



**T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**EKOLOJİK KOROZYON İNHİBİTÖRÜ İÇEREN METAL İŞLEME
SIVILARININ GELİŞTİRİLMESİ**

HİLAL SESSİZ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
KİMYA ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN
DOÇ. DR. HÜSNÜ GERENGİ**

DÜZCE, 2019

T.C.
DÜZCE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EKOLOJİK KOROZYON İNHİBİTÖRÜ İÇEREN METAL İŞLEME
SIVILARININ GELİŞTİRİLMESİ

Hilal SESSİZ tarafından hazırlanan tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ
Düzce Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ
Düzce Üniversitesi

Prof. Dr. Oktay ELKOCA

Düzce Üniversitesi

Doç. Dr. Muhammet YILDIRIM

Abant İzzet Baysal Üniversitesi

Tez Savunma Tarihi: 23/07/2019

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün aşamalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını beyan ederim.

23 Temmuz 2019

Hilal SESSİZ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca engin bilgisini ve tecrübesini her zaman benimle paylaşan, bu çalışma sürecinde bana göstermiş olduğu sabır ve hoşgörüsü için çok değerli hocam, Doç. Dr. Hüsnü Gerengi' ye.

Çalışmalarım boyunca bana yardımcı olan çok sevgili ve çok değerli arkadaşlarım Ertuğrul Kaya, Mine Kurtay ve Öğr. Gör. Mesut Yıldız'a.

Çalışmalarım boyunca sağladıkları destek ve özveri nedeniyle 3-S Mühendislik Müşavirlik San. ve Tic. A.Ş. ailesine sonsuz şükran ve minnettarlığımı,

Çalışmalarım sırasında benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bütün sıkıntılarımla, sevinçlerimi benimle paylaşan, beni her durum ve koşulda destekleyen, yanımda olan, bana güç ve sabır veren sevgili aileme, eşim Aykut SESSİZ' e ve doğacak olan biricik oğlum Çağan Kartal SESSİZ' e sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu tez çalışması, Düzce Üniversitesi BAP: 2018.06.05.877 numaralı Bilimsel Araştırma Projesi ile desteklenmiş ve Düzce Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Korozyon Araştırma Laboratuvarı' nda yürütülmüştür.

23 Temmuz 2019

Hilal SESSİZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
KISALTMALAR.....	x
SİMGELER.....	xi
ÖZET.....	xii
ABSTRACT	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. ÇELİK.....	3
1.2. METAL İŞLEME SIVILARI.....	4
1.2.1. Metal İşleme Sıvısının Temel İşlevleri.....	7
1.3. KOROZYON	10
1.4. İNHİBİTÖRLER	10
1.4.1. Amino Asitler	13
1.5. L-ARJİNİN	14
1.6. TOLİTRİAZOL.....	14
1.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	15
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	20
2. 1. METOT.....	20
2.1.1. Kullanılan Korozyon Belirleme Yöntemleri.....	20
2.1.1.1. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS)	20
2.1.1.2. Talaşlı Korozyon Testi.....	21
2.1.2. Yüzey Analizi.....	22
2.1.2.1. SEM /EDS Analizi.....	22
2. 2. MATERYAL.....	22
2.2.1. Çalışma Elektrotlarının Hazırlanması	22
2.2.2. Deneylerin Yapılışı	23
2.2.2.1. Elektrokimyasal yöntemlerle deneylerin yapılışı	23
2.2.2.2. Talaşlı Korozyon Testi.....	24
2.2.2.3. Metal İşleme Sıvısı Numune Hazırlanması	25

3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
3.1. METAL İŞLEME SIVISINA EKLENEN ARJİNİN VE TTZ İNHİBİTÖR ETKİLERİNİN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ	27
3.1.1. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS)	27
3.1.2. Talaşlı Korozyon Testi	31
3.2. YÜZEY ANALİZİ	33
3.2.1. SEM/EDS Analizi	33
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	36
5. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	42

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1. Korozyondan koruma yöntemleri.	1
Şekil 1.2. Metal işleme sıvısı	3
Şekil 1.3. Karbon miktarına göre çelik alaşımlarının sınıflandırılması	4
Şekil 1.4. Çeliğin sektör bazında kullanım alanları.	4
Şekil 1.6. Takım tezgahında işlenen metal.	5
Şekil 1.7. Sentetik yağ ve mineral yağların gösterimi.	6
Şekil 1.8. Emülsiyon görüntüleri.	7
Şekil 1.9. İşleme sırasında metal işleme sıvıları.	8
Şekil 1.10. Metal işleme sıvısına katılan katkı maddeleri.	9
Şekil 1.11. Emülgatör yardımıyla oluşturulan homojen metal işleme emülsiyonu	9
Şekil 1.12. İnhibisyon sürecinde metalik yüzey ile inhibitörlerin etkileşimi.	11
Şekil 1.13. Ekolojik korozyon inhibitörlerinin sınıflandırılması.	12
Şekil 1.14. Amino asitlerin kimyasal yapısı ve içerikleri.	13
Şekil 1.15. L-Arjinin kimyasal yapısı.	14
Şekil 1.16. Tolitriazol'un kimyasal yapısı.	15
Şekil 2.1. Korozyon mekanizmasını aydınlatmak için kullanılan yöntemler.	20
Şekil 2.2. SEM/EDS cihazı görüntüsü.	22
Şekil 2.3. Elektrokimyasal deneylerin yapıldığı ortamlar.	23
Şekil 2.4. Elektrokimyasal deney ortamında kullanılan elektrotlar.	24
Şekil 2.5. Korozyon talaşı testi.	25
Şekil 2.6. Deney için metal işleme sıvısına katılan katıklar.	25
Şekil 2.7. Metal işleme sıvısına katılan katıkların işlevleri.	26
Şekil 3.1. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Nyquist diyagramları.	27
Şekil 3.2. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Bode diyagramları.	29
Şekil 3.3. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Angle diyagramları.	29
Şekil 3.4. $R(QR)$ devresi.	30
Şekil 3.5. Korozyon inhibitörsüz metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu	31

Şekil 3.6. TTZ inhibitörlü metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu.....	32
Şekil 3.7. L-Arjinin inhibitörlü metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu	32
Şekil 3.8. SEM ve EDS sonuçları.	34



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 2.1. Düşük karbon çeliğinin kimyasal bileşimi (Kütlece %).	22
Çizelge 3.1. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen EIS sonuçları.	30
Çizelge 3.2. Metal işleme sıvılarının talaşlı korozyon testi pas sonuçları.....	33



KISALTMALAR

AC	Alternatif Akım
BTA	Benzotriazol
DC	Doğru Akım
DEIS	Dinamik Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi
EDS	Enerji Dağılımlı X-Ray Spektroskopisi
EFM	Elektrokimyasal Frekans Modülasyon
EIS	Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi
FTIR	Fourier Transform Infrared Spektrofotometre
HOMO	En Yüksek Dolu Moleküler Orbital
LUMO	En Düşük Boş Moleküler Orbital
MDEA	Metiletanotanolamin
MEA	Mono Etanol Amin
MİS	Metal İşleme Sıvısı
NMR	Nükleer Manyetik Rezonans
SEM	Taramalı Elektron Mikroskobu
TTZ	Tolitriazol

SİMGELER

R_s	Çözelti Direnci ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)
R_{ct}	Yük Transfer Direnci ($\Omega \cdot \text{cm}^2$)
Q	Sabit Faz Elemanı ($S, s^n \text{ cm}^{-2}$)
Z	Empedans (Ω)
Z_{re}	Gerçek Empedans
Z_{im}	Hayali Empedans
μm	Mikrometre
mV	Milivolt
Ω	Ohm

ÖZET

EKOLOJİK KOROZYON İNHİBİTÖRÜ İÇEREN METAL İŞLEME SIVILARININ GELİŞTİRİLMESİ

Hilal SESSİZ

Düzce Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Doç. Dr. Hüsnü GERENGİ

Temmuz 2019, 41 sayfa

Korozyon; metalik malzemelerin, çevreleri ile kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucu yükseltgenerek kimyasal ve fiziko-mekaniksel özelliklerinde negatif yönde etkide bulunan bir süreçtir. Metal kanseri olarak da adlandırılan bu süreç metallerin kullanıldığı tüm endüstri dallarında karşılaşılan en temel problemlerden biridir. Metal işleme sıvıları, talaşlı imalat esnasında takım ucu ile işlenen metal arasında bir film tabakası oluşturarak yağlama, soğutma ve talaşı uzaklaştırmak amacıyla kullanılmaktadır. Film tabakası takım uçlarının aşınmasını önlerken düzgün işlenmiş bir metal yüzeyi eldesini sağlamaktadır. Talaşlı imalatla serbest kalan parçacıkların ortamdan süratle uzaklaşması üretim verimini arttıran önemli bir faktördür. Talaş kaldırma sırasında kullanılan sıvıların, kesici takımların ömrünü uzatması ve işlenen metali korozyona karşı koruması istenmektedir. Korozyon hızının azaltılması için metal işleme sıvılarının içerisine inhibitör denilen organik ve çoğu zaman anorganik bileşikler ilave edilmektedir. Bu kimyasal katkıların çoğunun insan sağlığına ve çevreye zarar verdiği bilinmektedir. Bu çalışmada; bir tür amino asit olan ve gıda takviyesi olarak sporcular tarafından sıklıkla kullanılan L-arjininin korozyonla mücadelede, ekolojik bir korozyon inhibitörü olarak metal işleme sıvılarında hâlihazırda sıklıkla tercih edilen tolitriazol yerine başarıyla kullanılabileceği Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS), talaşlı korozyon testi, SEM ve EDS yöntemleri kullanılarak ispatlanmıştır.

Anahtar sözcükler: İnhibitör, Korozyon, L-arjininin, Metal işleme sıvısı, Tolitriazol

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF METAL PROCESSING LIQUIDS CONTAINING ECOLOGICAL CORROSION INHIBITOR

Hilal SESSİZ

Düzce University

Institute of Science, Department of Chemistry

Master's Thesis

Supervisor: Assist. Prof. Husnu GERENGI

July 2019, 41 pages

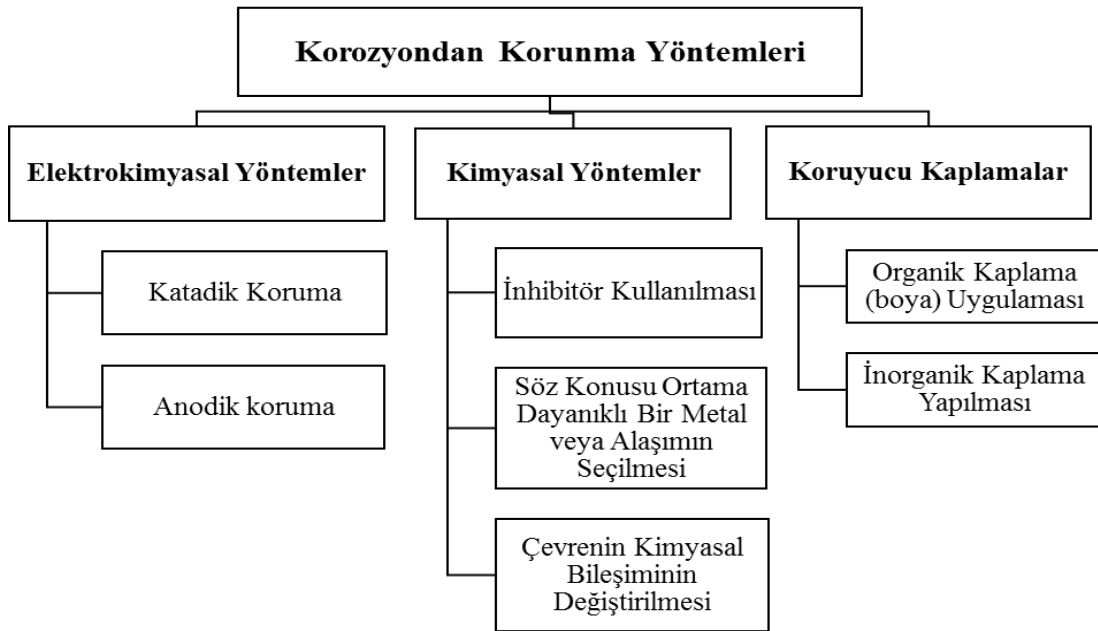
Corrosion is a process which negatively affects the chemical and physico-mechanical properties of metallic materials by oxidizing them as a result of chemical and electrochemical reactions with their environment. This process, also called “metal cancer”, is one of the most fundamental problems encountered in all industries where metals are used. During machining, metalworking fluids are used to lubricate, cool and remove chips by forming a film between the tool tip and the metal being machined. The film layer provides a smooth machined metal surface while preventing tool tip wear. Rapid removal of the particles released by machining is an important factor that increases production efficiency. The use of fluids is needed during chip removal in order to prolong the life of the cutting tools and to protect the treated metal against corrosion. In order to reduce the corrosion rate, organic and mainly inorganic compounds called inhibitors are added to the metalworking fluids. Most of these chemical additives are known to be harmful to human health and the environment. L-arginine is a kind of amino acid frequently used by athletes as a food supplement. In this study, electrochemical impedance spectroscopy (EIS), chip corrosion testing, SEM and EDS methods were applied to demonstrate that L-arginine can be used successfully as an ecological corrosion inhibitor in metalworking fluids to fight against corrosion instead of the currently preferred tolitriazole.

Keywords: Corrosion, Inhibitor, L-arginine, Metalworking fluid, Tolyltriazole

1. GİRİŞ

Korozyon, termodinamiğin ikinci yasası gereği karşılıklı anodik ve katodik reaksiyonlarla gerçekleşen doğal bir süreçtir. Korozyon günlük yaşamımızı doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir [1]. İnsan yaşamına, çevreye, ekonomiye, teknolojinin gelişmesine engel olmaktadır. Dünya nüfustaki artışın metal üretimiyle paralellik göstermesi, korozyona uğrayan cihazların bozulması/arızalanması sonucu endüstriyel üretimin yavaşlaması, malzemelerde meydana gelen korozyonun insan sağlığı ve çevre açısından zararlı olduğunun iyice anlaşılması gibi sebeplerden dolayı korozyon önemi her geçen gün artan bir problemdir [2].

Korozyonun ABD’de neden olduğu ekonomik kaybın yılda 280 milyar dolar olduğu raporlanmıştır. Bu rakama korozyonla mücadelede harcanana para dâhil değildir. ABD’de petrol ve gaz arama ve üretim endüstrisi için 1.4 milyar dolar ve boru hatlarının korunması için 0.6 milyar dolar harcanmaktadır. Metallerin korozyona karşı dayanımını arttırmak ve korozyon sonucu gelebilecek zararlara karşı alınan önlemler vardır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Korozyondan koruma yöntemleri.

Korozyondan korunmak için ortama uygun metal seçimi, ortama inhibitör ilave ederek metal üzerindeki koroziyon etkiyi azaltma veya değiştirme, ara yüze ye müdahale ederek metal-ortam ilişkisini kesme, metali yalıtkan bir malzeme ile kaplama, katodik veya anodik koruma gibi yöntemler kullanılmaktadır.

Bunlardan en önemli ve üzerine yoğun olarak çalışılan yöntemlerin başında inhibitör kullanımı gelir. İnhibitörler sanayide üretimi durdurmadan makinaların metal aksanlarını korozyona karşı koruduğu için ve düşük miktarlarda kullanıldığında etkili olabilmesi, ekonomik olması gibi özellikleri yönünden diğer yöntemlere göre avantajlıdır. Korozyon korumasında uygun inhibitörler kullanılarak korozyonun neden olduğu kaybının yaklaşık %20'sinin önlenebileceği tahmin edilmektedir. Sanayide kullanılan birçok etkili inhibitör, yapısında π bağı ve/veya O, N veya S heteroatomları içeren heterosiklik organik bileşiklerdir. Genel olarak, inhibitörler, (1) kimyasal yapıya (organik veya inorganik maddeler), (2) zelliklere (oksitleyici veya oksitleyici olmayan bileşikler) ve (3) teknik uygulama alanına (asit temizleme, kireç çözme, soğutma suyu sistemleri, vb.) göre üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Bu inhibitörler yüzeyde koruyucu bir film oluşturarak, anodik oksidasyon, katodik indirgeme veya her ikisi de azaltılabilir. İnhibitörleri bu inhibasyonu fiziksel adsorpsiyon veya kimyasal adsorpsiyon yoluyla metal yüze ye adsorbe olarak gerçekleşmektedir. Fiziksel adsorpsiyon genellikle organik iyonlar ve elektrik yüklü metal yüzey arasındaki elektrostatik çekimden kaynaklanır. Kimyasal adsorpsiyon, inhibitör molekülünün yükünün metal yüze yle nakledilmesi veya bir koordinat tipi bağ oluşturmasıdır. Adsorbe edilmiş inhibitör, metalin anodik çözünme reaksiyonunu, hidrojenin katodik reaksiyonunu veya her ikisini de geciktirerek metal yüzeyinin korozyon hızını azaltır.

Metal işleme sanayinin hızla geşişmesi ile kullanımı her geçen gün artmakta olan metal kesme sıvıları, ısı olumsuzlukları ortadan kaldırmak ve imalatı kolaylaştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Metal işleme sıvıları yağlayıcı ve soğutucu özelliklere sahip çeşitli kimyasal katkılar içermektedir. Bu kimyasal katkı maddelerin hem insan sağlığına hem de çevreye zarar verdiği bilinmektedir [3].

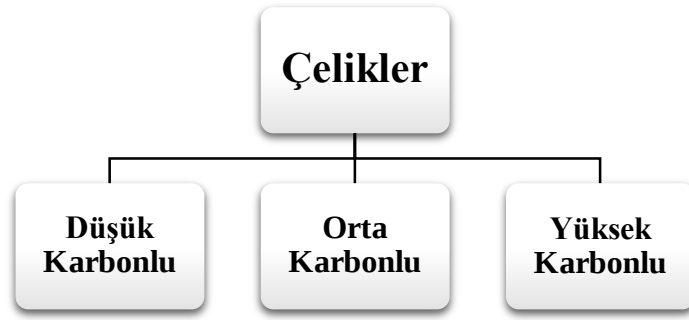


Şekil 1.2. Metal işleme sıvısı

Metal işleme sıvılarında korozyon önleyici olarak kullanılan tolitriazol (TTZ) maliyeti çok yüksek ithal bir üründür. Metalin renk kaybını önlemesinin yanı sıra gümüş, çelik, bakır, kurşun, nikel gibi metallerin korozyonunu önlemek için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, metal işleme sıvılarında inhibitör olarak kullanılan tolitriazol maddesinin yerine ekolojik inhibitör özelliği taşıyan daha ucuz, çevreye duyarlı katkı maddelerinin ilave edilmesi ile metalde meydana gelecek korozyonun engellenmesidir. Yapılan bu çalışmada, metal işleme sıvılarına katılacak ekolojik korozyon inhibitörlerinin karbon çeliği üzerindeki korozyon mekanizmasının aydınlatılması için elektrokimyasal yöntem olan Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) yöntemi kullanılmıştır. Elektrokimyasal ölçümler sonrası kullanılan metal numunelerin yüzey morfolojisindeki değişim Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM), Enerji Dağılımlı X-Ray Spektroskopisi (EDS) ile incelenmiştir [4].

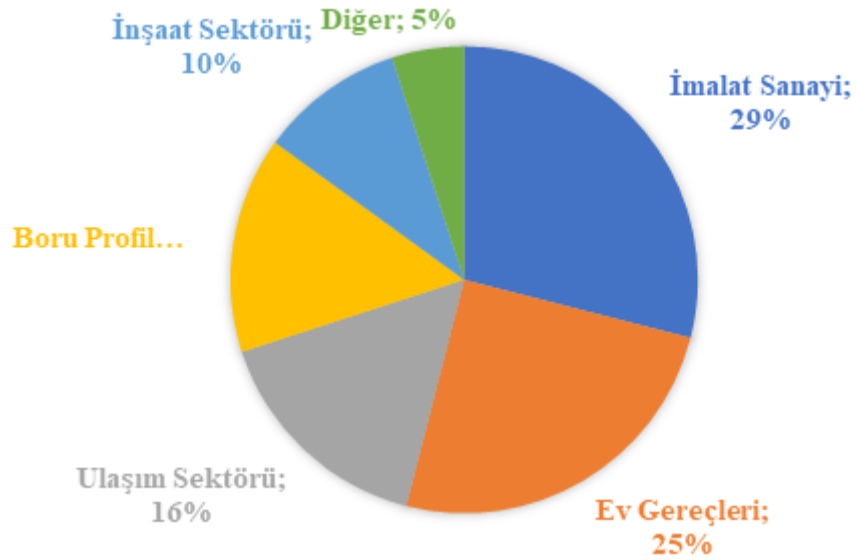
1.1. ÇELİK

Demir karbon alaşımı olan çelik %2'den daha az oranda karbon içerir. Çelik, içerdiği karbon miktarına ve alaşımlandırıldığı çeşitli elementlere göre (Şekil 1.3)'de sınıflandırılmaktadır



Şekil 1.3. Karbon miktarına göre çelik alaşımlarının sınıflandırılması

Çeliğin içinde bulunan alaşım elementlerine göre mikro yapısı ve çeliğin diğer özellikleri değişmektedir. Çeliğin mikro yapısında ve diğer mekanik özelliklerinde en etkin element karbondur. Karbon çeliği bu yüzden endüstride en yaygın kullanılan çelik türüdür [5].



Şekil 1.4. Çeliğin sektör bazında kullanım alanları.

Özellikle köprüler, makine parçaları, ısıtma ve soğutma sistemleri, doğalgaz, su ve petrol taşıma boruları, kuleler ve sıvı taşıma tanklarında kullanılmaktadır. Şekil 1,4'te, dünya paslanmaz çelik kullanımının sektör bazında oransal dağılımı yer almaktadır [6].

1.2. METAL İŞLEME SIVILARI

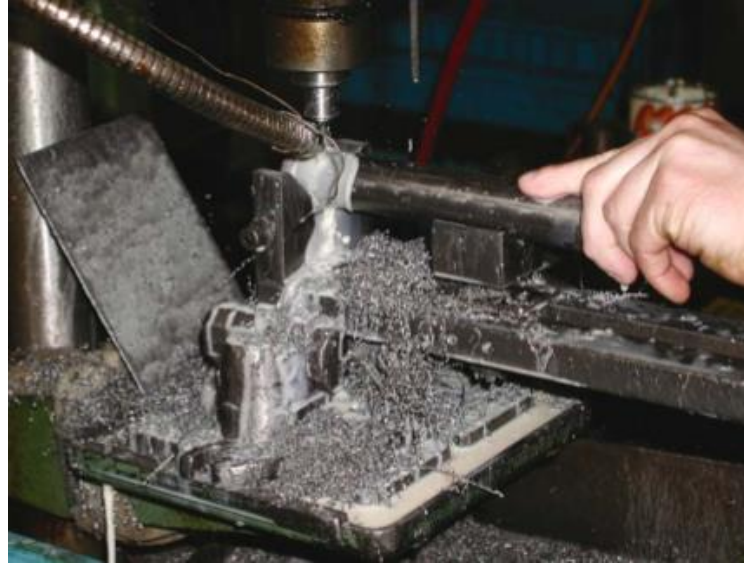
İşleme terimi, genellikle yongalar şeklinde istenmeyen malzemelerin iş parçasından çıkarılması için tasarlanmış geniş bir üretim sürecini tanımlamaktadır. Endüstriyel işleme uygulamalarının çoğu metal olduğu için her işlem bir veya daha fazla temel takım tezgâhında gerçekleştirilir [7]. Talaşlı üretimin yapıldığı yer takım tezgâhıdır. Takım

tezgâhında işlenecek malzemenin boyutlarına ve türüne göre farklı tezgâhlar kullanılmaktadır. Üretim sırasında, uygulanan işlemler ve ürünün standartlara uygun olması için parça üzerinden farklı şekillerde ve boyutlarda talaş kaldırılmasıyla ürüne istenilen şeklin verilmesi için farklı pek çok işlem mevcuttur (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. Talaşlı üretim yöntemleri.

Metal işleme sıvıları, 1890 yılında F. W. Taylor'un yapmış olduğu çalışmalar sırasında takım çeliklerinin kesiminde az miktarda su eklenmesiyle kesme hızının arttığına tespit edilmesi sonucu metal kesme işlemlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Metal işleme sıvılarının gelişmesi ile birlikte metal kesme teknikleri de gelişmiştir. Bu ilerlemelere bağlı olarak makine tasarımları ve kesici takım tezgâhlarında da gelişmeler yaşanmıştır [8].



Şekil 1.6. Takım tezgahında işlenen metal.

Günümüzdeki yağların büyük bölümü petrol ürünlerinden elde edilmektedir. Fiziksel olarak yağlayıcı maddeler, katılar, sıvılar, gazlar ve plastik özellik sergileyen yağlayıcılar olmak üzere sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma içerisinde en çok kullanılan sıvı

yağlayıcılardır. Sıvı yağlayıcıların çoğu petrolden elde edilmekte olup mineral ve sentetik bazlı olarak kendi içinde ayrılmaktadır. Sentetik yağlar daha fazla arıtma işleminden geçerek saflaştırılmaktadır [9].

Sentetik yağlar içerisinde bulunan moleküller mineral yağ moleküllerine göre daha düzenli yapıdadır (Şekil 1.7). Bu sayede sentetik yağlar, mineral bazlı yağlara göre üstün özellik göstermektedir. Bu özelliklerden bazıları, mikrobiyolojik bozunmaya karşı direnç, yüksek sert su stabilitesi, daha iyi soğutma ve uzun depolama ömrüdür. Bunun yanı sıra sentetik yağlar, mineral yağlara kıyasla daha iyi kimyasal ve termo oksidatif stabiliteye sahip olduğu bilinmektedir.



Mineral yağlar ise mikrobiyolojik canlıların üremesine daha duyarlı olmasına rağmen sentetik yağlardan daha iyi kayganlık ve daha kolay atık arıtılabilirliğine sahiptirler [9]. Mineral yağlar sentetik yağlara göre daha ucuz ve bol miktarda bulunsa da, oksidasyon performansı, yüksek sıcaklıkta viskozite kaybı, güçlü oksitleyici ajanlar ve düşük sıcaklıkta katılaşma nedeniyle patlama veya yanma ile bağlantılı birçok dezavantaja sahiptir [10].

Sentetik yağlar su ile seyreltildiklerinde yarı şeffaf veya şeffaf solüsyonlar oluşturmaktadır. Bu solüsyonlar emülsiyon olarak adlandırılmaktadır (Şekil 1.8). Emülsiyonlar metal işleme sırasında soğutuculuğun yağlayıcılığa göre daha fazla gerek duyulduğu zamanda tercih edilmektedir. Özellikle operatörün işlem yüzeyini görebilmesi açısından taşlama işlemlerinde kullanılırken avantaj sağlamaktadır [8].



Şekil 1.8. Emülsiyon görüntüleri.

Su ile seyreltilmiş sıvılar iş parçaları üzerinde korozyona neden olduğu için metaller işlenirken ve kullanılırken parçaların korozyonunu önleme ihtiyacı doğmuştur. Yirminci yüzyıl başlarında metal işleme kimyası basit yağlardan daha spesifik ve teknolojiye uygun yağlara doğru gelişmiştir. Yağın su ile emülsiyon haline getirilmesi ile fabrikalarda ateş ve dumanın önüne büyük ölçüde geçilmiştir. Bunun yanında yağa suyun katılmasıyla oluşan sıvı, metalleri soğuk tuttuğu ve aşınmayı önlediği için takım ömrünü arttırmıştır.

1.2.1. Metal İşleme Sıvısının Temel İşlevleri

Metal işleme sıvıları, dökme metal formlarını nihai metal ürünlere veya hassas boyutlarda bileşenlere dönüştürmede kullanılan malzemelerdir. Metal işleme prosesleri kesme, delme, kılavuz çekme, taşlama ve honlama gibi işlemleri içermektedir. Her bir işlem metallerin belirli özelliklerine uygun metal işleme sıvısı kullanılmasını gerektirmektedir. Metal işleme sıvıları kesme sırasında üç temel işlevi yerine getirmektedir. Bunların ilki makinenin ve işlenen üründen ısıнын alınması ve soğutulması, ikincisi ürün ile alet arasındaki temas noktasında yağlama veya aşındırmayı önleme, üçüncüsü ise talaşın giderilmesidir. Talaş, metalden üretilen enkazdır ve kesme veya taşlama işleminde aşındırıcı olarak görev yapmaktadır [11].

Metal işleme sıvıları, ürünlerin işlenmesi sırasında ve sonrasında çok iyi soğutma yaparak işlenen yüzey kalitesini ve takım ömrünü arttırmaktadır (Şekil 1.9). Bunun yanı sıra korozyon ve pas oluşumuna karşı koruma sağlamaktadır. Metal işleme sıvıları içerisinde bulunan yağlayıcılar sayesinde sürtünmeyi azaltmaktadır. Bu sayede metal işleme esnasında yağ dumanı ve sis oluşumunu önlemektedir.



Şekil 1.9. İşleme sırasında metal işleme sıvıları.

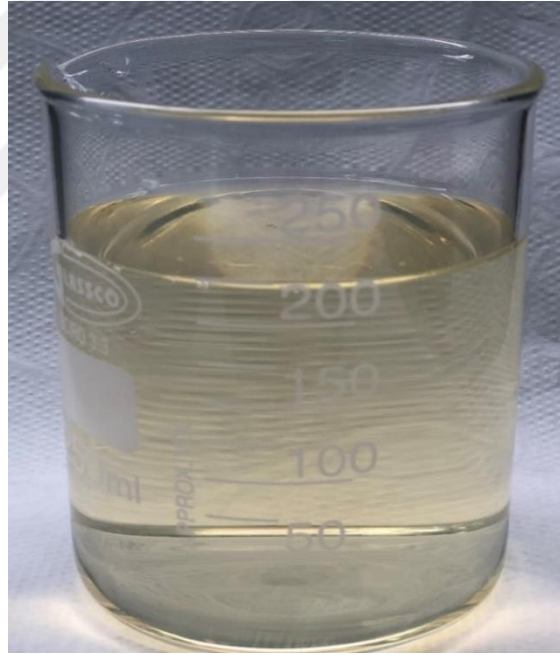
Metal işleme sıvıları, metal parçaların kesilmesine, taşlanmasına veya şekillendirilmesine yardımcı olmak ve takım tezgâhlarının ömrünü uzatırken iyi bir yüzey ve iş parçası kalitesi sağlamaktır. Sıvılar, metallerin ince parçalarını veya yongalarını iş parçasından uzak tutarken metal-alet ara yüzünü soğutmakta ve yağlamaktadır. Ayrıca, işleme veya montajdan önce iş parçası için depolanan iç mekânda korozyona karşı koruma sağlamaktadır.

Metal işleme sıvılarını formüle etmek için kullanılan (Şekil 1.10)'da kimyasal katkı maddeleri çeşitli fonksiyonlara hizmet etmektedir. Bunlar, emülsifikasyon, korozyon önleme, yağlama, mikrobiyal kontrol, pH tamponlama, köpük önleyici ve dispersiyon fonksiyonlarıdır. Kullanılan katkı maddelerinin çoğu, sorumlu anyonik veya iyonik olmayan organik kimyasallardan oluşmaktadır.



Şekil 1.10. Metal işleme sıvısına katılan katkı maddeleri.

Kullanılan kimyasal tiplerinin bazıları yağ asitleri, yağlı alkanolamitler, esterler, sülfonatlar, sabunlar, etoksilatlanmış yüzey aktif maddeleri, klorlu parafinler, sülfürlenmiş yağlar ve esterler, glikol esterler, etanolaminler, polialkilen glikoller, sülfatlanmış yağlar ve çeşitli biyosit/fungisit kimyasal maddelerdir. Metal işleme sıvılarında kullanılan fonksiyonel katkı maddelerinin her biri toplam bileşime katkıda bulunmaktadır [9].



Şekil 1.11. Emülgatör yardımıyla oluşturulan homojen metal işleme emülsiyonu

Metal işleme sıvılarının yapısında bulunan kimyasalların temel işlevi, yağın su içinde homojen olarak dağılmasını sağlamaktır. Metal işleme sıvılarının en önemli ana katkı maddelerinden biri emülgatörlerdir. Bu kimyasallar, sütü-yarı saydam bir çözelti yapmak için sudaki yağ damlacıklarını askıya alarak emülsiyon partikülünün boyutunu ve görünüşü belirlemektedir [8,9]. Genellikle bir sistem için emülsiyon oluşumu, %95 su ile %5 metal işleme sıvınının karışımı ile (Şekil 1.11)'deki gibi meydana gelmektedir.

1.3. KOROZYON

Korozyon olayı metallerin tabiatta bulundukları cevher hallerine dönme isteği sırasında gerçekleşen kimyasal veya elektrokimyasal olayları takip eden doğal bir süreçtir [12]. Metaller doğada bulundukları cevher halleri olarak da adlandırılan çeşitli bileşikler ihtiva etmektedir. Bu bileşikler çıkartılıp değişik şekillerde işlenip kullanıma hazır olan bir malzemeyi oluşturmaktadır. Oluşan bu malzeme zamanla ortam şartlarına bağlı olarak enerji kazanıp depolamaktadır. Bu enerji miktarı metalden metale göre değişmektedir.

Korozyon olayı istemli bir olaydır ve metal yüzeyinde ortam şartlarına bağlı olarak gizlice veya görünür bir şekilde ilerlemektedir. Metallerin çoğu sulu ve nemli, asidik, bazik ve nötr ortamlarda korozyona uğramaktadır. Magnezyum, alüminyum, demir gibi aktif metaller korozyona hassasiyeti daha yüksek iken gümüş, altın ve platin gibi soy metallerin korozyona uğrama oranı oldukça düşüktür [13-15].

Korozyon olayı köprüler, binalar, ev ve endüstriyel aletler, boru hatları, otomobiller gibi pek çok alanda ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Bu kaybın yanı sıra enerji kaybı ve çevre kirliliğinin en önemli nedenleri arasında korozyon yer almaktadır. Endüstrinin ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte artan insan nüfusu betonarme yapıların, metal yapıların ve teçhizatlarında artmasına neden olmaktadır. Bu yapıların korozyona uğraması sürekli olarak ekonomi ve enerji kaybının yanında maden yataklarının da azalmasına yol açmaktadır. Bu durum korozyonun önlenmesine ve korozyona verilen önemin artmasına neden olmuştur [16].

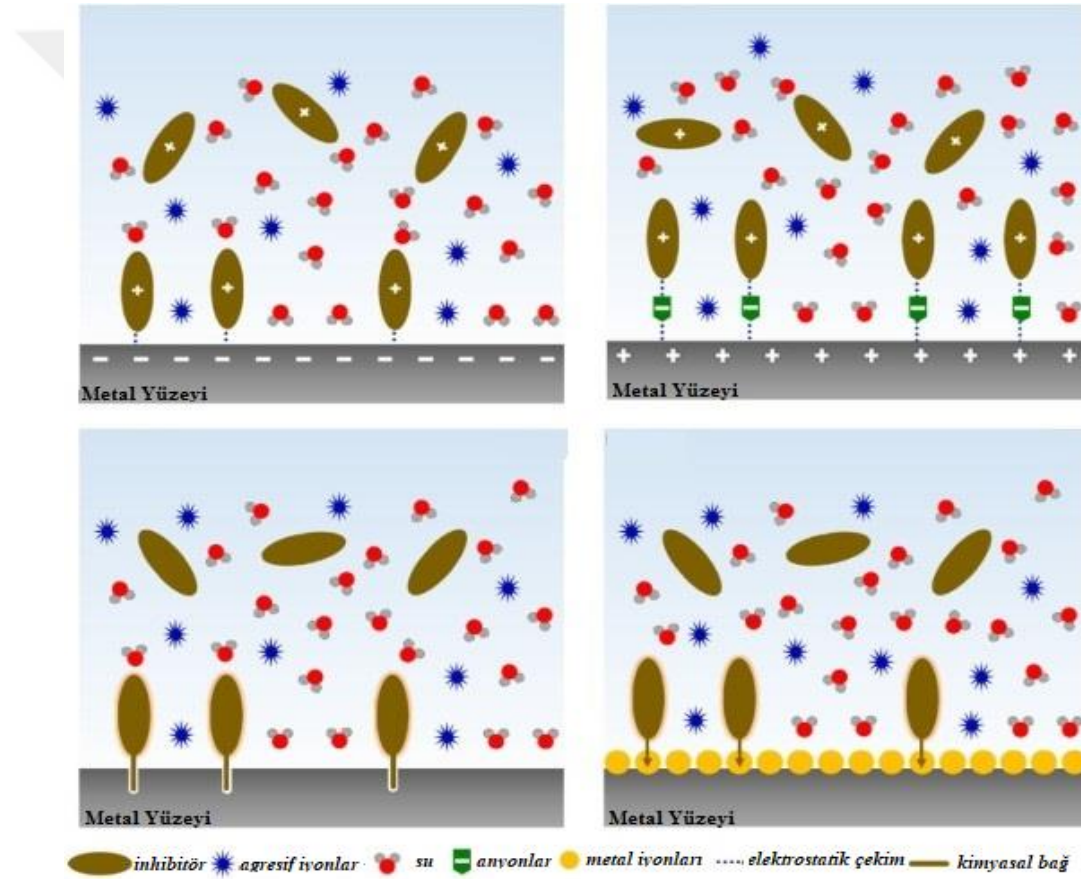
Korozyon oluşumunu engellemek için, ara yüzeye müdahale ederek metal-ortam ilişkisini kesme, metal üzerindeki koroziif etkiyi azaltıcı ortama inhibitör ilave etmek, metali yalıtkan bir malzeme ile kaplamak, anodik veya katodik koruma gibi yöntemler kullanılmaktadır. Bu koruma yöntemlerinin arasında ucuz ve kullanışlı bir yöntem olan ortama inhibitör ilave etmek bilim insanları tarafından oldukça fazla çalışılmaktadır.

1.4. İNHİBİTÖRLER

Korozyon inhibitörleri; çevresel bileşenlerle birlikte belirgin bir reaksiyon oluşturmada korozyonu engelleyen, azaltan organik veya inorganik bileşenlerden oluşan kimyasal maddelerdir [17]. İnhibitörlerin kullanım alanları çok geniştir; yakıtlar, hidrolik sıvılar, soğutucular, metal ve motor yağları, kazan suları gibi birçok sistemde kullanılmaktadır

[18-20]. Korozyon inhibitörleri hakkında birçok bilimsel araştırma ve çalışma yapılmaktadır. İnhibitörlerin maliyetleri çevre dostu olmaması gibi hususlar göz önüne alındığından kullanımını kısıtlamaktadır [21-23]. İnhibitörler bulundukları ortamda değişmeden ilk hallerindeki gibi kalmaktadırlar. İnhibitörler, metal yüzeyini kapatarak bulundukları ortamla ara yüzeyin direncini arttırmaktadır.

İnhibitör etkinliği sadece bulunduğu ortam ve özelliklerine değil aynı zamanda metal yüzeyine, elektrokimyasal potansiyeline, ara yüzeyine ve inhibitörlerin yapısına bağlıdır [24-26]. Bu durum; molekül içindeki aktif adsorpsiyon merkezlerinin sayısını, adsorpsiyon modunu, metalik komplekslerin oluşumunu, molekül büyüklüğünü, yük yoğunluğunu ve inhibitörün metal yüzeyindeki etki alanını kapsamaktadır.

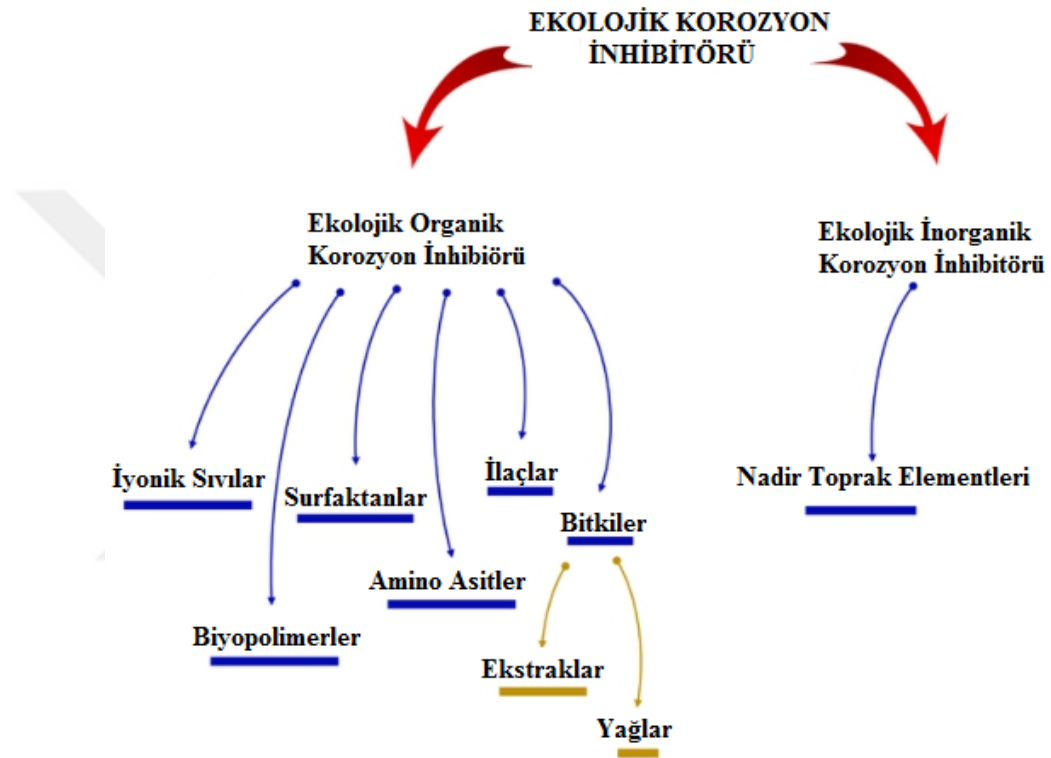


Şekil 1.12. İnhibisyon sürecinde metalik yüzey ile inhibitörlerin etkileşimi.

İnhibitörlerin metal yüzeyinde olan korozyonu engelleme modu Şekil 1.12’de gösterilmiştir. İnhibitörlerin geometrik engelleyici etkisi metal yüzeyinde metal ile inhibisör arasında elektrostatik çekim sayesinde metal yüzeyini kapatarak korozyonu azaltmaktadır. Bir diğer etki mekanizması ise metal iyonları ile inhibisörler arasında

etkileşimler sayesinde olmaktadır. Bunun yanı sıra inhibitörler anyonik ve katyonik bölgelerden kimyasal bağlar ile bağlanarak metal yüzeyini kapatmaktadır [27], [28].

İnhibitör kullanımına son yıllarda katı kurallar getirilmiştir. İnhibitörlerin toksisitesi, biyobozunurlukları, biyolojik ve kimyasal birikim kriterleri gibi parametrelere dikkat edilmesi ekolojik inhibitörlerin araştırılmasını ve kullanılmasını yaygınlaştırmaktadır. Ekolojik inhibitörler de (Şekil 1.13)'deki diğer inhibitörler gibi organik ve inorganik olmak üzere iki grupta sınıflandırılmaktadır.



Şekil 1.13. Ekolojik korozyon inhibitörlerinin sınıflandırılması.

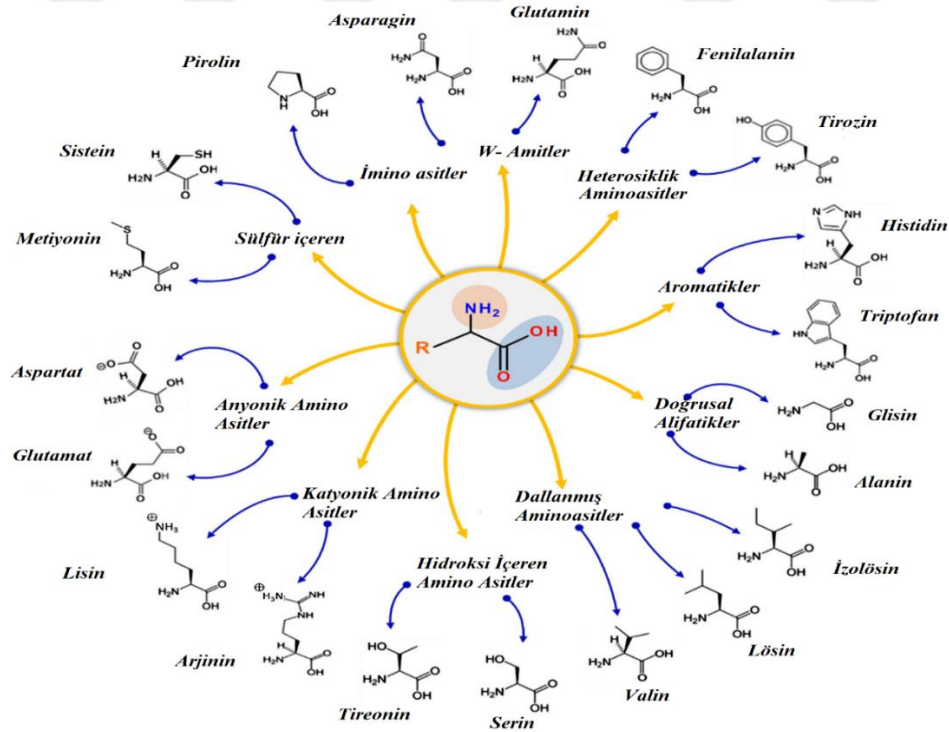
Yapılan pek çok çalışmada doğal olarak ortaya çıkan maddelerin (bitki, hayvan özleri, aminoasitler) çeşitli ortamlarda metalleri korozyona karşı koruduğu literatüre kazandırılmıştır. Biyopolimerler, iyonik sıvılar, bitki ekstraktları ve amino asitler bu araştırmaların başında gelmektedir. Bu bileşenlerdeki maddelerin içerisinde bulunan heteroatomlar, aromatik halkalar ve moleküller kimyasal veya elektrostatik etkileşimlerle metal yüzeyine adsorbe olarak moleküler bir tabaka oluşturmaktadır. Bu tabaka ortamdaki agresif iyonlar ve ajanların metal yüzeyini aşındırmasını engelleyerek metali korozyona karşı korumaktadır [29,30].

Ekolojik inhibitörler, çevre dostu ve ucuz olması nedeniyle dikkat çekmektedir. Bütün bu özelliklere rağmen bu gibi inhibitör bileşiklerinin uygulanma işlemleri zahmetli ve zor

aşamalardan oluşmaktadır. Bitki ve hayvan özlerinin ekstraksiyon ve saflaştırma işlemleri pahalı ve zahmetli olacağı gibi zaman alıcıdır. İyonik sıvılarda ise kompleks organik sentezlerinin sentez basamakları maliyetli ve çok aşamalı olması nedeniyle sınırlıdır. Tüm bu nedenler gelecekte ekolojik korozyon inhibitörlerinin uygulama alanlarını sınırlandırabilir olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda bazı aminoasitlerin korozyon önleme özelliği dünya çapında birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır [30-37].

1.4.1. Amino Asitler

Proteinler, tüm canlı organizmalar için hayati moleküllerden biridir. Proteinleri oluşturan aminoasitler, canlıların temel yapı taşları arasında yer almaktadır. Proteinleri oluşturan aminoasitler, temel yapı taşlarıdır. Doğada proteinlerin çeşitliliğini ve karmaşıklığını spesifik fonksiyonel özelliklerle birleştiren 20 doğal amino asit bulunmaktadır. Amino asitler asidik, bazik, polar ve kutupsal olmayan yapılarda bulunup birçok fizikokimyasal özelliğe sahiptir [38]. Amino asitler, genellikle aynı karbon atomuna bağlı en az bir karboksili asit grubuna ve bir amino grubuna sahip moleküllerden oluşmaktadır. (Şekil 1.14)'deki gibi fizyolojik ortamlarda, bakterilerden insanlara kadar bütün türlerde proteinleri oluşturmak için kullanılan yirmi farklı amino asit bulunmaktadır [40].

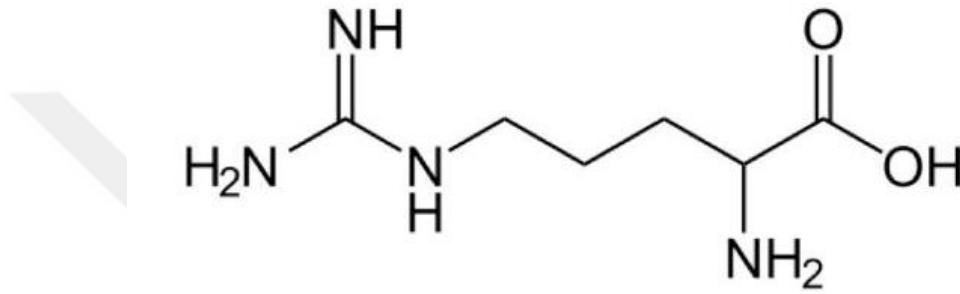


Şekil 1.14. Amino asitlerin kimyasal yapısı ve içerikleri.

Amino asitler, toksisite ve biyolojik bozunabilirliklerinden dolayı ekolojik korozyon inhibitörleri arasında gösterilmektedir. Ayrıca diğer ekolojik moleküllere göre sulu ortamda çözünmesiyle, yüksek saflıkta üretilebilmeleri ve nispeten ucuz olmalarıyla birlikte ön plana çıkmaktadır [40].

1.5. L-ARJİNİN

Yirmi amino asitten biri olan L-arjinin (Şekil 1.15), kimyasal formülü $C_6H_{14}N_4O_2$ ve molekül ağırlığı 174.50 g/mol olan doğal bir amino asittir.

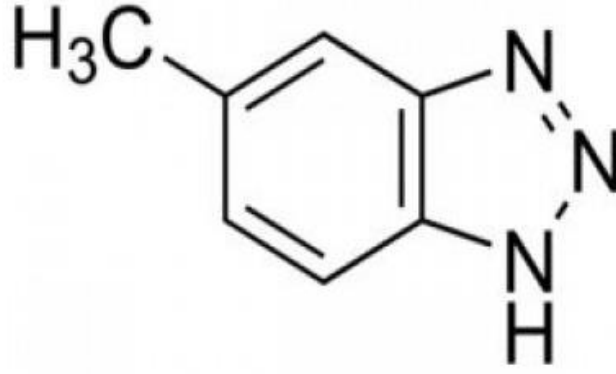


Şekil 1.15. L-Arjinin kimyasal yapısı.

1895 yılında hayvan boynuzunun hidrolizik parçalanması ile elde edilerek bulunan L arjinin, bazik özellik taşıyan bir amino asittir. Bu amino asittin Hem L- hem de D- izomeri bulunarak L-arjinin formu proteinlerin yapısına girmektedir. Yarı esansiyel olmakla birlikte nitrik oksit öncüsü olan amino asit sayısız fizyolojik işlev gerçekleştiren bir yapısı mevcuttur. Vücutta üretilmeyen bir amino asittir. Çekirdeklerde, çikolatada ve fıstık badem gibi kabuklu yemişlerde bolca bulunmaktadır [41].

1.6. TOLİTRİAZOL

Tolitrizol 5-metil-benzotriazol ve 4-metil-benzotriazol karışımıdır (Şekil 1.16). Tolitrizol katı formda üretilen pas önleyici ve korozyon önleyici bir maddedir. Demir, çelik, bakır, kurşun, gümüş ve nikel gibi metallerin korozyonunu önlemek için kullanılmaktadır [42].



Şekil 1.16. Tolitriazol'ün kimyasal yapısı.

Tolitriazol endüstriyel su arıtma, endüstriyel yağlayıcılar (soğutma sıvıları, kesme sıvıları), bulaşık yıkama tabletleri, fotoğraf için sis düşürme ve VCI kâğıtları gibi alanlarda kullanılmaktadır. Alkol, kloroform, benzen, tolüen, patlayıcı olmayan, suda çözünen ve diğer organik çözücülerde çözünmektedir. Tolitriazol metal yüzeylerine etki ederek korozyon maddeleriyle temas etmesini engelleyen koruyucu bir film tabakası oluşturur ve korozyonu engellemektedir [43].

1.7. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Metal işleme sıvılarına katılacak ekolojik korozyon inhibitörlerinden olan L-arjinin aminoasitinin karbon çeliği üzerindeki korozyon mekanizmasının aydınlatılması ve tolitriazolün inhibitör olarak kullanılması ile ilgili son yıllarda literatürde çalışmalar incelenmiştir.

L-argininin karbon çeliği üzerinde korozyon önleme etkisi, 1.0 M HCl'de kütle kaybı, potansiyodinamik polarizasyon, elektrokimyasal empedans spektroskopisi, elektrokimyasal frekans modülasyon (EFM) yöntemleri ile araştırılmıştır. Tafel polarizasyon sonuçları, L-arjinin'in hem katodik hem de anodik yönde korozyon mekanizmasını etkilediğini ve böylece karma tip inhibitör olarak etki ettiğini göstermiştir. EIS sonuçları, sabit faz elemanlarının değerinin azalma eğiliminde olduğunu ve hem yük transfer direncinin hem de inhibisyon verimliliğinin, inhibitör konsantrasyonun artırılması ile artma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bu sonuçlar elektriksel çift katmanın kalınlığının artmasına bağlanabildiği bildirilmiştir. EFM ile diğer geleneksel korozyon ölçme teknikleri arasında karşılaştırmalı bir çalışma yapılmıştır. Korozyon

inhibisyonu çalışmalarında korozyon hızının belirlenmesinde efektif bir yöntem olarak EFM kullanılmıştır. EFM kullanılarak elde edilen veriler, diğer kimyasal ve elektrokimyasal tekniklerden elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır ve sonuçlar arasında korelasyon olduğu gözlenmiştir. Ölçümler, seçilen deney koşulları altında L-arjininin, 1 M HCl çözeltisinde metali korozyona karşı koruduğunu göstermiştir [44].

L-arjininin korozyon önleme etkisi, karbon çeliği üzerinde %3,5'lik NaCl çözeltisinde korozyon önleyici özelliği araştırılmıştır. Yapılan çalışmada, EFM yöntemi korozyon hızı tayini için etkili bir yöntem olarak kullanılmıştır. EFM kullanılarak elde edilen korozyon sonuçları, diğer kimyasal ve elektrokimyasal yöntemler olan TP, EIS ve kütle kaybı sonuçlarından elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Kimyasal ve elektrokimyasal ölçümlerden elde edilen veriler EFM'den elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. L-arjinin molekülünün karbon çeliği yüzeyinde adsorpsiyonunu araştırmak için yoğunluk fonksiyonel teorisi (DFT) hesaplamaları kullanılmıştır [45].

Bakır yüzey üzerinde L-arjininden oluşturulmuş kendiliğinden monte edilmiş mono tabakalar (SAM) ile kaplanmıştır. L-arjininden oluşturulmuş SAM'lerin korozyon koruma özellikleri, 0.5 M HCl çözeltisinde elektrokimyasal empedans spektroskopisi ve polarizasyon teknikleri ile incelenmiştir. Sonuçlar L-arjininden oluşturulmuş SAM'lerin sınırlı koruma etkisine sahip olduğunu göstermektedir. Koruyucu tabaka 6 saatte maksimum seviyede koruma sağlamıştır. L-arjinin içeren çözeltiye iyodür iyonu eklendiğinde, SAM'lerin korozyon inhibisyonu kabiliyeti önemli ölçüde geliştiği rapor edilmiştir [46].

Benzotriazol (BTA) ve tolitriazolün (TTZ) 25 °C'de Fe/0.5 M H₂SO₄ arayüzünün elektrokimyasal davranışı üzerindeki etkisi kronopotentiometri, anodik ve katodik polarizasyon eğrileri ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi kullanılarak incelenmiştir. BTA ve TTZ, anodik demir çözünmesine istinaden hidrojen oluşumunun 0.5 M H₂SO₄ ortamında inhibitör özellikleri araştırılmıştır. İnhibitörlerin toplu taşınması, anodik süreçte engelleyici film oluşumunun önemli bir adımı olarak bildirilmiştir. Elektrokimyasal empedans spektroskopisi, inhibitörlerin varlığında demir çözünme mekanizmasını araştırmak için kullanılmıştır ve BTA ve TTZ'nın demir yüzeyine adsorbe edildiğini ve böylece sülfat ortamındaki çözünme mekanizmasını değiştirdiğini göstermiştir. Kompleks bir Fe (II) önleyici içeren BTA veya TTZ'nın 0.5 M H₂SO₄'te demirin korozyonunu önlemek için iki farklı mekanizma önerilmiştir [43].

Beş amino asidin 1 M nitrik çözeltisinde bakırın korozyonu üzerindeki inhibisyon etkisi, kütle kaybı ve elektrokimyasal polarizasyon ölçümleri kullanılarak incelenmiştir. Valin ve Glisin'in korozyon işlemini hızlandırdığı; Arjinin, Lizin ve Sistein'in korozyon mekanizmasına etki ederek metal yüzeyinde korozyonu inhibe ederek azalttığı rapor edilmiştir. Bu amino asitlerin içinde en iyi inhibitör özelliği gösteren molekül Sistein'dir. Konsantrasyonu 10^{-3} M'de inhibisyon etkisi %61'e ulaşmaktadır. Kuantum kimyasal hesaplamalar ve inhibisyon verimi arasındaki korelasyon semiempirik yöntemler (AM1 ve MNDO) kullanılarak tartışılmıştır [47].

Biyobozunur 2-amino-4-metilpentanoik asidin (LCN) 1 M HCl asit içinde yüksek karbonlu çelik üzerindeki korozyon inhibisyonu etkisinin elektrokimyasal çalışmaları, potansiyodinamik polarizasyon tekniği, kütle kaybı yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sonuçlar, bileşiğin, %0-1,88 arasında katodik inhibisyon davranışı, %2,81-5,63 inhibitör konsantrasyonunda anodik inhibisyon davranışı gösterdiği ve elektrokimyasal yöntemlerden elde edilen sonuçlara göre %87,46 ve %85,88 oranında optimal inhibisyon etkinliği gösterdiği bildirilmiştir [48].

Altı amino asit, DFT ve Monte Carlo yöntemlerine göre potansiyodinamik lineer polarizasyon ve elektrokimyasal empedans yöntemleri ile 0.5 M H₂SO₄ çözeltisinde karbon çeliği ve bakır için korozyon inhibitörleri olarak değerlendirilmiştir. Korozyon önleyicilik sıralaması: bakır için Arjinin> Glutamin> Asparagin> Metiyonin> Sistein> Serin, karbon çeliği için Metiyonin> Sistein> Serin> Arjinin> Glutamin> Asparagin. DFT hesaplaması, moleküllerin HOMO ve LUMO enerjilerini korozyon inhibisyon derecesi ile ilişkilendirememiştir, Monte Carlo yöntemi ise moleküllerin etkileşimli enerjilerini korozyon verimi ile ilişkilendirmede başarılı olmuştur [49].

Çinko, bakır ve pirincin elektrokimyasal özellikleri karşılaştırmalı olarak toliltriazol (TTA) ve benzotriazol (BTA) içeren 0.1 M NaCl çözeltisi içerisinde incelenmiştir. Pirincin bu ortamdaki elektrokimyasal davranışı bakıra benzer özellikte olduğu bildirilmiştir. TTA, yüzeyde ZnO oluşumunu artırarak adsorpsiyonla pirincin korozyonunu engellemektedir. Açık devre potansiyeli ve potansiyodinamik polarizasyon eğrileri sonuçlarına göre bir korozyon mekanizması önerilmiştir [50].

Beş yeni toliltriazol bazlı iyonik olmayan yüzey aktif maddeler sentezlenmiş ve FTIR ve NMR spektroskopik metotlar kullanılarak karakterize edilmiştir. Sentezlenen bileşiklerin, petrol kuyuları çıkarma suyunda X- 65 tipi karbon çeliği üzerinde korozyon inhibitörleri

olarak performansı, kütle kaybı, potansiyodinamik polarizasyon ve elektrokimyasal empedans spektroskopisi gibi çeşitli yöntemlere araştırılmıştır. Yüzde inhibisyon etkinliğinin, kritik misel konsantrasyonuna ulaşıncaya kadar inhibitör konsantrasyonunun yükseltilerek arttığı bulunmuştur. Aynı zamanda, sonuçlar, yüzey aktif maddelerin hem moleküler boyutunu hem de etoksilasyon derecesini artıran inhibisyon etkinliğinde artış gösterdiği rapor edilmiştir. Potansiyodinamik polarizasyon eğrileri incelendiğinde, inhibitörlerin karma tip olarak davrandığı gösterilmiştir. Elektrokimyasal empedans spektroskopisinden elde edilen veriler, eşdeğer devre yoluyla korozyon önleme işlemini modellemek için analiz edilmiş ve inhibitör etkinliği en yüksek %78 olarak hesaplanmıştır [51].

0.5 M HCl çözeltisinde bakır için korozyon önleyici olarak çeşitli amino asitlerin kullanım olasılığını araştırmak için kuantum kimyasal hesaplamalar ve moleküler dinamik simülasyonlar ile birleştirilen deneysel elektrokimyasal yöntemler kullanılmıştır. İncelenen on bir amino asit arasında sistein, 10 mM konsantrasyonda %52'ye ulaşan en yüksek inhibitör etkinliğini elde etmiştir. Diğer amino asitler, %25'ten daha az etkinliğe ulaşmış, bazıları korozyon hızlandırıcı olarak görev yapmıştır. Deneysel sonuçlara dayanarak, teorik hesaplamalar ve simülasyonlar sistein ve alanine odaklanılmasını sağlamıştır [52].

Amino asitler, insan vücudundaki biyolojik olarak önemli iki organik bileşikten biridir. Yapılarında iki önemli fonksiyonel grup olan $-NH_2$ (amin) ve $-COOH$ (karboksilik asit) grubu vardır. Yapılan çalışmada alanin, metiyonin, aspartat, asparajin, lisin, arjinin ve histidin gibi amino asitlerin korozyon önleyici performansı incelenmiştir. Ayrıca bu amino asitlerle ilgili tüm kuantum kimyasal hesaplamalar yapılmıştır. Söz konusu amino asitlerin korozyon önleme etkileri sadece gaz fazında değil ayrıca su fazında, asetik asit ve formik asitte incelenmiştir. Ayrıca, amino asit korozyon inhibitörlerinin bakır-su arayüzünde etkileşimi için en kararlı konfigürasyon ve adsorpsiyon enerjilerini araştırmak için Monte Carlo örnekleme yaklaşımı kullanılmıştır. Teorik veriler ile deneysel veriler arasında iyi bir korelasyon elde edilmiştir. Ayrıca, bazık bir amino asit olan L-arjinin, bu çalışmada ele alınan, amino asitler arasında en iyi korozyon inhibitörü özelliği gösteren molekül olarak bildirilmiştir [53].

Son yirmi yılda, korozyon inhibitörleri alanındaki araştırmalar, çevresel olarak tehlikeli bileşiklerin yerine, tehlikeli olmayan biyobozunur özelliğe sahip ucuz ve etkili moleküllerin kullanılması hedefine yönelik olmuştur. Güvenli korozyon önleyici olarak

kullanılabilecek teşvik edici bileşiklerden biri amino asitlerdir. Çevre dostu, toksik olmayan, biyolojik olarak parçalanabilir ve nispeten ucuzdurlar. Öte yandan, hesaplamalı modellemenin geliştirilmesi, bu bileşiklerin inhibisyon mekanizmasının anlaşılmasına ve yeni tasarlanan inhibitörlerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Yapılan çalışmada, metalik alaşım malzemeleri için korozyon inhibitörü olarak amino asitlerin ve türevlerinin kullanımına ilişkin katkıları geniş bir çerçevede tartışılmış ve rapor edilmiştir [39].

Amino asitlerin korozyon inhibitörü olarak kullanımı hakkında pek çok çalışma yapılmıştır. Çalışmanın amacı literatürde glutamik asit ve türevlerinin farklı agresif çözeltilerde metaller için korozyon inhibitörü olarak kullanımıyla ilgili araştırma çalışmalarını sunmak ve tartışmaktır. Kütle kaybı ve elektrokimyasal teknikler, kullanılan inhibitörün korozyon inhibisyon etkinliğini değerlendirmek için en sık kullanılan teknikler arasında gösterilmiştir. Glutamik asit etkili bir korozyon önleyici olarak işlev görebilmektedir, ancak diğer durumlarda korozyon işlemini hızlandıran zıt bir etki gösterebilir; bu etkinin nedeni deneysel koşullara bağlı olduğu bildirilmiştir. En yüksek inhibisyon etkinliği değerleri, Zn^{2+} ve iyon halojenürleri olarak iyonların varlığında elde edilmiştir. Glutamik asit ve türevleri, asidik bir çözelti içinde metal için etkili bir korozyon önleyici olarak kullanılabildiği açıkça aktarılmıştır. Bilimsel modellemenin geliştirilmesi, yeni glutamik asit türevlerinin tasarlanmasına ve bu bileşiklerin inhibisyon mekanizmasının anlaşılmasına yardımcı olmaktadır [54].

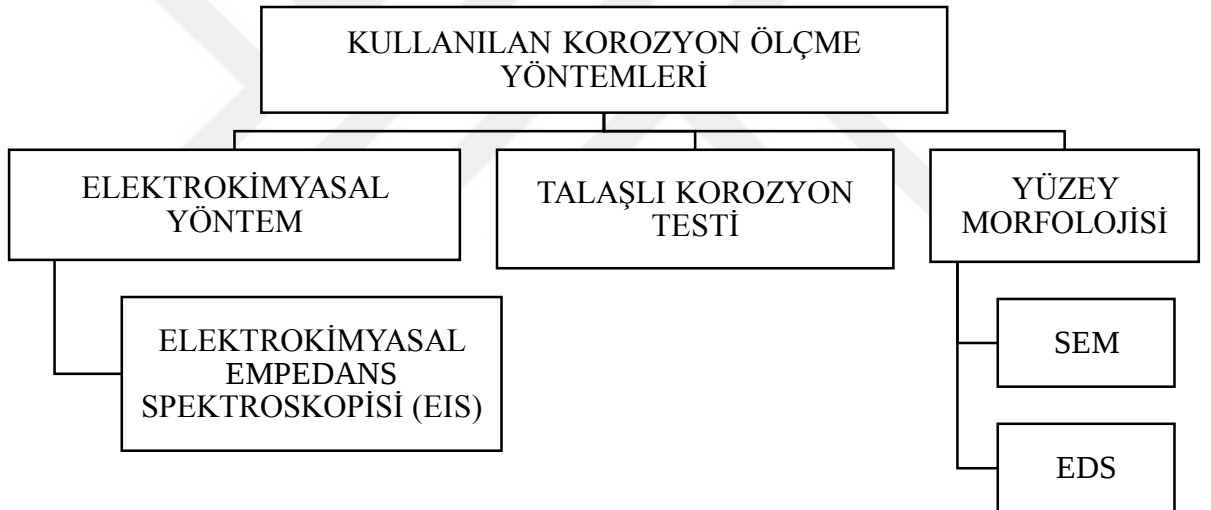
Farklı molar konsantrasyonlarda ve çözücü oranlarında metiletanotanolamin (MDEA) ve L-arjinin karışımlarında karbon çeliğinin elektrokimyasal korozyon mekanizmasına bakılmıştır. CO₂ kısmi basıncı, çözelti sıcaklığı ve MDEA/L-Arjinin oranı olan üç ana parametrenin etkileri belirlenmiştir. Seçilen sıcaklıklar 293 ila 323 K arasında değişmiştir ve CO₂ kısmi basıncı 49-98 kPa arasında belirlenmiştir. Sonuçlar, korozyon hızının artan CO₂ kısmi basıncı ve çözelti sıcaklığı ile arttığını göstermiştir. Bununla birlikte, L-arjinin MDEA'ya eklendiğinde, L-arjininin bir inhibitör görevi gördüğü, karışımdaki yüksek L-arjinin fraksiyonu arttıkça, daha fazla inhibisyon etkisi yaptığı gözlemlenmiştir. Aşınmış yüzeyleri karakterize etmek için SEM, XRD ve XPS teknikleri kullanılmıştır. Örnek yüzeyindeki korozyon ürünlerinin analizi FeCO₃ koruyucu katman oluşumunu doğrulamıştır [55]

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2. 1. METOT

2.1.1. Kullanılan Korozyon Belirleme Yöntemleri

Literatürde var olan ve sanayide metal işleme sıvılarının korozyon miktarlarının tayininde kullanılan talaşlı korozyon testi ve Alternatif Akım (AC) yöntemi olarak bilinen Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) yöntemleri kullanılarak farklı konsantrasyonlardaki emülsiyon çözeltilerine L-arjinin ve TTZ eklenerek St37 düşük karbon çeliği metalinin korozyon mekanizması Şekil 2,1’de belirtilen yöntemlerle araştırılmıştır.



Şekil 2.1. Korozyon mekanizmasını aydınlatmak için kullanılan yöntemler.

2.1.1.1. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS)

Korozyon reaksiyonlarının serbest kinetiği ve korozyon mekanizmalarını belirlemektedir. EIS yöntemi zamana bağlı gerçekleşen korozyon hakkında bilgi verirken metal yüzeyine çok fazla tahribat vermemektedir. Korozyon hızını ölçerken açık devre potansiyelinde ölçümler yapılarak elektrokimyasal sistemin doğrulanması sağlanmakta ve sisteme uygun eşdeğer bir devre modeli oluşturulmaktadır. EIS yönteminin çalışıldığı frekans aralığı 0.001-100.000 Hz'dir [58,59].

Elektrokimyasal empedansta alternatif gerilim uygulanarak bir devrenin alternatif akım (AC) yanıtı alınmaktadır. Doğrusal akım (DC) yöntemlerinde direnç ohmik direnç olarak tanımlanırken alternatif akım yönteminde empedans olarak tanımlanmaktadır. Eşitlik 2.2’de doğrusal akımda Ohm Kanunu tanımlanmıştır.

$$E = I \times R \quad (2.2)$$

Doğrusal akımda elektronların akışına engel olan sadece dirençtir. Alternatif akımda ise frekans sıfır değildir ve hücrenin direncinden ve kapasitansından kaynaklanan gerçek empedans Z_{re} ve hayali empedans Z_{im} olarak bilinen parametreler vardır. Bu durumda alternatif akımın denklemi Eşitlik 2.3’te verilmiştir.

$$E = I \times Z \quad (2.3)$$

Bu verilerin grafik üzerine dökülmesiyle “Nyquist grafiği” elde edilmektedir. Bu grafiklerdeki eğimlere uygun devreler kullanılmasıyla birlikte elektrokimyasal devre elemanları hesaplanmaktadır [60,61].

EIS yöntemi uygulaması sırasında metal yüzeyine uygulanan akıma bağlı olarak hayali ve gerçek dirençlerin değişimini gösteren Nyquist eğrilerinin polarizasyon direnci değerleri elde edilmektedir. Polarizasyon direncinin formülasyonla gösterimi Eşitlik 2.4’te verilmiştir [62].

$$|Z| = \sqrt{Z_{im}^2 + Z_{re}^2} \quad (2.4)$$

2.1.1.2. Talaşlı Korozyon Testi

Bu testin amacı kullanılmakta olan metal işleme sıvılarının (su ile seyreltilebilen yağ emülsiyonlarının) demir talaşlar ile pas yapma derecelerini belirlemektir. Test için gerekli olan malzemeler petri kabı, beyaz bant filtre kâğıdı, korozyon talaşı ve plastik pipet kullanarak uygulanmaktadır. Petri kabı içerisine yerleştirilen filtre kâğıdı üzerine hassas terazi yardımı ile korozyon talaşı dökülmektedir. Hazırlanmış olan %2,5 emülsiyon karışımından korozyon talaşı üzerine pipet yardımı ile emülsiyon dökülerek petri kabının ağzı kapatılır ve kapalı bir ortamda bekletilmektedir. 24 saat sonunda kontrol edilerek filtre kâğıdı üzerinde oluşan pas lekelerinin sonucu kaydedilmektedir. 24 saat sonunda beyaz bant filtre kâğıdı üzerinde görülen pas kırmızısı leke, sistemde yer alan emülsiyonun koruyucu özelliğinin azaldığını, filtre kâğıdı üzerinde herhangi bir pas kırmızısı leke oluşmaması sistemdeki emülsiyonun istenilen kalitede olduğunu göstermektedir [63].

2.1.2. Yüzey Analizi

2.1.2.1. SEM /EDS Analizi

Düşük karbon çeliğinin emülsiyon ortamında EIS deneyleri sonrası metal yüzeyinde meydana gelen değişimleri incelemek için Şekil 2.2’de gösterilen J. Quanta FEG 250 (FEI, Holand) modellenli cihaz ile SEM ve EDS analizleri yapılmıştır.



Şekil 2.2. SEM/EDS cihazı görüntüsü.

2. 2. MATERYAL

2.2.1. Çalışma Elektrotlarının Hazırlanması

Maliyetinin düşük olması, iyi mekanik özellikleri nedeniyle endüstriyel alanda yaygın bir şekilde kullanılan düşük karbon çeliğinin kimyasal bileşimi Çizelge 2.1’de gösterilmiştir [64]. Deneylerde kullanılan düşük karbon çeliği Erdemir Çelik Şirketi’nden temin edilerek yalıtkan bir boru içine konularak bir tabanı açıkta kalacak şekilde etrafı kalın polyester tabaka ile kaplanmıştır. Hazırlanan elektrotların alanı $0,75 \text{ cm}^2$ ’dir.

Çizelge 2.1. Düşük karbon çeliğinin kimyasal bileşimi (Kütlece %).

Numune	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	Al	Balance
St37	0.17	0.30	1.40	0.005	0.05	0.014	0.026	0.023	0.047	97,94

2.2.2. Deneylerin Yapılışı

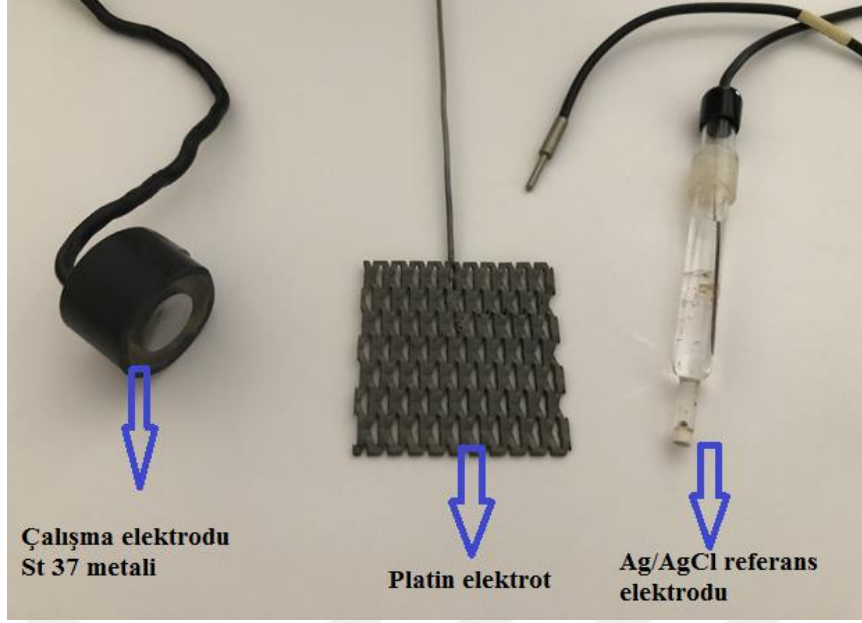
2.2.2.1. Elektrokimyasal yöntemlerle deneylerin yapılması

Düşük karbon çeliğinin yüzeyi deneyler başlamadan önce 600-2000 numaralı zımpara kâğıtları kullanılarak temizlenmiştir. Temizleme işleminden sonra numune yüzeyi saf su ile yıkanarak kurutulmaya bırakılmıştır. Kuruyan numune deney hücresine yerleştirilerek üçlü korozyon hücresi kurulmuştur [65]. Deneylerin korozyon mekanizması, oda sıcaklığında EIS yöntemi kullanılarak incelenmiştir.



Şekil 2.3. Elektrokimyasal deneylerin yapıldığı ortamlar.

Metal işleme sıvısından oluşan %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metali kullanarak elektrokimyasal deney ortamı hazırlanmıştır. (Şekil 2.3). Deney düzeneği, Ag/AgCl referans elektrotu, platin elektrot olan karşıt elektrot ve çalışma elektrotu olan düşük karbon çeliğinden oluşmaktadır (Şekil 2.4). Elektrot ile ortam arasında meydana gelecek reaksiyonların stabil bir hale gelmesi amacıyla deney başlatılmadan önce elektrot 1 saat çözelti içinde bekletilmiştir.



Şekil 2.4. Elektrokimyasal deney ortamında kullanılan elektrotlar.

%2,5 emülyon içerisinde konulan düşük karbon çeliği metalinin korozyon mekanizması 2 saat boyunca EIS yöntemiyle GAMRY PC3/600 potansiyostat/galvanostat/ZRA sisteminde araştırılmıştır. EIS yönteminde 100 kHz- 0,1 Hz frekans aralığında deneyler yapılmıştır.

2.2.2.2. Talaşlı Korozyon Testi

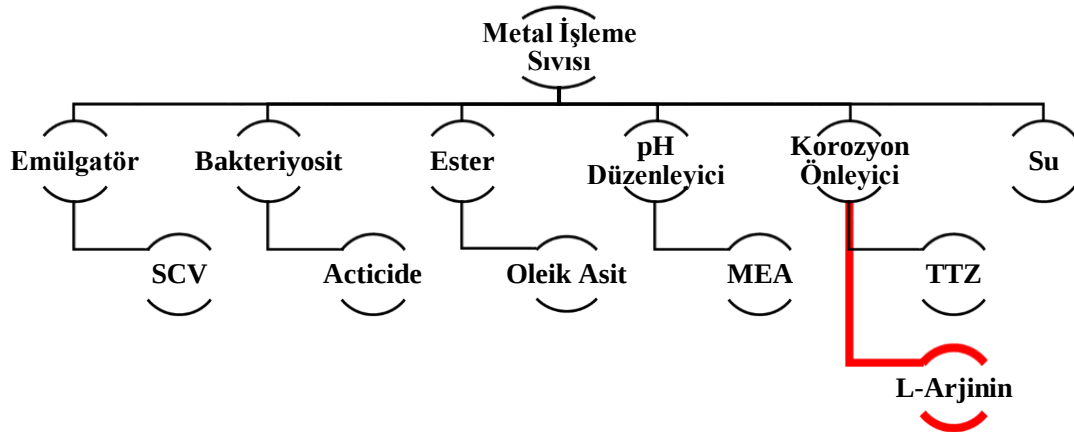
Petri kabı içerisine yerleştirilen filtre kâğıdı üzerine hassas terazi yardımı ile 4g korozyon talaşı dökülmektedir. Hazırlanmış olan %2,5 emülsiyon karışımından korozyon talaşı üzerine pipet yardımı ile 5 ml emülsiyon dökülerek petri kabının ağzı kapatılır ve kapalı bir ortamda bekletilmiştir. 24 saat sonunda kontrol edilerek filtre kâğıdı üzerinde oluşan pas lekelerinin sonucu kaydedilmiştir (Şekil 2.5).



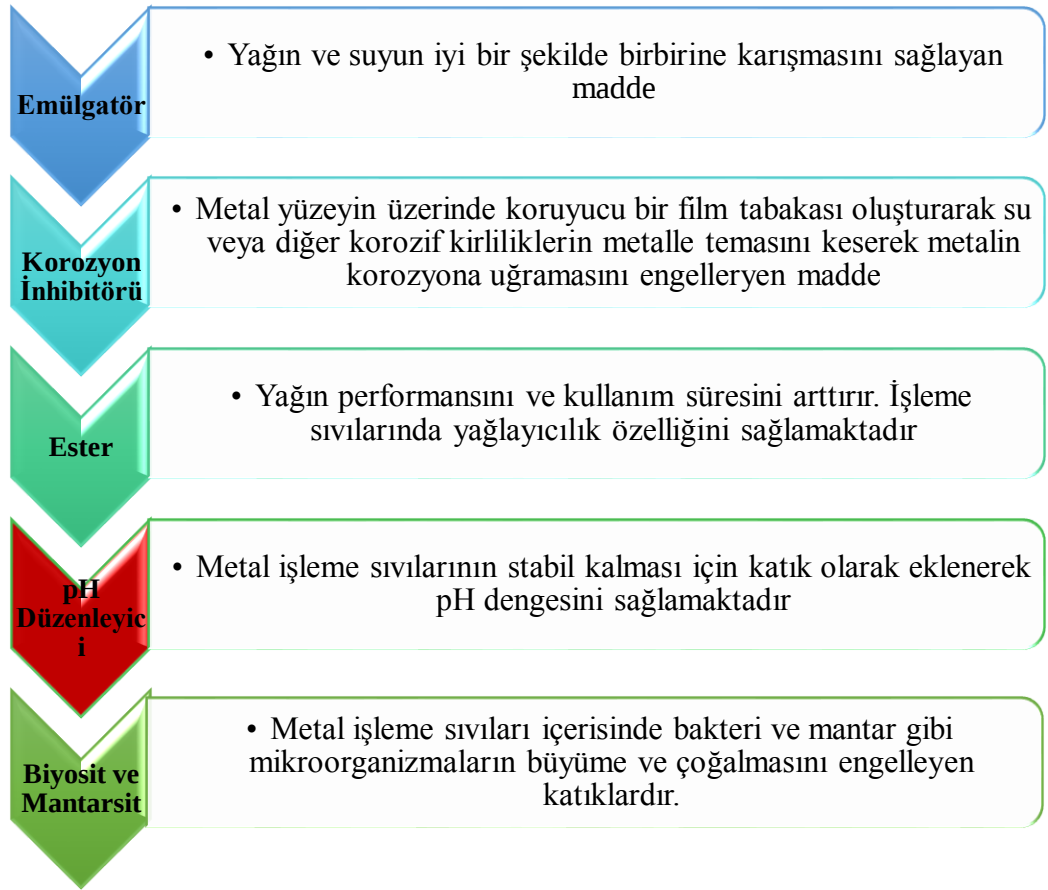
Şekil 2.5. Korozyon talaşı testi.

2.2.2.3. Metal İşleme Sıvısı Numune Hazırlanması

Deneyler için hazırlanan metal işleme sıvısının içeriğinde ticari ürün olan emülgatör katığından 10.000 ile 20.000 ppm, mantarsit ve biyosit özelliği gösteren katıktan 1000 ile 5000 ppm, ester katığından 3000 ile 8000 ppm, pH düzenleyici katığından 7000 ile 11.000 ppm, korozyon önleyici katığından 2000 ile 3000 ppm, arasında kullanılmıştır (Şekil 2.6). Katıkların ve yağlayıcıların birbiri arasında bağlanması için 40.000 ile 55.000 ppm arasında su eklenerek karışım sağlanmıştır.



Şekil 2.6. Deney için metal işleme sıvısına katılan katıklar.



Şekil 2.7. Metal işleme sıvısına katılan katıkların işlevleri.

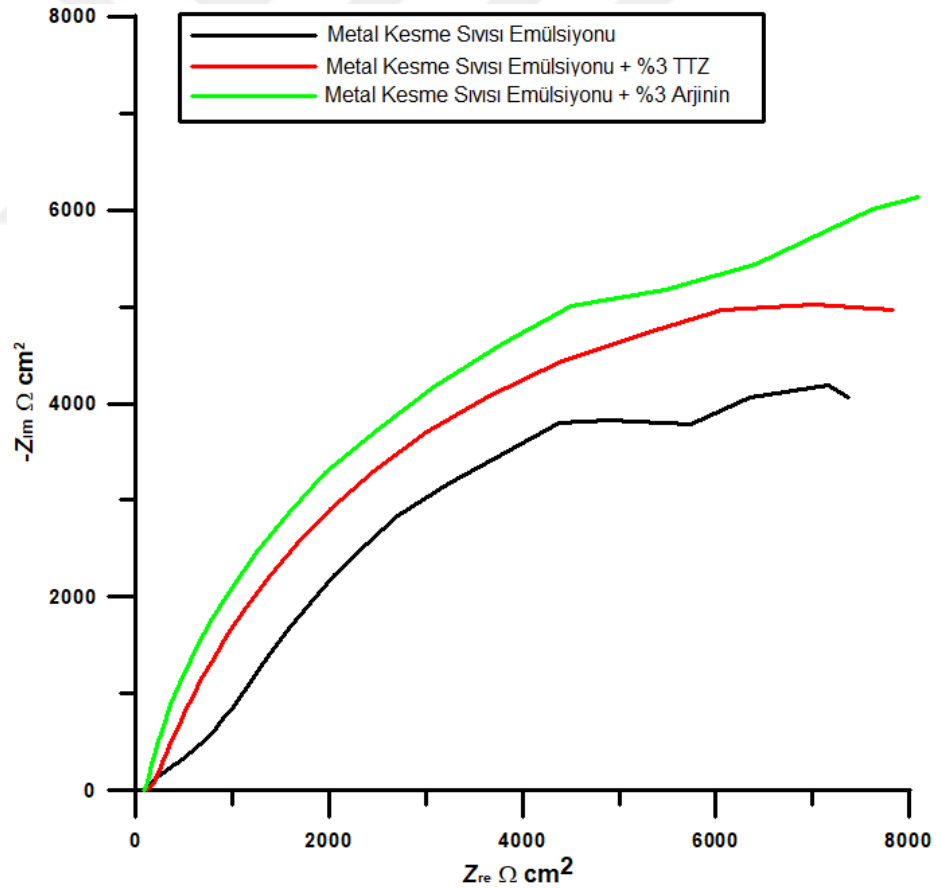
Şekil 2,7’da metal işleme sıvılarına katılan katıkların genel kullanılma özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. Metal işleme sıvısı içeriğinde korozyon önleyici özellik veren TTZ ve TTZ yerine ekolojik, biyobozunur özellik gösteren L-arjinin amino asidi kullanılarak iki farklı metal işleme sıvısı hazırlanmış ve St37 metali üzerinde korozyon özelliklerine bakılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. METAL İŞLEME SIVISINA EKLENEN ARJİNİN VE TTZ İNHİBİTÖR ETKİLERİNİN ELEKTROKİMYASAL YÖNTEMLER İLE BELİRLENMESİ

3.1.1. Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS)

Metal işleme sıvısından yapılan %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin korozyon davranışı oda sıcaklığında 2 saat süren açık devre potansiyeli sonunda hesaplanmıştır. Metal işleme sıvısı hazırlanırken eklenen %3 L-arjinin amino asiti ve %3 TTZ maddesinin içerisinde ayrı ayrı inhibitör etkisinin EIS yöntemi sonucu elde edilen Nyquist diyagramı Şekil 3.1’de gösterilmiştir.



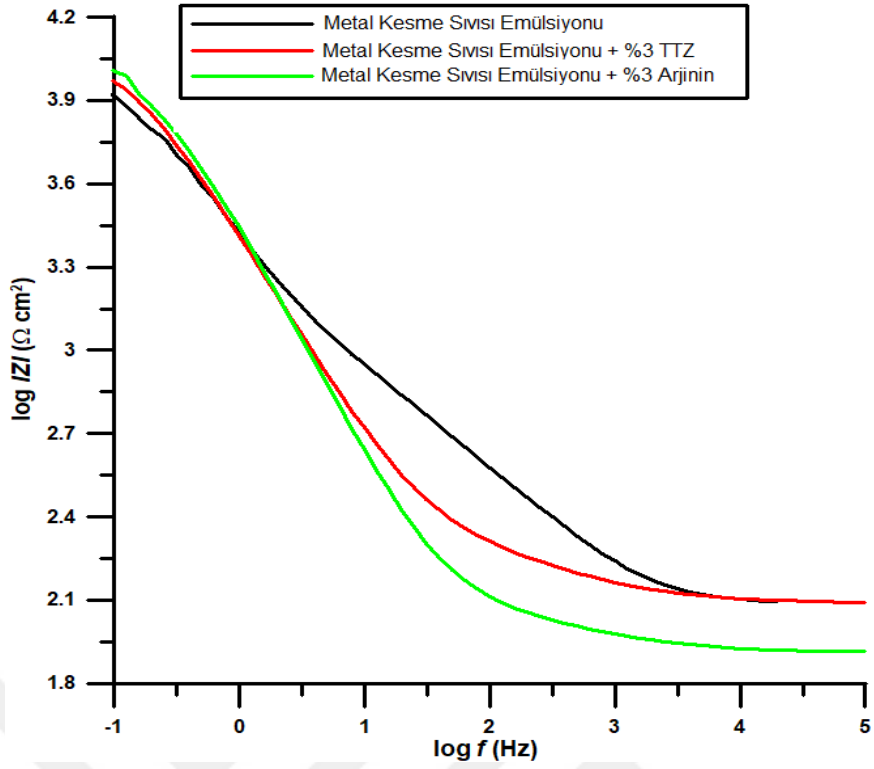
Şekil 3.1. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Nyquist diyagramları.

Nyquist diyagramları çoğu zaman yarı daire şekilli olmalarına rağmen Şekil 3.1’de tam yarı daire şekline uymamaktadır. Bunun nedenleri; frekans dağılımı, yüzeyin kırılma yapısı farklılığı, yüzeyin düzensiz yapıda olması, pürüzlülük, çözeltideki iyonların metal yüzeyine adsorpsiyonu ve yük transfer sürecinden kaynaklanmaktadır [66-68]. Şekil 3.1 incelendiğinde %3 TTZ eklenen metal işleme sıvısı emülsiyonu korozyon katığı eklenmeyen emülsiyonun Nyquist eğrisine göre büyüklüğü arttığı görülmektedir. %3 L-arjinin amino asiti eklenen metal işleme sıvısı emülsiyonunun Nyquist eğrisi ise hem korozyon katığı eklenmeyen emülsiyona hem de %3 TTZ eklenen emülsiyona göre daha büyüktür. Bu sonuca göre metal işleme sıvısına eklenen TTZ ve L-arjinin maddesi St37 metalinin korozyon hızını yavaşlattığını göstermektedir. Bu iki madde arasından en etkili inhibitör özelliği gösteren madde Nyquist eğrisi en büyük olan L-arjinin amino asitidir.

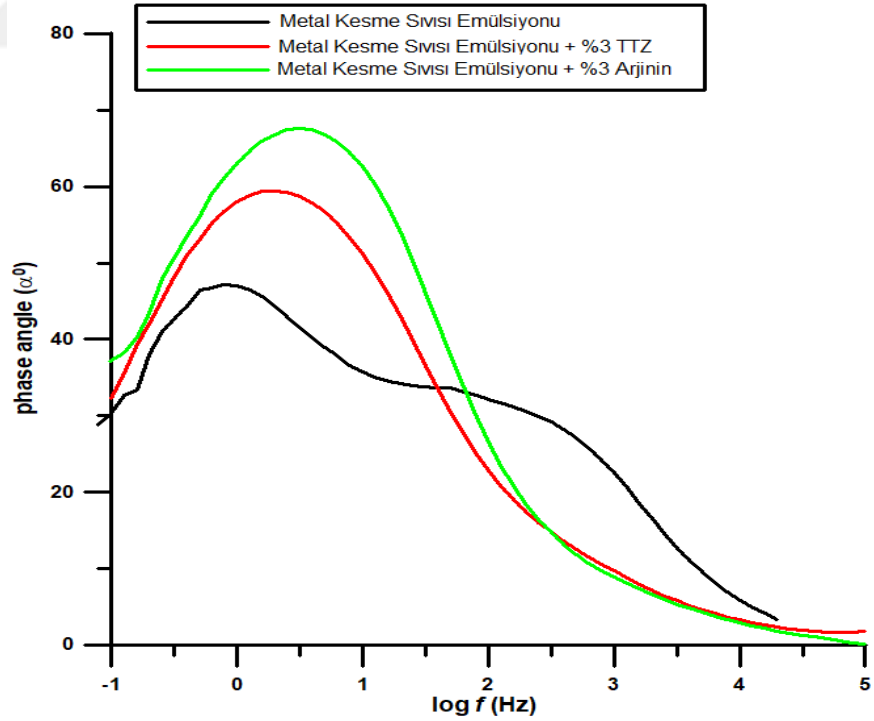
Yapılan deneyler sonrası Şekil 3.2’de elde edilen Bode diyagramı gösterilmiştir. Bir Bode grafiği, logaritmik empedansa (y eksen) karşı logaritmik frekans (x eksen) grafiğinin bir kombinasyonu olarak çizilmektedir. Nyquist eğrilerinin sonucuna paralellik gösteren Bode diyagramında korozyon inhibitörü katkı maddesi olmayan metal kesme emülsiyonu Bode eğrisine bakıldığında $\log|Z|$ değeri $3,91 \Omega.cm^2$, emülsiyon %3 TTZ ile hazırlandığında Bode eğrisi $\log|Z|$ değeri $3,98 \Omega.cm^2$, emülsiyon %3 L-arjinin amino asiti ile hazırlandığında Bode eğrisi $\log|Z|$ değeri $4,09 \Omega.cm^2$ ’yi göstermektedir.

Yapılan deneyler sonrası Şekil 3.3’te elde edilen Angle diyagramı gösterilmiştir. Bir Bode grafiği, faz açısına (y eksen) karşı logaritmik frekans (x eksen) grafiğinin bir kombinasyonu olarak çizilmektedir. Nyquist eğrilerinin sonucuna paralellik gösteren Angle diyagramında korozyon inhibitörü katkı maddesi olmayan metal kesme emülsiyonunda faz açısını gösteren angel diyagramı 46° ’yi, emülsiyon %3 TTZ ile hazırlandığında faz açısını gösteren angel diyagramı 58° ’yi, emülsiyon %3 L-arjinin amino asiti ile hazırlandığında faz açısını gösteren angel diyagramı 66° ’yi göstermektedir.

Nyquist, Bode ve Angle diyagramlarının sonuçları kendi aralarında tutarlı sonuçlardır. Her üç grafikte de korozyonu yavaşlatan ve ortamda en iyi inhibitör etkisi gösteren madde L-arjinin amino asitidir.

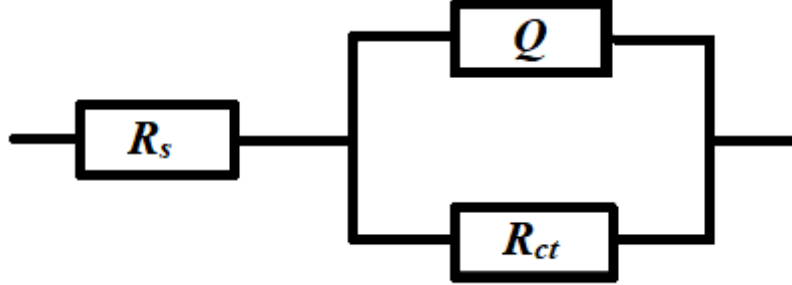


Şekil 3.2. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Bode diyagramları.



Şekil 3.3. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen Angle diyagramları.

Şekil 3.1’de elde edilen Nyquist eğrileri ZSimpWin 3.21 programında eşdeğer devre belirlenerek analiz edilmiştir. Bu eşdeğer devre $R(QR)$ devresi olarak belirlenmiştir (Şekil 3.4). $R(QR)$ devresinde, R_s metal işleme sıvısı emülsiyon çözeltisinin direncini, Q sabit faz elemanını, R_{ct} St37 metalinin yüzeyindeki yük transfer direncini göstermektedir.



Şekil 3.4. $R(QR)$ devresi.

Metal işleme sıvısı emülsiyonu içerisinde bulunan %3 TTZ ve %3 L-arjinin amino asitinin kütlece yüzde inhibitör etkinliği Denklem 3,1’deki formülasyon ile bulunmaktadır.

$$\%IE = \left(1 - \frac{R_{ct}^0}{R_{ct}}\right) \times 100 \quad (3.1)$$

Çizelge 3.1. %2,5 emülsiyon çözeltisi içerisinde St37 metalinin L-arjinin ve TTZ maddeleri ilavesi ile elde edilen EIS sonuçları.

St37	R_s (Ω)	Q (CPE) ($\mu\Omega s^n m^{-2}$)	n ($0 \leq n \leq 1$)	R_{ct} (Ω)	% IE
Korozyon katığı eklenmeyen metal kesme sıvısı emülsiyonu	12.35	214.0	0.75	6452.0	–
%3 TTZ eklenen metal kesme sıvısı emülsiyonu	16.87	227.4	0.94	7689.2	16.09
%3 L-Arjinin eklenen metal kesme sıvısı emülsiyonu	18.91	215.2	0.96	8084.8	20.19

Şekil 3,4’te gösterilen devre ile analiz edilen Nyquist eğrilerinin sonuçları Çizelge 3,1’de gösterilmiştir. Çizelge 3.1 incelendiğinde metal işleme sıvısına korozyon katığı eklenmeden hazırlanan emülsiyonun $12.35 \Omega.cm^2$ olduğu görülmektedir. Metal işleme sıvısı hazırlanırken %3 TTZ maddesi ve %3 L-arjinin amino asiti eklenen sıvının emülsiyonlarının içerisinde 2 saat süren deneyler sonunda St37 metalinin solüsyon direnci olan R_s değeri sırasıyla $16.87 \Omega.cm^2$ ve $18.91 \Omega.cm^2$ ’dir. St37 metalinin Korozyon katığı eklenmeyen metal kesme sıvısı emülsiyonunda korozyon direnci $6452 \Omega.cm^2$, %3

TTZ eklenen metal kesme sıvısı emülsiyonunda $7689.2 \Omega \cdot \text{cm}^2$ ve %3 L-arjinin eklenen metal kesme sıvısı emülsiyonunda $8084.8 \Omega \cdot \text{cm}^2$ 'dir. Bu sonuçlara bağlı olarak Denklem (3.1) yardımı ile elde edilen % *IE* ise %3 TTZ'li emülsiyonda 16.09 iken %3 L-arjinin amino asiti içeren emülsiyonda 20.19 olarak hesaplanmıştır.

3.1.2. Talaşlı Korozyon Testi

Bu çalışmada metal işleme sıvısından elektrokimyasal yöntemler ile aynı üç farklı formülasyon oluşturulmuştur. İlk formülasyon korozyon inhibitörü içermeyen MİS, ikincisi %3 TTZ korozyon inhibitörü kullanılarak hazırlanan MİS ve üçüncüsü %3 L-arjinin inhibitörü kullanılarak hazırlanan MİS. Hazırlanan bu ürünlerin (Şekil 3.5, 3.6, 3.7)'deki gibi %2,5 emülsiyonundan talaşlı korozyon testi analizi yapılmıştır.



Şekil 3.5. Korozyon inhibitösüz metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu



Şekil 3.6. TTZ inhibitörlü metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu



Şekil 3.7. L-Arjinin inhibitörlü metal işleme sıvısının %2,5 emülsiyon talaşlı korozyon pas testi sonucu

Çizelge 3.2. Metal işleme sıvılarının talaşlı korozyon testi pas sonuçları

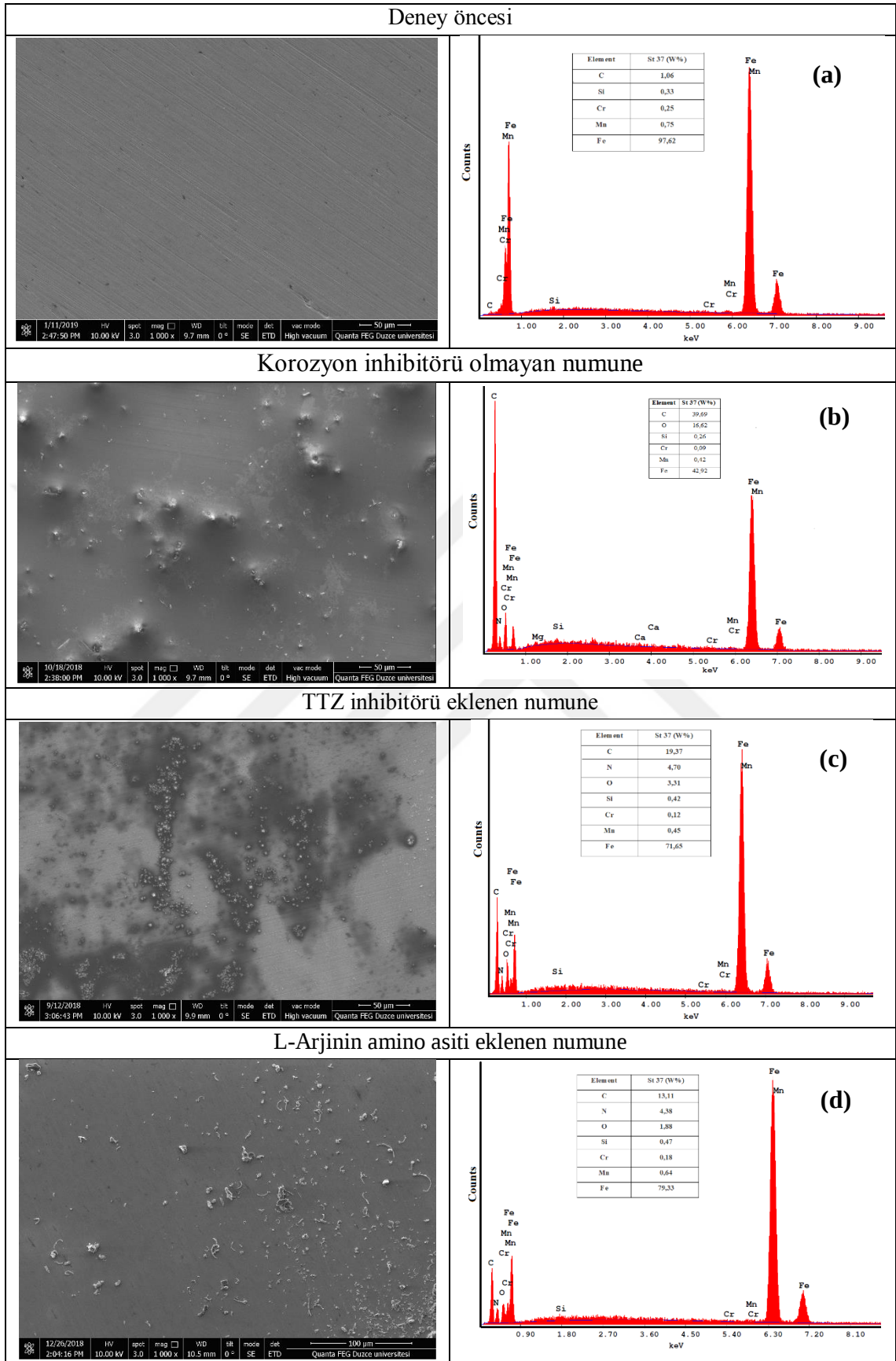
%2,5 Emülsiyonla MİS	24 saat sonundaki pas sonucu
Korozyon İnhibitörsüz MİS	4
TTZ korozyon inhibitörülü MİS	2
L-Arjinin korozyon inhibitörülü MİS	1

Şekil 3.5'te görüldüğü üzere korozyon inhibitörü eklenmeyen metal işleme sıvısının pas testi görüntüsünde metal talaşları 24 saat sonunda korozyona uğrayarak filtre kağıdında oldukça fazla pas görünmesine neden olmuştur. Talaşlı korozyon testinde pas yoğunluğuna bağlı olarak maksimum 4, minimum 0 değerleri verilmektedir. Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere korozyon inhibitörü eklenmeyen metal işleme sıvısının pas testi sonucunda pas yoğunluğu değeri 4 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.6'da görüldüğü üzere TTZ eklenen metal işleme sıvısının pas testi görüntüsünde metal talaşları 24 saat sonunda az miktarda korozyona uğrayarak filtre kağıdında pas görünmesine neden olmuştur. Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere TTZ eklenen metal işleme sıvısının pas testi sonucunda pas yoğunluğu değeri 2 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.7'de görüldüğü üzere L-arjinin amino asiti eklenen metal işleme sıvısının pas testi görüntüsünde metal talaşları 24 saat sonunda çok az korozyona uğrayarak filtre kağıdında sadece bir noktada pas görünmesine neden olmuştur. Çizelge 3.2'de görüldüğü üzere L-arjinin amino asiti eklenen metal işleme sıvısının pas testi sonucunda pas yoğunluğu değeri 1 olarak belirlenmiştir. Talaşlı korozyon testi sonuçlarına göre L-arjinin amino asiti metali daha az korozyona uğratarak TTZ içeren metal işleme sıvısına göre daha iyi etkinlik göstermiştir.

3.2. YÜZEY ANALİZİ

3.2.1. SEM/EDS Analizi

TP deneyleri sonrası korozyon katığı eklenmeyen metal kesme sıvısı emülsiyonu ve %3 TTZ ve %3 L-arjinin amino asiti içeren emülsiyonların St37 metalinin yüzeyinde meydana gelen morfolojik değişimleri gözlemlmek için SEM ve EDS analizleri yapılmıştır. Elde edilen SEM ve EDS sonuçları Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. SEM ve EDS sonuçları.

Şekil 3.8 (a)'da görüldüğü gibi deney öncesi metal yüzeyinde zımparadan kaynaklı izler olduğu ve korozyon olmadığı açıkça görülmektedir. Deney öncesi EDS analizi sonucu Fe miktarı %97,62 olarak belirlenmiştir. Şekil 3.8 (b)'de korozyon katığı eklenmeyen metal kesme sıvısı emülsiyonu ortamına maruz bırakılan metalin yüzeyinde korozyon ürünleri görülmektedir. EDS spektrumunda C oranının artması metal kesme sıvısı bileşiklerinin hidrokarbon yapıda olmasından kaynaklanmaktadır. O oranının yüksek %16,62 olması yüzeydeki tortuların metal oksitler olduğunu göstermektedir [69]. Bunun yanında deney öncesinde Fe oranının Şekil 3.8 (b)'de azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni St37 metalinin korozyon katığı eklenmeyen metal kesme sıvısı emülsiyonu içerisinde korozyona uğramasından kaynaklanmaktadır. Şekil 3.8 (c)'de %3 TTZ içeren metal kesme sıvısı emülsiyonu içerisinde St37 metali yüzeyinde korozyon ürünlerinin azaldığı ve EDS analizine göre %3 TTZ içeren metal kesme sıvısı emülsiyonunun bileşiminde bulunan N elementinin varlığı, TTZ bileşiğinin yüzeye adsorbe olduğunu göstermektedir. Şekil 3.8 (d)'de %3 L-arjinin amino asiti içeren metal kesme sıvısı emülsiyonu içerisinde St37 metali yüzeyinde korozyon ürünlerinin %3 TTZ içeren metal kesme sıvısı emülsiyonuna göre daha da azaldığı ve EDS analizine göre %3 L-arjinin amino asiti içeren metal kesme sıvısı emülsiyonunun bileşiminde bulunan N elementinin varlığı, L-arjinin bileşiğinin yüzeye adsorbe olduğunu göstermektedir. Sonuçlara göre metal kesme sıvısına TTZ ve L-arjinin amino asiti eklenmesi ile TTZ ve L-arjinin bileşiminde bulunan elementlerin metal yüzeyine adsorbe olarak metali korozyona karşı koruyan bir tabakanın oluştuğunu kanıtlamaktadır. Bu iki inhibitör bileşiminden en iyi korumayı L-arjinin amino asitinin sağladığı elektrokimyasal deney sonuçları ve SEM/EDS analizlerinde görülmektedir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Talaşlı korozyon testi, EIS deneyleri ve sonrasında yapılan yüzey morfolojisi incelemeleri sonucunda elde edilen bulgular aşağıda maddeler halinde sunulmuştur.

1. EIS sonuçlarına göre L-arjinin amino asidi TTZ molekülüne kıyasla yaklaşık %4,1 daha iyi bir koruma sağlamıştır.
2. SEM ve EDS sonuçları St37 metali yüzeyinde adsorbe edilen L-arjinin ve TTZ moleküllerinin metali korozyona karşı koruduğunu kanıtlamaktadır. EDS sonucuna göre en iyi korumayı L-arjinin amino asiti sağlamıştır.
3. Talaşlı korozyon testi sonuçlarına göre L-arjinin amino asiti metali daha az korozyona uğratarak TTZ içeren metal işleme sıvısına göre daha iyi etkinlik göstermiştir.
4. Talaşlı korozyon testi, EIS, SEM ve EDS sonuçları L-arjinin amino asitinin metal işleme sıvılarında ekolojik bir bileşen olarak kullanılabileceğini ispatlamıştır.
5. Elektrokimyasal deneyler, talaşlı korozyon testi deneyleri ve yüzey morfolojisi sonuçları birbirine paralellik göstermektedir.
6. Bu çalışma, zamana bağlı ortamda meydana gelen elektrokimyasal değişimleri veren Dinamik Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (DEIS) yöntemi kullanarak da araştırılması gerekmektedir.
7. Metal kesme sıvılarına korozyon önleyici inhibitör olarak en çok tercih edilen ve toksik özelliği bilimsel olarak kanıtlanan TTZ bileşiği yerine gıda takviyesi olarak da kullanılan L-arjinin molekülün kullanılabileceği yapılan Talaşlı korozyon testi, elektrokimyasal empedans spektroskopisi deneyleri ve sonrasında yapılan yüzey morfolojisi incelemeleri sonunda ispatlanmıştır.

5. KAYNAKLAR

- [1] H. Gerengi and M. Kurtay, “ Teaching corrosion and corrosion-resistant materials class as a must course in material and material processing technologies program,” *Electronic Journal of Vocational Colleges*, c. 3, ss. 67-71, 2013.
- [2] H. Gerengi, A. Şamandar, "The Necessity of Corrosion Technology Program," *1.Uluslararası 5.Ulusal Meslek Yüksekokulları Sempozyumu*, Konya, Türkiye, 2009, ss. 318-319.
- [3] A. K. Singh, and A. K. Gupta, “Metalworking fluids from vegetable oils,” *Journal of Synthetic Lubrication*, c. 23, ss. 167-176, 2006.
- [4] M. Kobya, C. Ciftci, M. Bayramoglu and M. T. Sensoy, “Study on the treatment of waste metal cutting fluids using electrocoagulation,” *Separation and Purification Technology*, c. 60, ss. 285-291, 2008.
- [5] P. A. Schweitzer, “Corrosion engineering handbook second edition, fundamentals of metallic corrosion” *Atmospheric and Media Corrosion of Metals*, 3rd ed., Newyork, USA: CRC Press Taylor & Francis Group.
- [6] J. He, D. Sirois, S. Lib, M. Sullivan, C. Wikle and B. A. Chin, “Ballistic impact welding of copper to low carbon steel,” *Journal of Materials Processing Technology*, c. 232, ss. 165–174, 2016.
- [7] S. Upare and V. Kalbande, "Introduction to metal cutting," *International Journal for Scientific Research & Development*, c. 5, ss. 599-601, 2017.
- [8] O. Aydoğan, "Takim malzemelerinde aşınma hasarlarını önleyecek işlemler ve yağlayıcıların belirlenmesi," Yüksek Lisans Tezi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2011.
- [9] J. S. McCoy, "Introduction: Tracing the historical development of metalworking fluids," *Metalworking Fluids Second Edition*, 2nd ed., Newyork, USA: CRC Press Taylor & Francis Group. 2006.
- [10] J. Guo, J. Cheng, H. Tan, S. Zhu, Z. Qiao, J. Yang and W. Liu, "Ga-based liquid metal: lubrication and corrosion behaviors at a wide temperature range," *Materialia*, c. 4, ss. 10-19, 2018.
- [11] M. Osama, A. Singh, R. Walvekar, M. Khalid, T. C. Sekhara, M. Gupta and W. W. Yin, "Recent developments and performance review of metal working fluids," *Tribology International*, c. 114, ss. 389-401, 2017.
- [12] E. S. M. Sherif and A. H. Ahmed, “Synthesizing new hydrazone derivatives and studying their effects on the inhibition of copper corrosion in sodium chloride Solutions”. *Synthesis and Reactivity in Inorganic, Metal-Organic, and Nano-Metal Chemistry*, c. 40, ss. 365–372, 2010.
- [13] E. S. M. Sherif, R. M. Erasmus and J. D. Comins, “Corrosion of copper in aerated acidic pickling solutions and its inhibition by 3-amino-1,2,4-triazole-5-thiol,” *Journal of Colloid and Interface Science*, c. 306, ss. 96–104, 2007.

- [14] Q. B. Zhang and Y. X. Hua, "Corrosion inhibition of aluminum in hydrochloric acid solution by alkylimidazolium ionic liquids," *Materials Chemistry and Physics*, c. 119, ss. 57–64, 2010.
- [15] H. Wang, P. Zhou, S. Huang and C. Yu, "Corrosion mechanism of low alloy steel in NaCl solution with CO₂ and H₂S," *International Journal of Electrochemical Science*, c. 11, ss. 1293-1309, 2016.
- [16] E. S. M. Sherif and S. M. Park, "2-Amino-5-ethyl-1,3,4-thiadiazole as a corrosion inhibitor for copper in 3.0% NaCl solutions," *Corrosion Science*, c. 48, ss. 4065–4079, 2006.
- [17] P. B. Raja and M. G. Sethuraman, "Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media—a review," *Materials Letters*, s. 62, ss. 113-116, 2008.
- [18] B. Sanyal, "Organic compounds as corrosion inhibitors in different environments—a review," *Progress in Organic Coatings*, c. 9, ss. 165–236, 1981.
- [19] I.B. Obot, D.D. Macdonald and Z.M. Gasem, "Density functional theory (DFT) as a powerful tool for designing new organic corrosion inhibitors Part 1: an overview," *Corrosion Science*, c. 99, ss. 1–30, 2015.
- [20] M. A. Khalifa, M. El-Batouti, F. Mahgoub and A. B. Aknish, "Corrosion inhibition of steel in crude oil storage tanks," *Materials and Corrosion*, c. 54, ss. 251–258, 2003.
- [21] E. E. Oguzie, Ying Li, S. G. Wang and Fuhui Wang, "Understanding corrosion inhibition mechanisms—experimental and theoretical approach," *Royal Society of Chemistry*, c. 1, ss. 866–873, 2011.
- [22] H. Gerengi and G. Bereket, "Adsorption and inhibition effect of benzotriazole on brass-118 and brass-MM55 in seawater," *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, c. 48, ss. 361, 2012.
- [23] H. Gerengi and H. I. Şahin, "Schinopsis lorentzii extract as a green corrosion inhibitor for low carbon steel in 1 M HCl solution," *Industrial & Engineering Chemistry Research*, c. 51, ss. 780, 2012.
- [24] V. Eswaramoorthi, S. Jagadeesan, S. Palanisamy, P. Kandhasamy and S. Chitra, "Soya bean oil based polyurethanes for corrosion inhibition of mild steel in acid medium," *Journal of Adhesion Science and Technology*, c. 30, ss. 468-493, 2015.
- [25] H. Gerengi, K. Schaefer and H. I. Şahin, "Corrosion-inhibiting effect of mimosa extract on brass-MM55 corrosion in 0.5 M H₂SO₄ acidic media," *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, c. 18, ss. 2204, 2012.
- [26] K. F. Khaled and M. M. Al-Qahtani, "The inhibitive effect of some tetrazole derivatives towards Al corrosion in acid solution: chemical, electrochemical and theoretical studies," *Materials Chemistry and Physics*, c. 113, ss. 150–158, 2009.
- [27] Q. B. Zhang and Y. X. Hua, "Corrosion inhibition of aluminum in hydrochloric acid solution by alkylimidazolium ionic liquids," *Materials Chemistry and Physics*, c. 119, ss. 57–64, 2010.
- [28] I. B. Obot, N. O. Obi-Egbedi and S. A. Umoren, "Antifungal drugs as corrosion inhibitors for aluminium in 0.1 M HCl," *Corrosion Science*, c. 5, ss. 1868–1875, 2008.

- [29] M. A. Arenas, M. Bethencourt, F. J. Botana, J. de Damborenea and M. Marcos, "Inhibition of 5083 aluminium alloy and galvanized steel by lanthanide salts," *Corrosion Science*, c. 43, ss. 157–170, 2001.
- [30] M. A. Arenas, A. Conde and J. J. de Damborenea, "Cerium: a suitable green corrosion inhibitor for tinsplate," *Corrosion Science*, c. 44, ss. 511–520, 2002.
- [31] R. Cui, N. Gu and C. Li, "Polyaspartic acid as a green corrosion inhibitor for carbon steel," *Materials and Corrosion*, c. 62, ss. 362–369, 2011.
- [32] H. Ashassi-Sorkhabi and E. Asghari, "Effect of hydrodynamic conditions on the inhibition performance of l-methionine as a "green" inhibitor," *Electrochimica Acta*, c. 54, ss. 162–167, 2008.
- [33] K. F. Khaled, "Monte Carlo simulations of corrosion inhibition of mild steel in 0.5 M sulphuric acid by some green corrosion inhibitors," *Journal of Solid State Electrochemistry*, 13, ss. 1743–1756, 2009.
- [34] B. Qian, J. Wang, M. Zheng and B. Hou, "Synergistic effect of polyaspartic acid and iodide ion on corrosion inhibition of mild steel in H₂SO₄," *Corrosion Science*, c. 75, ss. 184–192, 2013.
- [35] H. Nady, "Tricine [N-(Tri(hydroxymethyl)methyl)glycine] – a novel green inhibitor for the corrosion inhibition of zinc in neutral aerated sodium chloride solution," *Egyptian Journal of Petroleum* c. 26, ss. 905-913, 2017.
- [36] P. B. Raja and M. G. Sethuraman, "Natural products as corrosion inhibitor for metals in corrosive media - a review," *Materials Letters*, c. 62, ss. 113–116, 2008.
- [37] N. O. Eddy and E. E. Ebenso, "Adsorption and inhibitive properties of ethanol extracts of *Musa sapientum* peels as a green corrosion inhibitor for mild steel in H₂SO₄," *African Journal of Pure and Applied Chemistry*, c. 2, ss. 46–54, 2008.
- [38] B. Xi, J. Tao, X. Liu, X. Xu, P. He and Q. Dai, "RaaMLab: A MATLAB toolbox that generates amino acid groups and reduced amino acid modes," *BioSystems*, c. 180, ss. 38-45, 2019.
- [39] B. El Ibrahimi, A. Jmiai, L. Bazzi and S. El Issami, "Amino acids and their derivatives as corrosion inhibitors for metals and alloys," *Arabian Journal of Chemistry*, In Press, 2017.
- [40] D. Q. Zhang, Q. R. Cai, L. X. Gao and K. Y. Lee, "Effect of serine threonine and glutamic acid on the corrosion of copper in aerated hydrochloric acid solution," *Corrosion Science*, c. 50, ss.3615–3621, 2008.
- [41] D. Q. Zhang, X. M. He, Q. R. Cai, L. X. Gao and G. S. Kim "Arginine self-assembled monolayers against copper corrosion and synergistic effect of iodide ion," *Journal of Applied Electrochemistry*, c. 39, ss. 1193–1198, 2009.
- [42] G. K. Gomma, "Effect of azole compounds on corrosion of copper in acid medium," *Materials Chemistry and Physics*, c. 56, ss. 27-34, 1998.
- [43] M. T. da Cunha, P. R. P. Rodrigues, G. G. O. Cordeiro, E. D'Elia and S. M. L. Agostinho, "Electrochemical studies of the interface Fe/0.5 mol L⁻¹ H₂SO₄ in the presence of benzotriazole and tolyltriazole," *Materials Chemistry and Physics*, c. 116, ss. 469-473, 2009.

- [44] K. F. Khaled and N. N. Abdel-Shafi, "Chemical and electrochemical investigations of L- arginine as corrosion inhibitor for steel in hydrochloric acid solutions," *International Journal of Electrochemical Science*, c. 8, ss. 1409-1421, 2013.
- [45] K. F. Khaled and S. R. Al-Mhyawi, "Electrochemical and density function theory investigations of L-Arginine as corrosion inhibitor for steel in 3.5% NaCl," *International Journal of Electrochemical Science*, c.8, ss. 4055–4072, 2013.
- [46] D. Q. Zhang, X. M. He, Q. R. Cai, L. X. Gao and G. S. Kim, "Arginine self-assembled monolayers against copper corrosion and synergistic effect of iodide ion," *Journal of Applied Electrochemistry*, c. 39, ss. 1193–1198, 2009.
- [47] K. Barouni, L. Bazzi, R. Salghi, M. Mihit, B. Hammouti, A. Albourine and S. El Issami, " Some amino acids as corrosion inhibitors for copper in nitric acid solution," *Materials Letters*, c. 62, ss. 3325-3327, 2008.
- [48] R. T. Loto, "Corrosion inhibition effect of non-toxic α -amino acid compound on high carbon steel in low molar concentration of hydrochloric acid," *Journal of Materials Research and Technology*, c. 8, ss.484-493, 2019.
- [49] L. F. Glaydson, S. N. Mendonça, V. N. Costa, P. N. S. Freire, A. N. Casciano and P. L. M. Correia, "Understanding the corrosion inhibition of carbon steel and of copper in sulphuric acid medium by amino acids using electrochemical techniques allied to the molecular modelling methods," *Corrosion Science*, c. 115, ss. 41-55, 2017.
- [50] T. Kiyak, "Inhibitor effects of Tolytriazole on zinc, cupper and brass surfaces to corrosion effect of environment," *Journal of International Environmental Application & Science*, c. 2, ss. 26-32, 2007.
- [51] M. A. Migahed, M. M. Attia, S. M. Rashwan, M. A. El-Raouf and A. M. Al-Sabagh, "Synthesis of some novel non ionic surfactants based on tolyltriazole and evaluation their performance as corrosion inhibitors for carbon steel," *Egyptian Journal of Petroleum*, c. 22, ss. 149-160, 2013.
- [52] I. Milosev, J. Pavlinac, M. Hodosecek and A. Lesar, "Amino acids as corrosion inhibitors for copper in acidic medium: experimental and theoretical study," *Journal of the Serbian Chemical Society*, c. 78, ss. 2069–2086, 2013.
- [53] S. Kaya, B. Tüzün, C. Kaya and I. B. Obot, "Determination of corrosion inhibition effects of amino acids: Quantum chemical and molecular dynamic simulation study," *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, c. 58, ss. 528-535, 2016.
- [54] L. Hamadi, S. Mansouri, K. Oulmi and A. Kareche, "The use of amino acids as corrosion inhibitors for metals: A review," *Egyptian Journal of Petroleum*, c. 27, p. 1157-1165, 2018.
- [55] A. G. Talkhan, A. Benamor, M. S. Nasser, H. Qiblawey, S. A. El-Tayeb and S. M. El-Marsafy, "Corrosion study of carbon steel in CO₂ loaded solution of N-methyldiethanolamine and L-arginine mixtures," *Journal of Electroanalytical Chemistry*, c. 837, ss. 10-21, 2019.
- [56] H. Gerengi, "Tafel polarizasyon (TP), lineer polarizasyon (LP), Harmonik analiz (HA) ve dinamik elektrokimyasal impedans spektroskopisi (DEIS) yöntemleriyle düşük karbon çeliği (AISI 1026), pirinç-MM55 ve nikelium-118 alaşımlarının yapay deniz suyunda korozyon davranışları ve pirinç alaşımlarına benzotriazol'un inhibitör etkisinin araştırılması", Doktora tezi, Kimya Bölümü, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, 2008.

- [57] M. Stern and A. L. Geary, "Electrochemical polarization: I. A theoretical analysis of the shape of polarization curves," *Journal of the Electrochemical Society*, c. 104, ss. 56-63, 1957.
- [58] H. Gerengi, H. I. Ugras, M. M. Solomon, S. A. Umoren, M. Kurtay and N. Atar, "Synergistic corrosion inhibition effect of 1-ethyl-1-methylpyrrolidinium tetrafluoroborate and iodide ions for low carbon steel in HCl solution," *Journal of Adhesion Science and Technology*, c. 30, ss. 2383-2403, 2016.
- [59] N. Yılmaz, A. Fitoz, U. Ergun and K. C. Emregul, "A combined electrochemical and theoretical study into the effect of 2-((thiazole-2-ylimino) methyl) phenol as a corrosion inhibitor for mild steel in a highly acidic environment," *Corrosion Science*, c. 111, ss. 110–120, 2016.
- [60] U. Trdan and J. Grum, "Evaluation of corrosion resistance of AA682-T651 aluminium alloy after laser shock peening by means of cyclic polarisation and EIS methods," *Corrosion Science*, c. 59, ss. 324–333, 2012.
- [61] M. M. Solomon, H. Gerengi and S. A. Umoren, "Carboxymethyl cellulose/silver nanoparticles composite: Synthesis, characterization and application as a benign corrosion inhibitor for St37 steel in 15% H₂SO₄ medium," *ACS Applied Materials Interfaces*, c. 9, ss. 6376–6389, 2017.
- [62] H. Gerengi, M. M. Solomon, S. Öztürk, A. Yıldırım, G. Gece and E. Kaya, "Evaluation of the corrosion inhibiting efficacy of a newly synthesized nitron against St37 steel corrosion in acidic medium: Experimental and theoretical approaches," *Materials Science and Engineering*, c. 93, ss. 539-553, 2018.
- [63] *Suda çözünen yağ emülsiyonlarının pas önleme özelliklerinin tayini (talaş/süzgeç kağıdı metodu)*, Türk Standartlar Enstitüsü TS 5208, 1987.
- [64] M. M. Solomon, H. Gerengi, T. Kaya and S. A. Umoren, "Enhanced corrosion inhibition effect of chitosan for St37 in 15% H₂SO₄ environment by silver nanoparticles," *International Journal of Biological Macromolecules*, c. 104, ss. 638-649, 2017.
- [65] H. Gerengi, K. Darowicki, P. Slepiski, G. Bereket and J. Ryl, "Investigation effect of benzotriazole on the corrosion of brass-MM55 alloy in artificial seawater by dynamic EIS," *Journal of Solid State Electrochem*, c. 14, ss. 897-902, 2010.
- [66] W. H. Mulder and J. H. Sluyters, "An explanation of depressed semicircular arcs in impedance plots for irreversible electrode reactions," *Electrochemical Acta*, c. 33, ss. 303–310, 1998.
- [67] P. Kannan, J. Karthikeyan, P. Murugan, T. S. Rao, and N. Rajendran, "Corrosion inhibition effect of novel methyl benzimidazolium ionic liquid for carbon steel in HCl medium," *Journal of Molecular Liquids*, c. 221, ss. 368–380, 2016.
- [68] M. M. Solomon and S. A. Umoren, "In-situ preparation, characterization and anticorrosion property of polypropylene glycol/ silver nanoparticles composite for mild steel corrosion in acid solution," *J. Colloid Interface Sci.*, c. 462, ss. 29–41, 2016.
- [69] A. Pourghasemi Hanza, R. Naderi, E. Kowsari, M. Sayebani, "Corrosion behavior of mild steel in H₂SO₄ solution with 1,4-di[1-methylene-3-methyl imidazolium bromide]-benzene as an ionic liquid," *Corrosion Science*, c. 107, ss. 96–106, 2016.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hilal SESSİZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 18.04.1991/DÜZCE
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : hilalkaraibrahimoglu@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Lisans	Kimya	Süleyman Demirel Üniversitesi	2014
Lise		Düzce Atatürk Lisesi	2009

Uluslararası Sempozyumlar:

1. H. Gerengi, H. Sessiz, E. Kaya, “Ekolojik Korozyon İnhibitörü İçeren Metal İşleme Sıvılarının Geliştirilmesi” 3rd International Engineering Research Symposium, Duzce University, Duzce, Oral presentation / 5-7 Sept 2019.

Ulusal Sempozyumlar:

1. H. Sessiz, E. Kaya, H. Gerengi, M. Özdiğer, Ş. Üzmez “Doğal Hammadde Kaynaklı Çevre Dostu Metal İşleme Sıvılarının Geliştirilmesi” 31. Ulusal Kimya Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Poster / 10-13 Sept 2019.

Görev Aldığı Projeler:

1. Duzce University, Scientific Research Projects (BAP), “*Development of metalworking fluids containing ecological corrosion inhibitor*” (2018-2019) (Project No: 2018.06.05.877).