

TOLİTRİAZOL, BENZOTRİAZOL ve TOLİTRİAZOL- BENZOTRİAZOL KARIŞIMLARININ PİRİNCİN ELEKTROKİMYASAL ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN KARŞILAŞTIRILMALI İNCELENMESİ

Selman DİNÇER, Tülin KIYAK, Melike KABASAKALOĞLU*

Gazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, 06500, Teknikokullar, Ankara, TÜRKİYE, melike@gazi.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada çinko, bakır ve pirincin 0,1 M NaCl ve değişik konsantrasyonda tolitriazol (TTA), benzotriazol-tolitriazol karışımı içindeki elektrokimyasal özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Sabit potansiyelde elektroliz ve akım potansiyel eğrileri yardımıyla TTA'nın inhibisyonunu açıklayan bir mekanizma önerilmiştir. Bu ortamlarda bakır ile pirincin elektrokimyasal özelliklerinin oldukça benzerlik gösterdiği ve TTA'nın pirinç korozyonunu yüzeyde adsorbe olarak ve ZnO filminin oluşumunu kolaylaştırarak önlediği sonucuna ulaşılmıştır. İkili inhibitör karışımları içeren ortamlarda pirincin polarizasyon davranışı tek inhibitör içeren ortamlardakinden farklı değildir. Benzotriazol-tolitriazol karışımları çinko korozyonu önlemede daha etkilidir. Bakır için TTA, BTA dan daha iyi inhibitördür.

Anahtar Kelimeler; tolitriazol, benzotriazol, korozyon, inhibisyon, pirinç, bakır, çinko

A COMPARATIVE STUDY ON THE EFFECT OF TOLYTRIAZOLE, BENZOTRIAZOLE AND THEIR BINARY MIXTURES ON THE ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF BRASS

ABSTRACT

Electrochemical properties of zinc, copper and brass were comparatively investigated in 0.1 M NaCl and in 0.1 M NaCl containing tolyltriazole (TTA), benzotriazole (BTA) and the mixtures of TTA and BTA solutions. Electrochemical behavior of brass in these mediums resembles to copper. TTA hinders corrosion of brass by adsorption and enhancing ZnO formation on the surface. A mechanism is proposed by the help of constant potential electrolysis and current potential curves. There is no difference between the polarization behavior of brass in solutions containing BTA and TTA mixtures and in the solution containing one of them. BTA and TTA (~1/1 mol ratio) mixture are more effective for zinc than BTA or TTA. For copper, TTA is more effective inhibitor than BTA.

Key Words: Tolyltriazole, benzotriazole, corrosion, inhibition, brass, copper, zinc

1. GİRİŞ

Benzotriazol(BTA) ve tolitriazol (TTA) bakır ve alaşımları için oldukça iyi inhibitörlerdir. BTA bakır, yüzeyinde polimerik yapıda Cu(I)-BTA engel filmi oluşturarak korozyondan korur(1-10). Tolitriazolde, BTA'dan farklı olarak benzen halkasına bağlı bir metil grubu bulunması, molekülün elektron yükü dağılımına ve dolayısıyla yüzeyde adsorplanmış şeklin sterik konformasyonuna etki ettiğinden inhibitör etkinliği de değişecektir. Ticari kullanımı olan TTA, 4-metil ve 5-metil triazolün bir karışımıdır.

2. MATERYAL ve METOT

Deneylerde 500 mL hacminde üç ağızlı bir elektroliz hücresi kullanılmıştır. Çözeltiler iletkenlik suyu ve Analar NaCl kullanılarak hazırlanmıştır. Hücrenin ortasındaki ağızdan çalışma elektrotları, pirinç (%30 Zn, %70 Cu), bakır (%99,999) veya çinko (%99,99) elektrotlar daldırılmıştır. Kullanılan elektrotların çözeltiye açık yüzey alanları sırasıyla bakır için 0,6, çinko için 0,6 ve pirinç için 0,1 cm² dir. Şerit biçimindeki elektrotlar dış bağlantı ucuna lehimlendikten sonra dış çapı 1cm olan silindirik şekilde poliester reçinesi içine gömülmüştür. Her deneyden önce elektrotların yüzeyi su altında en kalından başlamak üzere en son 1200 incelikteki zımpara kağıdı ile parlatılmıştır. İletkenlik suyu ile çalkalanarak yıkanan elektrotlar deney ortamına alınmıştır. Referans elektrot olarak doygun kalomel elektrot (SCE), karşı elektrot olarak 1 cm² yüzey alanına sahip platin elektrot kullanılmıştır. Referans elektrot bir Luggin kapiler ucu yardımıyla elektrot yüzeyine çapı kadar bir mesafede yaklaştırılmıştır. Voltametrik ölçümler ENTEK firmasından satın alınan bir potansiyostat aracılığı ile gerçekleştirilmiştir.

3. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

3.1. Tolitriazolün Etkisi

Bir alaşımın korozyon davranışına inhibitör etkisini anlamak için en uygun yol, alaşım metali ile birlikte alaşım elementlerinin elektrokimyasal özelliklerini aynı koşullarda incelemektir. Bu çalışmada pirincin alaşım elementleri olan çinko ve bakırın elektrokimyasal özellikleri pirincin elektrokimyasal özellikleri ile beraber aynı ortamlarda karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Potansiyel aralığı olarak -1,1V ve +0,65 V(SCE) bölgesi seçilmiştir(Şekil 1-3). -1,1V, çinkonun aktif çözünme potansiyeli olan -1,02V'dan biraz daha negatif bir değerdir. +0,65V ise 0,1 M NaCl içinde bakıra ait bütün çözünür ve çözünmeyen ürünlerin oluşabileceği bir potansiyeldir.

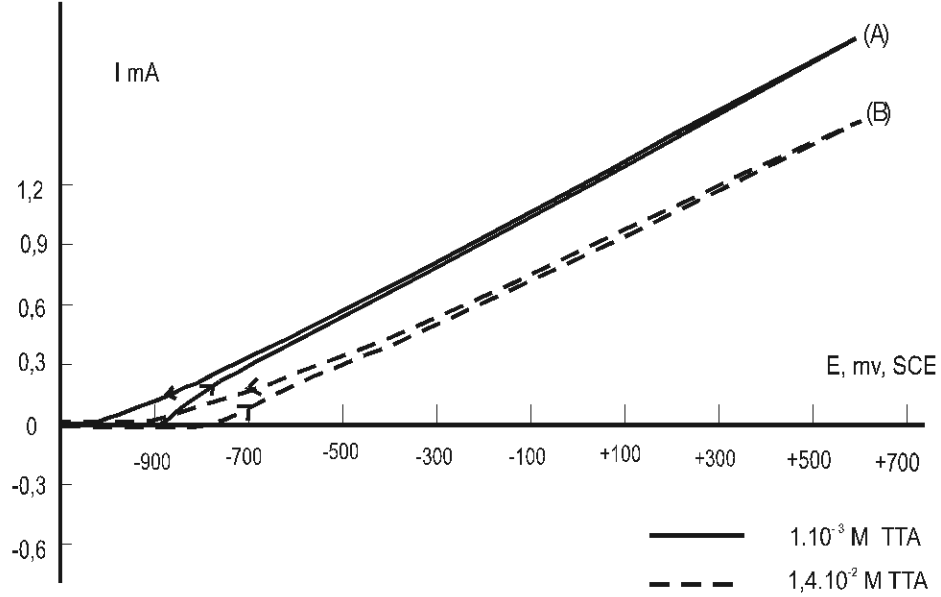
İnhibitör etkili ise yüzeyi polarize ederek anodik çözünmeyi önler ve akım potansiyel eğrisinde anodik akımın yükselmeye başladığı potansiyel pozitive kayar. Ayrıca inhibitörlü ortamlarda aynı potansiyelde okunan akım değerleri inhibitör içermeyen ortamlara göre daha azdır. Bu çalışmada yukarıda bahsedilen potansiyel aralığında önce pozitif yönde daha sonra başlangıç potansiyeline kadar tersi yönde tarama yapılmıştır. Burada amaç, ortamın oksitleme gücüne bağlı olarak oluşabilecek korozyon ürünlerini ve bunların indirgenmelerini görmektir. Potansiyelin değiştirilme yönüne eğriler üzerinde işaret edilmiştir.

Şekil 1'den TTA'nın çinko için anodik bir inhibitör gibi davrandığı görülmektedir. TTA konsantrasyonu arttıkça anodik akımın geçmeye başladığı potansiyel saf çinkonun çözünme potansiyeli olan -1,01 V'dan daha pozitif değerlere kaymıştır. Çinko 10⁻³ M TTA içeren çözeltide -0,875 V dan, 1,4x10⁻³ M TTA içeren çözeltide ise -0,700V dan itibaren anodik akım artışı gösterir. Anodik çözünme sırasında inhibitörün etkisini kaybettiği geri taramadaki akımın ileri yöndeki taramaya göre daha büyük olmasından anlaşılmaktadır.

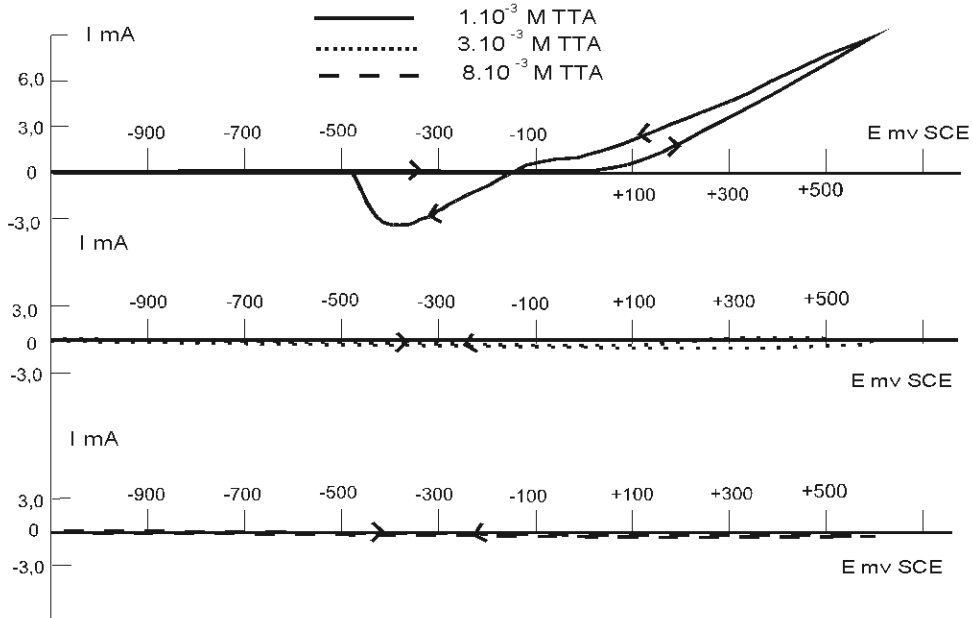
Şekil 2, bakır ile değişik konsantrasyonda TTA içeren 0,1 M NaCl çözeltilerinde elde edilmiştir. 3x10⁻³M TTA ve daha büyük konsantrasyonların 0,65 V ta kadar bakır yüzeyini çok iyi polarize ettiği görülmektedir. Polarizasyon koşulları aynı olan ve BTA içeren ortamlarda elde edilen Şekil 3 ile Şekil 2 beraber incelenirse, BTA'nın bakır yüzeyini TTA'ya göre iki kat daha büyük konsantrasyonda bile ancak 0,4 V'a kadar koruyabildiği görülecektir. Düşük konsantrasyonlarda

koruyucu katmanın geri tarama yönünde tekrar oluşmadığı katodik bölgede gözlenen korozyon ürünlerine ait indirgenme tepelerinden anlaşılmaktadır.

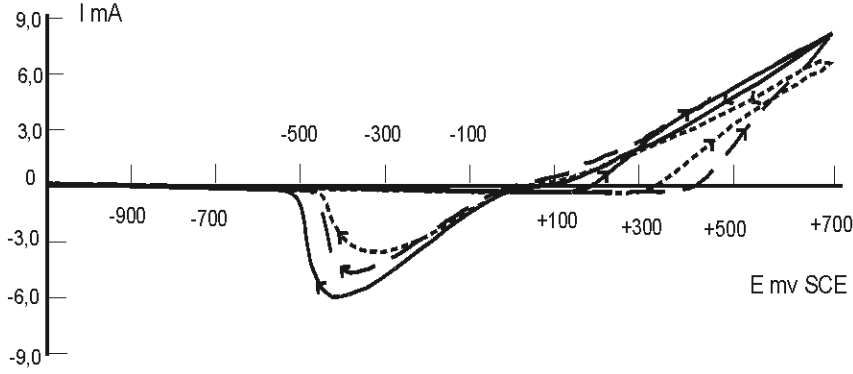
Sonuç olarak TTA bakır için BTA dan daha etkili bir inhibitördür. Ortama 3×10^{-3} MTTA ilavesi bakırı tamamen pasif hale getirirken, $3,75 \times 10^{-3}$ M BTA içeren çözeltide yüzey ancak +0,3V, $6,25 \times 10^{-3}$ M da ise +0,4V'ta kadar korunabilmiştir.



Şekil 1. 0,1 M NaCl içine (A) 10^{-3} MTTA ve (B) $1,4 \times 10^{-2}$ MTTA ilavesinden sonra 2,0 mV/s tarama hızı ile elde edilen eğriler.



Şekil 2. 0,1 M NaCl + x MTTA çözeltilerinde bakır elektrot ile 2,0 mV/s tarama hızıyla elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrileri. (a) 10^{-3} MTTA, (b) 3×10^{-3} MTTA, (c) 8×10^{-3} MTTA.



Şekil 3. 0,1 M NaCl + x M MBTA çözeltilerinde bakır elektrotla elde edilen eğriler.
(—) $1,2 \times 10^{-3}$ MBTA, (.....) $3,75 \times 10^{-3}$ MBTA, (---) $6,25 \times 10^{-3}$ MBTA.

Şekil 4'de, değişik konsantrasyonda TTA içeren çözeltilerde pirinç elektrotla elde edilen eğriler görülmektedir. Bu eğrilere göre TTA'nın pirinç etkisi bakıra etkisine benzer (Şekil2, Şekil 4). Ancak TTA bakırda çok etkili iken pirinçte daha az etkili olmuştur. 3×10^{-3} M TTA bakırı +0,65V'a kadar tam olarak korurken pirinç +0,27V'a kadar kısmen korur. Bu, geri taramada katodik bölgedeki indirgenme tepelerinin varlığından anlaşılmaktadır. Çizelge 1 pirinç için çukur oluşum potansiyellerini TTA konsantrasyonuna bağlı olarak göstermektedir. TTA konsantrasyonu arttıkça çukur oluşum potansiyeli oldukça pozitif kaymıştır. Şekil 4'de pirinçle elde edilen anodik polarizasyondan sonra geri dönüş eğrilerinin katodik akım geçinceye kadar gösterdiği akım, ileri yöndekinden daha büyüktür. Çukur oluşum potansiyelinde inhibitörün oluşturduğu yüzey filmi bozulduktan sonra potansiyelin geri taranması sırasında daha önce cereyan edemeyen bütün yükseltgenme olayları olur. Bu nedenle katodik bölgede bakır oksit ve bakırın çözünmeyen korozyon ürünlerinin indirgenmesi belirgindir (Şekil 4, 5, 7). Bu durum, yüzeyi polarize eden katman bozulduğunda inhibitörün yüzeyi tekrar polarize edemediğini gösterir.

Çizelge 1. Pirinç elektrotta Eçukur potansiyelinin TTA konsantrasyonu ile değişimi.

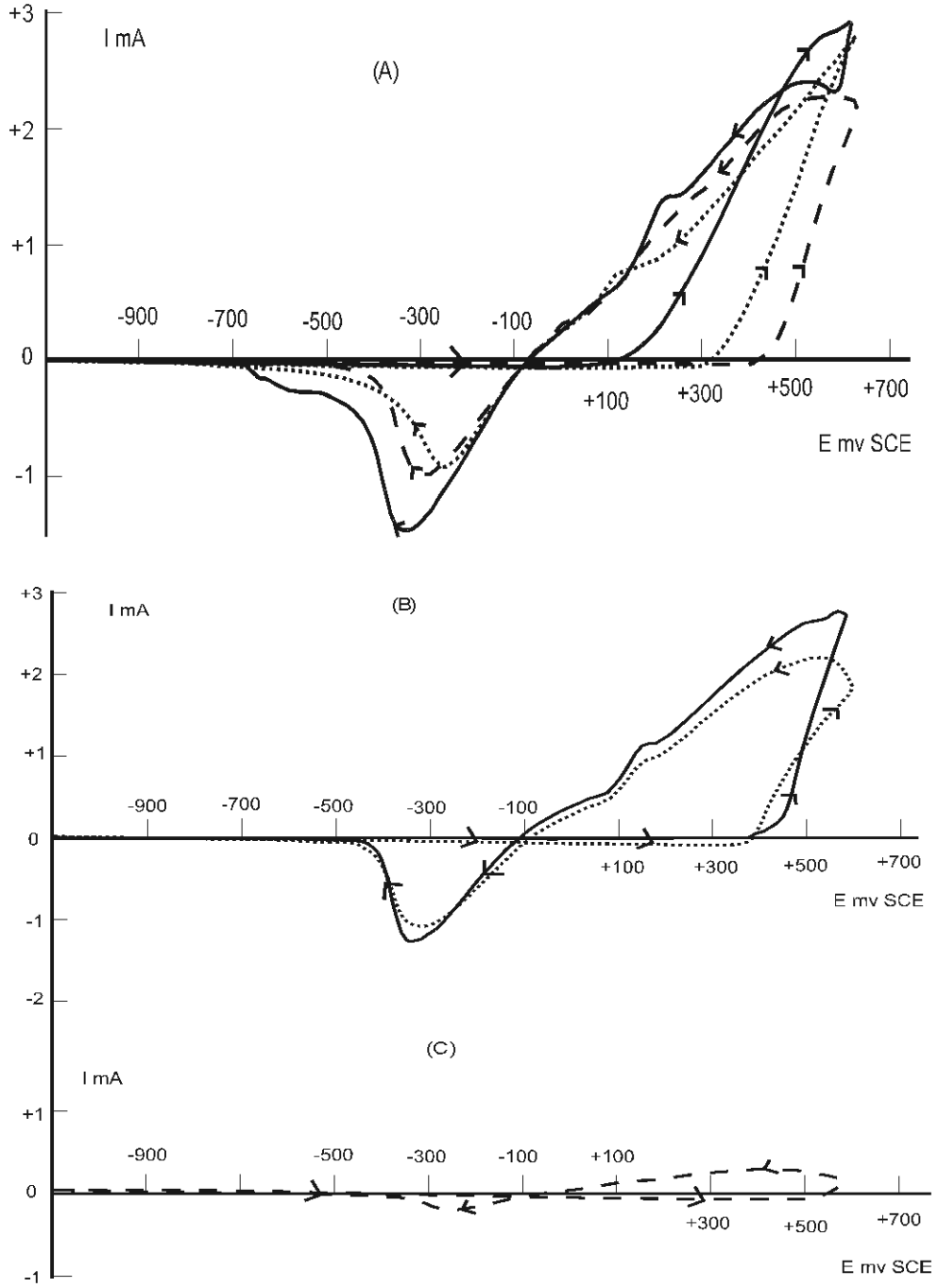
TTA Konsantrasyonu (M)	10^{-3}	3×10^{-3}	5×10^{-3}	8×10^{-3}	10^{-2}	$1,5 \times 10^{-2}$
$E_{\text{çukur}}$ (mV, SCE)	80	270	370	380	400	550

3.2. Tolitriazol ve Benzotriazolün Pirinç Korozyonuna Etkisinin Karşılaştırmalı İncelenmesi

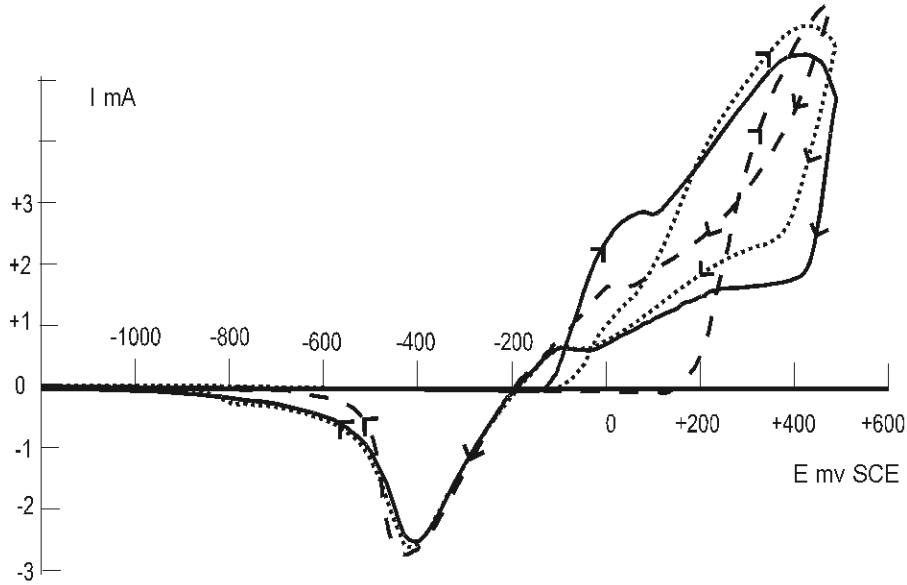
BTA'nın pirinç korozyonuna etkisi daha önce incelenmişti (11). Çizelge 2 bu çalışmadan alınan verileri göstermektedir. Çizelge 1 ve 2 birlikte incelenirse TTA'nın düşük konsantrasyonları için ($\sim 10^{-3}$ M), BTA'dan daha etkili olduğu görülecektir. Pirinç elektrotla BTA içeren 0,1 M NaCl içinde elde edilen polarizasyon eğrileri (Şekil 5), Şekil 4A ile birlikte incelenirse, BTA içeren ortamlarda elde edilen polarizasyon eğrilerinde geri tarama yönündeki anodik akımların, ileri yöndekinden daha küçük olduğu görülecektir. Bu da yüzeyi polarize eden tabakanın bozulması durumunda geri dönüş potansiyellerinde yüzeyi kısmen kapatan bir tabakanın oluştuğuna işaret eder. BTA'nın yüksek konsantrasyonlarda TTA'ya nazaran yüzeyde daha kalıcı bir film oluşturduğu söylenebilir.

Çizelge 2 . Pirinç elektrotta Eçukur potansiyelinin BTA konsantrasyonu ile değişimi.

BTA Konsantrasyonu (M)	$1,25 \times 10^{-3}$	$3,75 \times 10^{-3}$	$6,25 \times 10^{-3}$	$8,75 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-2}$	$1,45 \times 10^{-2}$
$E_{\text{çukur}}$ (mV, SCE)	-50	0,0	250	310	350	450



Şekil 4. 0,1 M NaCl+x MTTA çözeltilerinde pirinç elektrotla 2,0 mV/s tarama elde edilen en anodik ve katodik polarizasyon eğrileri. (A) (____) 10^{-3} MTTA, (.....) 3×10^{-3} MTTA, (----) 5×10^{-3} MTTA, (B) (____) 8×10^{-3} MTTA, (.....) 10^{-2} MTTA, (C) $1,4 \times 10^{-2}$ MTTA.



Şekil 5. 0,1 M NaCl çözeltisine (—) $1,2 \times 10^{-3}$ MBTA, (.....) $3,75 \times 10^{-3}$ MBTA, (---) $6,25 \times 10^{-3}$ MBTA ilavesinden sonra pirinç elektrotla 2,0 mV/s tarama elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrileri

Bu görüşü doğrulamak için iki farklı konsantrasyonda BTA ve TTA içeren 0,1 M NaCl çözeltilerinde pirinç elektrotla 20 dakikalık sürelerde değişik sabit potansiyelerde devreden geçen yük miktarları belirlenmiştir. Çizelge 3 bu verileri göstermektedir. Anodik yükün geçmeye başladığı potansiyel yüzeydeki koruyucu filmin anodik olaylara izin verdiği potansiyeldir. 0,1 M NaCl ve $1,2 \times 10^{-4}$ M inhibitör içeren ortamlarda -0,2 V da geçen katodik yük yüzeyde bu potansiyelde indirgenebilecek ürünlerin varlığını yani yüzeyin anodik (çözünme) olaylara karşı kapalı olduğunu gösterir. Bu potansiyelden daha büyük değerlerde anodik yük geçer. Bu konsantrasyonda TTA içeren ortamda bulunan anodik yük değerleri 0,1 M NaCl içinde bulunandan büyük olduğundan TTA'nın az miktarda ilavesinin pirincin korozyonunu arttırdığını söyleyebiliriz. Çizelge 3 den TTA $1,2 \times 10^{-4}$ M için, pirincin 0,1 M NaCl içindeki korozyonunu arttırırken BTA'nın biraz azalttığı görülmektedir. Yani bu konsantrasyonda BTA daha etkilidir. $2,7 \times 10^{-2}$ M inhibitör konsantrasyonunda TTA anodik olayları 20 dakikalık polarizasyon süresinde 0,6 V ta kadar korurken, BTA ancak 0,2 V ta kadar korur. Ancak 0,6 V dan sonra $2,7 \times 10^{-2}$ M inhibitörlü ortamlarda BTA yüzeyde polarizasyona daha dayançlı bir film oluşturur. 0,6V dan sonra BTA lı ortamda geçen yük, TTA lı ortamda geçen anodik yükten daha küçüktür. Buradan çıkarılan sonuç TTA yüksek konsantrasyonda 0,6 V ta kadar BTA dan daha etkili olduğu, BTA'nın ise 0,6V dan daha yüksek potansiyelerde etkili olduğudur. Bu sonuç akım potansiyel eğrilerinden çıkarılan sonuçlara da uyar. Aralarındaki farkın nedeni bakır ile yapılmış çalışmalarda bilgileri açıklanabilir. BTA yüzeyde iki farklı potansiyel bölgesinde etkili olur. Düşük potansiyelerde Cu(I) BTA filmi oluşturarak etkili olurken CuCl oluşum potansiyelinde CuCl ile polimerik yapıda bir film meydana getirir (7,9). TTA'nın etkili olabilmesi için yüzeyde Cu_2O filminin olması gerekir (12). TTA bu oksit yüzeyinde hidrofob metil grubu çözeltiye doğru yönlenecek şekilde adsorbe olur. Dolayısı ile her iki inhibitörün yüzeyde oluşturdukları direnç filmlerinin yapısı farklıdır. Pirinçte iki farklı inhibitörün oluşturduğu yapıların çinkonun etkisinde düşünülmalıdır. BTA ve TTA'nın yüzeyde ZnO oluşumunu hızlandırdığı bulunmuştur (11,13).

Çizelge 3. Değişik potansiyelerde 20 dakika elektroliz süresinde devreden geçen yük miktarları.

E,V (SCE)	0,1M NaCl (C/cm ²)	1,2 x10 ⁻⁴ M TTA(C/cm ²)	1,2x10 ⁻⁴ M BTA(C/cm ²)	2,7x10 ⁻² TTA(C/cm ²)	2,7x10 ⁻² M BTA(C/cm ²)
-0,2	-0,046	-0,484	-0,033	--0,0041	-0,00205
0,0	1,84	2,06	1,79	0,0048	-0,163
0,2	11,43	12,94	10,49	-0,001	0,016
0,4	16,95	16,34	16,94	-0,268	0,0056
0,6	20,6	15,01	12,45	3,1	1,32
0,8	11,98	14,027	11,2	6,66	1,12
1,0	12,26	13,93	12,14	4,04	1,11

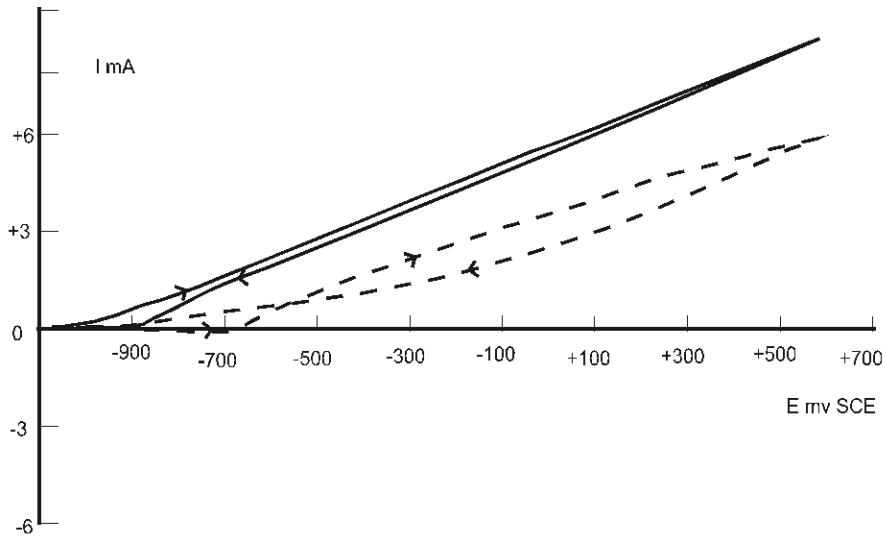
Bu çalışmada TTA'nın çinko için anodik inhibitör gibi davrandığı Şekil 1 de görülmektedir. Çizelge 3 den TTA'nın yüksek konsantrasyonlarda hem çinkonun dezinfikasyonunu önleyerek ve hemde bakırın çözeltiliye geçmesini engelleyerek etkili olduğu anlaşılmaktadır. BTA yüksek konsantrasyonlarda ve yüksek potansiyelerde TTA dan daha etkilidir.

3.3 Tolitriazol ve Benzotriazol Karışımları İçinde Çinko Bakır ve Pirincin Pavyanışı

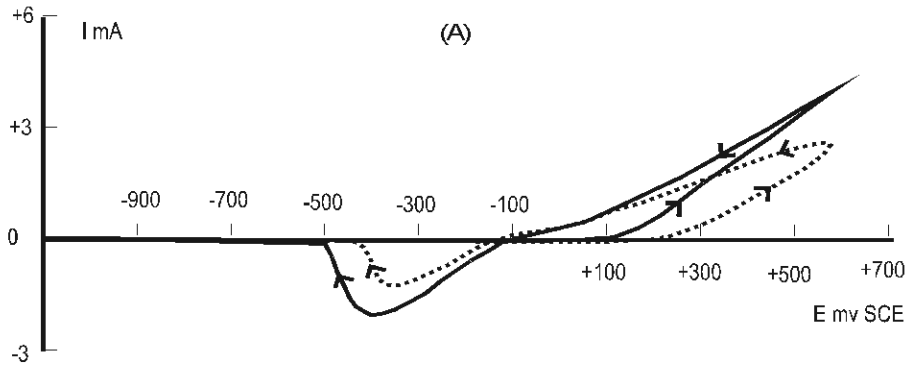
Pirincin anodik çözünme potansiyelinin ve yükünün inhibitörün cinsine ve konsantrasyonuna bağlı olduğu görüldüğünden(Çizelge 3) TTA ve BTA dan oluşan bir karışımın pirinç korozyonunu önlemede daha etkili olabileceği düşünülmüştür. Şekil 6-8 sırasıyla çinko, bakır ve pirinç elektrotlarla BTA(x)+TTA(y) içeren 0,1 M NaCl çözeltilerinde elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrilerini göstermektedir.

Şekil 6 dan 2,0x10⁻³ M BTA +1,5x10⁻³M TTA ortamında toplam inhibitör konsantrasyonu, 1,25x10⁻³ MBTA + 4x10⁻³M TTA içeren ortamdakinden daha az olmasına rağmen anodik çözünme potansiyelinin saf çinkonun anodik çözünme potansiyeli olan -1,01 V dan birincide -0,65 V ta ikincide -0,89 V ta kaydığı görülmektedir. Bu sonuç Şekil1 ile karşılaştırılırsa daha az toplam inhibitör konsantrasyonunda daha iyi koruma sağlandığı anlaşılır. Bu inhibitörler çinko korozyonunu önlemede yaklaşık 1:1 mol oranında ve daha düşük konsantrasyonda daha etkili koruma sağlayabilirler. Aynı çalışmalar bakır için de yapılmıştır (Şekil7). Şekil 7den okunan çukur oluşum potansiyelleri Çizelge 4 de verilmiştir.

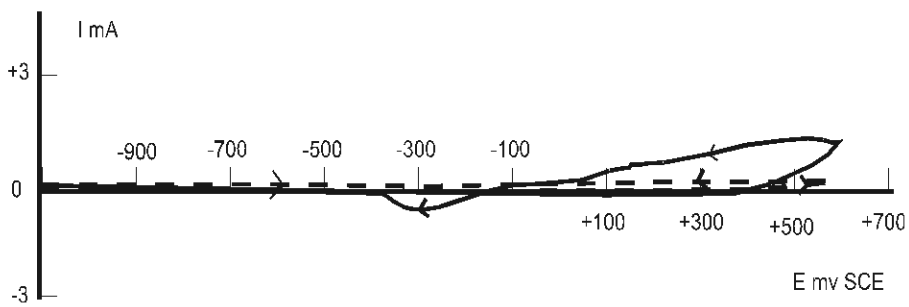
İnhibitör karışımı içeren ortamlarda elde edilen eğriler, inhibitörlerin tek başına bulunduğu ortamlarda elde edilenlerle karşılaştırılırsa aralarında fark olmadığı görülecektir(Şekil 7 a,b). Bakır elektrotla elde edilen eğrilerden bulunan çukur oluşum potansiyelleri toplam inhibitör konsantrasyonuna ve oranına bağlı olarak Çizelge 4 de gösterilmiştir.



Şekil 6. 0,1 M NaCl çözeltisine (—) $1,25 \times 10^{-3}$ MBTA + 4×10^{-3} M TTA ve (---) $2,0 \times 10^{-3}$ MBTA + $1,5 \times 10^{-3}$ M TTA ilavesinden sonra $2,0$ mV/s tarama hızıyla çinko ile elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrileri.



(B)



Şekil 7. 0,1 M NaCl çözeltisine BTA+TTA karışımı ilavesinden sonra bakır elektrotla $2,0$ mV/s tarama hızıyla elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrileri.

(a) (—) $1,25 \times 10^{-3}$ M BTA + 10^{-3} M TTA, (.....) $2,5 \cdot 10^{-3}$ M BTA + 2×10^{-3} M TTA, ve
(b) (—) $6,25 \times 10^{-3}$ M BTA + $8 \cdot 10^{-3}$ M TTA, (---) $2 \cdot 10^{-2}$ M BTA + 8×10^{-3} M TTA.

Çizelge 4. Bakır elektrodun çukur oluşum (Eçukur) potansiyelinin, BTA/TTA oranı ve toplam inhibitör konsantrasyonu ile değişimi .

BTA / TTA oranı	0/10 ⁻³	1,25x10 ⁻³ /0	1,25	1,25	1,67	1,04	2.5
toplam inhibitör (M)	10 ⁻³	1,25x10 ⁻³	3,25x10 ⁻³	4,5x10 ⁻³	8x0 ⁻³	12,25x10 ⁻³	>28x10 ⁻³
E _{çukur} (mV, SCE)	80	-50	80	225	200	380	PASİF

Bakır elektrotla tam pasiflik BTA ile 2,3x10⁻² M da sağlanırken, TTA varlığında 3x10⁻³ M da sağlanmıştır. İnhibitör karışımı içinde ise 2,8x10⁻² M toplam inhibitör konsantrasyonunda pasiflik sağlanır. Bu açıdan bakır için inhibitör karışımı kullanmak uygun değildir. Bakır korozyonunu engellemede TTA tek başına yeterlidir.

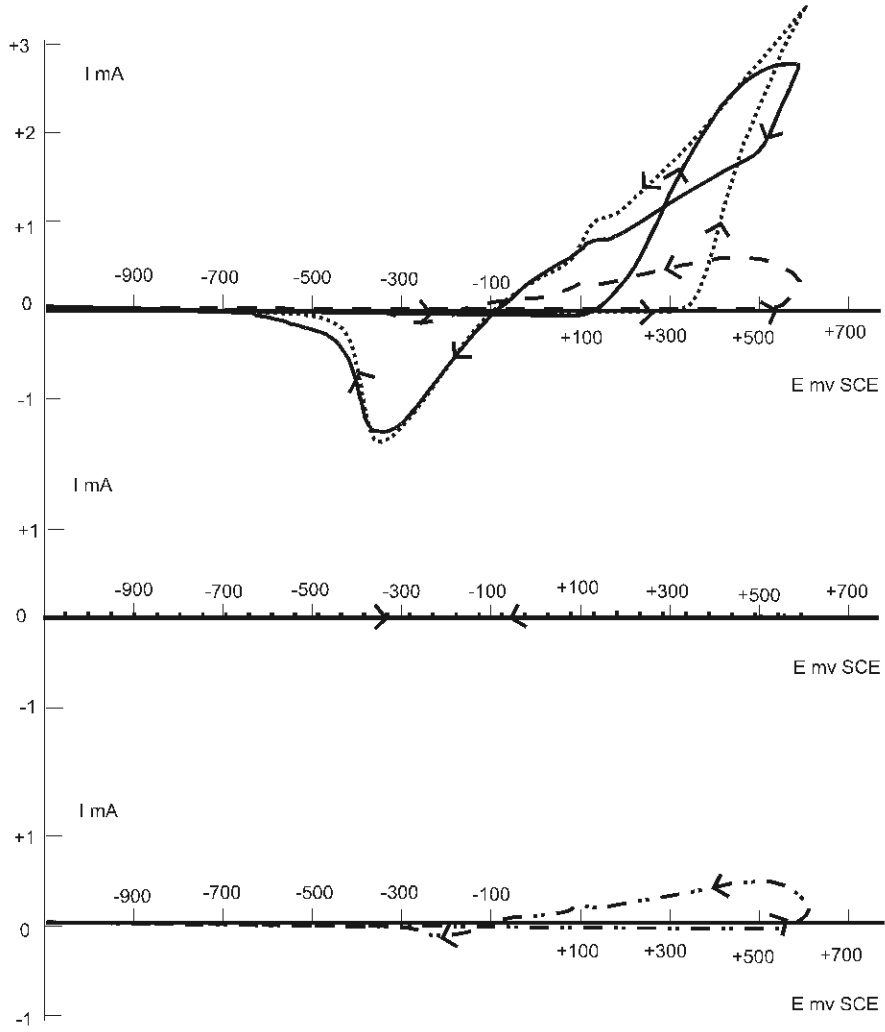
Pirinç ile yapılan benzeri çalışmanın sonuçları Şekil 8 ve Çizelge 5 de verilmiştir. Karşılaştırma pirincin korozyonunu önlemede BTA ve TTA karışımının çukur korozyonunu önlemede tek inhibitöre göre daha iyi etkinliğe sahip olmadığını gösterir. Şekil 8 c den görüldüğü gibi uygun olmayan bir inhibitör karışımı pirinçte çukur korozyonunu yeniden başlatabilir. Toplam inhibitör konsantrasyonu arttıkça çukur oluşum potansiyeli ortamda sadece bir inhibitör var gibi pozitif kayma gösterir. BTA varlığında pirinçte tam pasiflik 1,8x10⁻² M da, TTA varlığında yine bu konsantrasyonda sağlanır. Toplam inhibitör konsantrasyonu bu değere eşit olacak şekilde hazırlanmış karışımda pirinçte yine tam pasifliği sağlar.

Çizelge 5. Pirinç elektrotta Eçukur potansiyelinin BTA+TTA karışımı ilavesiyle değişimi

BTA + TTA	1,25x10 ⁻³ +	2,5x10 ⁻³ +	3,75x10 ⁻³ +	6,75x10 ⁻³ +	10 ⁻² +	1,1x10 ⁻² +	1,25x10 ⁻² +	2,5x10 ⁻² +
İnhibitör oranı	10 ⁻³	2.10 ⁻³	4.10 ⁻³	6,10 ⁻³	8.10 ⁻³	9.10 ⁻³	10 ⁻²	2,1.10 ⁻²
E _{çukur} (mV, SCE)	110	140	340	300	500	Tam Pasif	550	450

SONUÇ

Bakır için çok etkili olan toltriazol, benzotriazol gibi pirincin korozyonunu önlemek amacı ile kullanılabilir. Çinko ile yapılan çalışmalar TTA'nın çinko için anodik inhibitör gibi davrandığını göstermiştir. TTA yüzeyde adsorbe bir film oluşturarak veya ZnO oluşumunu kolaylaştırarak çinkoyu pasif hale getirir. Aynı olay pirincin yüzey çinko atomları içinde söz konusudur. Yani TTA bir ölçüde pirincin dezinkifikasyonu önler diyebiliriz. Yüzey çinko atomlarının adsorbe TTA tabakası tarafından veya koruyucu ZnO ile tutulması bakıra göre daha az soy metal olan çinkonun bakır atomlarına karşı gösterdiği galvanik koruma etkisini azaltır.



Şekil 8. 0,1 M NaCl çözeltisine BTA+TTA karışımı ilavesinden sonra pirinç elektrotla 2,0mV/s tarama hızıyla elde edilen anodik ve katodik polarizasyon eğrileri.

Çinkonun TTA ile korunması bakırın çözünme akımını artırır. Düşük konsantrasyonda TTA içeren 0,1 M NaCl çözeltisinde pirincin anodik çözünme yükünün aynı konsantrasyonda BTA içeren ortama göre biraz büyük olma nedeni budur (Çizelge 3). Bu nedenle bakır 3×10^{-3} M TTA içeren çözeltide tam pasif hale geçebilirken aynı etki pirinçde görülemez. Pirincin TTA ile korunması daha yüksek TTA konsantrasyonlarında sağlanır. Çizelge 3'e göre BTA oksitleme gücü yüksek olan ortamlarda TTA ya göre daha iyi koruma sağlar.

Teşekkür: Bu çalışma G.Ü. Araştırma Projeleri çerçevesinde desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

1. Poling, G.P., "Reflection infrared studies of films formed by benzotriazole on Cu " *Corros. Sci.* 10, 359 (1970).
2. Fleischmann, M., Hill, I.R., Mengoli, G. and Musiani, M.M., "The synergetic effect of benzylamine on the corrosion inhibition of copper by benzotriazole" *Electrochim. Acta* 28, 1325 (1983).
3. Ying, L., Guan, Y. and Khan, K. N., "Corrosion İnhibition of copper with Benzotriazole and Other Organic Surfactants" *Corrosion* 51,367(1995).
4. Brusich, V., Frisch, M. A., Eldridge, B. N., Novak, F.P., Kaufman, F.B., Rush, B.M. and Frankel, G.S., "Copper corrosion with and without inhibitors" *J. Electrochem. Soc.* 138, 2253 (1991).
5. Srhiri, A., Trachli, B., Hajjaji, N., Keddani, M., Takenouti, H., Frignani, A., Zucchi, F., *Proceedings of 9th*

- European Symposium on Corrosion inhibitors (9SEIC)* Ann. Univ. Ferrara, N.S., sez V, Suppl. N 11 2000.
6. Modestov, A., ZhouG, D., WuY, P., Notoya, T. and Schweinsberg D.P., "A Study of the electrochemical formation of Cu(I)-BTA films on copper electrodes and the mechanism of copper corrosion inhibition in aqueous chloride/ Benzotriazole solutions", *Corros. Sci.* 36 (1994).
 7. El-Naggar M.M., "Bis triazole as a new corrosion inhibitor for copper in sulphate solution. A model for synergistic inhibition action", *J. Material Sci.* 35:6189(2000).
 8. Tommessani, L., Brunoro, G., Frignani, A., Monticelli, C. and Dal Colle, M. "On the protective action of 1,2,3 Benzotriazole derivative films against copper corrosion", *Corros. Sci.* 39,1221 (1997).
 9. Tromans, D. and Hong Sun, Ru "Anodic Polarization Behaviour of copper in Aqueous Chloride/benzotriazole solution.", *J. Electrochem. Soc.* 138: 3235 (1991).
 10. Otieno Alego, V, G.A., Hope, T., Notoya, T. and Schweinsberg, D.P., "An electrochemical and SERS study of the effect of 1-N.N-Bis-(hydroxyethyl)aminomethyl-benzotriazole on the acide corrosion and dezincification of 60/40 brass", *Corros.Sci.* 38: 213(1996).
 11. Dinçer, S., Asan, A., Kiyak, T. ve Kabasakaloğlu, M., "Korozyon inhibitörü olarak benzotriazol", *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, baskıda (2003).
 12. Tömkvist, C., Thierry, D., Bergman, J., Liedberg, B. and Leygraf, C., "Methyl substitution in benzotriazole and its influence on surface sturcture and corrosion inhibition", *J.Electrochem. Soc.*, 136: 58 (1989).
 13. Mamaş S., Kiyak, T., Kabasakaloğlu, M., "Korozyon inhibitörü olarak tolitrizol", *VIII.Uluslar Arası Korozyon Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, Eskişehir, 590 (2002).

Geliş Tarihi:03.02.2003

Kabul Tarihi:18.06.2006

