınca da tepkimenin ya yük transfer kontrollü (şekil 4.1, şekil 4.5 ve şekil 4.7, şekil 4.10 ve şekil 4.11, şekil 4.13) ya da difüzyon kontrollü (şekil 4.6, şekil 4.8 ve şekil 4.14, şekil 4.15) olduğu görülmektedir.

Bu durum metal yüzeyindeki katmanın kalınlaşması ve farklılaşmasından kaynaklanıyor. Eğer metal yüzeyinde tepkime verecek maddenin yüzeye gelişi engelleniyorsa, bu durum tepkime hızını kontrol eder. Bu ise yüzey katmanının kalınlaşması veya geçirgenliğinin azalması ile olur. Bu nedenle bu koşullarda korozyon yavaş yürür. Deney verileri de bu doğrultudadır. Çok saf bakırın NaCl ortamındaki AC-empedans diyagramında görüleceği gibi difüzyon kontrollüdür. Bu nedenle de direnç çok büyük ve korozyon hızı da küçüktür. Ancak ogzalat eklendikçe direnç küçülme (10⁻⁴ ve 10⁻⁵ M ogzalat derişiminde) sonra ise AC-empedans diyagramı yarım daire şeklini almaktadır. Bu nedenle tepkime bu koşullarda yük transfer kontrollü olmaktadır. 10⁻⁴ M ve 10⁻⁵ M ogzalat içeren ortamlarda elde edilen AC-empedans spektrumlarında iki yarım daire söz konusu olup, yüzeyde iki katmanın varlığını göstermektedir. Bu katmanlardan alttaki ZnO üstteki ise Zn(C₂O₄) olmalıdır. Bu katmanlar gözenekli olduğundan tepkime yük transfer kontrollü olmaktadır. Eğer tepkime yük transfer kontrollü ise AC-empedans eğrisinde maksimum ve minimum frekanstaki gerçek empedans farklı R_{ct}, akım-potansiyel eğrilerinde belirlenen polarizasyon direncini ifade eder. Maksimum frekanstaki empedans ise, R_s çözelti direncini verir.

Ogzalat bakır, çinko ve pirincin NaCl ortamındaki korozyonunu düşük derişimlerde inhibe ettiği halde yüksek derişimlerde bakır ogzalat ve çinko ogzalat korozyon ürünlerinin, yüksek ogzalat derişiminde aşağıdaki tepkimeler sonucu çözünmesiyle metal yüzeyinin açılmasına ve bunun sonucu olarak korozyonunu artmasına neden olmaktadır.



Bu durum (% In -ogzalat) değişim eğrisinde de görülmektedir.



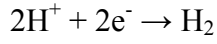
Şekil 4.16 % inhibisyon etkinliğinin-ogzalot derişimi ile değişimi (■ = çinko , ● = bakır ,▲=pirinç)

Bu eğrilerden söz konusu metaller için maksimum koruma sağlayan ogzalot derişimi belirlenebilir. Bu eğrilerden görüleceği gibi 10^{-4} M derişimin en uygun olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum söz konusu metal ve ortamlardaki sinerjik etkisini belirlemeye çalıştığımız BTA ve TTA'nında 10^{-4} M ogzalot derişiminde en etkin olduğunu göstermektedir (Yanardağın T. doktora çalışması). Bu denli küçük derişimde etkin olması, ogzalotın söz konusu metal ve alaşım için uygun bir inhibitör olabileceğini ifade etmektedir. Ancak ogzalotın fazlasında ise, metal ogzalotın yukarıdaki denklemler sonucu çözünmesiyle korozyona arttırıcı etki yaptığından en uygun ogzalot derişimi 10^{-3} M olarak alınmalıdır.

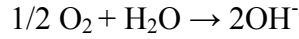
Metal ve alaşımların korozyon potansiyellerinin inhibitör derişimi ile değişiminden yararlanılarak anodik, katodik veya karma inhibitör olup olmadığı anlaşılabilir. Eğer korozyon potansiyeli pozitif yönde değişiyorsa anodik, negatif yönde değişiyorsa katodik, pek fazla değişmiyorsa karma inhibitör olarak ifade edilir. Çinko ve pirinçte korozyon potansiyeli önce negatif sonra pozitif yönde değişmektedir (çizelge 4.1, çizelge 4.3). Buda etkin inhibitör derişiminde potansiyelin negatif yöne kaydığını,

dolayısıyla katodik inhibitör olduğunu ifade etmektedir. Bakırda ise potansiyel pozitif yönde değiştiğinden anodik inhibitör olarak etki etmelidir (çizelge 4.2)

Akım-potansiyel eğrilerine bakıldığında, katodik yöndeki akım-potansiyel eğrisinin sınır akımı gösterdiği görülmektedir. Buda katodik tepkimenin difüzyon kontrollü olduğunu ifade eder (Mountassir and Srhiri 2007) Ortam havaya açık ve de nötr pH'da olduğundan katodik tepkime olarak,



Yerine



tepkimesi olur. Bu nedenle tepkimeyi, çoğunlukla çalışılan ortamlardaki çoğunlukla O₂'nin metal yüzeyine difüzyonu kontrol etmektedir. Buda inhibitörün katodik inhibitör olmasıyla uyumludur.

Sonuç olarak bu çalışma ile ogzalat anyonunun çinko, bakır ve pirincin korozyonuna düşük derişimlerde azalttığı, ancak ogzalat derişiminin artması ile oluşan metal ogzalat çökeltilerinin kompleks iyon halinde çözüldüğünü, bu nedenle de metallerin NaCl ortamındaki korozyonunu arttırdığını söyleyebiliriz. Pirinçte hem Cu⁺² hem de Zn⁺² iyonları olduğundan (Mountassir and Srhiri, 2007) ogzalatın etkisi Cu(C₂O₄) ve Zn(C₂O₄) 'ın ortak etkisi olarak ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın devamı olarak T. Yanardağ söz konusu metallerin korozyonuna triazollerin ve ogzalatın üzerine olan sinerjik etkisini araştırmaktadır. Bu çalışmada da uygulamada kullanılabilecek veriler elde edilmiştir.

Ogzalatin etkisi metalin saflığına, dolayısıyla alaşım elementlerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Zhang *et al.* 2008). Çalışmalarımızın başlangıcında yapılan deneylerde daha az saflıkta çinko ve bakır metali kullanılmıştır. Bu metallere yapılan deneylerde belirlenmiş olan korozyon hızları çizelge 4.4’de verilmiştir. Burada bakır bileşiminde; % 99.2 Cu, % 0.27 Zn ve % 0.52 Mo bulunmaktadır. Çinko bileşiminde ise; %99.2 Zn, % 0.14 Zr, % 0.22 Nb ve % 0.48 Mo vardır.

Çizelge 5.1 Daha az saf çinko ve bakır ile elde edilmiş korozyon hızları

Ortam	İcor ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	
	Zn	Cu
0,5N NaCl	$1,09 \times 10^{-6}$	$2,25 \times 10^{-6}$
+ 10^{-5} M ogzalot	$2,85 \times 10^{-6}$	$6,76 \times 10^{-6}$
+ 10^{-4} M ogzalot	$2,2 \times 10^{-6}$	$2,38 \times 10^{-6}$
+ 10^{-3} M ogzalot	$1,52 \times 10^{-6}$	$1,85 \times 10^{-6}$
+ 10^{-2} M ogzalot	$2,09 \times 10^{-6}$	$1,54 \times 10^{-6}$

Çizelgeden görüleceği gibi çinko saf değilse ogzalot inhibitör olarak etkilemiyor. Bakırda ise akım büyüklükleri farklı olmakla birlikte düşük ogzalot derişimlerinde saf çinko ve pirinç olduğu gibi inhibitör olarak etkirken, ogzalot derişiminin artmasıyla metal ogzalotların çözünmesi sonucu korozyonda da artış gözlenmektedir.

Daha az saflıktaki çinko metali az miktarda Zr ve Mo içermektedir. Bu nedenle olasılıkla metal yüzeyinde oluşan ZrO_2 ve MoO_2 metalin korozyonuna karşı koruyuculuğu arttırdığından oluşan $\text{Zn}(\text{C}_2\text{O}_4)$ azaldığından koruyucu etkisi de gözlenmemiştir. Bakır metalinde bulunan az miktardaki Mo ve Zn yine koruyucu arttırdığın korozyon akımı azalmakta, bu nedenle ogzalotın etkisinde farklılık gözlenmektedir.

KAYNAKLAR

Addemir, O., Açma, E. and Arslan, C. 1994. Sistem Yayıncılık, İstanbul, ISBN:975-7397-41-5

Akgün, S. 2007. Web sitesi.

http://www.obitet.gazi.edu.tr/obitet/malzeme_bilgisi/bakir_ve_alasimleri, erişim Tarihi: 20.09.2007

Aksüt, A.A. and Büyüksağış, A. 2003. Protection of metals , 44 , 514-520

Amadeh, A. 2002. Corrosion Science 44, 2321

Aramaki, K. 2001. Corros. Sci. in pres; Proc. The Journal of Corrosion Science and Engineering (JSCE) Materials and Enviroments, Japan Society of Corrosion Engineering, Tokyo, p. 235

Barouni, K., Bazzi, L., Salghi, R., Mihit, M., Hammouti, B., Albourine, A. and El Issami, S.,2008. Materials Letters 62 / 3325-3327

Bayoumi, F.M., Abdullah, A.M. and Attia, B. 2008, Materials and corrosion ,59 ,691 – 696.

Chung, Yun M., Min, J. Jung, Sang, J. Lee, Jeon, G. Han, Chang, G. Park, Seung, H. Ahn and Jung, Kim G. 2004. Surface- Coatings Tecnology 193/243-248

Desai, M.N., Rana, S.S. and Gandhi, M.H. 1973. Vol.20, issue. 12, P. 3-6

Diner, S. , Asan, A., Kıyak, T. and Kabasakloğlu, M. 2003. G.U. Journal of science 16(2):275-282,20

Dobrza ́nski, L.A., Lukaszkwicz, K., Zarychta, A. and Cunha, L. 2005. Journal of Materials Projecings Technology ,164-165/816-821

- Godard, H.1979. Corrosion of Metals by Waters. Materials Performance, National Association of corrosion Engineers ,pp. 21-27
- Kalinauskas, P., Valsiunas, I., Samuleviciene, M. and Juzeliunas, E. 2001 corrosion science 43 2083-2092
- Keller, Dr. H.and Eickhoff, K. 1969. Copper and Copper Alloys, first ed., İstanbul Teknik Üniversitesi Türk teknik haberleşme merkezi yayını
- Kılınççeker, G. 2008. Colloids and surfaces A: phys. Eng. Aspects 329 , 112-118
- Kosec, T., Milosev, I. and Pihlar, B., 2007. Applied Surface Science 253/ 8863-8873
- Kunitsugu, A. 2000. Corrosion science 43 (2001) 1573-1588
- Li, Y., Ba, A. Maleeha S. and Mahmood, 2008. Electrochimica Acta 53 / 7859-7862
- Maria, Inman E., Sharp, Roy M., Wilson, Peter T. and Wright, Graham A..1998. On-line Corrosion Monitoring in Geothermal Steam Pipelines, Geothermics, Vol. 27 No. 2, pp. 167-182
- Mountassir, Z. and Srhiri, A. 2007. Cor. Sci. ,49 ,1350-1361
- ODTÜ Müh. Fak.Yazım-çizim Birimi. 1982. Korozyon ve önlenmesi, yayın no: 70, ODTÜ, Ankara
- Otmacic, H. and Stupnisek-Lisac, E. 2003. Electrochimica Acta 48 , 985-991
- Patzay, Gy, Stahl, G., Karman, F.H. and Kalman, E. 1988. Modeling of Scale Formation and Corrosion From Geothermal Water , Electrochimica Acta 43 , pp. 137-147
- Ravichandran, R., Nanjundan, S. and Rajendran, N. 2004. Applied Surface Science 236/241-250

Shreir, L.L.1963. Corrosion Metal/Environment Reactions, second ed., Newnes-
Butterworths

Singh, P.A.N. 2002. Corrosion, 58, 971

Taniguchi, N. and Kawasaki, M. 2008. Journal of Nuclear Materials 379/ 154-161

Weast, R.C. 1972, Handbook of Chemistry and Physics , p. B. 232

Xia, L. and McCreery, R. L. 1998, Electrochem. J.. Soc. 145, 3083

Yanardağ, T. 2004. Yayınlanmış doktora tez çalışması (yayınlanmamış deneyler)

Yazdzad, A.R., Shahrabi, T. and Hosseini, M.G. 2008, Materials and Corrosion , 59
199-205

Zhang, Y.N., Zi, J.L., Zheng, M.S. and Zhu, J.W. 2008. Alloys and Compounds , 462
,240-243

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semra MURATOĞLU

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi: 10/08/1983

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ömer Seyfettin Lisesi (2000)

Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü (2006)

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

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve yıl

MKE Fişeksan A.Ş staj (2003), GATA staj (2004)

Yayımları (SCI ve diğer)