



YUMUŞAK ÇELİĞİN ASİDİK ORTAMDAKİ KOROZYON DAVRANIŞINA 5-(4-Dimetilaminobenzyliden)-rodanin MOLEKÜLÜNÜN ETKİSİ

Ece ALTUNBAŞ ŞAHİN*

Bingöl Üniversitesi, Genç MYO, Mülkiyet Koruma ve Güvenlik Bölümü, 12000 Bingöl, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Yumuşak Çelik, Korozyon, İnhibitör.</i>	5-(4-Dimetilaminobenzyliden)-rodanin (D-Rh) molekülünün, yumuşak çeliğin korozyonuna inhibisyon etkisi 0,5 M H ₂ SO ₄ çözeltisinde, elektrokimyasal impedans spektroskopisi, lineer polarizasyon direnci, kronoamperimetri ve potansiyodinamik polarizasyon eğrilerinden yararlanılarak araştırılmıştır. Deneysel sonuçlar inhibisyon etkinliğinin D-Rh'in derişimi ile arttığını göstermiştir. Adsorpsiyon izotermi Langmuir adsorpsiyon izotermine uymaktadır. D-Rh molekülü için aktivasyon enerjisi hesaplanmıştır.

THE EFFECT OF CORROSION OF 5-(4-Dimethylaminobenzyliden)-rhodanin on MILD STEEL

Keywords	Abstract
<i>Mild Steel, Corrosion, Inhibitor.</i>	The inhibition effect of 5-(4-Dimethylaminobenzyliden)-rhodanin (D-Rh) molecule on mild steel corrosion has been investigated in 0.5 M H ₂ SO ₄ solution using help with electrochemical impedance spectroscopy, linear polarization resistance, chronoamperometry and potentiodynamic polarization techniques. The experimental result show that the inhibitor efficiency increases with increasing inhibitor concentration. The adsorption isotherm is suitable with Langmuir. The E _a are calculated.

Alıntı / Cite

Şahin Altunbaş, E., (2019). Yumuşak Çeliğin Asidik Ortamdaki Korozyon Davranışına 5-(4-Dimetilaminobenzyliden)-rodanin Molekülünün Etkisi, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(4), 803-810.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E. Altunbaş Şahin, 0000-0002-3201-0487

Makale Süreci / Article Process

Başvuru Tarihi / Submission Date	28.08.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	15.05.2019
Kabul Tarihi / Accepted Date	27.05.2019
Yayın Tarihi / Published Date	19.12.2019

1. Giriş

Başta yumuşak çelik olmak üzere, çelik malzemelerin endüstriyel anlamda çok fazla kullanım alanı bulunmaktadır. Yumuşak çelik, boru hatları, rafineriler, madencilik ve inşaat sektörleri gibi birçok sektörde kullanılmaktadır. Bu tür malzemelerin yaygın olarak kullanımlarını kısıtlayan en etkin parametre korozyon dur ve birçok sanayi kuruluşunun korozyon olayından etkilenerek, çok büyük kayıplar vermeleri kaçınılmazdır. Doğal bir süreç olan korozyon, çevre ve insan gibi faktörler ele alındığında istenmeyen ve önlenmesi zorunlu olan bir olaydır (Erbil, vd.1984; Erbil, M.2012).

Günümüz koşullarında korozyonun teknik anlamda önüne geçilemeye de, korozyon kaynaklı hasarların zamanında saptanması ve korozyonun hızının belirlenerek kontrol altında tutulması, ayrıca korozyon kaynaklı hasarların yol açabileceği maddi zarar ve kayıpların azaltılabilmesi mümkündür.

Asit çözeltileri, endüstride çoğunlukla, metal ve alaşımların temizlenmesi, bunlara uygulanan aşındırma ve kireç çözme işlemlerinde yaygın olarak kullanılırlar. Asit ile temizleme işlemleri ile metalin temizlenmesi sırasında metalin çözünmesi (Korozyon) gerçekleşebilmektedir.

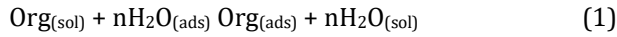
Korozyon olayını tamamen engellemek söz konusu

* İlgili yazar / Corresponding author: ealtunbassahin@gmail.com, +90-426-216 0050

olmamakla birlikte, metalik kaplama (Solmaz vd,2009), polimer kaplama (Altunbaş, vd.2008; Altunbaş vd,2010) anodik koruma, katodik koruma inhibitör kullanımı gibi farklı yöntemler ile metallerin ömürleri uzatılabilir. Bu yöntemler içerisinde yumuşak çelikler için en yaygın olarak kullanılan yöntem inhibitörlerin kullanılmasıdır. (Musa, vd.,2009, Abbouda .vd.2009).

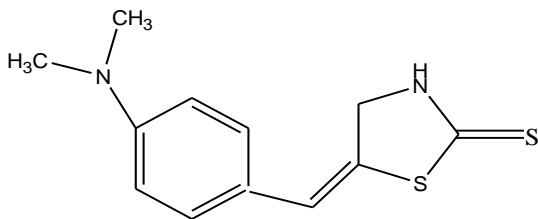
İnhibitörler organik ve inorganik inhibitör olarak sınıflandırılırlar. Organik inhibitörler adsorpsiyon inhibitörleri olarak tanımlanır ve çoğunlukla asidik çözeltilerde tercih edilirler. İnhibitör olarak kullanılan organik moleküllerin metal yüzeyine adsorpsiyonu sterik faktörler, elektron sunan grupların elektron yoğunluğu, molekül yapısında bulunan adsorpsiyon merkezi olarak kabul edilen N, O, S, P gibi atomlar, ikili yada üçlü bağlara bağlıdır (Döner vd.2010).

Bir organik bileşiğin inhibitör olarak etkinliği, temel olarak 1 numaralı eşitlikte verildiği gibi korozif ara yüzeyde su molekülünün yerine geçerek metal yüzeyinde tutulma eğilimine bağlıdır (Solmaz vd.2009, Solmaz, vd.2014).



Literatüre bakıldığında Rodanin ve türevlerinin kimyasal yapılarında N-C=S moleküllerinin bir arada bulunduğu görülmektedir. Bu moleküller rodanin ve türevlerinin, antibakterial (Foye, W. 2011), antidiyabetik (Momose vd.1991), antiviral (Mishra vd.1997), antimikrobial (Sudo vd.1999) gibi biyolojik aktivitelerde kullanılmasını sağlamıştır. Bunun yanında bazı soy metal iyonlarının analizi için seçici ve duyarlı olan rodanin türevleri korozyon önleyici olarak kullanıldığı çalışmalarda bulunmaktadır, (Döner vd.2011, Altunbaş, vd.2008, Solmaz vd.2014) kullanılırlar. Rodanin molekülü aktif merkez olarak 3 çeşit heteroatom içermektedir, bu özelliği kolayca üretilip saflaştırılmasında avantaj sağlamaktadır (Solmaz vd.2005)

Bu çalışmada, Şekil 1 de molekül yapısı verilen 5-(4-Dimethylaminobenzyliden)-rodaninin (D-Rh) 0,5 M H₂SO₄ çözeltisindeki korozyon davranışı araştırılmıştır. Farklı derişimlerde yapılan analizler de molekülün etkinliğinin artan derişimle arttığı belirlenmiştir. Termodinamik çalışmalarda ise molekülün adsorpsiyon izoterminin Langmuir izotermine uyduğu tespit edilmiştir.



Şekil 1. D-Rh molekülün kimyasal yapısı

2. Bilimsel Yazın Taraması

G.Kardaş R.Solmaz, (2005), yaptıkları çalışmada 0,5 M HCl çözeltisi içerisinde yumuşak çeliğin korozyonuna seçtikleri bazı barbitürat türevlerinin (barbutik asit, etilbarbutrik asit ve 2-tiyobarbutrik asit) etkisini araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda elektrokimyasal impedans spektrometresi (EIS) ve lineer polarizasyon direncinden (LPD) tekniklerinden yararlanmışlardır. İnhibisyon etkisinin belirlenmesinde kimyasalların moleküler yapıları ve seçilen inhibitörlerin konsantrasyonunun önemli olduğunu belirlemişlerdir. Çalışmalarında kullandıkları inhiibtörler içerisinde en etkin olanının 2-tiyobarbutrik olduğunu belirtmişler ve 2-tiyobarbutrik asitin adsorpsiyon denge konsantrasyonu ve standart serbest enerji değerleri belirlenmiştir.

G.Kardş, R.Solmaz (2007), Rodainin molekülünün bakır yüzeyinde elektrokimyasal sentezini dönüşümlü voltametri tekniğinden yararlanarak gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmada bakır yüzeyine sentezlenen Rodainin molekülünün yapısı FTIR, UV, TGA gibi tekniklerle aydınlatılmıştır.

R.Yıldız (2017), yaptığı çalışmada yumuşak çeliğin asidik ortamdaki korozyon davranışına Hekzametilen tetra amin molekülünün etkisini araştırmıştır. Yapılan çalışmada elektrokimyasal teknikler ve kuantum kimyasal hesaplamalar kullanılmıştır. İnhibitörün adsorpsiyonunun Langmuir adsorpsiyon izotermine uyduğu ve inhibitörün metal yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturduğu belirlenmiştir.

S.Öztürk, (2018), yaptığı çalışmada, 4-okso-kinazolin türevi katyonik yüzey aktif maddelerin sentezini gerçekleştirmiş ve bu maddelerin düşük karbon çeliği için asidik ortamdaki korozyon etkisini araştırmıştır. Yapılan deneylerde, yüzey aktif maddelerin yapılarında bulunan N ve O moleküllerinin yüzeye yaklaşıp sıkı bir adsorpsiyon sağladığı tesbit edilmiştir.

3. Materyal ve Yöntem

Elektrolit: 0,5 M H₂SO₄ çözeltisi, farklı derişimlerde (5 – 0,1 mM) D-Rh içeren 0,5 M H₂SO₄ çözeltileri

Kullanılan Elektrotlar:

Çalışmada kullanılan elektrotlar Tablo 1.de verilmiştir

CHI 604 Electrochemical Analyzer, (Seri No. 64721A) impedans ölçümleri, LPD ve akım-potansiyel eğrilerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Bütün elektrokimyasal ölçümler geleneksel üç elektrot tekniği yardımı ile atmosfere açık koşullarda, karıştırılma işlemi yapılmadan ve oda sıcaklığında (25 °C de sabitlenmiş su banyosunda) gerçekleştirilmiştir

Alternatif Akım İmpedans Yöntemi (EIS): EIS

teknğinde, yumuşak çelik elektrotlar inhibitör içeren ve içermeyen asidik ortamlarda 1 saat bekletildikten sonra yapılmıştır. EIS deneyler, 3 elektrot sisteminden okunan açık devre potansiyelinde, $10^5 - 10^{-1}$ Hz frekans aralığında ve 10 mV genlik uygulanarak yapılmıştır.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan elektrotlar

Elektrotun Adı	Elektrotun Yapısı
Çalışma Elektrotu	Yumuşak Çelik (0.17%, Mn (1.60%), Si (0.59%), P (0.04%) ve kalan kısım Fe)'dir
Karşı Elektrot	2 cm ² yüzey alanına sahip platin levha
Referans Elektrot	Gümüş- gümüş klorür elektrot (Ag/ AgCl,Cl-)

Lineer Polarizasyon Direnci Yöntem (LPD): EIS deneyleri bitir bitmez sistemden okunan açık devre potansiyelinden ± 10 mV potansiyel aralığında 1 mV tarama hızıyla elde edilmiştir. Polarizasyon direnç değerleri, elde edilen eğrilerin eğiminden hesaplanmıştır.

Akım Potansiyel Eğrilerinin Elde Edilmesi: LPD deneyleri bitir bitmez 3 elektrot sisteminden okunan açık devre potansiyelleri belirlenerek 1 mV/s tarama hızı ile açık devre potansiyelinden -0,24 V'a kadar olan bölgeden anodik eğriler elde edilmiştir. Katodik eğrilerin elde edilmesi için, çalışma elektrotu farklı girtilerdeki zımpara kağıtları ile parlatılmış, ve yeni çözeltiliye daldırılmıştır. 1 saat bekleme süresinden sonra aynı tarama hızıyla açık devre potansiyelinden -0,80 V potansiyel aralığında akım potansiyel eğrileri elde edilmiştir. Her bir deney için korozyon akımları, elde edilen katodik akım potansiyel eğrilerinin çizgisel bölgelerinin (akımın on kat arttığı) açık devre potansiyeline ekstrapole edilmesi ile hesaplanmıştır.

İnhibitörün asidik ortamdaki en etkin derişimi belirlendikten sonra ($5,0 \times 10^{-2}$ M) farklı sıcaklıklarda (25-55°C) (TH:5 mV/s) açık devre potansiyelinden -0,80 V'a kadar katodik eğriler elde edilmiştir. Bu Katodik akım potansiyel eğrilerinden, inhibitörlerin metal yüzeyine adsorpsiyon mekanizmalarına sıcaklığın etkisi belirlenmiştir. Bu amaç için, belirlenen korozyon akımlarına ($-\ln i_{kor}$) karşı sıcaklık (1/T) grafiği çizilmiştir.

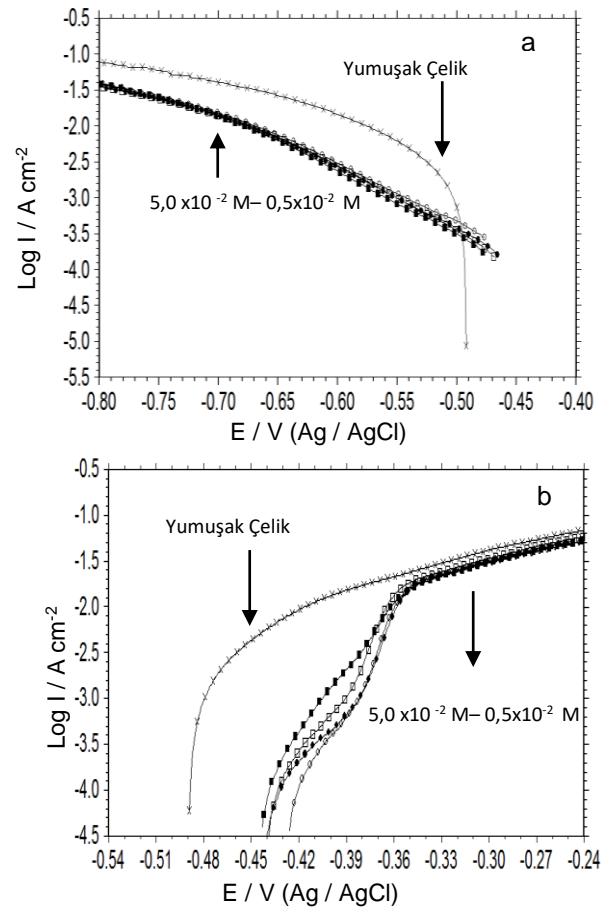
Kronoamperimetri: D-Rh içeren ve içermeyen ortamda yumuşak çelik için, -0,100 - 0,100 V aşırı gerilimlerinde açık devre potansiyelinde 1 saat bekletilerek elde edilmiştir.

SEM Görüntüleri: İnhibitörsüz ve inhibitörlü ortamlarda yumuşak çeliğin yüzey görüntüleri SEM tekniğinden yararlanılarak belirlenmiştir.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Potansiyodinamik Polarizasyon Eğrileri

Yumuşak çeliğin elektrokimyasal davranışları inhibitörsüz ve farklı derişimler de D-Rh içeren inhibitörlü 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde yarı logaritmik akım potansiyel eğrileri yardımıyla incelenmiştir (Şekil 2 a ve 2 b). Yumuşak çeliğin İnhibitör içermeyen ortamda ki akım yoğunluğu inhibitör içeren ortamlarla kıyaslandığında daha yüksektir. İnhibitörsüz ortamda i_{kor} değeri 3,49 iken, inhibitör derişimi artıca akım yoğunluğu değerleri azalmıştır. İnhibitör içermeyen ortamda yumuşak çeliğin korozyon potansiyeli (E_{kor}) 492 mV olarak belirlenmiştir. Farklı derişimlerde D-Rh içeren ortamlarda ise bu değer -480 - 465 mV aralığında değişmektedir. İnhibisyon etkinliği değerlerinin dağılım aralığı % 97,4 - 95,0 olmuştur. Katodik Tafel sabiti ($-\beta_c$) inhibitörsüz ortamda 281 mV/dec iken inhibitörlü ortamlarda 223 - 120 mV/dec aralığında değişmiştir. Korozyon hızı (KH) en yavaş en etkin derişim olan $5,0 \times 10^{-2}$ de tesbit edilmiştir. (yumuşak çeliğin anodik ve katodik polarizasyon eğrilerinden elde edilen çeşitli parametreler Tablo 2 de ayrıntılı olarak verilmiştir).



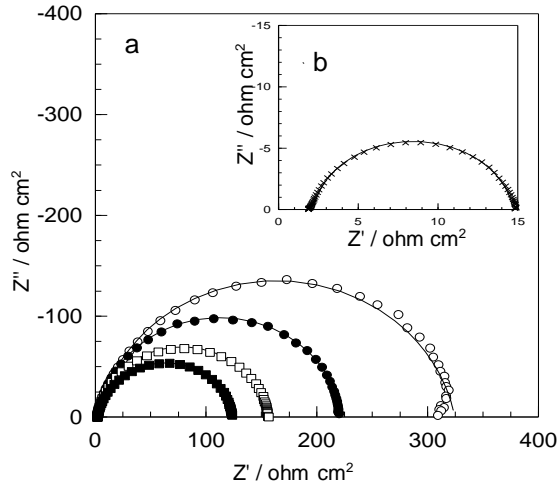
Şekil 2. Yumuşak çeliğin 0,5 M H₂SO₄ çözeltilinde farklı derişimlerde D-Rh içeren ve içermeyen ortamlarda katodik (a) ve anodik (b) Tafel eğrileri. Yumuşak çelik (x) 0.1×10^{-2} (■), 0.5×10^{-2} (□), 1.0×10^{-2} (●) and 5.0×10^{-2} (○) mM D-Rh.

Tablo 2. Farklı derişimlerde D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde yumuşak çeliğin polarizasyon eğrilerinden hesaplanan korozyon parametreleri

	C (mM) 10 ⁻²	E _{ko} r(Mv Ag/AgCl)	i _{kor} (mA cm ⁻²)	-bc (V dec ⁻¹)	KH (mm y ⁻¹)	η %
D-Rh	Y.Çelik	-492	3.490	281	40. 40	-
	0.1	-480	0.148	223	1.730	95.0
	0.5	-477	0.100	205	1.159	94.8
	1.0	-470	0.091	217	1.055	97.3
	5.0	-465	0.089	120	1.031	97.4

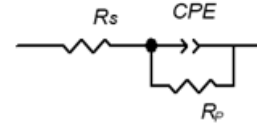
4.2. Elektrokimyasal İmpedans Septroskopisi ve Lineer Polarizasyon Direnci

Yumuşak çeliğin farklı derişimlerde (0.1 x 10⁻² - 5.0 x 10⁻² mM) D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ ortamında 1 saat bekleme süresi sonunda elde edilen Nyquist eğrileri Şekil 3 de verilmiştir. Verilerden ZView yazılımı yardımıyla sistem için önerilen eşdeğer devreler Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Yumuşak çelik elektrotların D-Rh içermeyen (a) ve farklı derişimlerde D-Rh içeren (b) 0,5 M H₂SO₄ çözeltilisinde 1 saat bekleme süresi sonunda elde edilen Nyquist eğrileri

Şekil 3.'de görüldüğü gibi, inhibitör içeren ve içermeyen asidik ortamlarda yumuşak çeliğin Nyquist eğrisi benzer davranış göstermektedir. Bu eğriler, yüksek frekans bölgesinde başlayan ve düşük frekans bölgesinde kapanan yarım daire şeklindedir. Bu eğrilerden polarizasyon dirençleri hesaplanmıştır. Eğrilerin çapı polarizasyon dirençlerine karşılık gelmektedir. D-Rh içeren asidik çözeltiliden elde edilen Nyquist eğrilerinden hesaplanan polarizasyon direnç değerleri azalan derişim ile sırasıyla 322 Ω, 220 Ω, 150 Ω, 122 Ω dır. Değerlere bakıldığında, inhibitör derişiminin artması ile polarizasyon direnci değerlerinin arttığı görülmektedir.



Şekil 4. Yumuşak çelik için inhibitör içeren ve içermeyen ortamlarda önerilen devre modelleri

İnhibitör içermeyen ortamda bu değer 12,5 ohm olarak belirlenmiştir. Bu değer demirin çözünmesinin inhibitör içeren ortamda fazla olduğunu

Yumuşak çelik elektrotun, 0,5 M H₂SO₄ içerisinde D-Rh içeren ve içermeyen ortamlarda LPD yönteminden belirlenen polarizasyon dirençleri, Nyquist eğrilerinden belirlenen polarizasyon dirençleri, Tablo 3 de kıyaslamak üzere verilmiştir. Aynı tabloda ayrıca; yüzde etkinlik ve CPE değerleri de verilmektedir. Tabloda görüldüğü gibi artan derişimle Rp ve Rp* değerleri artmaktadır. Bu artan derişimle ortamda bulunan inhibitör moleküllerinin artması ve yumuşak çelik yüzeyine daha fazla adsorplanarak metal ile korozif ortam arasındaki etkileşimin kesilmesi ile açıklanabilir. Tablo 3 incelendiğinde CPE değerlerinin artan derişim ile azaldığı görülmektedir. Bu durum, metal yüzeyi ve inhibitör molekülleri arasındaki etkileşimin artmasıyla açıklanabilir. Yüzeydeki etkileşimlerinin artması ile de lokal dielektrik sabitinin azalması ve elektriksel çift tabakanın kalınlığının artması gerçekleşecektir (Solmaz,2005)

Tablo 3. Farklı derişimlerde D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde yumuşak çeliğin impedans ve LPR eğrilerinden hesaplanan korozyon parametreleri

	C10 ⁻²	EIS			LPR		
		R _p (Ω cm ²)	CPE _{dl} (μF cm ⁻²)	n	η %	R _p * (Ω cm ²)	η %
Y.Ç.		12,5	381	0,92	-	15,4	-
D-Rh	0,1	122	195	0,92	89,7	120	87
	0,5	150	146	0,94	91,6	145	89
	1,0	220	142	0,93	94,3	218	92
	5,0	322	139	0,89	96,1	313	95

D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilisinde yumuşak çelik için impedans ve LPD eğrilerinden farklı zamanlarda hesaplanan korozyon parametreleri Tablo 4 de verilmektedir. Tabloda açık bir şekilde görüldüğü gibi, inhibitör içeren ve içermeyen ortamda yumuşak çelik için impedans ve LPD eğrilerinden elde edilen Rp değerleri zamanla azalmıştır. Buna rağmen 0,5 X10⁻² M D-Rh içeren ortamda EIS den hesaplanan etkinlik 87,9, LPD den belirlenen etkinlik ise %92,5 olarak belirlenmiştir. Bu D-Rh'n uzun süre metal yüzeyinde korozif ortama karşı koruma sağladığını göstermektedir.

4.3. Adsorpsiyon İzotermi

Metal yüzeyi ve inhibitör arasındaki ilişkiyi belirlemede adsorpsiyon izotermi kullanılması yaygın bir yöntemdir. Frumkin, Temkin ve Langmuir çoğunlukla kullanılan adsorpsiyon izotermidir. İnhibitörlerin metal yüzeylerine hangi izoterm göre adsorbe olduklarını açıklayabilmek için, inhibitör derişimi (C) ile yüzeyin kaplanma kesri (θ) arasındaki bağıntıdan yararlanılabilir (Singh, vd 2009). Yüzey kaplama kesri 2 nolu eşitlikten belirlenebilir (Solmaz,2010),

$$\theta = \frac{\eta}{100} \quad (2)$$

Langmuir adsorpsiyon izotermi denklemi ise 3 nolu eşitlikteki gibi ifade edilebilir,

$$\frac{C}{\theta} = \left(\frac{1}{K_{ads}} \right) + C \quad (3)$$

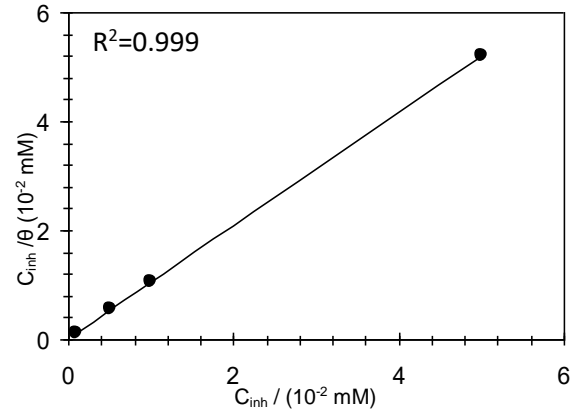
3 nolu denklemde 4 nolu eşitlikte belirtilen K_{ads} adsorpsiyon prosesinin denge sabiti olup ve ΔG bu sabitten belirlenebilir.

Tablo 4. 0,5 x10⁻² M D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde yumuşak çeliğin impedans ve LPD eğrilerinden farklı zamanlarda hesaplanan korozyon parametreleri göstermektedir

t (s)	Y.Ç.		D-Rh			
	EIS	LPR	EIS	LPR	EIS	LPR
	R_p (Ω cm ²)	R_p (Ω cm ²)	R_p (Ω cm ²)	R_p (Ω cm ²)	η %	η %
1	12,50	15,40	322	313	96,1	95,0
24	4,25	5,70	395	384	98,9	98,5
48	2,75	2,72	208	208	98,7	98,6
96	2,61	2,58	22,0	34	88,1	92,4
120	2,50	2,45	20,8	33	87,9	92,5

$$K_{ads} = \frac{1}{55.5} \exp\left(\frac{-\Delta G^{\circ}_{ads}}{RT}\right) \quad (4)$$

D-Rh'ın yüzeye adsorpsiyonun hangi izotermi uyduğunu belirlemek için bu izotermi çizilmiş ve R² değeri Şekil 5 de verilmiştir. R² değerinden adsorpsiyonun Langmuir adsorpsiyon izotermine uyduğu belirlenmiştir.



Şekil 5. Yumuşak çeliğin D-Rh için elde edilen Langmuir adsorpsiyon izotermi

K_{ads} değeri D-Rh için 5,0 x10³ M⁻¹ olarak belirlenmiştir. ΔG°_{ads} - 40 kJ mol⁻¹ den küçük olması fiziksel adsorpsiyon olduğunu göstermektedir. -40 kJ mol⁻¹ den daha negative değerlerde ise kimyasal adsorpsiyondan bahsedilebilir. D-Rh için ΔG°_{ads} değeri -38.75 kJ mol⁻¹ olarak belirlenmiştir.

4.5. Kinetik Hesaplamalar

5,0 x10⁻² M D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerinde yumuşak çelik için E_a değeri farklı sıcaklıkta yapılan deneysel çalışmalarla belirlenmiştir. E_a değeri Arrhenius eşitliğinden (Eşitlik 5) belirlenebilir (Solmaz,2010).

$$i_{corr} = A \exp\left(\frac{E_a}{RT}\right) \quad (5)$$

Bu eşitlikte i_{kor} korozyon akımı, E_a aktivasyon enerjisi R ise gaz sabitidir.

E_a değerleri inhibitör varlığında ve yokluğunda sırası ile 29,3 ve 82,24 kJmol⁻¹ olarak belirlenmiştir. Aktivasyon enerjisi değerlerinin büyük olması, inhibitörün metal yüzeyine aktif bölgelerinden bağlanıp göstermektedir.

4.4. Kronoamperimetrik Ölçümler

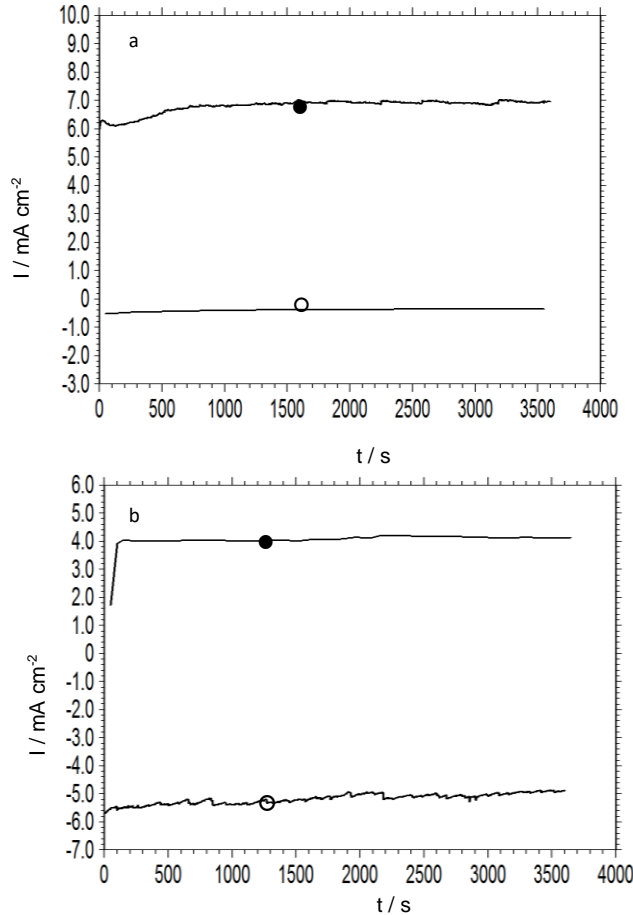
Şekil 6 da farklı aşırı gerilimlerde D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H₂SO₄ çözeltilerde yumuşak çelik için elde edilen kronoamperimetrik eğriler verilmiştir. Akımın seviyesi inhibitörün metal yüzeyine adsorpsiyonun kuvvetini ifade etmektedir. Şekil 6 a. da görüldüğü gibi akım yoğunluğu değerleri D-Rh içermeyen ortamda daha azdır. Bu durum, D-Rh içeren ortamda, - 0,100 V aşırı gerilim uygulandığında inhibitörün metal yüzeyine kuvvetli bir şekilde adsorbe olduğunu göstermektedir.

İnhibitör içermeyen ortamda 0,100 V da anodik aşırı gerilimi uygulandığında ise (Şekil 6.b.) akım

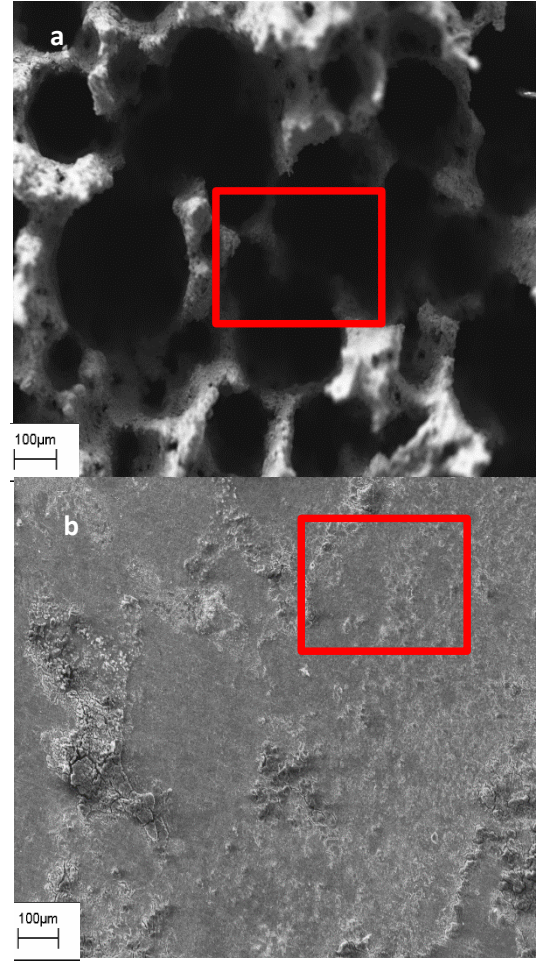
yoğunluğunun arttığı görülmektedir. Ortama inhibitör eklendiğinde ise ölçülen akım yoğunluğu değerlerinden D-Rh moleküllerinin metal yüzeyinde iyi bir şekilde adsorplandığı anlaşılmaktadır.

4.6. SEM Analizleri

Şekil 7 a ve b' de yumuşak çeliğin 120 s boyunca inhibitör içermeyen ve inhibitör içeren asidik ortamdaki SEM görüntüleri verilmektedir. Şekilde 7. a da görüldüğü gibi, 120 s sonunda inhibitör içermeyen ortamda bekletilen yumuşak çelik elektrotun yüzeyinde oldukça derin çukurlar saptanmıştır (Şekil 7.a kırmızı bölge). İnhibitör içeren ortamda bekletilen yumuşak çeliklerin ise görünüşleri oldukça farklıdır (Şekil 7.b.). İnhibitör içeren ortamda yumuşak çeliğin korozyon oldukça yavaşlamıştır (Şekil 7.a kırmızı bölge). Bu durum D-Rh moleküllerinin metal yüzeyinde etkin ve sıkı bir bariyer oluşturması ile açıklanabilir. Ayrıca; SEM görüntülerinden elde edilen bu sonuçlar, elektrokimyasal analizler sonucu elde edilen verileri de desteklemektedir.



Şekil 6. Yumuşak çelik elektrotların + 0,100 (a) ve - 0,100 (b) aşırı gerilimlerde D-Rh içermeyen (●) ve $5,0 \times 10^{-2}$ M D-Rh içeren (○) 0,5 M H_2SO_4 ortamlardaki kronoamperimetrik eğrileri



Şekil 7. D-Rh içeren ve içermeyen 0,5 M H_2SO_4 çözeltilerinde 120 s bekletilen yumuşak çeliğin SEM görünüşleri

5. Sonuç ve Tartışma

D-Rh'nin 0,5 M H_2SO_4 içeren çözeltilerde yumuşak çeliğin korozyonuna karşı etkin bir inhibitör olarak kullanılabileceği belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır;

- D-Rh 0,5 M H_2SO_4 çözeltisinde yumuşak çeliğin korozyonu için etkili bir inhibitördür. İnhibisyon etkinliği 5×10^{-2} mM inhibitör derişimi için %96.1 olarak belirlenmiştir. İnhibitörün asidik ortamda ki etkinliği artan derişim ile artmaktadır.
- D-Rh molekülünün adsorpsiyonu Langmuir adsorpsiyon izotermine uymaktadır.
- Potansiyodinamik polarizasyon eğrileri D-Rh'nin mix tip inhibitör sınıfında değerlendirilebileceğini göstermektedir.
- Nyquist eğrileri inhibitörün 48 saate kadar yüksek etkinlik sağladığını, ilerleyen zamanlarda etkinliğin azaldığını göstermektedir.
- Elektrotların yüzey morfolojileri SEM tekniği ile belirlenmiştir. Asidik ortamda D-Rh içeren ortamda elektrot yüzeyinin, D-Rh içermeyen ortamdaki elektrot ile

kıyaslandığında daha pürüzsüz ve düz bir görünüm aldığı saptanmıştır.

Teşekkür

Desteklerinden dolayı Çukurova Üniversitesi ve Prof.Dr. Gülfeza Kardeş'a teşekkür ederim.

Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the author.

Kaynaklar

Abbouda,, Y., Abourrichea, A., Berradaa, T. Saffaja, Charroufa, M., Bennamaraa, M., Hannacheb,A. H.,2009. A novel azo dye, 8-quinolinol-5-azoantipyrine as corrosion inhibitor for mild steel in acidic media, *Desalination*, 237, 175.

Aljourani, J., Raeissi, K., Golozar,M.A., 2009. Benzimidazole and its derivatives as corrosion inhibitors for mild steel in 1M HCl solution, *Corrosion Science*,51,1836.

Altunbaş, E., Solmaz,R., Kardeş G.,2010. Corrosion behaviour of polyrhodanine coated copper electrode in 0.1M H₂SO₄ solution. *Material Chemist and Physic*, 121,354..

Altunbaş,E. 2008. Polirodaninin Bakır Üzerine Elektrokimyasal Sentezi Ve Korozyon Davranışlarının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi.Türkiye.

Döner, A., Kardas, G. 2011. N-Aminorhodanine as an effective corrosion inhibitor for mild steel in 0.5 M H₂SO₄,*Corrosion. Science*. 53, 4223.

Erbil, M., 1984. Korozyon İnhibitörleri, SEGEM, Ankara.

Erbil, M., 2012. Korozyon İlkeler Önlemler, Türkiye Korozyon Derneği, Ankara.

Foye W.O., Tovivich P.J.,2011. *Pharm. Sci*. 66,1607.

Quartarone, G., Bonaldo,L. Tortato,C.2006. Inhibitive action of indole-5-carboxylic acid towards corrosion of mild steel in deaerated 0.5 M sulfuric acid solutions, *Applied Surf.ace Science* 252,8251.

Kardeş G., 2005. The Inhibition Effect of 2-Thiobarbituric Acid on the Corrosion Performance of Mild Steel in HCl Solutions. *Material Science*, 41, 337.

Li, S.L., Wang,Y.G., Chen S.H., Yu, R., Lei, S.B., Ma, H.Y., Liu, X.De.1999, Some aspects of quantum chemical

calculations for the study of Schiff base corrosion inhibitors on copper in NaCl solutions, *Corrosion Science*.41,1769.

Mishra, S., Srivastava, S.K. *Indian 1997. J. Chem. Sected. B* 36, 826.

Momose Y., Meguro K., Ikeda H., Hatanaka C., Oi, S. Sohda, T. 1991. Studies on Antidiabetic Agent Synthesis and Biological Activities of Pioglitazone and Related Compounds *Chem. Pharm. Bull.*39,1440.

Musa, A. Y., Kadhum,A.A.H., Mohamad,A. B., Daud, A. R. M., Takriff, S., . Kamarudin, S. KA., 2009. comparative study of the corrosion inhibition of mild steel in sulphuric acid by 4,4-dimethyloxazolidine-2-thione, *Corrosion Science*. 51, 2393.

Öztürk S., Düşük karbon çeliğinin asidik ortamdaki korozyonuna karşı inhibitör özelliği gösteren 4-okso-kinazolin türevi katyonik yüzey aktif maddelerin sentezi 2018,Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 22 (3), 986-1000

Solmaz, R., Kardeş, G., Yazıcı, B., Erbil, M., 2005. The Effect of Rhodanine on the Corrosion Performance of Mild Steel with Immersion Time. *chemistry and material science*, 41: 581-585.

Solmaz, R. 2010Investigation of the inhibition effect of 5-((E)-4-phenylbuta-1,3-dienylideneamino)-1,3,4-thiadiazole-2-thiol Schiff base on mild steel corrosion in hydrochloric acid, *Corros.Sci*. 52 3321-3330.

Solmaz,R.2014. Investigation of adsorption and corrosion inhibition of mild steel in hydrochloric acid solution by 5-(4-Dimethylaminobenzylidene)rhodanine. *Corros.Sci*. 79,169.

Solmaz, R. Şahin, A. E., Kardas, G.2011. Adsorption and corrosion inhibition effect of 2((5mercapto1,3,4thiadiazolylimino)methyl)phenol Schiff base on mild steel, *Mater.Chem. Phys*.125 ,796.

Solmaz,R.,Döner A., Kardeş G.2009, The stability of hydrogen evolution activity and corrosion behavior of NiCu coatings with long-term electrolysis in alkaline solution. *International Journal of Hydrogen Energy* 34, 2089.

Singh, A.K., Quraishi, M.A.,2009. Effect of 2,2' benzothiazolyl disulfide on the corrosion of mild steel in acid media, *Corrosion Science* 51-2752.

Sudo K., Matsumoto, Y., Matsushima M., Fujiwara, M. Konno, K. Shimotohno,K. Shiget S., Yokota, T. 1997.Hepatits C virus Protease Inhibitors Thioazolidine Derivatives .*Biochemical and*

Biophysical. Biochem. Biophys. Res. Commun.
238,643.

Yıldız, R. 2017 Düşük Karbonlu Çeliğin Korozyon Davranışına Hekzametilen Tetra Amin'in Etkisi Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ.29(2), 147.