ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serap TOPRAK

MALZEMELERİ (ÇELİK, ÇİNKO, KURŞUN, PİRİNÇ, ALÜMİNYUM) KORUYAN KORUYUCU YAĞLARIN ZAMANLA DEĞİŞEN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

KİMYA ANABİLİM DALI

ADANA, 2007

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MALZEMELERİ
(ÇELİK, ÇİNKO, KURŞUN, PİRİNÇ, ALÜMİNYUM)
KORUYAN KORUYUCU YAĞLARIN ZAMANLA DEĞİŞEN
FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Serap TOPRAK
YÜKSEK LİSANS
KİMYA ANABİLİM DALI

Bu tez ……/……/…… Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği /Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza.....	İmza……..	İmza……..
Prof.Dr. Birgül YAZICI	Prof.Dr. Necdet GEREN	Doç.Dr. Gülfeza KARDAŞ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Kimya Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof.Dr.Aziz ERTUNÇ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Birimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FEF2006YL4

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanundaki hükümlere tabidir.

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MALZEMELERİ (ÇELİK, ÇİNKO, KURŞUN, PİRİNÇ, ALÜMİNYUM) KORUYAN KORUYUCU YAĞLARIN ZAMANLA DEĞİŞEN FİZİKOKİMYASAL ÖZELLİKLERİ

Serap TOPRAK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
KİMYA ANABİLİM DALI

Danışman: Prof. Dr. Birgül YAZICI

Yılı: 2007, **Sayfa:** 106

Jüri: Prof. Dr. Birgül YAZICI
Prof.Dr. Necdet GEREN
Doç.Dr. Gülfeza KARDAŞ

Bu çalışmada, koruyucu yağların (SAE 30, SAE 40, 10W/40, 20W/50, HD 68, HD 46) alüminyum, bakır, çelik, kurşun ve pirinç metallerine etkisi incelenmiştir. Yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları, viskoziteleri, yoğunlukları, pH değişimleri, denge potansiyelleri belirlenmiştir. Ayrıca %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değişimleri de incelenmiştir. Bunun yanı sıra metallerin yağlar içerisindeki zamanla değişen korozyon hızları ölçülmüştür. Yağlarda 10 gün bırakılan metal örnekler daha sonra %3,5 NaCl çözeltisi içerisine bırakılıp korozyon davranışlarının değişimleri belirlenmiştir. Yapılan çalışmada koruyucu yağların korozyona engel olduğu görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Korozyon, Baz Yağ, Aluminyum, Kurşun, Paslanmaz Çelik

ABSTRACT

MS THESIS

THE CHANGES OF THE PHYSICAL-CHEMİCAL CHARACTERİSTİC OF THE PROTECTİVE OİLS WHİCH PROTECT THE EQUİPMENTS (ALUMİNİUM, BRASS, COBBER, STEENLESS STEEL AND LEAD) IN PROCESS

Serap TOPRAK

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor: Prof. Dr. Birgül YAZICI

Year: 2007, **Pages:** 106

Jury: Prof. Dr. Birgül YAZICI

Prof.Dr. Necdet GEREN

Doç.Dr. Gülfeza KARDAŞ

In this study, the effect of protective oils (SAE 30, SAE 40, 10W/40, 20W/50, HD 68, HD 46) have been examined over aluminium, copper, steenless steel, brass and lead. The volatile substance content altering by the time, viscosity, density, pH changes, steady state potentials in these oils have been investigated. Moreover, the potential changes in %3,5 NaCl solution was also determined. Besides, the changes of corrosion rates of the metals in the oils altering by the time was measured. At first, the metal samples have been placed in the oils for 10 days, then they were transfered in %3,5 NaCl solution to measure the changes in corossion behaviour by the end of the 10. day. In the performed work, it might be appreciated that protective oils prevent the corrosion.

Key Words: Corrosion, Base Oils, Alüminium, Lead, Steenlees Steel

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, araştırmamın gerçekleştirilmesi ve değerlendirilmesi sırasında yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Birgül YAZICI'ya sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında yakın ilgi ve desteğini gördüğüm ve bütün çalışmam süresince bilgilerinden istifade ettiğim hocalarım,Sayın Prof Dr. Mehmet ERBİL'e, Prof. Dr. İlyas DEHRİ'ye, Doç. Dr. Gülfeza KARDAŞ'a ve Yrd. Doç. Dr. Güray KILINÇÇEKER'e teşekkür ederim.

Her konuda desteklerini gördüğüm laboratuar arkadaşlarım Arş Gör. Ramazan SOLMAZ, Arş Gör. Hülya KELEŞ, Arş Gör. Süleyman YALÇINKAYA, ve Öğr. Gör. Dr.Tunç TÜKEN'e teşekkür ederim.

Her konuda desteğini esirgemeyen, beni her zaman yüreklendiren sevgili ailem ve eşim Mehmet Ali DÖŞLÜ'ye sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA**

ÖZ I
ABSTRACT II
TEŞEKKÜR…..... III
İÇİNDEKİLER IV
ÇİZELGELER DİZİNİ VII
ŞEKİLLER DİZİNİ IX
SİMGE VE KISALTMALAR XII
1. GİRİŞ 1
1.1. Petrol……..……..……...…. 2
1.2. Petrol Rafinasyonu……..……...……...… 2
1.2.1. Petrol Rafineri Tipleri ……. 3
1.2.1.1. Mineral Baz Yağ Rafineleri…….. 4
1.3. Yağlar……... 5
1.3.1. Mineral Esaslı Yağların Sınıflandırılması……. 6
1.3.1.1. Alifatik Yapıdaki Mineral Esaslı Yağlar....…… 6
1.3.1.2. Aromatik Yapıdaki Mineral Esaslı Yağlar…..… 6
1.3.1.3. Aromatik ve Alifatik Yapıda Olan Mineral Esaslı Yağlar……. 6
1.4. Yağlama Prensip ve Teorileri……... 7
1.4.1. Sürtünme…….. 7
1.4.2. Viskozite…….. 8
1.4.2.1. Viskozitenin Esasları…….. 8
1.4.2.2.Viskozite Ölçme Yöntemleri……... 9
1.4.2.2.(1). Kapiler Viskozimetre Metodu……...…. 9
1.4.2.2.(2). Döner Silindir Viskozimetresi…..... 10
1.4.2.2.(3). Bir Kürenin Bir Sıvı İçerisindeki Düşme Hızı 11
1.4.2.3. Dinamik ve Kinematik Viskozite……. 11
1.5. Baz Yağlara İlave Edilen Katıklar……... 12
1.6. Katık Çeşitleri……..… 12

1.6.1. Korozyon Önleyici Katıklar……. 12
1.6.2. Oksidasyon Önleyici Katıklar…….. 13
1.6.3. Deterjan Katıklar…….. 13
1.6.4. Dispersan Katıklar……..... 13
1.6.5. Köpük Önleyici Katıklar…….. 13
1.6.6. Hayvansal ve Bitkisel Yağlar…… 13
1.6.7. Pas Önleyici Katıklar…… 14
1.6.8. Akma Noktası Düşürücü Katıklar…… 14
1.6.9. Viskozite Geliştirici Katıklar…….. 14
1.7. Yağ Çeşitleri……. 14
1.7.1. Motor Yağı…….. 14
1.7.1.1. SAE (Society of Otomotive Engineers)… 15
1.7.1.2. API (American Petroleum Institute) ……. 15
1.7.1.3. ACAE (Association of European Car Manufacturers)…….. 16
1.7.2. Hidrolik Sistem Yağları…….. 16
1.7.3. Türbin Yağları…… 17
1.7.4.Sanayi ve Otomotiv Dişli Yağları…….…… 18
1.7.5.Düz Kesme Yağı…… 19
1.7.6.Metal İşleme Sıvıları……. 19
1.7.8.Trafo Yağları……. 20
1.7.9.Gresler…….. 20
1.8.Yağlama Çeşitleri…… 21
1.8.1. Elle Yağlama…… 21
1.8.2. Şişe Yağlayıcılar…….. 21
1.8.3. Damlamayla Yağlama…….. 21
1.8.4. Fitilli Yağlama……. 21
1.8.5.Halka, Zincir ve Bilezikli Yağlama…….. 22
1.8.6. Banyo Yağlama…….…….. 22
1.8.7. Sıçratma Yağlama…… 22
1.8.8. Sirkülâsyon Sistemler……. 22

1.8.9. Mekanik Yağlayıcılar……..… 22
1.8.10. Hidrostatik Yağlayıcılar…… 22
1.8.11.Otomatik yağlama Sistemleri……. 23
1.9.Sanayide Yaygın Olarak Kullanılan Metaller……. 23
1.9.1.Demir…… 23
1.9.2.Çinko …… 24
1.9.3.Kurşun…….. 25
1.9.4.Alüminyum…….. 25
1.9.5.Bakır……. 26
1.10.Korozyon…….. 27
1.10.1.Korozyonun Önemi…… 28
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR …….. 36
3. MATERYAL VE METOD 52
3.1.Materyal……..... 52
3.2. Metod 53
4. BULGULAR VE TARTIŞMA 56
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 97
KAYNAKLAR……..... 101
ÖZGEÇMİŞ……..... 106

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA**

Çizelge 1.1. Parafinden elde edilen ürünler ...……..…… 3

Çizelge 1.2. Pirinç çeşitleri ve kullanım yerleri ……. 27

Çizelge 4.1. Alüminyum daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri ……. 56

Çizelge 4.2. Alüminyumun; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri …….. 61

Çizelge 4.3: Alüminyum levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri ….. 63

Çizelge 4.4. Bakır daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri …….……..... 64

Çizelge 4.5. Bakırın; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri …….…….. 69

Çizelge 4.6: Bakır levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri ….. 71

Çizelge 4.7. Paslanmaz çelik daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri ……..…….…...…...… 72

Çizelge 4.8. Paslanmaz çeliğin; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri……...…....… 77

Çizelge 4.9. Paslanmaz çelik daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri…. 79

Çizelge 4.10. Kurşun daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde

miktarı değerleri ……..... 81
Çizelge 4.11. Kurşunun; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri ……..…….……. 86
Çizelge 4.12. Kurşun levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri ……..... 88
Çizelge 4.13. Pirinç daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri …….……...…….. 89
Çizelge 4.14. Pirincin; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri…….. 94
Çizelge 4.15. Pirinç levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri ……...… 96

ŞEKİLLER DİZİNİ **SAYFA**

Şekil 1.1. Alüminyum için potansiyel-pH çizelgesi ……..... 29
Şekil 1.2. Bakır için potansiyel-pH çizelgesi …….. 30
Şekil 1.3. Çinko için potansiyel-pH çizelgesi ……..... 32
Şekil 1.4. Demir için potansiyel-pH çizelgesi ……. 33
Şekil 1.5. Kurşun için potansiyel-pH çizelgesi ……... 34
Şekil 4.1. Alüminyum levha daldırılan SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e)larının zamanla değişen pH değerleri …… 57
Şekil 4.2. Alüminyumun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de zamanla değişen potansiyel değerleri ……. 59
Şekil 4.3. Alüminyumun; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri ……..…… 60
Şekil 4.4. Alüminyumun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), de korozyon hızı değerleri ……. 62
Şekil 4.5. Bakır levha daldırılan SAE 30 (a), SAE 40 (b), 20W/50 (c), HD 68 hidrolik yağı (d)larının zamanla değişen pH değerleri …….. 65
Şekil 4.6. Bakırın; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri …….. 67
Şekil 4.7. Bakırın; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri …… 68
Şekil 4.8. Bakırın; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), de korozyon hızı değerleri ……..……. 70

Şekil 4.9. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e) larının zamanla değişen pH değerleri ……..… 73

Şekil 4.10. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri……..… 75

Şekil 4.11. Paslanmaz çeliğin; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerler……...…… 76

Şekil 4.12. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de korozyon hızı değerleri ……..... 78

Şekil 4.13. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) alınan Nyquist eğrileri……..…..… 80

Şekil 4.14. Kurşun levha daldırılan SAE 30 (a), 10W/40, SAE 40 (c), 20W/50 (d) yağlarının zamanla değişen pH değerleri …….…..... 82

Şekil 4.15. Kurşunun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de zamanla değişen potansiyel değerleri …….…. 84

Şekil 4.16. Kurşunun; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri ……... 85

Şekil 4.17. Kurşunun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de korozyon hızı değerleri ……. 87

Şekil 4.18. Pirinç daldırılmış SAE 30 (a),SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (d)'nın zamanla değişen pH değerleri……..… 90

Şekil 4.19. Pirincin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri…..……. 92

Şekil 4.20. Pirincin; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri……..…… 93

Şekil 4.21. Pirincin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de korozyon hızı değerleri…….……. 95

SİMGELER VE KISALTMALAR

Cu : Bakır

Ag : Gümüş

Al: Alüminyum

Pb: Kurşun

Zn : Çinko

E: Elektrot potansiyeli (V)

F: Faraday sabiti (96500 $Asmol^{-1}$)

I: Akım Yoğunluğu (mA/cm^2)

cSt: Centistoke

1.GİRİŞ

Petrolün rafinasyonu sonucu elde edilen baz yağlara viskozite geliştirici, köpük önleyici, pas önleyici, korozyon önleyici ve deterjan katıklar eklenerek baz yağın viskozitesi, parlama noktası, akma noktası, pasa ve korozyona karşı kararlılığı gibi özellikleri değiştirilerek madeni yağlar üretilir. Madeni yağlar motor segmanlarında, rulmanlarda, dişli sistemlerinde, hidrolik sistemlerde, bunlara benzer birçok sistem ve ekipmanda kullanılır iken sistemi metal yüzeyine ince bir film tabakası şeklinde adsorbe olarak korur. Bu nedenle madeni yağların metali sürtünme, aşınma, korozyona ve pasa karşı koruması gibi çok önemli bir görevi vardır.

Her ne kadar günümüzde polimerik ve sentetik ürünler metal malzemelerin yerine kullanımda ön plana çıksada hala metal malzemeleri sanayide çok fazla kullanılmaktadır. Ayrıca polimerik malzemenin kullanılamayacağı, metal malzemenin kullanılması gereken sistemler vardır. Ancak metal malzeme doğada saf halde değil oksitleri halinde bulunmaktadır. Doğadaki metal cevherinden metal malzeme elde etmek için cevherin bir dizi işlemden geçmesi gerekmektedir. Bu işlemler sırasında emek, enerji ve para harcanmaktadır. Metal doğadaki oksitleri haline dönme eğiliminde olduğu için çevresiyle kimyasal ve elektrokimyasal olarak etkileşmekte ve korozyon gerçekleşmektedir. Yapılan tüm harcamalar ve metal cevheri geri dönüşümsüz olarak yok olmaktadır.

Metal malzemelerin korozyondan korunma yöntemlerinden bir tanesi de madeni yağ kullanmaktır. Kullanılan madeni yağ metal yüzeyine ince bir film tabakası olarak adsorbe olmaktadır. Yüzeye adsorbe olan madeni yağ yüzeylerin birbiri ile sürtünüp aşınmasını ve çevre ile etkileşerek korozyona uğramasına engel olmaktadır. Ancak; farklı tür ve çeşitlerde madeni yağ kullanılmakta, kullanılan bu madeni yağların hepsinin korozyona yeterince engel olup olmadığı, yeterince film tabakası oluşturup oluşturmadığı merak edilmektedir. Ayrıca merak edilen konular arasında da kullanılan bu yağların zamanla fizikokimyasal özelliklerinde ne tür değişikler oluşturduklarıdır.

Sanayide çok büyük öneme sahip metal ekipmanların neler olduğu ve korunmasında kullanılan madeni yağların petrolden nasıl elde edildiği ve hangi katkılarla ne amaca uygun kullanıldığını ele alalım.

1.1. Petrol

Çok uzun yıllar boyunca hayvansal ve bitkisel artıkların kara ve denizin çeşitli derinliklerinde birikip ayrışması sonucu hidrokarbon birikimleri oluşur. Hidrojen ve karbon bileşiklerinin genel adına hidrokarbon denilmektedir. Hidrokarbonlar normal şartlar altında katı, sıvı ve gaz halde bulunurlar.

Çok geniş anlamda bileşiminde karbon ve hidrojen ile birlikte az miktarda kükürt (S), azot (N),oksijen (O) ve çeşitli mineraller içeren yeryüzünde doğal olarak mevcut bulunan tüm hidrokarbonlara petrol denir.

Petrolü;

a) Ham petrol (Crude Oil) denilen sıvı birikimler,

b) Doğal gaz (Natural Gas) adı verilen gaz birikimler,

c) Bileşimine göre asfalt, mum veya bitüm olarak adlandırılan katı birikimler olarak daha dar ve ticari anlamda tanımlayabiliriz.

Ham petrol sıvı olmasına rağmen katı ve gaz birikimleri yapısında bulundurur ve bunlar petrol endüstrisinin hammaddesini oluştururlar.

1.1. Petrol Rafinasyonu

Petrol rafinasyonu ilk olarak 1860'ta ''batch''sistemi ile gaz yağı üretilerek Amerika'da başlamıştır. Günümüzde ise rafineriler çeşitli ve modern prosesleri seçerek istediği özellikte ürün elde edebilmektedir.

Rafinerilerden elde edilen ürünleri gaz ürünler, beyaz ürünler, katı ve siyah ürünler olarak üç sınıfta toplayabiliriz.

Çizelge 1.1. Parafinden elde edilen ürünler

	Beyaz Ürünler	Katı ve Siyah Ürünler
Propan Bütan LPG(Propan ve bütan karışımı)	Nafta (petrokimya şarjı ve benzin hammaddesi) Benzin Jet Yakıtı Gaz Yağı Motorin Baz Yağ (Mineral yağ) Solvent	Parafin Wax Hafif –Orta-Ağır Fuel Oil Asvalt Kok Kükürt

1.2.1 Petrol Rafineri Tipleri

Petrol rafinerisine bazı örnekler:

a) Skimming (Topping) tipi rafineriler: Nafta, orta distilatlar (gaz yağı ve fuel oil) elde edilir.

b) Fuel oil ve benzin rafinerileri(Cracking): LPG, benzin, gazyağı ve dizel yakıtı elde edilir.

c) Petrokimya ürünleri ağırlıklı rafineriler: Hafif hidrokarbonlardan etilen, propilen, bütadien; aromatik hidrokarbonlardan benzen, toluen, ksilen elde edilir.

d) Mineral baz yağ rafinerileri: Bu rafineriler vakum ünitesinden gelen gaz yağlardan mineral baz yağ elde etmek için propanla asfalt giderme, furfurolla arıtma, çözücü ile mum giderme, hidrojenle arıtma ünitelerini ihtiva ederler.

e) Kompleks rafineriler: Çeşitli atmosferik ve vakum ünitelerini, hydrotreating, reforming, cracking, hpdrocracking, mineral baz yağ, asfalt, coking, polimerizasyon, alkilasyon ünitelerini, petrokimyasal prosesleri ve birçok kimyevi tasfiye ve ekstraksiyon proseslerini ihtiva eder.

Bizim ele alacağımız ve üzerinde duracağımız rafineri tipi mineral baz yağ rafinerisidir. Çünkü madeni yağ üretiminin ham maddesi buradan elde edilir.

1.2.1.1. Mineral Baz Yağ Rafineleri

Mineral baz yağın elde edilmesinde aşağıdaki yöntemler kullanılır.

1. Vakum destilasyonu
2. Propan ile asfalttan arındırma
3. Solvent rafinasyonu

a. Furfurol ile
b. Kükürt dioksit ile

4. Wax'tan (mumdan) arıtma

a. Solvent ile
b. Santrifüj ile
c. Kompleks metodu ile

5. Arıtma

a. Sülfirik asit ile
b. Hidrojen ile

6. Kil ile filitrasyon

a. Süzme (Perkülasyon)
b. Temas (kontak)

Herhangi bir yağ üretiminde bu proseslerin hepsi kullanılmaz yağın özelliğine ve cinsine göre uygun prosesler seçilir. Tipik bir baz yağın rafineri edilmesi için aşağıdaki gibi bir üretim proses sırası seçilebilir.

Öncelikle kaynama noktası çok yüksek olan, atmosferik distilasyondan gelen, dip mahsul vakum ünitesinde distile edilir. Vakum altındaki distilasyon sonucu; vakum gas yağı, spındle oil, light neutral, medium neutral, vakum rezidyum (dip mahsul) elde edilir.

Vakum ünitesinden çıkan hidrokarbonlar propanla asfalt giderme (PDA) ünitesine gönderilir. Burada yağdaki parafinik hidrokarbonlar propanla, afsalt olarak çöktürülür.

Asfalt çöktürüldükten sonra mineral yağlar arıtma ünitesine gönderilir. Burada mineral yağın içerisinde bulunan ve istenmeyen kükürt bileşikleri; reçineler ve renkli maddeler ile oksijene karşı kararlı olmayan petrol bileşimleri furfurol ile çözülür. Bu bileşimler ekstrakt olarak adlandırılırlar.

MEK/Tolüen karışımı ile mum filtrelerden geçirilerek, mineral baz yağdan alınır. Böylece mineral baz yağların düşük sıcaklıkta akıcılık özelliği geliştirilmiş olur.

Son olarak hidrojenle arıtma kullanılır. Hidrojenle arıtma ünitesinde mineral baz yağın oksidasyon dayanıklılığı artırılır, istenmeyen maddeler uzaklaştırılır ve yağın rengi açılır.

1.3. Yağlar

Birbiri ile sürtünen katı yüzeylerde film oluşturan, katı yüzeyleri birbirinden ayrı tutan ve sürtünme etkisini azaltan, sürtünme sonucu oluşacak aşınma ve ısınmayı önleyen, sızdırmazlık sağlayan, güç iletimini kolaylaştıran maddelere “yağ” ya da “yağlayıcı” denilmektedir. Ayrıca metal yüzeylerin sürtünmesi sonucu oluşan katı parçacıkları yağlar temizler.

Madeni yağlar, motor yağlaması, hidrolik sistemlerin yağlanması, dişlilerin yağlanması, metal kesme işlemleri gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Her cihazın kendine özgü çalışma prensibi, çalışma şartı, çalışma amacı ve makine parçası olması yağların çok çeşitli olmasını sağlar.

Yağları sentetik ve mineral esaslı yağlar olarak iki grupta toplayabiliriz. Sentetik yağlar; doğal petrol rezervlerinden çıkarılmayan laboratuarda kimyacılar tarafından kimyasal yöntemlerle elde edilen yağlardır. Performans, termal dayanıklılık gibi özellikleri geliştirilmiş olduğu için mineral yağların yetersiz kaldığı yerlerde kullanılırlar. Jet motorları gibi çok yüksek sıcaklıklarda çalışan sistemlerde ya da çok düşük sıcaklıklarda tercih edilir. Mineral esaslı yağlar, ham petrolün distilasyonu sonucu elde edilen ürünündür.

1.3.1. Mineral Esaslı Yağların Sınıflandırılması

Mineral esaslı yağları kimyasal olarak;

a)Alifatik

b)Aromatik

c)Karışık (alifatik ve aromatik) olarak üç gruba ayrılır.

1.3.1.1.Alifatik Yapıdaki Mineral Esaslı Yağlar

Alifatik yapılı mineral esaslı yağlar, karbon ve hidrojenden oluşan uzun düz zincir (parafinik) ya da halkalı (naftanik) yapıda olurlar.

1.3.1.2.Aromatik Yapıdaki Mineral Esaslı Yağlar

Aromatik yapılı mineral esaslı yağların yapısında benzen halkası bulunur.

1.3.1.3.Aromatik ve Alifatik Yapıda Olan Mineral Esaslı Yağlar

Karışık yapıdaki mineral esaslı yağlarda, hem alifatik hem de aromatik yapıdaki hidrokarbon molekülleri bulunur.

Madeni yağlar yapısında bulunan hidro karbonlara göre şu şekilde sıralanabilir:

1- Düz Parafin Zinciri

a)Yüksek viskozite indeksi

b)Yüksek oksidasyon stabilitesi

c)Yüksek akma noktası

2- Dallanmış Parafin Zinciri

a)Yüksek viskozite indeksi

b)Yüksek oksidasyon stabilitesi

c)Molekül uzunluğuna bağlı olarak düşük akma noktası

3- Naftanik Halka, Kısa Parafin Zinciri

a)Düşük viskozite indeksi

b)Yüksek oksidasyon kararlılığı

c)Düşük akma noktası

d)Soğukta pseude plastik hale gelme

4- Naftanik Halka, Uzun Parafin Zinciri

a)Yüksek viskozite indeksi

b)Yüksek oksidasyon stabilitesi

c)Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası

5- Aromatik Halka, Kısa Parafin Zinciri

a)Düşük viskozite indeksi

b)Düşük oksidasyon kararlılığı

c)Yüksek termal kararlılık

d)Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası

6- Aromatik Halka, Uzun Parafin Zinciri

a)düşük viskozite indeksi

b)Aromatik halka nispeti azaldıkça yüksek oksidasyon stabilitesi

c)Molekül yapısına bağlı olarak düşük akma noktası.

1.4.Yağlama Prensip ve Teorileri

Hareketli metallerin sürtünme kuvvetini ve aşınmasını azaltmak için mekanik sistemlerde kullanılan maddelere “yağlayıcı” yaptığı göreve de “yağlama” denir. Dikkat edileceği gibi yağlamada en önemli unsur sürtünmedir.

1.4.1. Sürtünme

Sürtünme kuvveti, bir cismin harekete karşı göstermiş olduğu dirençtir. Öte yandan sürtünme ise cismin hareket yönünden ters yönde hareket etme eğilimidir. Sürünme kuvveti yükle doğru orantılıdır, metal yüzeyinin pürüzsüz olup olmamasıyla ve metal yapısıyla ilgilidir.

1.4.2. Viskozite

Sürtünmeyi kuru sürtünme ve sıvı sürtünme olarak iki ana başlıkta toplayabiliriz. Kuru sürtünme iki düz yüzeyin birbiri üzerindeki hareketi ve iki düz yüzeyin bilye ve yuvarlak yüzeyler arasındaki hareketi olarak ikiye ayrılır. Sıvı sürtünme yağ filminin oluşturduğu kalınlığa göre kalın film ve ince film olarak ikiye ayrılır.

Yağların, yağ filmi oluşturup sürtünmeyi engellemesi kohezyon adezyon kuvvetleriyle alakalıdır. Kohezyon kuvveti aynı özellikteki ve yapıdaki maddeleri bir arada tutan kuvvettir. Adezyon kuvveti iki farklı maddeyi bir arada tutan kuvvettir. Yağlayıcılar taşıdıkları bu küvetlerle yağ filmi oluştururlar ve sürtünmeyi azaltırlar. Sürtünme kontrolü, aşınma kontrolü, sıcaklık kontrolü, korozyon kontrolü, yalıtım, kuvvet iletimi ve yıkama etkisi yağın temel görevleridir.

Viskozite; sıvıların akmaya göstermiş olduğu dirençtir. Viskozite endüstride kullanılan ve üretilen pek çok sıvı için önemlidir. Petrol rafine edilmeye başlandığı andan yağın kullanım aşamasına ve hatta kullanılırken dahi yağ viskozite yağlar için çok önem taşır.

Petrol endüstrisinde ise viskozite hem üretim esnasında hem tüketim esnasında önemlidir. Yağın yağlama görevini yapıp yapmayacağına viskozite değerine göre karar verilir.

1.4.2.1.Viskozitenin Esasları

Akışkanlar viskozite özelliklerine göre Newtomsu akışkanları ve Newtonumsu olmayan akışkanlar olarak gruplandırılır.

Akışkan birbirine paralel bir seri tabaka olarak kabul edilir. Akışkanın bir yüzeyi sabit diğer yüzeyi hareketli kabul edilir. Akışkan yüzeyine kuvvet etki ettiğinde hareketli tabaka hareket eder ve diğer tabakaya kuvvet aktarır, yan tabakada hareket eder. Böylelikle tabakalar hareket etmeye başlar. Tabakalar arasında boşluk olduğu için kuvvet tam olarak iletilemez. Tabakaların kayma miktarının, mesafeye oranı akış hızını verir.

Akış hızı $\frac{du}{dx}$ kadar değişir. Birbirlerine değmekte olan tabakaların iç sürtünme kuvveti nedeniyle hareket hızları değişir.

Newton'a göre, birbirlerine paralel iki sıvı tabakası arasında etki eden iç sürtünme kuvveti f, bu tabakalar arasındaki değme yüzeyinin büyüklüğü S ve bu tabakalar arasındaki hız düşüşü $\frac{du}{dx}$ ile orantılıdır.

$$f = h.S.\frac{du}{dx} \tag{1.1}$$

Her sıvının kendine özgü bir viskozite katsayısı η vardır. Sürtünme kuvveti f viskozite katsayısına göre değişir.

1.4.2.2.Viskozite Ölçme Yöntemleri

Sıvıların viskoziteleri çeşitli yöntemlerle ölçülebilir. Bunlardan en önemli üç yöntemle;

1) Bir sıvının viskozitesi bir kapiler boru arasından akıtılarak,
2) Silindiriksel aletin içinde döndürmekle,
3) Bir kürenin söz konusu sıvı içinde düşme hızı ölçülerek bulunabilir.

1.4.2.2.(1). Kapiler Viskozimetre Metodu

Uzunluğu l ve yarıçapı r olan bir kapilerden viskozitesi η olan bir sıvı P basıncı ile t zaman akarsa, akan sıvının V hacmi için Poseuille tarafından:

$$V = \frac{p.t.r^4.P}{81.h} \tag{1.2}$$

bağıntısı verilmiştir.

Diğer nicelikler biliniyorsa η hesaplanabilir:

$$h = \frac{p.t.r^4.P}{8.V.l} \tag{1.3}$$

Kapiler bir boru arasından akıtılarak bir sıvının viskozite ölçümü Ostwald viskozimetresi ile yapılır. Belirli hacimdeki sıvı viskozimetrenin alt baloncuğuna pipetle doldurulur. Sıcaklığın sabit tutulduğu termostatlarda ya da ısıtma banyolarında termal dengeye ulaşıncaya kadar bekletilir. Sıcaklık dengeye ulaştıktan sonra alt baloncuktaki sıvı üst ve alt çizgisi bulunan, üst baloncuğa poarla çekilir. Üst çizgiden sıvının akmaya başladığı andan alt çizgiden son sıvıvının aktığı ana kadar kronometre ile süre tutulur. Akış süreleri aletle tayin edildiğinden l ve r sabit kalır. Bu ölçüm sabit hacim ve basınçta yapıldığı için viskozite;

$$\eta = K.t \qquad (1.4)$$

eşitliği ile hesaplanır.

1.4.2.2.(2). Döner Silindir Viskozimetresi

Sistem içine sıvı doldurulmuş bir dış silindir ve sıvının içine bir tel ile batırılmış bir iç silindirden oluşmuştur. Dış silindir döndükçe sıvının içindeki silindire bağlı tel belirli bir dönme açısıyla burulacaktır. Dengede sıvının sürtünme kuvveti ile teli burmak için gerekli kuvvet eş olacaktır.

Viskozite tayini;

$$h = \frac{k.j}{w} \qquad (1.5)$$

bağıntısı ile yapılır.

φ = dönme açısı

ω= açısal hız

η = viskozite katsayısı

k = sabit

1.4.2.2.(3). Bir Kürenin Bir Sıvı İçerisindeki Düşme Hızı

Silindir boru şeklindeki bir kap üzerine başlangıç ve bitiş noktaları işaretlenir, içerisine sıvı doldurulur. Çapı (r) ve yoğunluğu (ρ) bilinen bir küre sıvı içerisine atılır. Kürenin başlangıç noktasından bitiş noktasına varması için geçen süre kronometreyle ölçülür.

$$h = \frac{2.r.r.g}{9.u} \tag{1.6}$$

Bağıntısı ile viskozite hesaplanır

Biz bunlardan kinematik viskozite ölçümünü yaptığımız için kinematik viskozite üzerinde duracağız. Ayrıca en hassas ve çabuk ölçüm yapılır.

1.4.2.3. Dinamik ve Kinematik Viskozite

Belirli sıcaklıkta yağın kapiler tüpteki geçiş hızı ölçülür. Kapiler tüpün sabiti ile zaman çarpılarak viskozite bulunur. Birimi mm^2/s olarak bulunur.

Dinamik viskozite; $h = \frac{KaymaGeri\lim i}{KaymaHıay} = \frac{F/A}{V/h} = \frac{t}{s}$ (1.7)

Kinematik viskozite; $u = \frac{H}{d}$ (1.8)

Viskoziteyi etkileyen en önemli faktörlerden birisi sıcaklık değişimidir. Sıcaklık değişiminin oranını belirlemek için viskozite indeksi (VI) kullanılır. Viskozite indeksi hesaplanırken iki farklı sıcaklıkta viskozite ölçümü yapılır. Daha sonra VI;

$VI = \frac{L-U}{L-H}\tan$ hesaplanır. (1.9)

L= VI'i 0 olan yağın 100C'deki viskozitesi

U=Vİ'i bilinmeyen yağın 100C'deki viskozitesi

H= VI'İ100 olan yağın 100C'deki viskozitesi

İyi bir yağın VI'nin yüksek olması yanı sıcaklık farkı ile viskozite sapışının az olması istenir.

Newton'un olmayan akışkanlarda ise belili sıcaklık ve basınçta zamanı bağlı olmadan akıcılık gösteren sıvılardır.

1.5. Baz Yağlara İlave Edilen Katıklar

Baz yağlar tek başına bir yağlama yağından beklenen yağlama görevini yapamamaktadır. Günümüzde değişim periyotlarının uzun; yüksek sıcaklıklarda performansı azalmayan, yağlama özelliğini ve güç aktarım özelliğini yitirmeyen yağlar istenmektir. Bu beklenen özelliklerin hepsini petrol rafinerisinde arıtılmış bir baz yağında bulmak mümkün değildir. Bunun için baz yağlara madeni yağ üreticileri tarafından çeşitli katıklar ilave edilmektedir.

‘‘Yağlara istenen bazı özellikleri kazandırmak, mevcut özelliklerini geliştirmek, istenmeyen bazı özelliklerini minimuma indirmek veya yok etmek amacıyla kullanılan maddelere KATIK denir.’’

Bir katığın, baz yağ içerisinde tamamen çözünebilir özellikte olması, çeşitli oranlarda kullanılabilmesi, yağlama sistemlerinin çalışma sıcaklıklarında bozunmadan kalabilmesi taşıması gereken en önemli özelliklerdir.

Baz yağın özelliklerini bozunmaya ve çeşitli kimyasal etkilere karşı korumak, yağ ile birlikte ve yağın görevini yapamadığı durumlarda motoru korumak ve yağa yeni fiziksel özellikleri kazandırmak katığın görevidir.

Yağın taşıması istenilen özelliklerine göre çok çeşitli türde ve cinste katık kullanılmaktadır ancak biz en çok kullanılan ve en genel olarak bilinen katıklar üzerinde duracağız.

1.6. Katık Çeşitleri

1.6.1. Korozyon Önleyici Katıklar:

Metal yüzeyini koruyucu bir film gibi kaplayarak, metali yanma sonucu oluşan asitlerden (korozif maddelerden) korur, metalin korozyona uğramasını engeller. Kimyasal maddelerin motor parçaları üzerinde oluşturacağı aşınmayı önlerler.

1.6.2. Oksidasyon Önleyici Katıklar:

Hava ile temas neticesinde yağ kalınlaşması ve tortu oluşmasına neden olabilecek oksidasyon sürecini engellemek için eklenirler. Motordaki oksidasyon cilalı, laklı ve reçineli tortuların oluşumuna sebep olur.

1.6.3. Deterjan Katıklar:

Metal yüzeylerini yüksek sıcaklıklarda tutmak için kullanılırlar. Motorun hayati parçaları arasında oluşan pas, tortu, kül ve karbon birikintileri yüzeyden alıp yağın bünyesine aktarır.

1.6.4. Dispersan Katıklar:

Yağ içindeki tortu ve birikintileri yağ değişimine kadar askıda tutarlar. Hareket halindeki parçalar arasında oluşan tortu küllerini parçalayarak, ayrı tutulmasını sağlarlar, yüzeylerde aşınma oluşmasını önlerler.

1.6.5. Köpük Önleyici Katıklar:

Köpük çalışma sırasında yağa hava girişi ile ortaya çıkar. Tortular ve hatta katıklar bile belli oranda köpüklenmeye sebep olurlar. Köpük önleyici katıklar yağın pürüzsüz bir yüzeye sahip olması için baloncukları patlatıp köpüklenmeyi yok ederler.

1.6.6. Hayvansal ve Bitkisel Yağlar

Mineral yağlar bazen yüksek sıcaklıklarda ve basınçta tek başlarına yetersiz gelebiliyorlar. Kesme yağı, gresler gibi yağlarda mineral yağlar hayvansal ve bitkisel yağlarla karıştırılır. Yapısında H,C, O bulunur. Kararlılıklarını az olması (çabuk bozunması) ve çok kısa sürede oksitlenmesine rağmen, madeni yağlardan daha fazla

yapışma özelliğinin bulunması, sürtünmeyi daha çok azaltması daha iyi yüzey filmi oluşturması sebebiyle mineral yağlara eklenirler.

Madeni yağdan bu kadar iyi ise neden yağlayıcı olarak hayvansal ve bitkisel yağları kullanmıyoruz diye düşünebilirsiniz. Kullanamayız çünkü bu yağlar tek başına yağlayıcı özelliğe sahip değillerdir.

1.6.7. Pas Önleyici Katıklar:

Motorun yakıtı yakmasıyla birlikte suda açığa çıkar. Pas önleyici katıklar metal yüzeyinde film oluşturarak nemlenmeyi engelleyerek pas oluşumuna izin vermez.

1.6.8. Akma Noktası Düşürücü Katıklar

Akma noktası yağın kama özelliğinin hemen hemen kaybolduğu noktadır. Bu katıklar, normalden daha düşük sıcaklıklarda yağın akmasına devam etmesini sağlar. Buda yağın çok soğuk koşullarda kullanılmasını sağlar.

1.6.9. Viskozite Geliştirici Katıklar:

Sıcaklıkla viskozitesi fazla değişmeyen yağlar tercih edilir çünkü bu yağlar hem sıcakta hem soğukta kullanılabilir. Sıcaklıkla, aşırı derecede viskozitesi değişen bir yağ problemler doğurabilir. Viskozite geliştiriciler bu problemi çözmek için kullanılır. Motor yağının akışkanlık özelliğine katkıda bulunmak için eklenirler.

1.7. Yağ Çeşitleri

1.7.1. Motor Yağı

Motor yağları, mineral esaslı ya da sentetik esaslı baz yağlara motor yağının karşılaması gereken standartlara uygun katıkların eklenerek harmanlanmasıyla oluşan yağlardır.

Motor yağlarında kullanılan katıkları; düşük sıcaklık deterjanları, yüksek sıcaklık deterjanları, oksidasyon önleyici, alkalin bileşikler (asit gidericiler), EP(aşırı basınç) katıkları, pas önleyiciler, metal deaktivatörler(inhibitör), viskozite geliştiriciler, akma noktası düşürücü, köpük önleyici olarak sıralayabiliriz.

Ancak motor yağı üreticilerinin en çok kullandığı katıklar pas önleyiciler, viskozite geliştiriciler ve köpük önleyicilerdir.

Motor yağlarının sınıflandırılmasında endüstriyel organizasyonlar yer almaktadır. Bu organizasyonların en önemlileri ve en çok kullanılanları, SAE, API, ACEA'dır.

Bu sınıflandırmalar yağı viskozitesine göre sınıflandırmaktadır.

1.7.1.1. SAE (Society of Otomotive Engineers)

Society of Otomotive Engineers (SAE), problemleri saptayıp çözüm önerileri üretir.

En ayrıntılı sınıflandırma SAE sınıflandırmasıdır. Yağın sınıflandırmasını düşük ve yüksek sıcaklıklarda viskozite değişimine göre yapmaktadır. SAE sınıflandırmasında 10W/40, 20W/50,SAE10,SAE30 gibi derceler kullanılır.10W'nun anlamı; 10 rakamı yağın katık kullanılmadan önceki viskozitesini gösterir. W'de Winter'ın yani kışın gösterimidir.10W740 gösterimi bu yağın düşük sıcaklıklardaki viskozitesidir. Bu rakam ne kadar düşük olursa yağ o kadar ince ve akma noktası düşük olacaktır.

İkinci rakam(40) yağın yüksek sıcaklıklardaki viskozitesini verir. Rakam ne kadar artarsa yağın yüksek sıcaklıklardaki viskozitesi de o kadar artacak demektir.

1.7.1.2. API (American Petroleum Institute)

API (American Petroleum Institute), ihtiyaç duyulan şartnameleri hazırlayıp, performans seviyelerini tanımlar.

Sınıflandırma iki harf ile yapılır. Harflerden ilki yağın benzinli (S) motora mı, dizel (C) motora mı uygun onu gösterir. İkinci harf ise performans seviyesini gösterir. Benzinli motor için performans SA, SB, SC, SD, SE, SF, SG, SH, SJ şeklinde artar, en yüksek performans SJ'dir. Dizel motor için performans CA, CB, CC, CD, CE, CF şeklinde artar, en yüksek performans CF'dir.

1.7.1.3. ACAE (Associationof European Car Manufacturers)

ACAE(Associationof European Car Manufacturers), test metotlarını geliştirip performans limitlerini belirler.

Bir harf ve bir rakamla sınıflandırma yapılır (A1 gibi): Benzinli motorlar için A harfi, dizel motorlar için B harfi, dizel kamyon motorları için C harfi kullanılır. Yakıt ekonomisi için 1, genel amaç için 2, yüksek performans için 3 rakamları kullanılır.

Uygulanan bu standartları Faydaları şu şekilde sıralanabilir:

1)Üretilen yağın performansı ve kalitesi hakkında bilgi verir.
2)Yağ üreticileri müdahale edemediği için tarafsız ve güvenilirdirler.
3)Kullanılacak yağın özelliklerinin limit değerlerini belirler.
4)Motorda oluşan sorunlara kullanılan yağların sebep olmadığı ortaya çıkar.
5)Standartlara uygun olan bir yağ her zaman müşteri için tercih sebebidir.

1.7.2. Hidrolik Sistem Yağları

İyi bir hidrolik sistem yağı, sisteme uygun viskozitede, sistemi pasa, korozyona ve aşınmalara karşı koruyan, sisteme zarar verecek zararlı madde taşımayan ve güç iletiminden sorun yaratmayacak şekilde üretilmelidir.

Hidrolik yağın viskozitesi, hem yağın kullanıldığı sisteme uygun incelikte hem de esas görevi olan yüzeyleri film gibi kaplayarak aşınma, sürtünme, pas ve korozyonu önleyecek kalınlıkta olmalıdır.

Yağın yukarıda bahsedilen özellikleri taşıması için sıcaklık artışı ile viskozitede aşırı değişim olmaması gerekir. Yani viskozite indeksinin yüksek olması gerekir.

Hidrolik sistemlerde basınçta sıcaklık kadar etkilidir. Basınç arttıkça viskozite de artacaktır. Viskozite indeksi ne kadar yüksek olursa basınçla viskozite değişimi o kadar az olacaktır.

Hidrolik sistemin soğuk koşullarda çalışması durumunda akıcılığını koruması gerekir. Akma noktası ne kadar düşükse daha düşük sıcaklıklarda çalışma imkânı o kadar fazladır.

Hidrolik sistem yağlarının güç iletimini çok iyi yaması gerekir. Yağın sıkıştırılabilirliği az olmalıdır. Bunun anlamı sıkıştırılabilirlik hiç olmayacak demek değildir. Eğer sıkıştırma hiç olmazsa güç doğrudan aktarılır ki bu da hidrolik sistemlerde istenmez. Eğer sıkıştırma çok fazla olursa yağ yüzeyleri korumak için gerekli olan kaplamayı yapamaz. Yağın yüzeyi kaplayamamasına kavitasyon denir. Bunun sebebi yağın köpüklenmesidir. Yağın köpüklenmesi sistemin hava girişini engelleyecek biçimde yapılmamasına ya da yağın köpürme özelliğine bağlıdır.

Yağın sistemi aşınmalardan koruması gerekir. Ağır yükler altında bile yağ filmi kırılmamalı yani zarar görmemelidir. Ağır yük altında yağ oluşturduğu filmi koruyamazsa sürtünmeyi engelleyemez. Yağın sistemi korumak için sürtünmeyi önlemesinin yanı sıra yağ korozyona karşıda sistemi korumalıdır. Bunu için ortamda bulunan pas yapıcı yabancı maddeleri ve nemi uzaklaştırabilmelidir. Yağ aynı zamanda hidrolik sistemde kullanılan polimerik parçaları çözmemelidir.

Hidrolik sistem yağları oksidasyona karşı kararlı olmalıdır. oksidasyon a karşı kararlı olmayan yağ çabuk bozulur, viskozitesi artar ve asidik olur.

1.7.3. Türbin Yağları

Türbin yağları tüm yağlarda olduğu gibi uygun yağlama yapmalıdır, oksidasyona karşı kararlı olmalıdır, korozyonu önlemeli ve uygun viskozitede olmalıdır. Türbin yağları bunların yanı sıra soğutma, sistemin mekanik aktarımı ve sistemin çalışmasındaki devamlılığı sağlamalıdır.

Bu nedenle taşıması gereken bazı özellikler vardır. Türbin yağının viskozitesi yağlama yapmaya uygun kalınlıkta olduğu gibi güç aktarımı sırasında güç kaybı yaşanmayacak kadar ince olmalıdır.

Bir diğer özellik oksidasyona karşı kararlıktır. Yağın oksidasyona karşı kararlılığını etkileyen etkenlerden biri sıcaklıktır. Sıcaklık artıkça yağın oksidasyonu artar. Nemde sıcaklık gibi oksidasyonu artırır, nem arttıkça oksidasyon artar. Oksidasyonu önlemek için bu etkenler ortadan kaldırılmalıdır, ayrıca türbinler üretilirken uygun metal kullanılmalıdır. Kolay okside olmayan metaller ya da kaplamalar seçilmelidir.

Oksidasyon ürünleri korozyona neden olabilmektedir. Türbin sistemlerindeki korozyonun bir diğer nedeni sistemin çalışması sırasında oluşacak elektrokimyasal düzendir. Elektrokimyasal gerilimleri farklı iki metal yan yana gelirse yağda elektrolit gibi davranacaktır. Bu yüzden elektrik akımını engelleyecek tedbirler alınmalıdır. Topraklama, yalıtım vs… Türbin yağları sudan kolaylıkla ayrılabilmelidir ve köpük oluşturmamalıdır.

1.7.4.Sanayi ve Otomotiv Dişli Yağları

Dişli yağının kullanıldığı yere; yüke, sistemin çalışma sıcaklığına ve çalışma basıncına, uygun olması gerekir. Bu yüzden değişik tipte dişli yağları üretilmektedir.

Dişli sistemleri çok yüksek basınçta ve yüksek sıcaklıkta çalıştıkları için dişli yağların üretiminde EP(aşırı basınç) katıkları kullanılır. Dişlileri aşınmaya ve ağır yük altında bozunmaya karşı sadece özel üretilmiş aşırı basınç katığı içeren dişli yağları koruyabilir. Dişli yağları sürtünme ve aşınmadan korumanın yanında dişlileri pasa, aşırı ısınmaya karşı korur. Ayrıca kirlenmeyi, gürültüyü ve vuruntuları önleme görevi vardır. Uygun dişli yağının seçilmesinde dikkat edilmesi gereken hususlar vardır.

Bunlar sırasıyla:

1)Dişli tipi: Yüzeyleri birbiri üzerinde yuvarlanarak hareket eden alın, helisel, balık sırtı, bevel, ve spiral dişlilerinde kalın yağlama (hidrodinamik), kayarak hareket eden sonsuz vida ve hipoid dişlilerinde ise EP katığı eklenmiş sınır yağlama (baundary lubrıcatıon) uygulanır.

2)Pinyon dişli hızı: Yağ miktarının yerli olduğu bir sistemde dönüş hızı fazla ise ince bir yağ az ise kalın bir yağ tercih edilmelidir.

3)Çalışma şartları: Çalışma şartlarında dikkat edeceğimiz iki unsur var. Birincisi çalışma sıcaklığının 70 ^{o}C'nin üstüne çıkmamasına dikkat etmek. Bunun için havalandırmanın çok iyi yapılması ve soğutucu sistemin iyi çalışması gerekir.
Eğer hava ve yüksek sıcaklık bir ardaysa oksidasyon hızlanacak demektir eğer ortamda birde bakır içeren aşınmış metal parçacıkları varsa oksidasyon kaçınılmaz demektir.
4)Yük: Yük değişimi ile birlikte sürtünme oranları değişecektir, dolayısıyla kullanılacak yağın kalınlığı da değişecektir.

1.7.5.Düz Kesme Yağı

Kesme yağı metali keserken metali yağlar, çalışma sırasında oluşan ısıyı absorblayarak aşırı ısınmayı önler ve kesme sırasında oluşan küçük metal parçacıkları uzaklaştırarak metal yüzeyini temizler. Yumuşak metallerin işlenmesinde honlama yağı kullanılır. Sert, talaş artığı bırakan metallerin kesilmesinde EP (aşırı basınç) katığı ve kükürt ihtiva eden madeni yağların hayvansal yağlarla karıştırılmasıyla oluşan katıklı kesme yağları kullanılır.

1.7.6.Metal İşleme Sıvıları

Sert çeliklerin, demir olmayan işlenmesi zor olan metallerin beraberce, birden fazla işlem yapıldığı ortamlarda çok iyi yağlama sağlar.

Metal işleme sıvıları kullanılırken korozyon, kokuşma, köpük oluşumu, yetersiz yağlama, bedensel tahrişler ve kirlilikle karşılaşılabilir.

Korozyon konsantrasyonun belirli bir oranın altına düşmesiyle ya da iyonik tuzların artışı ile oluşur.

Bakteri ve mikropların soğutma sıvıları içinde üremesi sonucu kokuşma oluşur.

Köpük oluşumu defalarca söylendiği gibi eğer yağ içine hava girişi varsa ve bu hava yağdan uzaklaştırılamıyorsa olur.

Yetersiz yağlama, dişlilerdeki yüke uygun viskozite ve çalışma sıcaklığına uygun yağın kullanılmamasıyla oluşur. Yetersiz yağlamayla birlikte aşırı ısınma oluşur.

Tahrişler sıvının kullanılması sırasında ellerin temizlenmesinden olabilir. Sıvı içerisinde bulunan solvent nedeniyle olabilir. Sıvı içerisinde asit yapıcı maddeler varsa olabilir. İşleme sırasında oluşan talaş toz gibi maddeler yüzünden olabilir. Tüm bu sayılanlar kirliliğe sebep olur, sıvı görevini yerine getiremez.

1.7.8.Trafo Yağları

Transformatör yağları ısı izolasyonu sağlamak ve soğutma işlemleri için kullanılır. Trafo yağları naftanik yağlara bazı katıkların karıştırılmasıyla yapılır. Trafo elektrik akımının voltajını yükselterek taşır ve daha sonra bizim kullanabileceğimiz voltaja indirir. Bu işlemler sırasında yüksek verim elde edilse de bir miktar enerji kaybı oluşur. Kaybolan enerji voltaj değişimi sırasında ısıya dönüşür.

Trafo yağları çok yüksek kalitede üretilen yağlardır. Trafo uzun süre kullanılabildiği ve trafodaki ara boşluğu yağ doldurduğu için elektrik iletimi görevini çok iyi bir şekilde yerine getirmelidir.

Elektrik direncini nem azaltmaktadır. Bu nedenle yağın ve trafonun nemlenmemesi ve yağa suyun karışmaması gerekir. Yağın elektrik direnci, oksidasyon ve pas yapıcı madde içeriği, içerdiği su miktarı düzenli aralıklarla kontrol edilmelidir. Kurutucular zamanında değiştirilmeli, maksimum çalışma süreleri ve yağ sürekli kontrol edilmelidir.

1.7.9.Gresler

Gresler, akışkan yağlayıcı ile kalınlaştırıcının karıştırılmasıyla oluşur. Kullanılan kalınlaştırıcının oranına göre katıdan yarı akışkana göre pek çok gres üretilebilir.

Yağlar petrolün rafinasyonundan elde edilen mineral baz yağlar yada sentetik baz yağlardır. Kalınlaştırıcılar ise metal sabunlarıdır. Hayvansal veya bitkisel yağ ile metal hidroksitlerin reaksiyonu sonucu elde edilir. Yağa gres özelliğini kalınlaştırıcılar verir. Gresler, korozyona karşı, pasa karşı oksidasyona karşı korumak temizlemek sürtünmeyi azaltmak ve kullanılan polimerik parçaların çözücüsü olmamak görevleri

dışında tıkayıcı görevi yapar. Ayrıca yeniden yağlama imkânının bulunmadığı ya da çok zor olduğu sistemlerde kullanılır.

1.8.Yağlama Çeşitleri

1.8.1. Elle Yağlama

Elle yapılan yağlamadır. Yağlama sırasında akma ve sıçramalardan dolayı metal yüzeyi yeterince yağlanmaz.

1.8.2. Şişe Yağlayıcılar

Sıcaklık değişimi ve şaft üzerindeki spındle'ın titreşimi ters çevrilmiş bir şişeden spındle ile yağlama yapılır.

1.8.3. Damlamayla Yağlama

Bir iğne yardımıyla periyodik olarak makine ekipmanlarının üzerine yağ damlatılır.

1.8.4. Fitilli Yağlama

Sürekli, yağ bitinceye kadar kesintisiz yağlama yapılır. Fitilin bir ucu yağın içinde diğer ucu yağlamanın yapılacağı yerdedir.

1.8.5.Halka, Zincir ve Bilezikli Yağlama

Yatay çalışma durumundaki yataklarda kullanılır. Yağlanacak sistemin etrafında daha geniş bir karter bulunur ve sistem karter içindeki yağ ile yağlama yapılır.

1.8.6. Banyo Yağlama

Yağlanacak yüzeyler yağ banyosuna tamamen batırılır.

1.8.7. Sıçratma Yağlama

Yağlanmak istenen makine parçalarının üzerine yağa çarparak, yağı sıçratarak yağlama yapılır.

1.8.8. Sirkülâsyon Sistemler

Sabit bir akışla yağlama yapılır, kullanılan yağ toplanır, temizlenir sonra tekrar kullanılır.

1.8.9. Mekanik Yağlayıcılar

Buhar makineleri, içten yanmalı motorlar, kompresör silindirlerinde, çok fazla hareket değişikliği olan makine parçalarının yağlanmasında kullanılır.

1.8.10. Hidrostatik Yağlayıcılar

Suyun ısınmasıyla buhar basıncı sağlanır. Oluşan buhar basıncı yağın buhar deposuna geçmesini sağlar.

1.8.11.Otomatik Yağlama Sistemleri

Adından da anlaşılacağı gibi otomatik yağlama sistemlerinde belirli zamanlarda sisteme yeteri kadar yağ sağlayacak sistemler kullanılır.

1.9.Sanayide Yaygın Olarak Kullanılan Metaller

1.9.1.Demir

Demir doğada en bol bulunan elementlerden biridir. Demir sanayide büyük bir öneme sahiptir. Ancak saf demir üretmek oldukça pahalı ve zordur. Ayrıca demir alaşımları daha kullanışlı ve kullanılacak alana uygun özellikleri daha fazla taşır. Saf demir oldukça yumuşak olduğu için pek kullanışlı değildir. Karbonun sanayide bu kadar önem taşımasının sebebi içine karbon, Cr, Ni, Mn, Co, Si, Al, Ti, V, W, Zi, gibi elementlerin katılmasıdır. Ama demirin özelliklerini en fazla değiştiren karbon (C) dur.

Demir, magnetit, hematit, limontit, siderit, pirit olmak üzere başlıca beş filizden elde edilir. En fazla demir hematit filizinden elde edilir.

İçinde Mn fazla bulunan ham demir çelik üretimine, Si fazla bulunan ham demir dökme demir üretimine daha elverişlidir. Mn karbonun bileşik yapmasına izin verir, Si ise karbonun bileşik yapmasına engel olur.

Yüksek fırınlarda filizlerde üretilen ilk demire ham demir denir. Ham demir sert, kırılgan ve dayanıksız olduğu için kullanıma elverişli değildir.

Ham demirin içerisine katıklar veya hurda katılarak, düşük sıcaklıklarda ergime yapabilen, düşük maliyete sahip, yüksek basınca dayanaklı, kolay döküm yapılabilen, yüksek aşınma direnci gösteren dökme demir elde edilir. Oldukça fazla kullanım alanına sahip olmasına rağmen yapısından dolayı çok serttir. Bu nedenle dövülmeye elverişli değildir.

Bu iki demir çeşidi de biçimlendirme yapıp sanayide kullanıma elverişli değildir. Bunların yerine çelik üretilir. Çünkü demirin mekanik özellikleri daha iyidir, dövülme işlemine ve şekillendirmeye elverişlidir.

Çelik demir karbon alaşımıdır. İçerisinde karbon dışında Mn, Si, S ve P bulunur.

Çelik;

1) Puddel
2) Bessemer
3) Thomas
4) Siemens-Martin
5) Pota
6) Elektrik(ark ve endüksiyon)
7) Oksijen konvertör yöntemlerine göre yapılır.

1.9.2.Çinko

Tabiatta yüksek oranda bulunan metallerden birisi de çinkodur. Çinko redükleme ve elektroliz yoluyla elde edilir. Redükleme işleminde fırın içinde çinko yüksek sıcaklıklara (1200 ^{o}C) ısıtılır. Eriyik çinko fırından belirli aralıklarla toplanır. Elektroliz ile saf çinko alüminyum üzerine kaplanır, sonra bu kaplama üzerindeki çinko toplanarak kullanılır.

Çinko çok aktif metaldir. Kimyasallarla kolay etkileşir. Su ve asitlerle kolay tepkime verir. Havada oksit ve karbonatları haline dönüşür. Çinkonun oksitli ve karbonatlı bileşikleri korozyona karşı koruyucudur. Başta demir olmak üzere metalleri korozyondan korumak için çinko ile kaplanır. Demirin çinko ile kaplanması işlemine galvanizleme denilir. Galvanizleme yapılan metali katodik olarak korur. Korozif ortamda, başlangıçta çinko ve demir pil gibi davranır fakat korozyona uğrayan çinko yumuşar ve oksijenin alt kısımlara geçişini engeller.

Metaller çinko ile dört şekilde kaplanır. Bunlar:

1) Daldırma ile kaplama
2) Elektro galvanizleme
3) Sherardizing
4) Metal püskürtme

1.9.3.Kurşun

Kurşun yer kabuğunda pek çok filizde bulunur fakat asıl olarak "galen" adı verilen filizden elde edilir. Galen kurşunun PbS formüllü bileşiğidir. Saf kurşun çok yumuşak, düşük erime noktasına sahip bir metaldir. Saf kurşun elektrolizle, Parkes veya Betterton yöntemleri ile elde edilir.

Hava ile etkileşerek hızlı bir şekilde oksit ve karbonatlar şeklinde yüzeyde tabaka oluşur. Bu tabaka kurşunu korozyondan korur.

Kurşun dövülebilen ve basınç altında boru, çubuk ve tel şekline kolaylıkla sokulabilen bir metaldir.

Kurşunun kullanıldığı en önemli yerlerden biri, kurşun akümülatörleri ile boya endüstrisinde pigment olarak kullanılan ve beyaz kurşun adı verilen bazik kurşun karbonat, $Pb(OH)_2PbCO_3$ imalidir.

Kablo kaplamacılığı, boru v.s. yapımı, savaş malzemesi ve düşük erime noktasına sahip alaşımlar, elektrik sigortaları, otomatik yangın söndürme aletleri, buhar kazan vanaları kurşunun kullanıldığı yerlerden bazılarıdır.

1.9.4.Alüminyum

Alüminyum yer kabuğunda bulunan üçüncü elementtir ve demirden sonra en önemli metaldir fakat elde edilişi zor ve pahalıdır. Kaolen ve kil Alüminyum filizleridir. Yer kabuğunda pek çok alüminyum bileşiği bulunsa da alüminyum boxitten Hall-Heroult metoduna göre elde edilir. Alüminyum saf halde çok yumuşak ve dayanımı düşük bir metaldir. Başka metallerle alaşımı yapıldığında dayanımı yüksek malzemelere dönüşür. Yoğunluğunun çok düşük olması nedeniyle yapı malzemesi olarak çok fazla kullanılmaktadır. Elektriği ve ısıyı iletir. Aktif bir metaldir fakat havayla temasında yüzeyini kararlı bir oksit tabakası kaplar. Bu nedenle korozyona karşı dayanıklıdır.

Alüminyum mutfak eşyası yapımında, elektrik malzemesi yapımında, gıda sanayisinde, yapı ve süsleme alanında, ambalaj sanayinde, yakıt tankları yapımında uçak sanayinde, motor parça ve dökümünde alaşım olarak kullanılmaktadır.Alüminyum alaşımlar; dökme ve dövme alüminyum alaşımları olmak üzere ikiye ayrılır.

Dökme Alüminyum Alaşımlar:

Bu tip alaşımlar kalıplara döküm yapılarak elde edilir. Alüminyum pek çok metalle alaşım yapar ama en önemlileri Si, Cu, Zn, Mg ile yaptığı alaşımlardır.Alüminyum alaşımlarının en önemlisi bakır alaşımlarıdır. Zn, Si ve Mg ile yapılan alüminyum alaşımları korozyona karşı çok dayanıklıdır ve özellikle Zn ve Mg ile yapılan Alüminyum alaşımlarının dayanımları çok yüksektir. Bu yüzden motor parçaları yapımı, uçak yapımı gibi alanlarda kullanılır.

Dövme Alüminyum Alaşımları

Dövme, haddeleme, çekme ve ısı işlemleri sonucunda alüminyumun kristal yapısı incelmekte ve alaşım daha homojen hale gelmektedir. Bunun sonucunda alüminyum alaşımlar daha fazla mekanik dayanım kazanmaktadır.

1.9.5.Bakır

Bakır, yer kabuğunda çok az miktarda bulunmasına rağmen % 99,9 oranında bakır bulunabilecek kadar zengin yataklara sahiptir. Saf bakır dışında başlıca sülfür ve oksit filizleri halinde yer kabuğunda bulunur. Bakır filizlerine kalkosit (Cu_2S), bakır piriti ($CuFeS_2$), kovelit (CuS), kuprit (Cu_2O), malahit ($CuCO_3.Cu(OH)_2$), tenorit (CuO), azurit ($2CuCO_3.Cu(OH)_2$), bornit ($Cu_2S.FeS$), tetrahidrit ($Cu_3Sb_3.x(FeZn)_6\ Sb_2S_9$),örnek olarak verilebilir.

Metalik bakır yumuşak ve kolay biçimlenebilir olduğu için döğülebilir ve çekilebilir. Ancak ergiyik halde iken yapısına oksijeni hapsettiği için dökme bakır üretilemez. Gümüşten sonra iletkenliği en iyi olan metaldir. Yani direnci en düşük olan ikinci metaldir. Korozyona karşı direnci yüksektir. Hava ile etkileştiğinde yüzeyi gözeneksiz ince bir oksit tabakasıyla kaplanır, oksit tabakası oksijenin derinlere inerek bakırın korozyona uğramasına engel olur. Eğer bu oksit tabakası bazik bakır karbonatsa korozyondan daha fazla korur. Bakır ısı işlemleri ile diğer metallerin aksine yumuşar. Oysaki alaşımları ısı işlemleri ile sertleşir.

Bakırın büyük bir kısmı elektrik endüstrisinde elektrik telleri ve düğmeleri gibi malzemelerin yapımında kullanılır. Ayrıca bakırın binlerce alaşımı vardır. Ancak bakırın en önemli alaşımı çinko (Zn) ile yapmış olduğu pirinç alaşımıdır.

Bakır alaşımlar bakıra göre daha üstün özelliklere sahiptir. Korozyona karşı dirençleri fazladır, daha elastiktir, daha ucuzdur, döküme elverişlidir, mekanik dayanımı daha fazladır.

Pirinç çeşitleri ve kullanım yerleri

Çizelge 1.2: Pirinç çeşitleri ve kullanım yerleri

KIRMIZI PİRİNÇ	SARI PİRİNÇ	MUNTZ METAL
Valfler	Saclar	Vidalar
Rakorlar	Teller	Lehim çubukları
Vidalar	Borular	
Radyatör petekleri	Mermi kovanları	
Detantörler		
Su borularının hortum ucları		
Hırdavat eşyalar		

1.10.Korozyon

Metal ve alaşımların dolayı ile olan etkileşimi sonucu kimyasal ve elektrokimyasal ya da fiziksel çözünme sonucu aşınmasıdır.Korozyonun bir diğer tanımı metallerin çevreleriyle elektrokimyasal tepkime vererek aşınmasıdır.

Metallerin mekanik olarak aşınması yani sadece fiziksel değişime uğraması korozyon değildir. Ama bazen oluşan elektrokimyasal tepkime yanında fiziksel aşınma da gerçekleşir ya da fiziksel aşınma korozyonun sebebi olabilir. Yine metal olmayan maddelerin aşınması ya da kimyasal tepkime vermesi korozyon değildir. Bu nedenle korozyon terimi metallerin kimyasal ya da elektrokimyasal aşınmaları için kullanılır.

Metaller, enerji, emek ve para harcanarak cevherlerden elde edilir. Metaller termodinamik olarak en kararlı olduğu hale yani doğada bulunduğu haline, oksitleri, sülfürleri haline dönme eğilimindedir. Oksitleri, sülfürleri metallerin en kararlı olan hali olduğu için oksijen, su, sülfürlü bileşikler gibi maddelerle tepkime verirler.

Metali termodinamik bir sistem olarak ele alırsak, metalin doğadaki en kararlı hali aynı zamanda en küçük enerjili, en düşük entropiye sahip halidir. Endüstride kullanılan metal haline çevrilirken yüksek enerji verilir, entropisi arttırılır ve kararsız bir sisteme dönüştürülür. Yüksek enerji ile kararlılık ters orantılı olduğu için metale ne kadar yüksek enerji verilirse kararlılığı o kadar az demektir. Yani metal ne kadar yüksek enerjili ise korozyona uğrama eğilimi o kadar fazla demektir. Korozyon sonucu oluşan ürüne ise korozyon ürünü denilir.

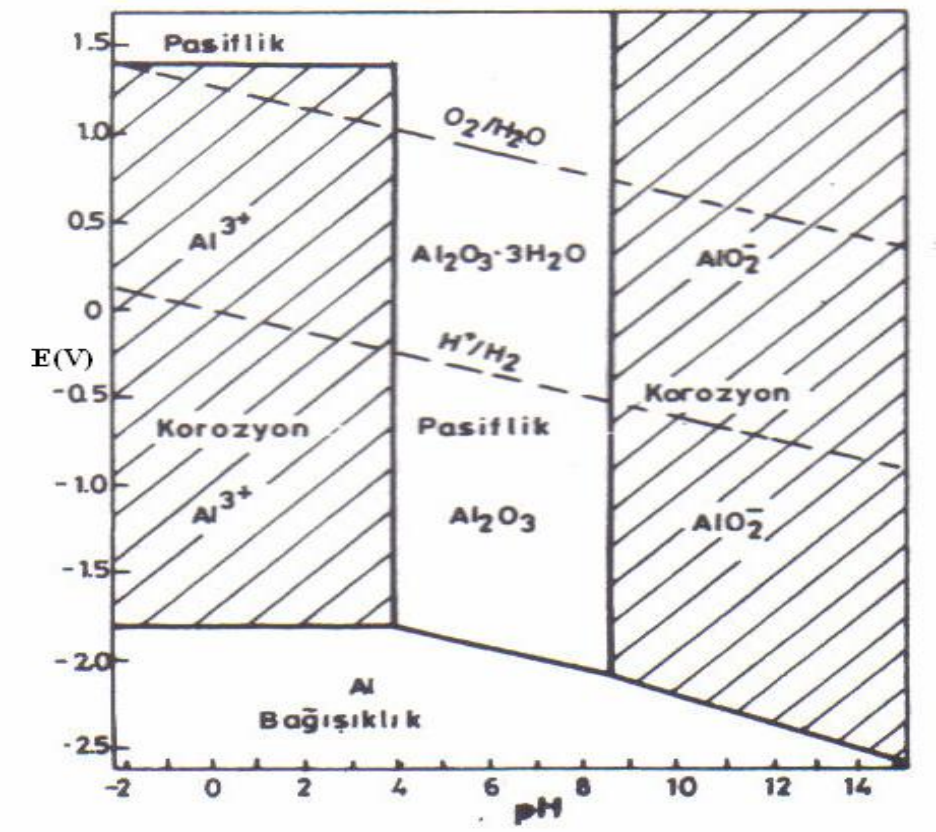
1.10.1.Korozyonun önemi

Metalin korozyona uğraması ekonomik açıdan, güvenlik açısından ve kaynakların korunup çevresel kirlenmenin engellenmesi için önemlidir.Endüstride kullanılan metaller için ciddi yatırımlar yapılmaktadır. Amaçlanan ise bu metalin uzun sürede defalarca kullanmaktır. Korozyona uğrayan metal ise işe yaramaz ve her defasında yenisini almak gerekir. Sadece yenisini almak için harcama yapılmaz bunun yanı sıra ayrıca bu yeni alınan malzemenin korozyona karşı korunması ve korozyonu önleme giderleri vardır. Bunların dışında korozyon sonucu üretime ara vermek zorunda kalınabilir. Üretilen ürün ziyan olabilir yada kirlenebilir. İstenilen performans ve verimde düşüş olur. Aşırı dizayndan kaynaklanan giderler ortaya çıkar. Bu da her defasında yeni harcamalar demektir. Bu yüzden ekonomik açıdan korozyonun önlenmesi gerekir.

Korozyona uğrayan sistemlerde sızıntılar, kaçaklar, patlamalar ve zayıflamalar olabilir. Aynı zamanda sistem tamamen çökebilir. Bunların sonucunda üretim sırasında ölümler, yaralanmalar, zehirlenmeler ya da radyasyon a maruz kalma, yangın çıkması gibi olaylar olabilir. Tüm bu etkiler insan güvenliğini ve işletmenin güvenliğini tehdit eden unsurlardır.

Aynı iş için defalarca metal kullanılması sınırlı olan metal rezervlerini hızla tüketir. Kaynakların hızla tüketilmesi yerine bir metalden en uzun süre en fazla verim nasıl alınır? Bunun cevabı bulunmalıdır. Korozyona uğramış kullanılamaz hale gelen metalin yerine yenisinin getirilmesi demek, hammadde kaynaklarının, insan emeğinin, enerjinin korunamaması demektir. Metallerin korozyona uğramasıyla kaynaklarda çok büyük kayıplar yaşanır.

Aşağıda bazı metallerin çeşitli ortamlarda çeşitli ortamlarda korozyon özellikleri verilmiştir (Üneri,1998)



Şelik 1.1.:Aluminyum için potansiyel-pH çizelgesi

Çeşitli ortamlarda alüminyumun korozyon direnci

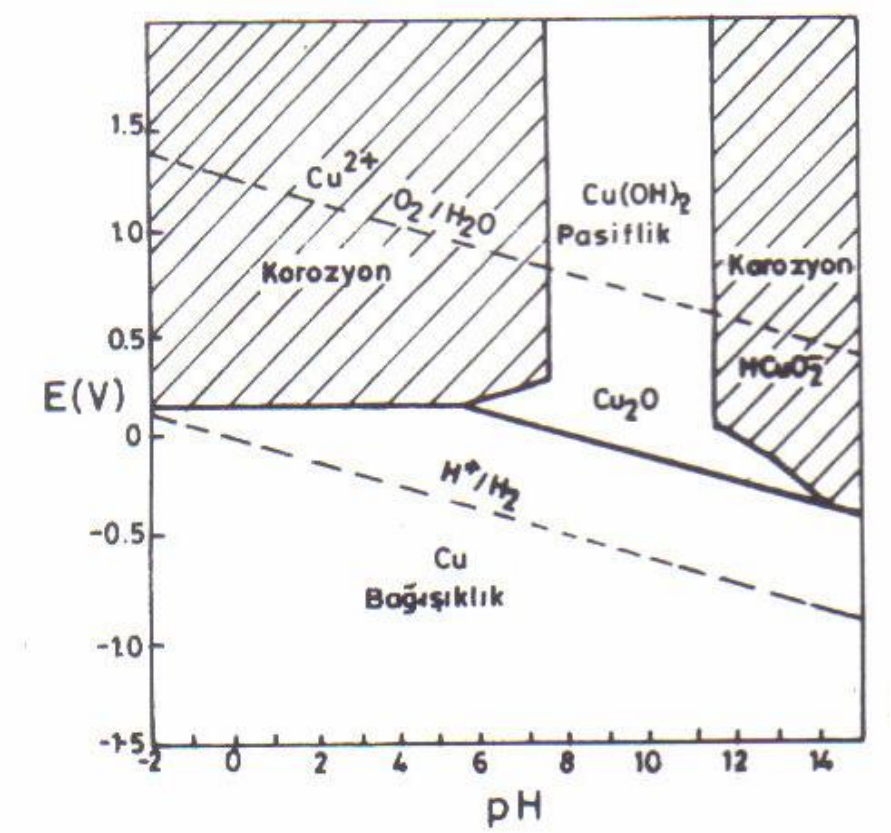
Dayanıklı	Dayanıklı Değil
Asit Çözeltileri	
Asetik asit, oda sıc.	HCl, HBr, H_2SO_4, HF
Sitrik asit, oda sıc.	$HClO_4$, H_3PO_4
Tartarik asit, oda sıc.	Formik asit
Borik asit, oda sıc.	Triklorasetik asit
HNO_3>%80 ^oC, < 50 ^oC	Oksalik asit
Yağ asitleri	
Baz Çözeltileri	
CaOH, KOH (beton)	LiOH, NaOH, KOH, $Ba(OH)_2$
NH_4OH> %10, < 50 ^oC	NH_4OH< %10,Na_2S, NaCN
$(NH_4)_2S$, Na_2SiO_3 H_3PO_4	

Tuz Çözeltileri

NH_4, Na, K, Ca, Ba, Mg,	Hg, Sn, Cu, Ag, Pb, Co, Ni
Mn, Zn, Cd ve Al'un sülfat,	gibi ağır metal tuzları
nitrat, fosfat ve asetatları.	Cl^- içeren $NaClO_4$
Na_2SO_3 inhibitörü ile Na_2ClO.	NaClO, $Ca(ClO_2)$
Cl^- süz $NaClO_4$,	
$KMnO_4$, %1-10, oda sıc.	

Gazlar

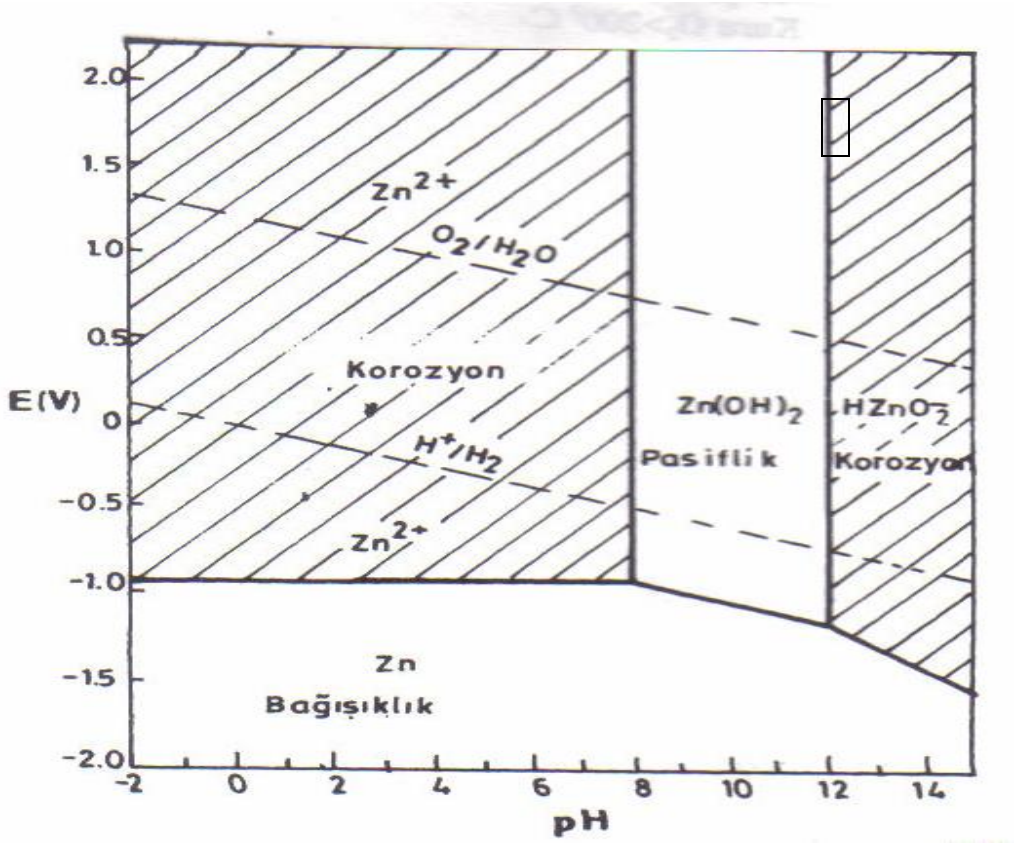
Bir çok kuru gazlar:	Nemli SO_2, SO_3, Cl_2, HCl,
Br_2, Cl_2<125 ^oC, F_2<230 ^oC,	HN_3 ve d.
HCl, HBr, ozon, S_2, SO_2, SO_3,	CCl_4, CH_3Cl, CH_3Br
H_2S, CO_2, NO, NO_2, NH_3	
Freonlar, Çoğu klorlu hidrokarbonlar.	



Şekil1.2.: Bakır için potansiyel-pH çizelgesi

Çeşitli ortamlarda bakırın korozyon direnci

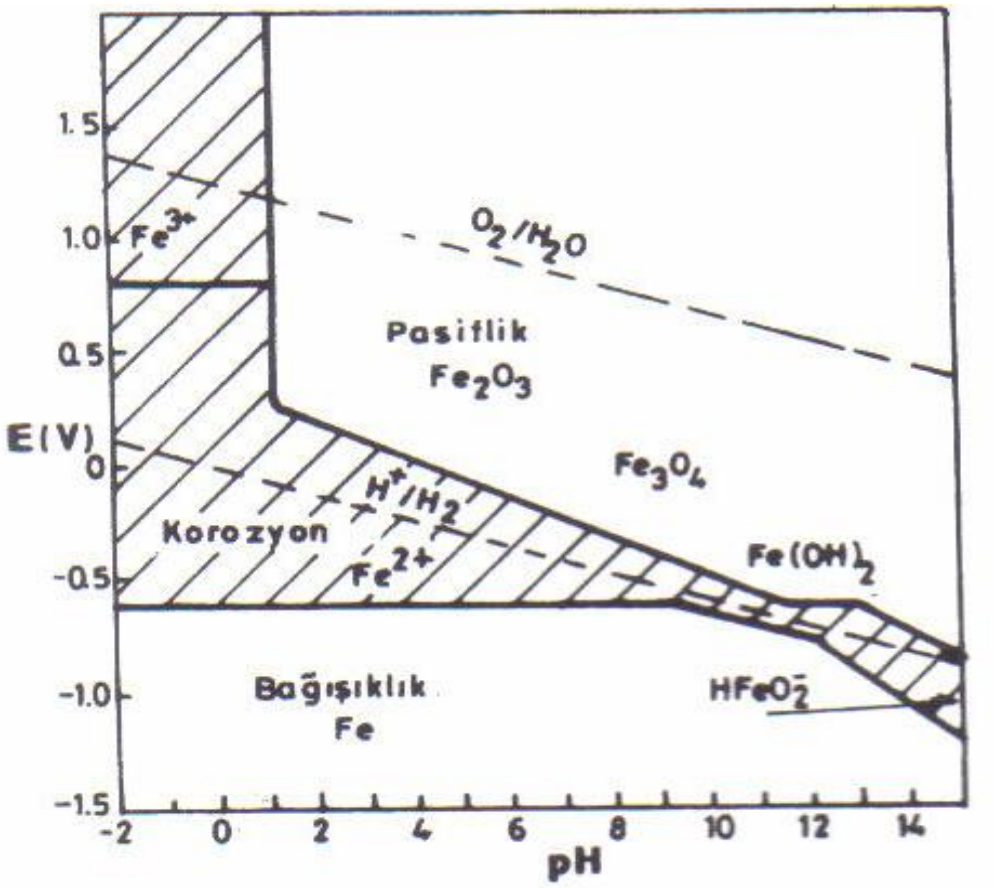
Dayanıklı	Dayanıklı Değil
Asit Çözeltileri	
Hava içeren yükseltgeyici olmayan asitler	HNO_3
HCl<%10, <%75^oC	H_2SO_4, derişik, sıc.
HF<%70, <%100^oC	Hava içeren asitler
H_2SO_4<%60, < 100 ^oC	HCl>%10
H_3PO_4, oda sıc.	
Asetik asit, oda sıc.	
Baz Çözeltileri	
NaOH, KOH, Na_2CO_3 K_2CO_3	NaOH, KOH, NH_4OH, NaCN
Seyreltik çözeltiler	KCN, NaClO,derişik çözeltileri
Tuz Çözeltileri	
$KMnO_4$, K_2CrO_4, $NaClO_3$ sülfat, nitrat ve klorürlerin durgun, hava içeren çözeltileri	Yükseltgeyici tuzların çoğu,örn. $FeCl_3$, $Fe_2(SO_4)_3$, $CuCl_2$, $Hg(NO_3)_2$, $AgNO_3$ Hava içeren hareketli tuz çözeltileri
Gazlar	
Çoğu kuru gazlar:	Nemli gazlar ör.:
CO, CO_2	SO_2, H_2S, CS_2, CO_2
F_2, Cl_2, Br_2, SO_2,	F_2, Cl_2, Br_2,
H_2, arı	H_2, O_2 içeren
O_2<200 ^oC	Kuru O_2>200 ^oC
OF_2, ClF_3, ClO_3F	



Şekil1.3.: Çinko için potansiyel-pH çizelgesi

Çeşitli ortamlarda çinkonun korozyon direnci

Dayanıklı	Dayanıklı Değil
Asit Çözeltileri	
	Herhangi bir anorganik ve organik asit
Baz Çözeltileri	
pH<12	pH>12
Tuz Çözeltileri	
Na_2CrO_4, $Na_4B_2O_7$	Genellikle hava içeren tuz
Na_2SiO_3, $(Na_4PO_3)_6$	çözeltileri
(inhibitörler), 1g/l, oda sıc.	
Gazlar	
N_2, CO_2, CO, N_2O	Nemli Cl_2
Kuru Cl_2	Nemli C_2H_2
Kuru NH_3	



Şekil1.4.: .Demir için potansiyel-pH çizelgesi

Çeşitli ortamlarda bakırın korozyon direnci

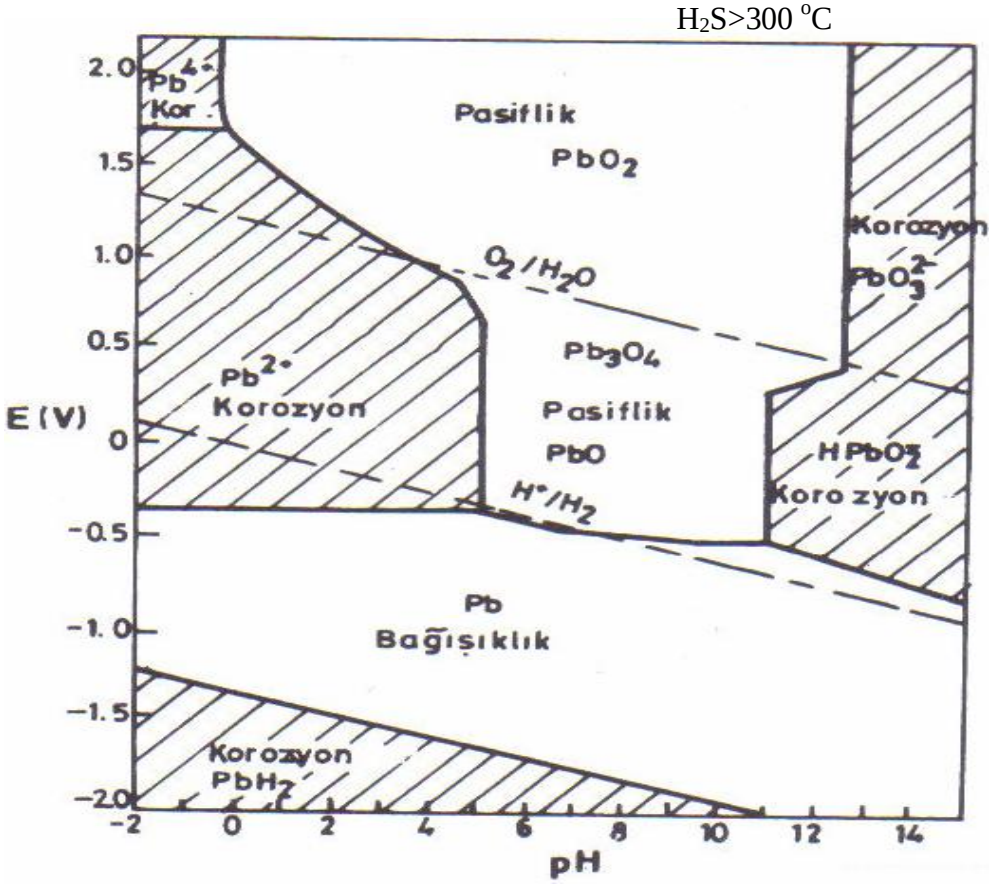
Dayanıklı	Dayanıklı Değil
Asit Çözeltileri	
H_2CrO_4	Sol yanda verilenler dışındaki
HNO_3 derişik	asitler
H_2SO_4>%70	
HF>%70	
Baz Çözeltileri	
Bazlı Çözeltilerin çoğu	Sıcak derişik bazlar eğer koşullar gerimli ise (kostik gevşetmesi)

Tuz Çözeltileri

$KMnO_4$>1g/l	$KMnO_4$>1g/l
H_2O_2>3 g/l	H_2O_2<3 g/l
K_2CrO_4	Yükseltgeyici tuzlar. ör:
	$FeCl_3$, $CuCl_2$, $NaNO_3$,
	Hidroliz yapan tuzlar, örn:
	$AlCl_3$, $Al_2(SO_4)_3$, $ZnCl_2$, $MgCl_2$

Gazlar

Hava<450 ^oC	Hava>450 ^oC
Cl_2<200 ^oC	Cl_2>200 ^oC
SO_2 kuru, <300 ^oC	F_2
NH_3<500 ^oC	SO_2, nemli
H_2S<300 ^oC	NH_3>500 ^oC
	$H_2O(g)$>500 ^oC
	H_2S>300 ^oC



Şekil1.5.: Kurşun için potansiyel-pH çizelgesi

Çeşitli ortamlarda kurşunun korozyon direnci

Dayanıklı	Dayanıklı Değil
Asit Çözeltileri	
H_2SO_4<%96, oda sıc.	H_2SO_4>%96, oda sıc.
H_2SO_4<%80, 100 ^oC	H_2SO_4>%70, kaynar
H_3PO_4 ticari, (H_2SO_4 içeren)	H_3PO_4 arı
H_2CrO_4<%96, oda sıc	HNO3<%80
HF<%60, oda sıc.	HCl
H_2SO_3	Organik asitler
Baz Çözeltileri	
pH<11	LiOH, NaOH, KOH, pH>12
NH_4OH<%1	NH_4OH>%1
Na_2CO_3	
Beton	
Tuz Çözeltileri	
Sülfatlar, karbonatlar,	$FeCl_3$
Bikarbonatlar, arı	$NaClO_4$, NaCl
$NaClO_4$	nitratlar, asetatlar
Gazlar	
Cl_2, nemli ya da kuru, <100 ^oC	Cl_2, nemli ya da kuru, <100 ^oC
Br_2, kuru, oda sıc.	Br_2, nemli ya da yük. sıc.
SO_2, SO_3, H_2S	HF

2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Desai, M., ve Punjani, B.K., (1981); Beş gün süreyle pirincin (%60Cu / %40Zn) %2 lik glikoz içeren NaOH (0,2-1N) çözeltisi içerisinde hiçbir değişikliğe uğramadan %90 inhibisyona uğradığı bulunmuştur. Glikoz çözelti içerisindeki çözünmüş oksijeni uzaklaştırarak Cu^{+2}'nin Cu^{+}'e ve daha sonra da Cu'a indirgenmesini kolaylaştırmıştır. Ayrıca glukoz miktarının değişimine bağlı olarak inhibisyon etkisi artmıştır.

Ahmed, M.F., Sankarapapavinasam, S., Pushpanaden, F., (1992); Elektrokimyasal ve elektrokimyasal olmayan yöntemlerle 30°C de H_2SO_4 ve NaOH çözeltilerinde bakır elektrotun korozyon davranışlarına benzenethiols ve türevlerinin inhibitör etkisi araştırılmıştır. İnhibitör etkisinin aşağıda verilen sıraya göre arttığı belirlenmiştir.

o-MBT > o-ABT ~ p-ABT > BT ~ m-MBT

Marahusin, L., Kokot, S., Schweinsberg, D.P., (1993), Bakır ve demir elektrodların anodik polarizasyon davranışları 25°C de sırayla $1x10^{-3}$M NaOH, $7x10^{-3}$M Na_2SO_4, $7x10^{-2}$M - $2x10^{-1}$M Na_3PO_4 karıştırılarak ve pamuklu kumaş daldırılarak hazırlanmış oksijenden arındırılmış çözeltilerdeki galvonastatik yöntem kullanılarak araştırılmıştır. Deneysel bulgulara göre, alkali çözeltilerde bakır ve demir elektrotların her ikisinde de yüzeyinde anodik polarizasyon sonucu pasif bir film tabakasının oluştuğu belirlenmiştir. Pasif filmin, oksijen indirgenmesiyle oluşan ($O_2 + 2H_2O + 4e \rightleftharpoons 4OH^-$) OH^- iyonlarının metal yüzeyinde adsorplanması sonucu oluşan metal oksitlerinden (Cu_2O, $Fe(OH)_2$, FeO, Fe_2O_3, Fe_3O_4, FeOOH) ileri geldiği belirtilmektedir.

Erbil, M., Yazıcı, B., Dehri, İ., Kılınççeker, G., (1993); pH nın 6 ve 8 olduğu demirin korozyonuna farklı derişimlerdeki glikozun inhibitör etkilerini de kapsayan geniş kapsamlı bir proje yapılmıştır. Yapay deniz suyu içindeki demirin korozyon hızını 10^{-1} – 1 M gibi yüksek derişimdeki glikozun azalttığı, daha düşük derişimdeki glikoz kullanımıyla birlikte demirin korozyon hızında bir artış gözlenmiştir. Özellikle pH=6 iken yeterli miktarda glikoz varlığında demir yüzeyinde poröz olmayan koruyucu bir tabakanın oluştuğu ve oluşan bu tabakanın

demirin korozyon hızında büyük bir düşüşe neden olduğu belirlenmiştir.

Beccaria, A.M., Bertolotto, C., (1996); pH'ı 6,5 ve sıcaklığı 25 ^{0} C olan % 3,5'luk NaCl çözeltisindeki (6,5 ppm düzeyinde oksijen içerdiği koşularda) 3(trimetoksisili)propanetiol-1 (TMSPT)'nin bakırın korozyonu üzerine inhibitör etkisi araştırılmıştır. FT-IR spektrometresiyle ve X-Ray fotoelektron spektrometresiyle korozyon ürünleri karakterize edilmiştir.. 10 kHz ve 10 mHz frekans aralığında 10 mV'luk genliklerde impedans ölçümleri alındı. Ayrıca 100 μV/s tarama hızıyla elde edilen polarizasyon eğrileriyle polarizasyon direnci ve korozyon akım yoğunluğu ölçüldü. Kütle kaybı ve elektrokimyasal yöntemler ile TMSPT miktarının artmasıyla TMSPT'nin inhibisyon etkinliğinin arttığı belirlemiştir. TMSPT nin iyi bir katodik inhibitör olmasının yanı sıra iyi bir anodik inhibitör olduğu da görülmüştür.

Fonsati, M., Zucchi, F., Trabanelli, G., (1997); Oda sıcaklığında EQCM tekniği kullanılarak 0,1 M NaCl çözeltisi içindeki bakıra 2,4-dimerkapto-pirimidin (DTU), 5-merkapto-1-feniltetraazol (5MC1PhTa), benzotriazol (BTA) ve 1,2,3-triazol[4,5,6]piridin(PyTz adlı organik bileşiklerinin inhibisyon ekisi incelanmiştir. Potansiyometrik ölçümler 1 saatlik bekleme süresi sonrasında 0,5 mV/s tarama hızıyla alınmıştır. Siklik voltamogramlar ise 1 dakika ile 5 saat arasında değişen bekleme sürelerinden sonra –600, +300 mV aralığında 10 mV/s tarama hızıyla alınmıştır. İnhibitör varlığında bakır elektrot yüzeyinde oluşan koruyucu film tabakasının yapısını öğrenmek için FT-IR refraksiyon spektroskopisi kullanılmıştır. Sonuçlar, korozyon ve korozyon inhibisyonunun açıklanmasında EQCM yönteminin oldukça kullanışlı bir metot olduğunu göstermiştir. Ayrıca 5 saatlik bekleme süresi sonrasında inhibitör varlığında yüzeyin tamamen kaplandığına dair daha net verilere ulaşılmıştır.

Villamil, R.F.V., , Corrio, P., Rubim, J.C., Agostinho, S.M.L., (1999); 0,5 M sülfürik asit çözeltisindeki bakırın korozyonu üzerine sodyum dodesil sülfatın (SDS) etkisi elektrokimyasal yöntemler ve Raman spektroskopisi kullanılarak araştırılmıştır. 0,5 M sülfürik asit içine 8.10^{-4} M SDS eklenerek elde edilen çözelti için, 26 ^{0} C sıcaklıkta benzotriazol (BTHA) varlığında ve yokluğunda yapılan çalışmalarla deneysel veriler elde edilmiştir. Sonuçlar sülfürik asitli ortamda SDS nin

bakırın korozyon inhibitörü olarak kullanılabileceğini ve SDS ve BTAH ın birlikte iken gösterdikleri inhibitör etkinliğinin, çözeltide tek oldukları zaman gösterdikleri inhibitör etkiliğinden daha fazla olduğunu göstermiştir. SERS sonuçlarına bakıldığında, bakır yüzeyinde BTHA ve SDS'nin, $BTAH_2^+$ katyonu ve dodesil sülfat anyonu şeklinde bulunduğu görülmüştür.

Telegdi, J., Shaban, A., Kalman, E., (1999); Korozyon alanında quartz kristal mikrobalans (QLM) tekniğinin uygulanmasına dair bir çalışma yapılmıştır. Farklı elektrolitik ortamlarda asidik sodyum sülfat (pH=2,95) ve nötral sodyum klorür (pH=6,5) çözeltilerindeki bakırın değişik organik maddelerle [(di-benzil-sülfoksit (DBSO), 5-merkapto-1-fenil-tetraazol(5-McPhTT) ve 5-(4'-izopropilbenzilidin)-2,4dioksotetrahidro-1,3-tiazol (5-IPBDT)] korozyon inhibisyonu, bir potansiyostat ve bir elektrokimyasal QLM yardımıyla belirlenmeye çalışılmıştır. 20.000 saniyelik bekleme süresindeki bakır elektrottaki kütle azalması incelenmiştir. Elde edilen sonuçlarla QCM in korozyon inhibisyonu ve mekanizması hakkında bilgi edinmede çok uygun ve önemli bir araç olduğu sonucuna varılmıştır.

Becerra, Haydee Quiroga, Retamoso, C., Macdonald, Digby D., (1999); Bu araştırmada hidrodinamik kontrol altında yağ-su emülsiyonu içinde AISI-SAE 1010 karbon çeliğin korozyonu üzerine potansiyodinamik polarizasyon ve elektrokimyasal impedance spektroskopisi (EIS) yöntemleri ile yağ bileşiminin etkisi çalışılmıştır. Çalışılan sistemler deniz suyu içeriği (ağırlıkça %0.2'lik NaCl çözeltisi), ağırlıkça %1 dioktil sodyum surfectanatve ağırlıkça %0.2 NaCl içeren surfaktant çözeltisi, yağ fazı madeni yağdan sıvı fazı surfaktant çözeltisinden oluşan yağ-su emülsiyonundan oluşturulmuştur. Korozyon eksen üzerindeki ve jet bölgesi duvarlarındaki yerel durgun bölgelerde çalışma elektrotuyla birlikte döner disk elektrot (RDE) ve jet aşırı elektrokimyasal hücre (JIEC) içeren hidrodinamik kontrollü sistemlerde çalışılmıştır. Bu çalışmada arafaz ilişkileri (IPR) ile karbon çeliğin elektrokimyasal aktiviteleri üzerine yağ bileşiminin etkisi bulunmuştur. Ağırlıkça %20 yağ bileşimli düşük IPR emülsiyonunun elektrokimyasal aktivitesi bazik surfaktant çözeltisinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ağırlıkça %20-45 yağ bileşimli orta IPR emülsiyonunun elektrokimyasal aktivitesinin değişmediği ve

ağırlıkça %45-70 yağ bileşimli yüksek düştüğü görülmüştür. Bu verilerle, çeliğin yüzeyindeki yağlı fazın yapısının ve kararlılığının ara yüzeyde paylaşılan hidrodinamik akım şiddetinin büyüklüğüne bağlı olduğunu açıklanmıştır. Bununla beraber, IPR azaldıkça kaplamanın azalması yüzeyi kaplayan yağ fazının IPR'a bağlı olduğunu kanıtlamıştır. Ancak, yağ fazının anodik bölgedeki metalin çözünürlüğünü inhibe ederken katodik bölgedeki oksijen indirgenmesini kolaylaştırır. Çünkü oksijenin yağ asidi içindeki çözünürlüğü su içindekinden fazladır, böylece anodik bölgede yağ içinde iyonik parçalar (FE^{2+} ve Fe^{3+}) çözünür. Hareketli disk elektrot (RDE) ve aşırı elektrokimyasal hücre (JIEC) yöntemleri su-yağ emülsiyonu içindeki çelik korozyonu üzerine kütle transfer faktörü ve hidrodinamik etkilerin çalışılması için deneysel sistem olarak çalışılmıştır. Elektrokimyasal impedance spektroskopisi (EIS) ve potansiyodinamik polarizasyon verilerinin kullanılmasıyla çeliğin elektrokimyasal davranışlarının metal yüzeyindeki yağın bileşimine ve paylaşılan hidrodinamik akım şiddetine bağlı olduğu bulunmuştur.

Quraishi, M.A., Jamal, Danish, (2000); Adları 2-undecane-5-mercapto-1-oxa-3,4-diazole (UMOD), 2-heptadecene-5-mercapto-1-oxa-3,4-diazole (HMOD) ve 2-decene-5-mercapto-1-oxa-3,4-diazole (DMOD) olan üç uzun zincirli yağ asiti oxadiazole'leri laboratuarda sentezlenmiştir. Bunların korozyon inhibitörü özelliği 105±2 ^{o}C'ta %15'lik HCl içindeki yumuşak çeliğin kütle kaybının ölçülmesi ile bulunmuştur. İnhibisyon testleri aynı şartlar altında 5000 ppm UMOD içeren %15'lik HCl içindeki N-80 Çelik üzerinde de gerçekleştirilmiştir. Oxadiazollerin iyi korozyon inhibitör oldukları bulunmuştur. UMOD'un çalışılan bu oxadiazoller arasında en iyi indikatör olduğu bulunmuştur. UMOD yumuşak çeliği %72 ve N-80 çeliğini %94 oranında korozyondan korumuştur.

Oda sıcaklığında 500 ppm oxadiazole türevleri içeren %15'lik HCl içindeki yumuşak çelik üzerinde ve 500 ppm UMOD içeren %15'lik HCl içindeki N-80 üzerinde yapılan potansiyodinamik polarizasyon çalışmaları tüm bu bileşiklerin karma tip inhibitörler olduğunu göstermiştir. Bunların anodik ve katodik reaksiyonların her ikisinide inhibe ettikleri bulunmuştur. Bunların adsorpsiyon

mekanizması korozyon hızını düşürmektedir. Tüm oxadiazolelerin adsorpsiyonunun Temkin'in adsorpsiyon izotermine uyduğu bulunmuştur.

Sierra-Cabrera, E., Sosa,E., Oropeza, M.T., Gonzales, I., (2001); Karbon-çelik rafine ortamı için korozyon prosesleri değerlendirilip, ara yüzey verileri daldırma zamanına göre ölçülüp, elektrokimyasal diyagramlar elde edilmiştir. Korozyon film oluşumu belirtilen süre de ve oldukça yüksek bir değerde gerçekleşmiştir. İlk 7 saat sonunda film kalınlığı daha inceymiş, 50 saatlik daldırmadan sonra büyümüş ve daha sonra bu büyüme azalmış en sonunda büyüme durarak bir denge halini almıştır. Bundan başka, siklik voltmetre değerleri; (zarar verici inversiyon değerleri kullanımı gibi) kullanarak farklı karbon çeliği diyagramları hazırlanmıştır. Diyagramları incelediğinde siklik voltmetre değerleriyle karbon çeliği yüzeyinin oluşumu ve daldırma zamanı eşdeğer bir durum sergilediği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca Scaning Electron mikroskobu uygulamalarında daldırma potansiyelini E_λ = -0,7 ve E_λ = -0,6 olarak tanımlanmıştır. İlk korozyon ürününün karakteristik verileri çok sıkı (0,047μm) ve pasif bir film oluşturduğunu göstermiştir. Sonuçlar hep başlangıçtaki daldırma zamanı ile benzer çıkmıştır. Daha fazla anodik potansiyelde siklik voltmetre değerleri kullanılarak ikinci deneme gerçekleştirilmiştir. Oluşan yeni film diğerinden daha inceydi (0,4 μm) ve gözenekli yapısı nedeniyle önemli elektrokimyasal aktiviteye sahipti. Bu özellikler 50 saat gibi uzun bir zamandan sonra alkali ortamda karbon çeliği daldırması gerçekleşirken belirlenmiştir. Belirtilen stratejilerce farklı karbon çeliği yüzey oluşumu gerçekleştirirken elde edilen analizler hakkında aynı değerlerdeki voltmetre değerleri kullanılmıştır. Her basamakta aynı değerler kabul edilmiştir: Karbon çeliği korozyon ürünleri üretiminde yük transferleri, ara yüzeyden korozyon filmine Fe^{2+} difüzyonu ve ortam/ korozyon üretiminden korozyon film üzerine atomik hidrojen difüzyonu gibi değerlerde hep aynı değerler kullanılmaya çalışılmıştır. Alkali ortamdaki karbon çeliğin korozyon proseslerindeki korozyonun artması beklenmiştir.

Müller, B., (2001); Alüminyum ve çinko pigmentleri sulu alkali ortamda reaksiyon verdiği volümetrik gaz ölçümü metoduyla ortamdaki hidrojen ölçülerek ispatlanır. Alüminyum pigmentlerin hidrojen korozyonu indirgenmiş askorbik asit ile birlikte indirgenmiş sakkaritler fruktoz,ve mannoz eklenmesiyle engellenebilmiştir,

sakkoroz indirgenmediğinde korozyon reaksiyonunu engelleyememiştir. Çinko pikmentinhidrojen korozyonu sadece askorbik asitle engellenebilmiştir.

Ein-Eli, Y., Auninat, M., Starosvetsky, D., (2002); Polimerik inhibitör bulunan 8,5 M Potasyum Hidroksit (KOH) içerikli güçlü alkali bir ortamda çinkonun elektrokimyasal davranışları değerlendirilmiştir. Organik inhibitör çalışmaları konsantrasyon 400-4000 ppm aralığında ve molekül ağırlığı 600 olan polietilen glikol (PEG) ile polioksietilen alkil fosfat ester asit formu (GAFAC RA600) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elektrokimyasal çalışmalar, potentsiostatik çalışmalar yanında anodik, katotik ve lineer polarizasyonu içermiştir. Güçlü alkali çözeltiler içinde PEG inhibisyon özelliklerinin GAFAC RA600 inhibisyon kapasitesine çok uzak olduğu gözlenmiştir. Yüksek çözünürlüğe sahip Scanning Elektron mikroskobu (HRSEM) ile yapılan çalışmalarda her iki inhibitör içerisinde çinko yüzey oluşumunun karakteristik özellikleri farklılıklar göstermiştir. Elektrokimyasal testlerin, alkali ortamda Zn ile yapılan çalışmalarda iyi sonuç alınabilmesi için hızlı yapılması gerektiği önerilmiştir. Organik inhibitör çalışmalarında optimal konsantrasyon 2000 ppm olarak bulunmuştur. İleriye yönelik çalışmalarda, çinko metal yüzeyinde organik gruplara ait kimyasal kompozisyonlar ve yapıların tanımlanması planlanmaktadır. Bu çalışmalar alkali ortamda çinko inhibitör verimliliği hakkında işlerin yolunda olup olmadığı hakkında fikir verebilir.

Otmacic, Helena, Stupnisek-Lisac, Ema, (2002); Sodyum klorid içindeki bakıra toksik olmayan imidazol türevlerinin korozyon inhibitör etkisi elektrokimyasal polarizasyon metodları (Tafel ekstrapolasyonu ve polarizasyon direnci metodu) ve kütle kaybı ölçümleri kullanılarak çalışılmıştır. Çalışma da elde edilen sonuçlar yüksek molekül ağırlıklı inhibitörlerin (özellikle fenil halkası bağlı olanların) daha iyi inhibitör olduğunu göstermiştir. Fenil içeren bileşiklerin ısı değişiminden çok fazla etkilendiği bulunmuştur.

Szocs, E., Vastag, G., Shaban, A., Kalman, E., (2002); Bakır yüzeyindeki inhibitör filminin kinetik özellikleri ve adsorpsiyonun potansiyele bağlılığı yüzeye duyarlı teknikler (EQCM, EC-STM) kullanılarak belirlenmiştir. İnhibitör olarak sülfürik asit çözeltisinde, 5-merkapto-1-fenil-tetraazol (5-MPhTT) kullanılmıştır. Koruyucu film için elektrot potansiyelinin bir fonksiyonu olarak belirli kütle ve akım

değişimleri not edilmiştir. Sonuçlar, 5-MPhTT varlığında anodik akım yoğunluklarının ve elektrot kütle kaybının yarıya düştüğünü göstermiştir.

Ramesh, S., Rajeswari, S., Maruthamuthu, S., (2003); Korozyon inhibitörü olarak sentezlenen 3-vanilidin amino 1,2,3-triazolfosfonat (VATP) ve 3-anisalidin amino 1,2,4-triazolfosfonat (AATP) nin nötral ortamda bakırın korozyonu üzerine etkileri araştırılmıştır. Potansiyodinamik polarizasyon yöntemleri ile elektrokimyasal impedans spektroskopisinden (EIS) yararlanılmıştır. 30 ^{0} C sabit sıcaklıktaki doğal göl suyu içine pH'ı 7,99, toplam çözünmüş tuz konsantrasyonu 738 ppm, toplam alkalinite 201 ppm ve klorür iyonu derişimi 170 ppm olacak şekilde katkı maddeleri ilave edilmiştir. İmpedans ölçümleri alınırken frekans aralığı 20 kHz – 0,1 Hz ve genlik 10 mV olarak seçilmiştir. Bakır yüzeyindeki inhibitör etkinliğini bulabilmek için FT-IR ve NMR spektroskopilerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, VATP'nin diğer inhibitörden daha etkin olduğu belirlenmiştir. Kullanılan elektrokimyasal yöntemler ve yüzey inceleme yöntemleri sayesinde de koruyucu film tabakasının yapısının bulunması ve korozyon inhibisyonunun mekanizmasının açıklanması sağlamıştır.

Fuchs-Godec, R., Dolecek, V., (2003); 0,5 M sülfürik asit çözeltisinde farklı konsantrasyonlardaki sodyum dodesil sülfatın (SDS) bakır korozyonu üzerine etkisi elektrokimyasal polarizasyon yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, aşırı anodik potansiyeller altında SDS'nin iyi bir anodik inhibitör olduğu anlaşılmıştır. İnhibitörün adsorpsiyonu Langmuir izotermine uyduğu belirlenmiştir. Langmuir eğrilerinden, 0,5 M sülfürik asit çözeltisi içinde SDS'nin inhibisyon etkinliğinin, pozitif yükle yüklenmiş bakır yüzeyine $C_{12}H_{25}SO_4^-$ iyonlarının elektrostatik adsorpsiyonundan ileri geldiği anlaşılmıştır.

Ferreira, E.S., Giacomelli, C., Giacomelli, F.C., Spinelli, A., (2003); pH=2-6 çözeltisi içinde yumuşak çelik korozyonu üzerine L-askorbik acid(AA)'nın etkisi elektrokimyasal ve kütle kaybı teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Optik mikroskobik analiz tekniği ile yüzey incelenmiştir. AA'nın konsantrasyonu $1x10^{-3}$ $moldm^{-3}$ ve pH=4 olduğunda inhibitör etkisi %69 dur.Bu aynı zamanda en yüksek değerdir.AA karma tip inhibitördür. AA'nıon inhibitör etkisinin ispatı sadece optik mikroskobik analiz tekniği ile yapılabilmiştir.

Zhang, D., Gao, L., Zhou, G., (2003); 40^0 C sıcaklıkta % 3 lük NaCl ve 0,5 M HCl çözeltisi içindeki bakırın korozyonu üzerine bis-(1-benzotriazolmetilen)-(2,5-tiadiazol)disülfitin (BBTD) inhibitör etkinliği araştırılmıştır. Çalışma elektrotu olarak % 99,99 saflıkta bakır elektrot, referans elektrot olarak SCE ve yardımcı elektrot olarak da platin elektrot kullanılmıştır. –800 - +700 mV aralığında 1 mV/s tarama hızıyla polarizasyon eğrileri elde edilmiştir. Ayrıca 100 kHz, 0,05 Hz frekans aralığında 5 mV luk genliklerle EIS ölçümleri alınmıtır. Ayrıca 4 günlük bekleme süresi sonundaki ağırlık kaybı ölçülmüştür. BBTD'nin bu ortamda çok iyi bir korozyon inhibitörü olduğu ve karma tip korozyon inhibitörü olarak davranış gösterdiği görülmüştür. Verilerden bu inhibitörün anodik reaksiyon hızını, katodik reaksiyon hızından çok daha fazla etkilediği belirlenmiştir. FT-IR spektroskopisi ile Cu(I) iyonu varlığında BBTD'nin bakır elektrot yüzeyinde koruyucu bir film tabakası oluşturduğu belirlenmiştir.

Abd El-Maksoud, A.S., (2003); 1 M sülfürik asit çözeltisi içindeki bakırın korozyonuna ftalazin türevlerinin inhibitör etkisi elektrokimyasal polarizasyon ve ağırlık kaybı teknikleri kullanılarak test edilmiştir. Tüm çalışmalar 303 K sıcaklıkta yapıldı, uygulanan potansiyel aralığı ± 25 mV ve tarama hızı 0,1mV/s olarak seçilmiştir. İncelenen inhibitörlerin varlığında bakırın korozyon hızında dikkate değer ölçüde azalmanın olduğu görülmüştür. İnhibitör etkinliğinin inhibitör konsantrasyonuyla artığı ve inhibitörlerin karma tip olmalarına karşın katodik etkilerinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. İnhibitörlerin bakır yüzeyine adsorpsiyonlarının ise Langmuir izoterm modeline uygun olduğu bulunmuştur.

Graff, M., Bukowska, J., Zawada K.,(2003); Bakır elektrot yüzeyindeki 1-hidroksibenzotriazolun adsopsiyonu pH değeri ve elektrot potansiyelinin bir fonksiyonu olarak SERS ile incelenmiştir. Asidik (pH=2), bazik (pH=9) ve nötral (pH=7) ortamda SCE ve platin elektrotlar kullanılarak elektrot potansiyelleri kontrol altında tutulmuştur. SERS sonuçları, 1-hidroksibenzotriazolun kuvvetli bir şekilde bakır yüzeyine geniş bir potansiyel aralığında adsorbe olduğunu göstermiştir. BTAOH moleküllerinin triazol halkalarındaki azot atomları aracılığıyla yüzeye adsorbe oldukları belirlenmiştir. Pozitif yüklenmiş yüzeylerde, protonlanmış BTAOH molekülleri Cu(I) iyonları ile bir yüzey kompleksi oluşturmaktadır. Pozitif

potansiyellerde ve oldukça alkali ortamlarda ise kompleks bozunup, $[Cu(I)BTA]_n$ şeklinde karmaşık yapıdaki polimerik bir yüzey filmi oluşturabilmektedir.

Zhang, D., Gao, L., Zhou, G., (2003); 0,5 M HCl içinde kütle kaybı ölçümleri potandiodinamik polarizasyon eğrileri ve elektrokimyasal impedans spektroskopisi yöntemleri kullanılarak bakırın korozyonun benzotriazol (BTA), 2-merkapto benzoksoazol (MBO) ve 2-merkapto benzimidazol (MBI) ile inhibisyonu incelenmiştir. Araştırma sonunda, bu üç kimyasal madde arasında MBI'nın en etkili korozyon inhibitörü olduğu belirlenmiştir. Potandiodinamik polarizasyon eğrileri, özellikle MBI olmak üzere, merkapto grubu içeren heterosiklik bileşiklerin, anodik akım yoğunluğunu azaltacak şekilde, anodik inhibitör olarak davranış sahip olduklarını göstermiştir. Quantum kimyasal hesaplamalar yapıldığında MBI'nın HOMO ve LUMO enerji seviyeleri arasında daha geniş enerji farkının olduğu ve daha büyük π – elektron yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Blajiev, Orlin, Hubin, Annick, (2004); Nötral klorid ortamdaki bakır korozyonuna 2-amino-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole ve 2-methyl-5-mercapto-1,3,4-thiadiazole'ün inhibitör etkisi incelenmiştir. Bu çalışma impedance spektroskopisi ve yoğunluk fonksiyonuna kimyasal quantum yaklaşımı vasıtasıyla yapılmıştır. Mikroskopik bilgiler yüzey-molekül etkileşimleri sonucu oluşan adsorbsiyonun geometrik yapısını teorik olarak açıklamak için kullanılmıştır. Elde edilen ölçümler çalışılan thiadiazol türevleri mükemmel bakır korozyon inhibitörleridir. CuO_2 yapısı üzerine adsorblanan çözelti bileşiminin etkisi kimyasal quantum yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Sonuçlar metal ile oksit ve oksit ile elektrolitteki difüz tabakası arasında arayüzey fazlarının varlığını göstermiştir. Ortaya çıkan sonuçlar AMTD ve MMTD'nin benzotriazolden daha iyi korozyon inhibitörü olduğunu göstermiştir.

Abd El-Maksoud, S.A., Rashwan, S.M., Ibrahim, M.A., Abd El-Wahaab, S.M., (2004); Potansiyodinamik ve açık devre ölçümleri kullanılarak geniş bir konsantrasyon aralığında (0.1-1 M) glukonat ve tartarat kullanılarak karbon çeliğinin elektrokimyasal davranışları incelenmiştir. Korozyon artışının organik tuzların artışı ile paralel gittiği bulunmuştur. Glukonat ve tartarat çözeltisi içindeki karbon çeliğin davranışları üzerine sıcaklığın ve klorid tuzlarının etkisi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Morales-Gil, P., Negron-Silva, G., Romero-Romo, M., Angeles-Chavez, C., Palomar-Pardave, M., (2004); 1 M H_2SO_4 çözeltisi içindeki çelik boru çeşidi olan API 5L X52 adlı örneğin korozyonuna 4 tip koruyucu heterosiklik molekülün konsasantrasyonunun etkisi çalışılmıştır. Çalışmada yöntem olarak elektrokimyasal testler ve SEM analizi kullanılmıştır. Sonuçlar optimum inhibitör konsantrasyonunda maksimum maksimum koruyucu etki olduğunu göstermiştir. Kullanılan bileşikler hem anodik hem katodik prosesi etkilediğinden dolayı sülfirik asit çözeltisi içindeki API 5L X52 çelik boru için karma tip inhibitör görevi yaptığı gösterilmiştir. Bu bileşikler Langmuir İzotermine göre adsorbe olmuştur.

Oguzie, E.E., Onuoha, G.N., Onuchukwu, A.I.; (2004); Metilen mavisi boyasının (MB) 2 M sülfürik asit çözeltisi içindeki yumuşak çelik için korozyon inhibitörü olup olmadığı garavimetrik ve termometrik teknikler kullanılarak araştırılmıştır. MB'nin koruyucu etkisi konsantrasyon ve eklenen KCl, KBr, KI halidlerinin artışına paralel olarak artmıştır. Aynı çalışma sıcaklığında inhibitör moleküllerinin düşük konsantrasyonlarında (0.001-0.5 mM) yumuşak çelik yüzeyinde fiziksel adsorbsiyon, yüksek konsantrasyonlarında (1.0-5.0 mM)) yumuşak çelik yüzeyinde kimyasal adsorbsiyon gerçekleşmiştir. İncelenen konsantrasyon aralığında MB'nin Langmuir ve Frumkin adsorbsiyon izotermini takip ettiği bulunmuştur.

Fan, Hongfu, Zhang, Yi, Lin, Yujuan, (2004); Ağır yağın aquathermolysisindeki minerallerin katalitik etkileri çalışılmıştır. Bu çalışmada ağır yağların sıcaklıkla otalama molekül ağırlığı ve viskozite değişimi, içerdiği su miktarı ve reaksiyon zamanı araştırılmıştır. Ağır yağların, buhar enjeksiyonu şartlarında aquathermolyse dayanıklı olduğu sonucu bulunmuştur. Sonuçlar ağır yağın aquathermolysini minerallerin hızlandırabileceğini, viskozitesini ve ortalama moleküler ağırlığını azaltabileceğini göstermiştir. Yapısında su bulunduran mineraller ağır yağın aquathermolysine katalitik etki yapmıştır. Reaksiyon sistemine yapısında su bulunduran mineraller ağırlıkça %10 eklendiğinde ağır yağın viskozitesini %36,9 oranında azaltarak 88,5 ten 55,8 Pas indirmiştir. Ortalama molekül ağırlığını %19,1 oranında düşürerek 587 den 475'e indirmiştir.

Samide, A., Bibicu, I., Rogalski, M.S., Preda, M., (2004); Oda sıcaklığında sulu amonyak içerisindeki karbon çeliğin korozyonunda N-Ciclohexil-Benzothiazole-Sulphenamida (NCBSA)'nin inhibitör etkisi, Mössbauer Spektroskopisi, elektrokimyasal ölçümler, kütle kaybı ve yüzey mikroskobik analizler ile çalışılmıştır. Metal yüzeyine iyi adsorbe olabilen NCBSA konsantrasyonu artışı ile korozyonun azaldığı gösterilmiştir. Mikroskobik analizler NCBSA'nin iyi inhibitör olduğunu göstermiştir. Mössbauer spektrometresi elektrot yüzeyinde, karbon çeliğin yapısındaki metal katyonlarla NCBSA arasında oluşan kompleks tabakanın iyi korozyon koruyucu olduğunu göstermiştir. NCBSA'nin çeliğin yüzeyine adsorbe olarak korozyon hızını, akımı azaltığı ve karbon çeliği için korozyon inhibitörü olduğu bulunmuştur.

El-Etre, A.Y., Abdallah, M., El-Tantawy, Z.E., (2004); Kına yapraklarının sulu ekstraktının, asidik, bazik ve nötr ortamlarda karbon çeliği, nikel ve çinko için inhibitör olup olamayacağı polarizasyon tekniği kullanılarak incelenmiştir. Üç elektrot tekniği ile bu ekstraktın iyi korozyon inhibitörü gibi davrandığı bulunmuştur. Ekstraktın konsantrasyonu artığında inhibisyon etkisinin arttığı bulunmuştur. İnhibisyon derecesinin ortamın tipine ve metalin yapısına bağlı olduğu bulunmuştur. Karbon çeliği ve nikel için inhibisyon etkisi sırasıyla baz<nötr<asit şeklinde artarken, çinkoda bu sıranın asit<baz<nötr şeklinde arttığı görülmüştür. Kına moleküllerinin metal yüzeyine adsorbsiyonu Langmuir Adsorbsiyon izotermine göre gerçekleştiği bulunmuştur. Kına ekstraktının karma inhibitör olduğu, metal yüzeyinde kararlı ve çözünmeyen kompleks oluşturduğu ve ekstrakt moleküllerinin anodik ve katodik alanın her ikisine de adsorbe olduğu bulunmuştur.

Tan, Y.S., Srinivasan, M.P., Pehkonen, S.O., Chooi, Simon Y.M., (2005); Elektrokimyasal karektarizasyonla sülfirik asit çözeltisi içindeki modifiye edilmiş bakır yüzeylerine sübstitüe benzenethiolün (BT) korozyon inhibisyon etkisi incelenmiştir. BT üzerinde sübstitüe grup yoksa korozyon inhibitörü olmadığı bulunmuştur. Cu substurat üzerine eklene koruyucu tabakalar korozif iyonik türlerin bakıra ulaşmasını engellemiştir. Benzen halkasındaki sübstitüe grupların pozisyonu halkanın rezonansını etkiler dolayısıyla halka içindeki elektronların aktarım mekanizması değişmiştir.

Ebenso, E.E., Oguzie, E.E., (2005); Asidik aşındırıcı ortamda yumuşak çeliğin elektrokimyasal korozyonu üzerine bazı organik boya maddelerinin inhibisyon kapasitesi gazometrik teknik kullanılarak hızlı bir şekilde tayin edilmiştir.

Bayoumi, Fathy M., Ghanem, Wafaa A., (2005); Bu çalışma bir inhibitör olan Sodyum Naphtalene Disulfonic Acid (NDSA) kullanılarak 30-60 ^{o}C arasındaki sıcaklık değişiminde 0.5 M Sülfürik Asit (H_2SO_4) içinde yumuşak çelik korozyonunun önlenmesinin kütle kaybı ve potansiyodinamik polarizasyonla ölçülmesi sonucu oluşmuştur. Sıcaklıktan bağımsız kritik değere kadar NDSA'nın konsantrasyonu artıkça inhibisyon etkisi artar. 30 ^{o}C'daki inhibitör adsorbsiyonunun Flory-Huggins Adsorbsiyon izotermini takip etmesi ve standart adsorbsiyon serbest enerjisinin değeri bunun kimyasal adsorbsiyon olduğunu göstermiştir. Polarizasyon verileri NDSA'nın karma tip inhibitör gibi davrandığını göstermiştir.

Sherif, E.M., Park, Su-Moon, (2005);Açık ve kapalı ortamda 0.5 M NaCl çözeltisi içindeki Alüminyum için 1,4-naphthoquinone (NQ)'nun korozyon inhibitör etkisi, potansiyodinamik polarizasyon, kromotografi (CA), açık devre potansiyeli (OCP), elektrokimyasal impedance spektroskopisi (EIS), mikroskobik elektron taraması (SEM), siklik voltametre ve quartz kristal analiz (QCA) teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Bu ölçümler, NQ'nun varlığının çukur korozyonu potansiyellerini daha soy değerlere çektiğini, açık ve kapalı ortamda klorid çözeltisi içinde pasif alanda anodik akımı düşürdüğünü ve NQ'nun konsantrasyonu artırıldığında polarizasyon direncinin ve yüzey direncinin arttığını göstermiştir. NQ, açık ve kapalı ortamlarda klorid çözeltisi içinde korozyon inhibisyonunu en fazla $1.0x10^{-3}$ M 'lık konsantrasyonda yapmaktadır. QCA verileri, alüminyumun yüzeyindeki çukurların korunmasında NQ moleküllerinin adsorpsiyonunun önemli rol oynadığını göstermiştir. SEM tekniği NQ varlığının -675mV'ta Ag/AgCl'e karşı, alüminyumun çukurcuk korozyonu şiddetini büyük çapta düşürdüğünü göstermiştir. Tüm deneysel ölçümlerde metal yüzeyine güçlü bir şekilde adsorbe olan NQ moleküllerinin oluşturduğu pasif tabakanın başarılı bir korozyon inhibitörü olduğu ortaya konulmuştur.

Gupta, R.K., Singh, R.A., (2005); Deniz suyunda poly(N-hegzadeksil anilin)/dokosanol'ün Langmuir-Blodgett (LB) filmleriyle bakır metali üzerinde

korozyon inhibisyonu elektrokimyasal ve kütle kaybı teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Poly(N-hegzadeksil anilin)/dokosanol'ün LB filmleri orbakır parçalar içerisinde depolanmıştır. Açık devre potansiyeli ve potansiyodinamik polarizasyon eğrilerinin önemli bir yöne kaydığı görülmüştür, bu LB filmlerinin deniz suyunda bakır metalinin korozyonunu engellediğini göstermiştir. Poly(N-hegzadeksil anilin)/dokosanol içerikli LB filmleri saf poly(N-hegzadeksil anilin)/dokosanol'den daha kararlı bulunmuştur. Karışık halde bulunan LB filmleri deniz suyunda bakır korozyonu için daha etkili bulunmuştur. İnhibisyon etkisindeki artışın tek tabakalı poly(N-hegzadeksil anilin)/dokosanol miktarındaki artış ile paralellik gösterdiği görülmüştür.

Migahed, M.A., (2005); Non-iyonik sürfaktan olan N-N-Di - (Polioksi etilen) amino propil lauryl amidin karbon çelik korozyon derecesine etkisi çeşitli korozyon izleme teknikleriyle araştırılmıştır. Güçlü adsorbsiyon yeteneğine sahip sürfaktan molekülleri yüzeyin çevreyle etkileşimini önleyen tek tabakalı bir yapı oluşturduğu için yüzey üzerine korozyon atağı azalmıştır. Adsorbsiyon proseslerinin Langmuir adsorbsiyon izotermlerine uyduğu gözlenmiştir. Bu potensiyostatik veriler inhibitör davranışlarının farklı tipte olduğunu açıkça göstermiştir. Maksimum inhibisyon yüzdesi ortamda 250 ppm inhibitör molekülü varken %94,87' ye ulaşmıştır. Karbon çelik korozyon oranına sıcaklığın etkisi 30 ^{o}C ve 70 ^{o}C sıcaklık aralığında araştırılmıştır. Son olarak inhibitör bulunan ortamlarda Scanning electron mikroskobu ile gerçekleştirilen denemelerde, karbon çeliği örneklerinin yüzey morfolojisi çalışılmıştır. N-N-Di - (Polioksi etilen) amino propil lauryl amid, su içerisinde üretilen karbon çelik için iyi bir korozyon inhibitörü etkisi göstermiştir. İnhibisyon konsantrasyonunun artışı ile inhibisyondaki verimlilik yüzdesi artmıştır ve 250 ppm 'de %94,87'ye ulaşmıştır. Karbon çelik yüzeyine inhibitör adsorbsiyonu Langmuir adsorbsiyon isotermine uymaktadır. k_{ads}'nin nispeten yüksek değerine ($1.85x10^5$) karşılık karbon çeliği yüzeyine inhibitör moleküllerinin adsorblanması oldukça yüksektir. Potensiyostatik polarizasyon verileri inhibitörün karma tip olduğunu, katotik ve anodik prosesin her ikisinde de inhibitör etkisi yaptığını göstermiştir. İnhibitör molekülleri karşısında karbon çeliğin çözünürlük aktivasyon enerjisi artmıştır.

Müller, B., Corrosion Science, (2005); Alüminyum pigmentleri sulu alkali ortamda hidrojen korozyonuna uğrar. Alüminyum pigmentlerinin hidrojen korozyonu sitrik asit yapılı şelatlarla önlenebilmişlerdir. Sitrik asit yapılı şelatlar yenilenebilir hammaddelerdir ve kesinlikle toksik değildirler. pH=8 de pH=10'dan daha fazla hidrojen çıkmıştır. Bu durum alüminyum oksitteki (pH=9) izoelektrik noktasıyla, alüminyum ve sitratın kimyasal reaksiyonuyla açıklanmıştır. Alüminyum ve sitratın kimyasal reaksiyon ürünü olan alüminyum(III)-citricacid-chelatı asıl korozyon ürünü kabul edilmiştir. Eklenen sitrik asit artışı ile hidrojen hacmi artar. Agorik asit sitrik asitin şelat etkisiyle birlikte hidrofilik grup içeren bir sürfaktant olarak düşünülmüştür. Sitrik asitle kıyaslandığında alüminyum pigmentlerinin korozyon reaksiyonunu daha iyi önlemiştir.

Migahed, M.A. , Abd-El-Rauf, M. , Al-Sabagh, A.M. , Abd-El-Bary, H.M., (2005); Asit klorid çözeltisi içindeki karbon çeliği, yeni sentezlenmiş iyonik olmayan surfactantların (I ve II) korozyondan koruma yeteneği potansiyostatik polarizasyon,açık devre potansiyeli, kütle kaybı ve yüzey gerilimi ölçümleri kullanılarak incelenmiştir.Çalışılan bu inhibitörler düşük konsantrasyonlarda dahi çok iyi inhibisyon sağlamıştır.inhibisyon etkisinin yüzdesi (%η) inhibitör konsantrasyonu kritik misel konsantrasyonuna ulaşıncaya kadar artmıştır.

Bentiss, F., Lebrini, M., Lagrenee, M., (2005); 2,5-Bis(n-thienyl)-1,3,4-Thiadiazoles (n-TTH) maddesinin 1 M hidroklorik asit çözeltisi içerisindeki yumuşak çeliğin korozyonunu önleme etkisi ile sıcaklık ve inhibitör konsantrasyonu değişimi arasındaki ilişki kimyasal (kütle kaybı) ve elektrokimyasal (ac impedance ve dc polarizasyon) teknikler kullanılarak incelenmiştir. Tüm metodlar birbiriyle uyumlu sonuç vermiştir. Sıcaklık azalışı ve konsantrasyon azalması inhibisyon etkisinin azalmasına neden olmuştur. n-TTH'ın hem anodik hem katodik alanda etki gösterdiği bulunmuştur. Çözünürlüğün termodinamik fonksiyonu ve adsorpsiyon yöntemi verilen sonuçların yorumlanması ve deneysel verilerinden hesaplanmıştır. Adsorpsiyon Lungmuir adsorpsiyon izotermine göre olduğu bulunmuştur. n-TTH'ın çelik yüzeyine adsorpsiyon yapabilmesinin –thienyl grubuna ait kükürt atomunun pozisyonuna bağlı olduğu bulunmuştur.

Lalitla, A., Ramesh, S., Rajeswary, S., (2005); Asidik ortamdaki bakırın korozyonu üzerine 1,2,4 triazol, 3-amino 1,2,4-triazol (ATA), 3-amino 5-merkapto 1,2,4 triazol (AMP), 3-amino 5-metiltiyo 1,2,4 triazol (AMTT) ve setil trimetil amonyum bromid (CTAB) ve sodyum dodesil sülfat (SDS) iyonik sülfaktantlarının etkileri gravimetrik ve elektrokimyasal yöntemler kullanılarak araştırılmıştır. Korozyon potansiyelleri, korozyon akım yoğunlukları, korozyon hızları ve inhibisyon etkinlikleri belirlenmiştir. Sonuçlar, inhibitör olarak denenen bu maddelerden en iyi inhibisyon etkinliğine sahip olanının AMTT olduğu ve sülfaktantlar arasında da SDS'nin CTAB'den daha etkin koruma sağladığı belirlenmiştir. Polarizasyon verileri, tüm inhibitörlerin karma tipten olduğunu ve Langmuir adsorpsiyon izotermine uygun olarak yüzeye adsorbe olduklarını göstermektedir.

Ghanbarzadeh, A., Akbarinezhad, E., (2006), Baz yağlarla korozyona karşı koruyucu kaplama yapılmıştır. Bu kaplamalar inhibitör, antioksioksidant ajanlar,ve baz yağ içermektedir. İnhibitör ajanlar İran uyruklu mineral baz yağların sülfonasyonu ile hazırlanmıştır. İran uyruklu baz yağlar SAE 10, SAE 30, SAE 40 tır. Bunlar farklı sıcaklıklarda oleum gibi reaksiyon ajanları kullanılarak sülfolanmıştır.Bu tepkimelerdeki ürün kalitesi ve sülfonasyon verimliliği koşullar göre değişim göstermiştir.Sülfonat gruplarının nötralizasyonu kalsiyum hidroksitin suda çözünmeyen tuz grubu olan kalsiyum sülfanat oluşumu ile tamamlanmıştır. Baz yağlar içerisindeki inhibitör ajanlarının son ürünleri koruyucu kaplama olarak kullanılmıştır. Bunlar içerisine çelik levhaların daldırması yöntemiyle çalışılmıştır.

Rui Zhang, Somasundaran, P., (2006), Sürfaktantlar ve karışımları ara yüzey ürünlerini kuvvetli bir şekilde değiştirebilir bundan dolayı dispersiyon, korozyon inhibisyonu, kozmetik, ilaç üretimi kimyasal mekanik cilalama ve yağ geri alımı gibi pek çok endüstriyel sistemde kullanılmaktadır. Tek sürfaktant kullanılarak yapılan çalışmalara ek olarak farklı karışımlar (anyonik-katyonik, anyonik-iyonik olmayan, katyonik-iyonik olmayan, katyonik-zwitteriyonik, iyonik olmayan-iyonik olmayan) kullanılarak uzun zaman alıcı karışım mekanizmaları da ortaya konmuştur.

Rout, T.K., Bandyopadhyay, N., Venugopalan, T., (2006), Bu çalışma çelik levhaların polifosfat kaplamanın dayanımı üzerinedir. Çelik levhaların yüzeyini kaplamada kullanılan polifosfatın ağırlığının 1.2-1.7 g/m^2 arasında ,dayanıklı ve yoğun olduğu bulunmuştur. Polifosfat kaplamanın(RPO) korozyon direnci nitelikleri; nem döngüsünde, 250 mg/m^2 birimle gerçekleştirilen yağlama ile pas önleme ve geleneksel fosfat kaplama (2.0 g/m^2) metotlarından daha yüksek bulunmuştur. %3,5' luk NaCl içerisinde kaplama kapasitesi sabit hale geldiğinde yapılan elektro kimyasal empedans ölçümlerinde Bode Plot yöntemiyle polifosfat kaplamanın nem karşı dayanıklılığının 15 günden fazla olduğu bulunmuştur. RPO tehlikesine karşı maruz bırakma zamanı azaltılarak kaplama kapasitesi arttırılmıştır. Benzer sonuçlar geleneksel fosfat kaplamada da elde edilmiştir.

Lins, V.F.C., Guimaraes, E.M., (2007), Bu çalışmadaki hedef petrol rafinelerindeki sülfür geri alım ünitesinde ısı değişiminin oluşturduğu zarar aşamalarını irdelemektir. Rafineri ara ürünlerinin, sülfür içeriği, asidite kirletici madde formülasyonu ve renk değiştiriciler gibi aşındırıcı etkisi olan durumlarda özel bir davranış sergilediği ileri sürülmüştür. Sülfür üretimi için kullanılan asit bir gaz kullanılarak H_2S formu içerisinde sülfür ara ürünlerinden çıkarılmıştır. SRU içerisinde orta halli kullanışlı korozyon ekipmanları olan H_2S, CO_2, SO_2 ve SO_3 tür. Ünite sık sık sıcaklık değişimi basınç kapları ve asit gaz yüklerinin atmosfere SO_x serbest bırakmaları sonucu korozyon aktivitesinde felce sebep olmuştur. Bir genelleme yaparsak yukarıdaki olay oluşurken korozyon ekipmanları zarar uğramıştır. Bu çalışma gösterdi ki, asit gaz ve sülfürün atmosfere sızması direkt olarak korozyonun bir sonucudur, bu olay ekonomik ve çevresel zarar anlamı taşımaktadır. SRU, şu anda tam anlamıyla korozyonu önleme metodu değildir. Çelik korozyonunun ortahalli kontrolü, oksit H_2S ve sülfür üretimi reaksiyonlarında kullanılan SO_2'nin havada uygun bileşimiyle sağlanabilir.

3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

Elektrolit: Deneysel çalışmalar baz yağlar ve katıklarla oluşturulan çeşitli madeni yağlarda gerçekleştirilmiştir.

Çalışma Elektrotları: Alüminyum (Al), Bakır (Cu), Pirinç (Cu-Zn karışımı), Çelik (304 paslanmaz çelik), Kurşun (Pb) elektrotlar çalışma elektrotları olarak kullanılmıştır.

Referans Elektrot: Gümüş-gümüş klorür elektrot (Ag, $AgCl/Cl^-$) referans elektrot olarak kullanılmıştır.

Karşı Elektrot: 2 cm^2 yüzey alanına sahip platin elektrot karşı elektrot olarak kullanılmıştır.

Elektrokimyasal Analiz Cihazı (CHI 604 Electrochemical Analyzer, Seri No. 64721A): AC impedans ölçümleri ve akım-potansiyel eğrilerinin elde edilmesinde kullanılmıştır.

Termostat (Nüve, BM 101): Çözeltilerin sıcaklığını kontrol etmek için kullanılmıştır.

Mekanik Parlatıcı: Elektrotların yüzeyinin parlatılmasında kullanılmıştır.

Etüv: Deneyde kullanılan metal levhaları kurutmak için ve bazı deneylerde hava banyosu olarak kullanılmıştır.

Metal Levha: Alüminyum (Al), Bakır (Cu), Pirinç (Cu-Zn karışımı), Çelik (304 paslanmaz çelik), Kurşun (Pb) levhalar 0,5 dm eninde 0,2 dm boyunda 2-3 mm kalınlığında kesilerek hazırlanmıştır.

pH Metre: Madeni yağların pH larının ölçümünde kullanılmıştır.

Cleavelend Kabı: Yağların parlama ve yanma noktalarının tespitinde kullanılmıştır.

Viskozimetre: Oswald Viskozimetresi kullanılmıştır. Yağların 100^oC ve 40^oC deki viskoziteleri hesaplanmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Elektrotların Hazırlanması

Çalışma elektrotları silindirik metal çubuklardan 5 cm uzunluğunda kesilmiş, taban alanlarından bir tanesi delinerek iletkenliği sağlamak için bakır tel geçirilmiştir. Sadece diğer taban alanı (çalışma yüzeyi) açıkta kalacak şekilde polyester blok ile kaplanmıştır. Çalışma elektrotlarının yüzeyleri bütün ölçümlerden önce mekanik parlatıcıda değişik tanecik boyutlu (1200) zımpara kağıtları ile parlatıldıktan sonra sırasıyla saf su ile yıkanmış, CCl_4'ten geçirilmiş ve saf su ile tekrar yıkandıktan sonra filtre kağıdı ile kurutulup çözeltiye daldırılmıştır.

3.2.2. Metal Levhaların Hazırlanması

Metal Levhalar 2-3 mm boyutundaki çeşitli ebatlardaki metal yapraklardan 0,2 dm boyunda 0,5 dm uzunluğunda kesilmiştir. Kesilen Levhaların yüzeyleri CCl_4 ile temizlenmiş ve saf su ile yıkandıktan sonra 105 ^oC'ye kadar ısıtılan etüvde 2 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutulan levhalar desikatörde soğuyuncaya kadar bekletilmiştir.

3.2.3. Elektrokimyasal Ölçümler

Üç elektrot tekniği kullanılarak hazırlanmış olan elektrotlar madeni yağlara daldırılmış, madeni yağlar her gün bir buçuk saat 50 ^oC de ısıtılmış ardından bir buçuk saat oda sıcaklığına gelmesi beklenilmiştir. Oda sıcaklığına gelen madeni yağların 120 saatte bir zamana göre değişen potansiyelleri ölçülmüştür.

Bunun yanı sıra aynı şekilde yapılan bir başka düzenekte yine üç elektrot tekniği kullanılarak 10 gün süreyle zamana göre potansiyel değişimleri alınmış ardından elektrotlar %3,5 NaCl çözeltisine daldırılmış ve yine zamana göre potansiyel değişimleri 10 gün boyunca ölçülmüştür.

3.2.4. Korozyon Hızı Tayini

Deneyler için 0,2 dm ve 0,5 dm boyutlarında hazırlanmış olan metal levhalar CCl_4 ile temizlenmiş, ardından saf su ile yıkanmış ve etüvde 2 saat boyunca 105 ^oC de kurutulmuş, desikatörde soğutulmuş ve hassas terazide tartılmış metal levhalar deney için hazırlanmış madeni yağlara daldırılmıştır. Madeni yağlar su banyosunda her gün 12 saat 50^oC de ısıtılmıştır. Her 120 satte bir iki levha olmak üzere 740 saatte levhaların tamamı çıkartılmıştır. Madeni yağlardan çıkartılan metal levhalar tekrar CCl_4 ile temizlenmiş, ardından saf su ile yıkanmış ve etüvde 2 saat boyunca 105 ^oC de kurutulmuş, desikatörde soğutulmuştur. Tekrar tartılmıştır. Aradaki kütle farkından yararlanılarak birim zamandaki birim alandaki kütle kaybı hesaplanmıştır (korozyon hızı).

Benzer bir deneyde ise 10 gün süre ile metal levhalar madeni yağlara daldırılmış, devamında ise temizlemeden %3,5 NaCl'e içerisine 10 gün süre ile daldırılmıştır. Deney öncesinde ve sonrasında yukarıda anlatılan yöntemle metal levhalar temizlenmiştir. Başlangıç ve bitişteki kütle kaybından yararlanılarak korozyon hızı hesaplanmıştır.

3.2.5. Uçucu Madde Tayini

1 mg hassasiyetle tartılmış yaklaşık 5'er g'lık iki numune iki kaba konmuştur. Daha sonra 100 ^oC'de etüvde 2 saat bekletilmiştir. Desikatörde 30 dk soğutulmaya bırakılmıştır. 1 mg yaklaşımla kütlesi belirlenmiştir.

Numunenin uçucu madde muhtevası (U), kütlece yüzde olarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} x100 \qquad (3.1.)$$

m_1= Deneye başlamadan önceki numune kütlesi, mg

m_2= Deney bittikten sonraki numune kütlesi, mg

3.2.6. pH Değişimi:

pH değişimi 120 saat periyotlarla oda sıcaklığında cam elektrotun madeni yağa daldırılması ile 740 saat boyunca ölçülmüştür.

3.2.7. Parlama Noktası ve Yanma Noktası Tayini

Parlama noktası tayini "Cleavelend Açık Kap Metodu" ile yapılmıştır. Açık bir kap içerisine yaklaşık 50 ml kadar sıvı madde konulmuştur. Alttan elektrikli ısıtıcı ile ısıtılmıştır. Sıvının üzerinde belirli periyotlarla hareket eden bir gaz enjeksiyonu vardır. Yağın ilk alev aldığı sıcaklık Termometre ile ölçülmüştür. Bu ölçülen sıcaklık parlama oktası olarak kaydedilmiştir.

Yanma noktası tayininde aynı alet kullanılmıştır. Sıvının yüzeyinin tamamının alev aldığı sıcaklık yanma noktası olarak kaydedilmiştir.

3.2.8. Viskozite Tayini

Oswalt viskozimetresine 40 ml deneylerde kullanılan yağlardan konulmuştur. 40±2^{o}C ve 100 ±2 ^{o}C de sabitlenmiş banyolara Oswalt Viskozimetresi daldırılmıştır. Sıcaklığı sabitlenen yağların kapiler borudan akma süresi kronometre ile ölçülmüştür.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

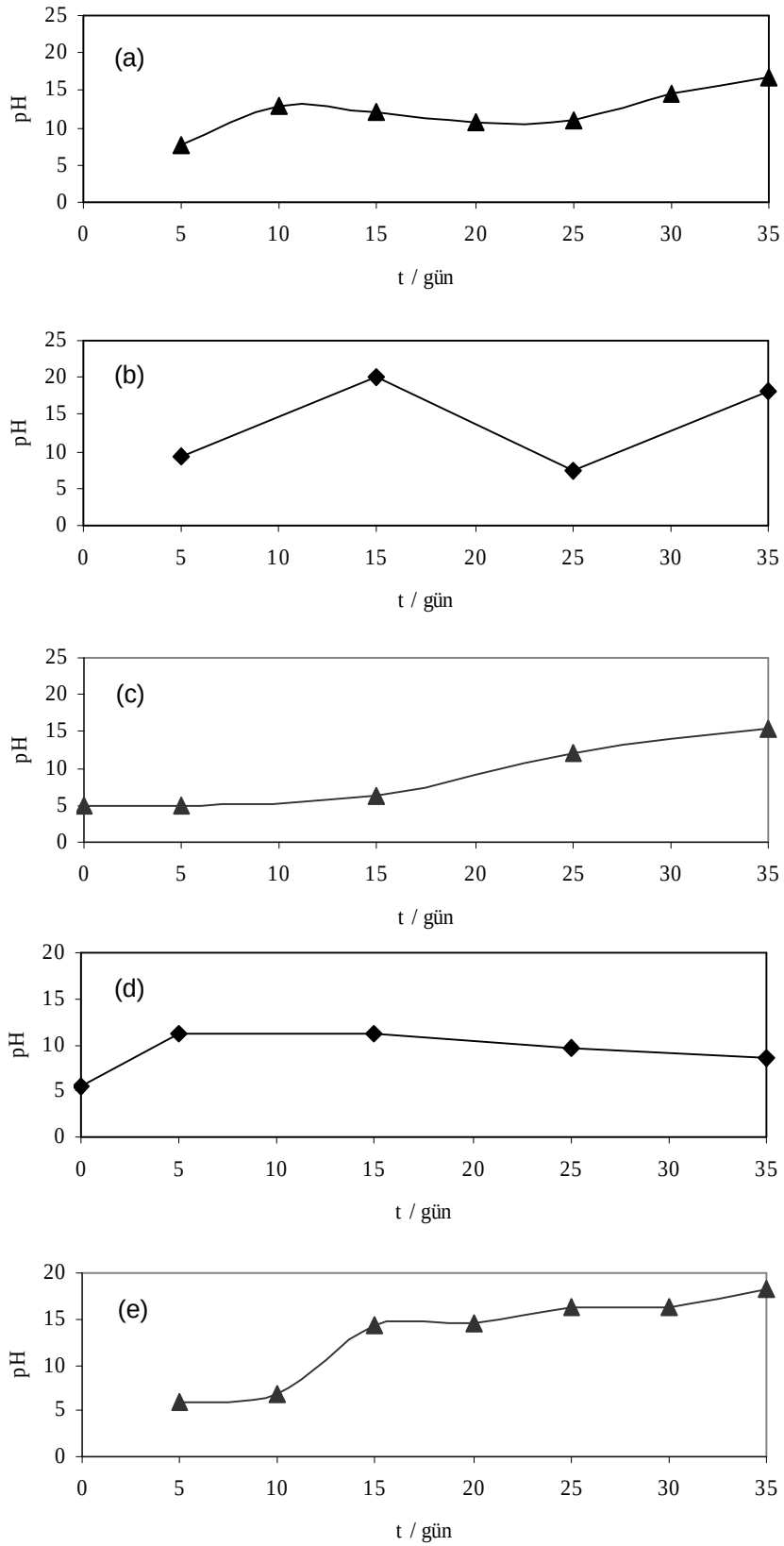
4.1. Alüminyum

Çizelge 4.1. da 35 gün süre ile içerisine alüminyum levha daldırılan tek tip (yazlık-kışlık tip-katıksız-SAE 30, SAE 40) yağlar ile çoklu tip (hem yazlık hem kışlık-katıklı-10W/40,20W/50) yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları verilmiştir. Çizelgede de görüldüğü gibi zamanla yağlar içerisindeki uçucu madde miktarları değişikliğe uğramıştır. Bu değişiklikler yağın tip ve cinsine göre farklılıklar göstermiştir.

Çizelge 4.1. Alüminyum daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri

ALÜMİNYUM				
uçucu madde (%w) / zaman(gün)	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50
0	0,113	0,119	0,138	0,135
35	0,0215	0,0627	0,0376	0,0417

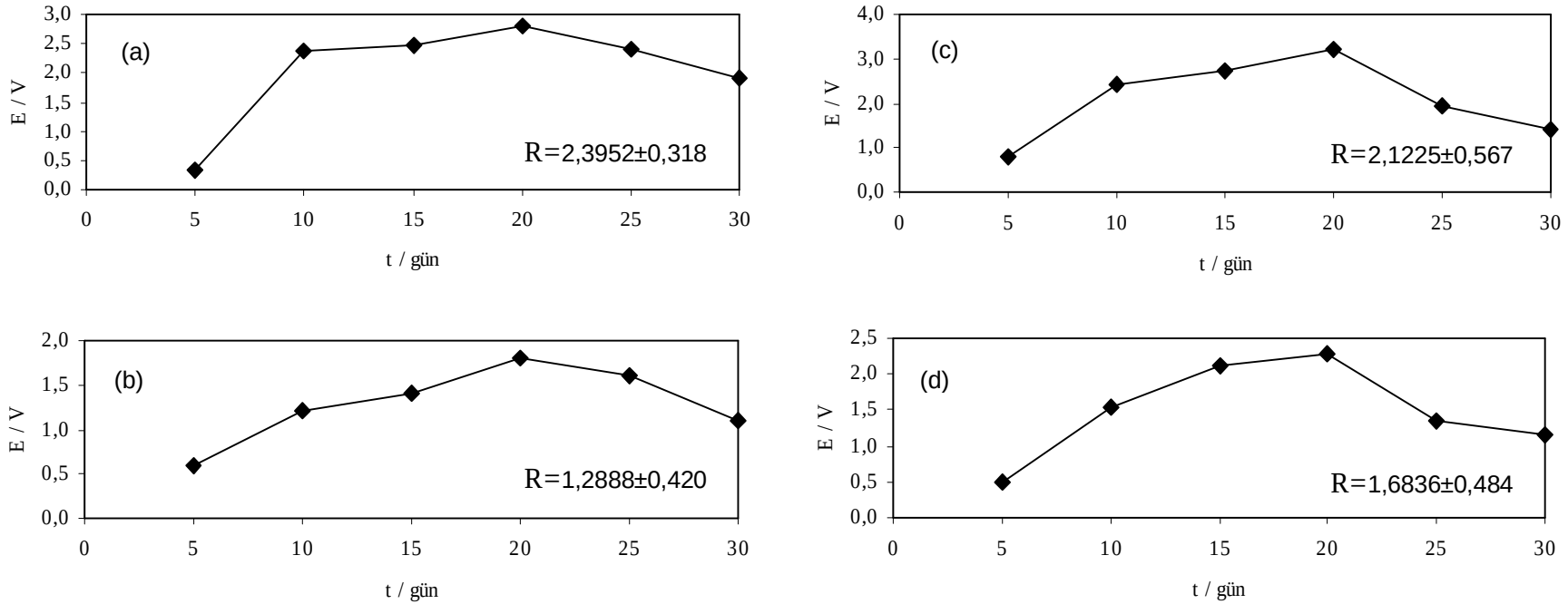
Şekil 4.1. içerisine alüminyum levha daldırılan tek tip, çoklu tip ve hidrolik yağların pH'sının zamanla değişimleri verilmiştir. Alüminyumdaki pH da sapmalar daha önceki incelediğimiz metallerin pH ları kadar fazla değildir. Ancak yine de ani sapmalar görülmektedir. Alüminyum levha daldırılan yağların hepsinin pH değerleri hep pozitif olarak ölçülmüştür.



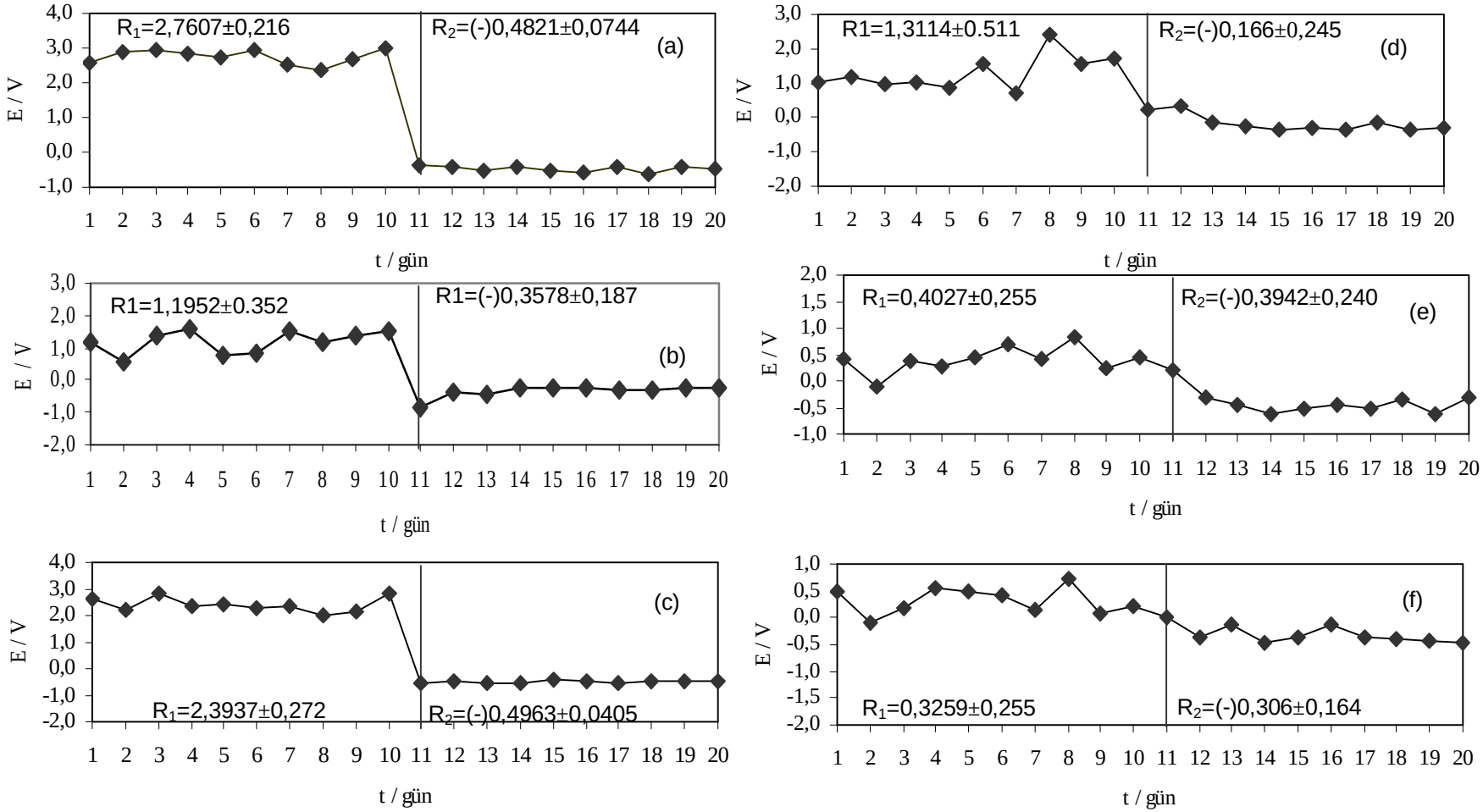
Şekil 4.1. Alüminyum levha daldırılan SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e)larının zamanla değişen pH'değerleri

Üç elektrot tekniği kullanılarak alüminyumun, Ag/AgCl referans elektroda karşı değişik ortamlardaki belirlenen potansiyelleri Şekil 4.2. de görüldüğü gibi potansiyeller ~0,225-2,700 V arasında salınmaktadır. Bu salınımlar hep pozitif (+) değerlerdedir. Potansiyel değerdeki pozitif değer metal elektrotun yüzeyine korozyona neden olan iyonların ulaşamadığını göstermektedir. Bunun nedeni de yağların metal yüzeyini çok iyi kaplamasındandır.

Şekil 4.3 de görüldüğü gibi 1. ve 10. günler arası motor yağlarına bırakılan alüminyum elektrotun 11. ve 20. günler arasında %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değerleri verilmiştir. Koruyucu yağlar içerisinde (1. ve 10. gün) potansiyel salınımlar gösterirken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde ~(-0,300)-(+0,700) V olmaktadır. Kurşunun koruyucu yağlar içerisinde zamanla değişen potansiyel değerleri pozitif olurken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyel değerleri negatif değere doğru kaydı. Bu negatif değerler sıfıra ne kadar yakınsa metal o kadar az korozyona uğruyor demektir. Yani yağ metal yüzeyini daha iyi ve sağlam bir film tabakası ile kaplıyor anlamına gelmektedir.



Şekil 4.2. Alüminyumun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de zamanla değişen potansiyel değerleri



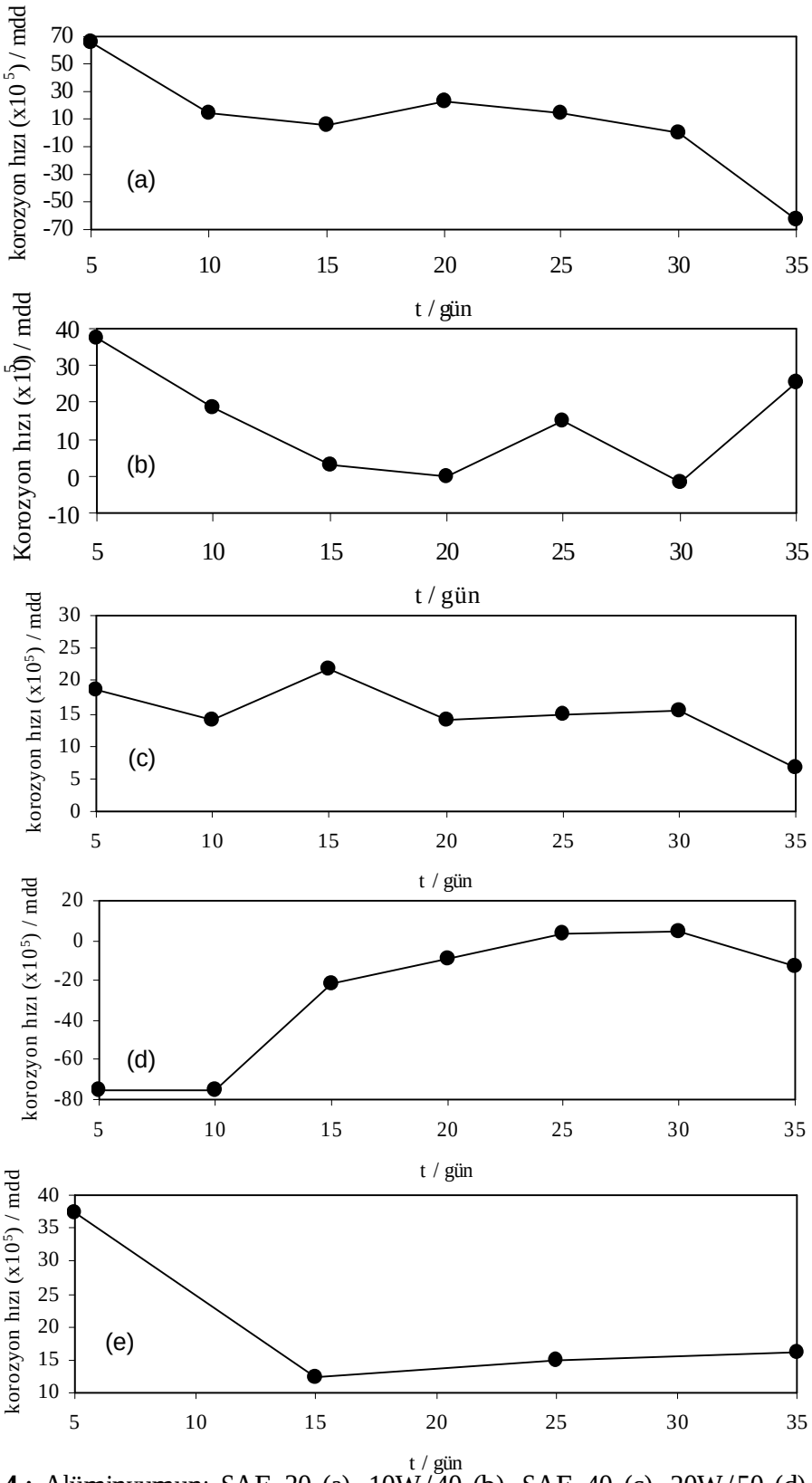
Şekil 4.3. Alüminyumun; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri

Çizelge 4.2. Alüminyumun; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri

ALÜMİNYUM						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
KOROZYON HIZI (mdd)	0,1402	0,09346	0,4439	-0,1402	0	0

Alüminyumun, %3,5 NaCl içerisinde belirlenen korozyon hızları Çizelge 4.2.'de verilmiştir. Alüminyumu 10 gün boyunca yağda bekleterek yüzeyinin yağ ile kaplanmasını sağladıktan sonra %3,5 NaCl içerisinde 10 gün boyunca korozyona uğramasını bekledik. En az 20W/50 yağı içerisinde korozyona uğradığı Çizelge 4.2. de görülmektedir. En çok korozyona uğradığı yağ ise SAE 30 yağıdır.

Kullanılan tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağlar ve hidrolik yağlar içerisindeki alüminyumun zamanla değişen korozyon hızı değerleri Şekil 4.4.'de verildiği gibidir. Korozyon hızlarına baktığımızda alüminyumun korozyonunun zamana karşı düzenli bir eğim göstermediği görülmektedir. Alüminyumun korozyon hızını ölçmek çok zordur, çünkü alüminyum hava ile temasıyla birlikte oksitlenir ve yüzeyinde koruyucu bir oksit tabakası oluşur.



Şekil 4.4.: Alüminyumun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), de korozyon hızı değerleri

Çizelge 4.3: Alüminyum levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri

ALÜMİNYUM						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
PARLAMA NOKTASI (^{o}C)Baş.	218	222	230	232	224	220
PARLAMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	219	225	228	229	218	219
YANMA NOKTASI (^{o}C) Baş.	222	226	232	236	228	224
YANMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	224	229	232	232	222	223
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) Başlangıç (cSt)	9,653	20,76	11,56	24,45	9,546	9,463
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) 35.gün (cSt)	9,204	22,04	13,64	22,76	9,353	9,406
VİSKOZİTE (100 ^{o}C)Başlangıç (cSt)	0,8524	1,922	0,9468	1,832	0,8592	0,8513
VİSKOZİTE (100 ^{o}C) 35.gün (cSt)	0,8036	1,490	1,125	1,542	0,8863	0,8436

Çizelge 4.3. te alüminyum levha daldırılmış yağların parlama noktası, yanma noktası, 100 ^{o}C ve 40 ^{o}C deki viskozite değişimleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında parlama ve yanma noktalarının TSE 12330'a uygun olduğu görülmektedir. Tüm yağlar kriterlere uymaktadır. Yani geçen bu sürede yağ özelliğini halen korumaktadır. Bu veriler korozyon hızının neden geçen zamana rağmen çok yavaş olduğunu göstermektedir.

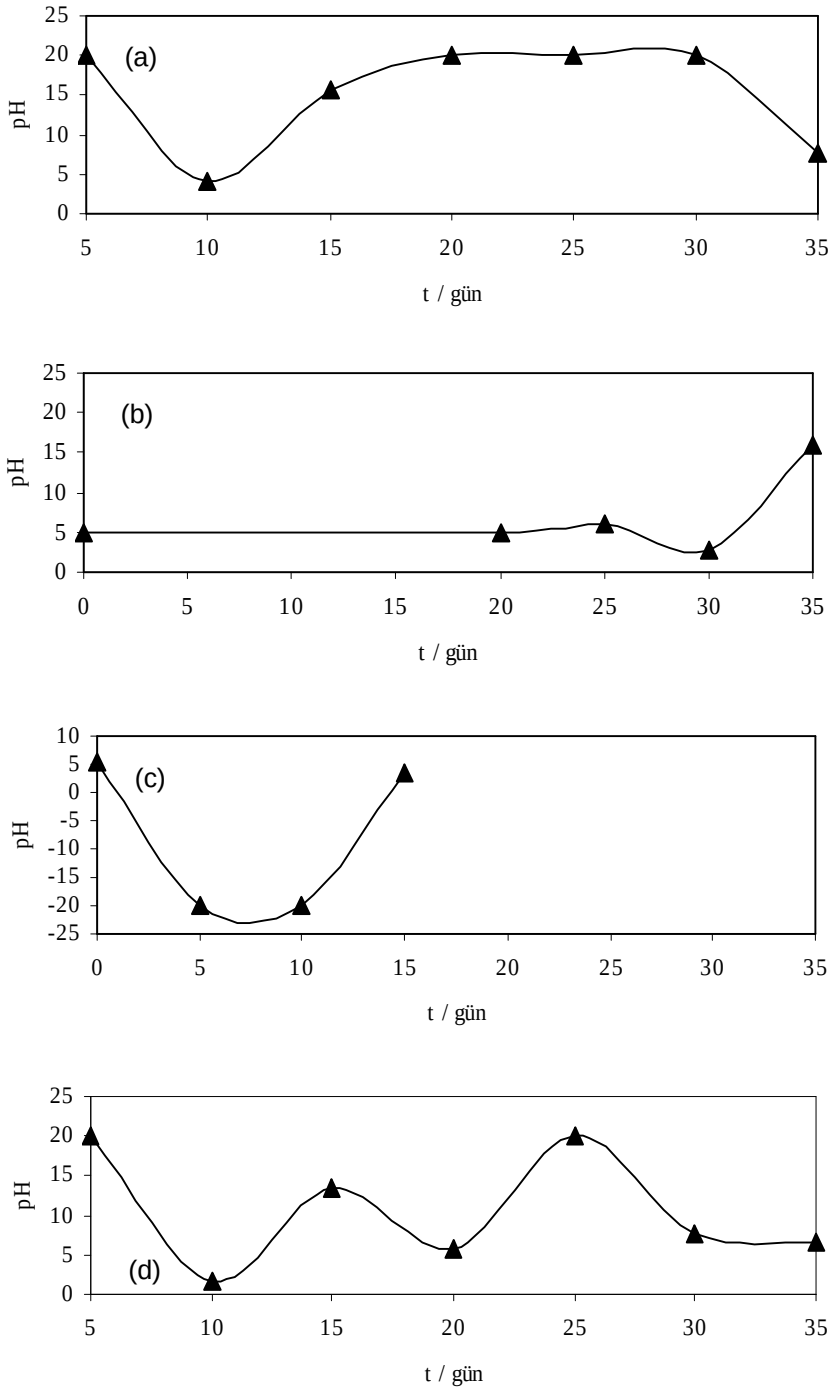
4.2. Bakır

Çizelge 4.4.'te 35 gün süre ile içerisine bakır levha daldırılan tek tip (yazlık-kışlık tip-katıksız-SAE 30, SAE 40) yağlar ile çoklu tip (hem yazlık hem kışlık-katıklı-10W/40,20W/50) yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları verilmiştir. Uçucu madde miktarlarını karşılaştırdığımız zaman başlangıçta SAE 30 ve 10W/40 yağlarının uçucu madde değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Ancak 35. gün ölçümlerinde 10W/40 yağındaki uçucu madde miktarının daha fazla olduğu görülmektedir. Aynı şekilde SAE 40 ile 20W/50 yağlarının uçucu madde miktarları da başlangıçta birbirine yakındır ama 35. gün sonunda azalmıştır. Ancak eşit oranda değildir. Bunun nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz; deneysel çalışmalarda kullanılan yağlar içerisindeki baz yağların oranlar farklıdır, yağların içerisinde bulunan pas önleyici, viskozite değiştirici ve deterjan katıkları gibi katkılar farklı oranlarda bulunur, bunların dışında içlerinde bulunan metallerin korozyon hızları farklıdır.

Çizelge 4.4. Bakır daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri

BAKIR				
uçucu madde (%w) / zaman(gün)	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50
0	0,113	0,119	0,138	0,135
35	0,0449	0,0832	0,0488	0,0577

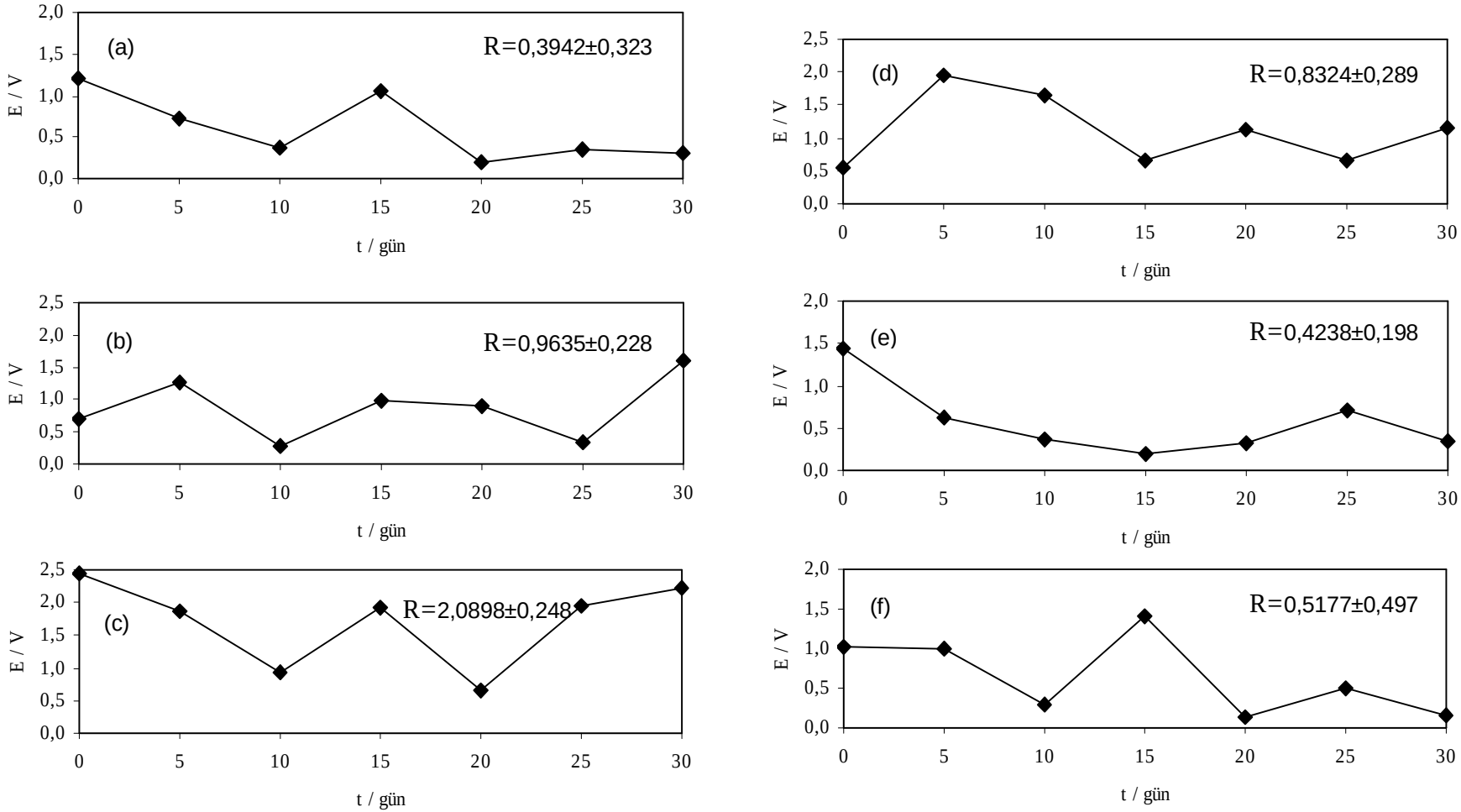
Şekil 4.5. içerisine bakır levha daldırılan tek tip, çoklu tip ve hidrolik yağların pH'sının zamanla değişimleri verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bazı yağlarda ve bazı günlerde oldukça düzenli ve düzgün sonuçlar elde edilse de bazı günlerde ve yağlarda aniden pH da yükselmeler ve düşmeler ölçülmüştür. Bazı zamanlarda ise hiç ölçüm alınamamıştır. pH ölçüm çalışmasının amacı ortam sıcaklığının veya metal korozyonun kullanılan yağın pH sı üzerinde bir etkisinin olup olmadığının anlaşılmasıdır. Ancak bu ölçülememiştir. Çünkü yağlar hekzan gibi organik ve büyük moleküllerden oluşmaktadır. Ayrıca üretimlerinde kullanılan katıklarda genellikle hekzan içerisinde çözülebilecek büyüklükte olan polimerik yapılı maddelerdir. Bu yüzden yağlar içerisinde çok küçük yapıdaki iyon tanecikleri bulunsa bile cam membranın yüzeyine ulaşıp seçici geçirgen zardan geçememiştir.



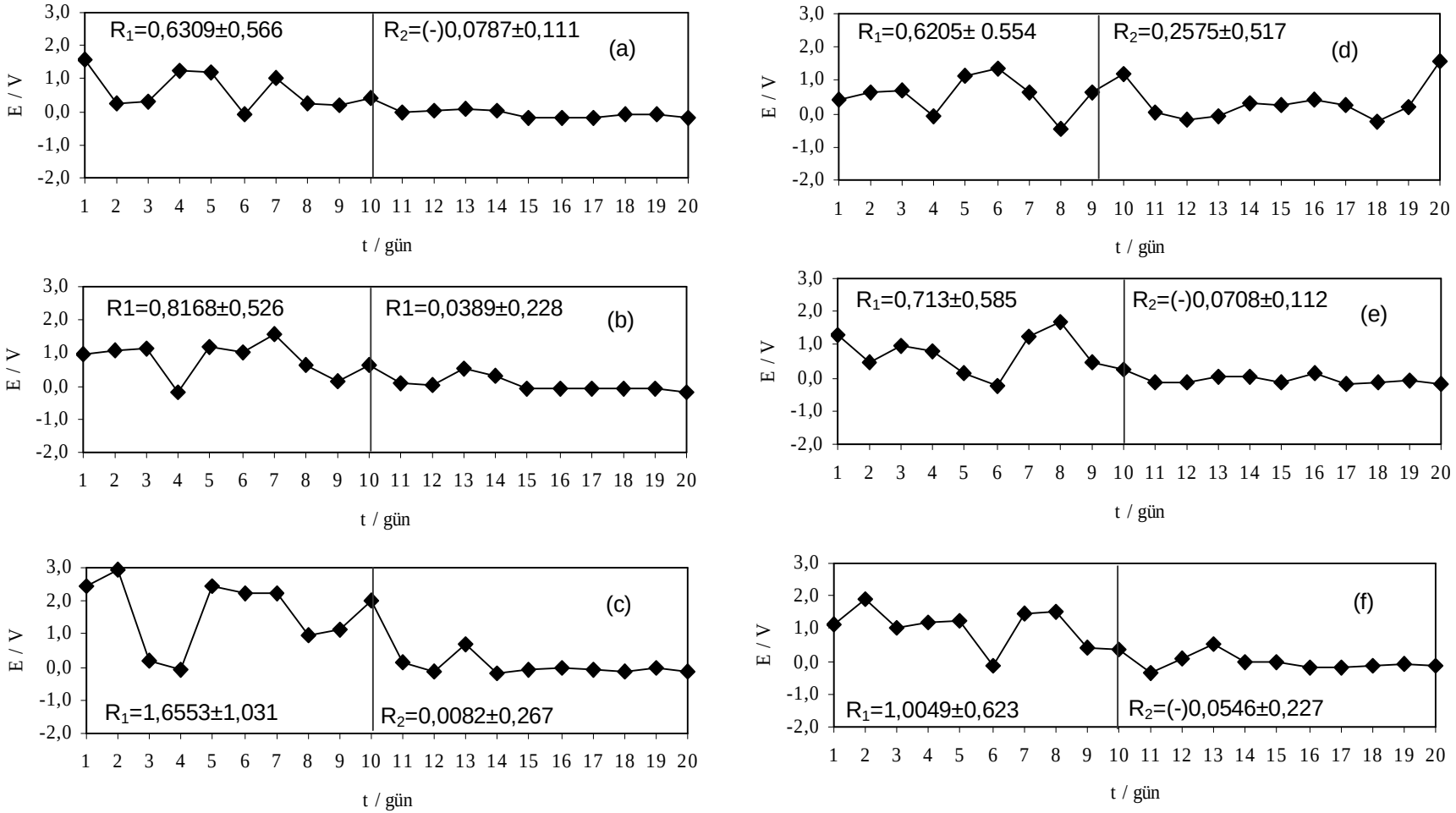
Şekil 4.5. Bakır levha daldırılan SAE 30 (a), SAE 40 (b), 20W/50 (c), HD 68 hidrolik yağı (d)larının zamanla değişen pH'değerleri

Üç elektrot tekniği kullanılarak bakırın, Ag/AgCl referans elektroda karşı değişik ortamlardaki belirlenen potansiyelleri Şekil 4.6. da görüldüğü gibi potansiyeller ~0,200-2,800 V arasında salınmaktadır. Şekilde görüldüğü potansiyel değişimlerinde sürekli bir salınım görülmektedir. Bunun nedeni pH'da açıklandığı gibi çok yoğun ve büyük moleküllü olan yağlar ve içerisinde aynı özellikte bulunan katıklar metal yüzeyine ince bir film tabakası olarak adsorbe olmaktadır ve metal yüzeyine çok küçük yapıdaki iyonların yaklaşmasına izin vermemektedir. Bu olay metal yüzeyini korozyondan koruduğu gibi potansiyellerinde oldukça yüksek okunmasına neden olmaktadır. Ayrıca potansiyellerdeki bu ani yükseliş ve düşüşlere neden olmaktadır. Potansiyellerin birbirinden çok farklı okunmasına neden olarak yoğunluk farklılıklarını da gösterebiliriz. SAE 30, 10W/40, 20W/50, SAE 40, HD 68 ve HD 46'nın yoğunlukları sırası ile 0,878g/mL, 0,882 g/mL, 0,888 g/mL, 0,867 g/mL, 0,882 g/mL 0,871 g/mL'dir. Şekil 4.11. deki sonuçlardan görüldüğü gibi yoğunluk artıkça potansiyelde artmaktadır.

Şekil 4.7. de görüldüğü gibi 1. ve 10. günler arası motor yağlarına bırakılan elektrotun 11. ve 20. günler arasında %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki zamanla değişen potansiyel değerleri verilmiştir. Koruyucu yağlar içerisinde (1. ve 10. gün) potansiyel değerleri ani artış ve azalışlar gösterirken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde ~(-0,300)-(+0,700) V arasında olmaktadır ve genellikle çok fazla sapma olmamaktadır. %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki bakır elektrotun potansiyeline baktığımızda daha yoğun olan yağların film koruyuculuğunun daha iyi olduğu görülmektedir. Buna sebep olarak yoğun yağların yüzeye daha iyi adsorblandığını iyonların metal yüzeyine yaklaşmasını daha fazla engellediğini söyleyebiliriz. Bakırın potansiyelini daha önce bahsettiğimiz metallerin potansiyeli ile karşılaştıracak olursak her metalin %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değişimi farklılık göstermektedir.



Şekil 4.6. Bakırın; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri



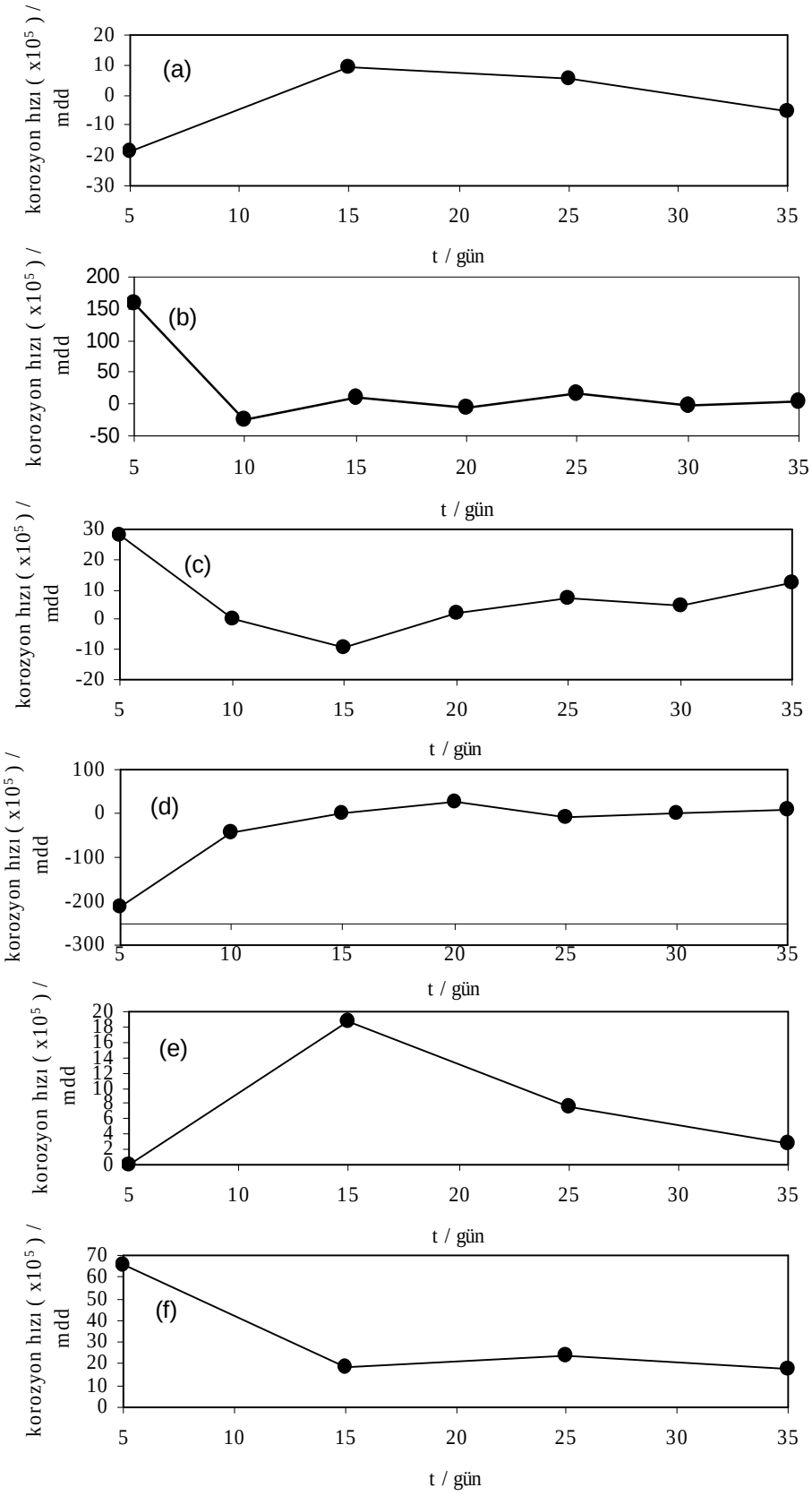
Şekil 4.7. Bakırın; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri

Çizelge 4.5. Bakırın; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri

BAKIR						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
KOROZYON HIZI (mdd)	3,528	-2,943	3,318	0,210	4,462	4,205

Bakırın, %3,5 NaCl içerisinde belirlenen korozyon hızları Çizelge 4.5'de verilmiştir. %3,5 NaCl içerisinde bakırın korozyonu çoklu tip yağlar (10W/40 ve 20W/50) içerisinde tek tip yağlar (SAE 40 ve SAE 30) içerisindekinden çok daha yavaştır. Ayrıca hidrolik yağlar olan HD 68 ve HD 46 içerisindeki 304 çeliğin korozyon hızlarını, çalışmasını yaptığımız diğer yağların korozyon hızları ile karşılaştırdığımızda; hidrolik yağların daha fazla korozyona uğrattığını görürüz. Bunun nedeni katıklı malzemelerin (10W/40 ve 20W/50) yüzeye daha iyi adsorbe olarak iyonların yüzeye yaklaşarak korozif etki yapmasını engellemesidir.

Kullanılan tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağlar ve hidrolik yağlar içerisindeki bakırın zamanla değişen korozyon hızı değerleri Şekil 4.8.'de verildiği gibidir. Korozyon hızı her yağda farklıdır. Korozyon hızında geçen zamana göre farklılıklar da görülmektedir. Korozyon hızındaki negatif değerler yüzeye adsorbe olan yağların yeterince temizlenememesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.8. Bakırın; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de korozyon hızı değerleri

Çizelge 4.6: Bakır levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri

BAKIR						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
PARLAMA NOKTASI (^{o}C)Baş.	218	222	230	232	224	220
PARLAMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	208	222	228	229	218	216
YANMA NOKTASI (^{o}C) Baş.	222	226	232	236	228	224
YANMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	212	226	232	232	222	220
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) Başlangıç (cSt)	9,653	20,76	11,56	24,45	9,546	9,463
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) 35.gün (cSt)	6,972	19,38	11,53	22,91	9,343	9,324
VİSKOZİTE (100 ^{o}C)Başlangıç (cSt)	0,8524	1,922	0,9468	1,832	0,8592	0,8513
VİSKOZİTE (100 ^{o}C) 35.gün (cSt)	0,7381	1,806	1,0024	1,575	0,8853	0,8346

Çizelge 4.6.da bakır levha daldırılmış yağların parlama noktası, yanma noktası, 100 ^{o}C ve 40 ^{o}C'deki viskozite değişimleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında parlama ve yanma noktalarının TSE 12330'a uygun olduğu görülmektedir. Tüm yağlar kriterlere uymaktadır. Yani geçen bu sürede yağ koruma özelliğini halen korumaktadır. Bu veriler korozyon hızının neden geçen zamana rağmen çok yavaş olduğunu göstermektedir.

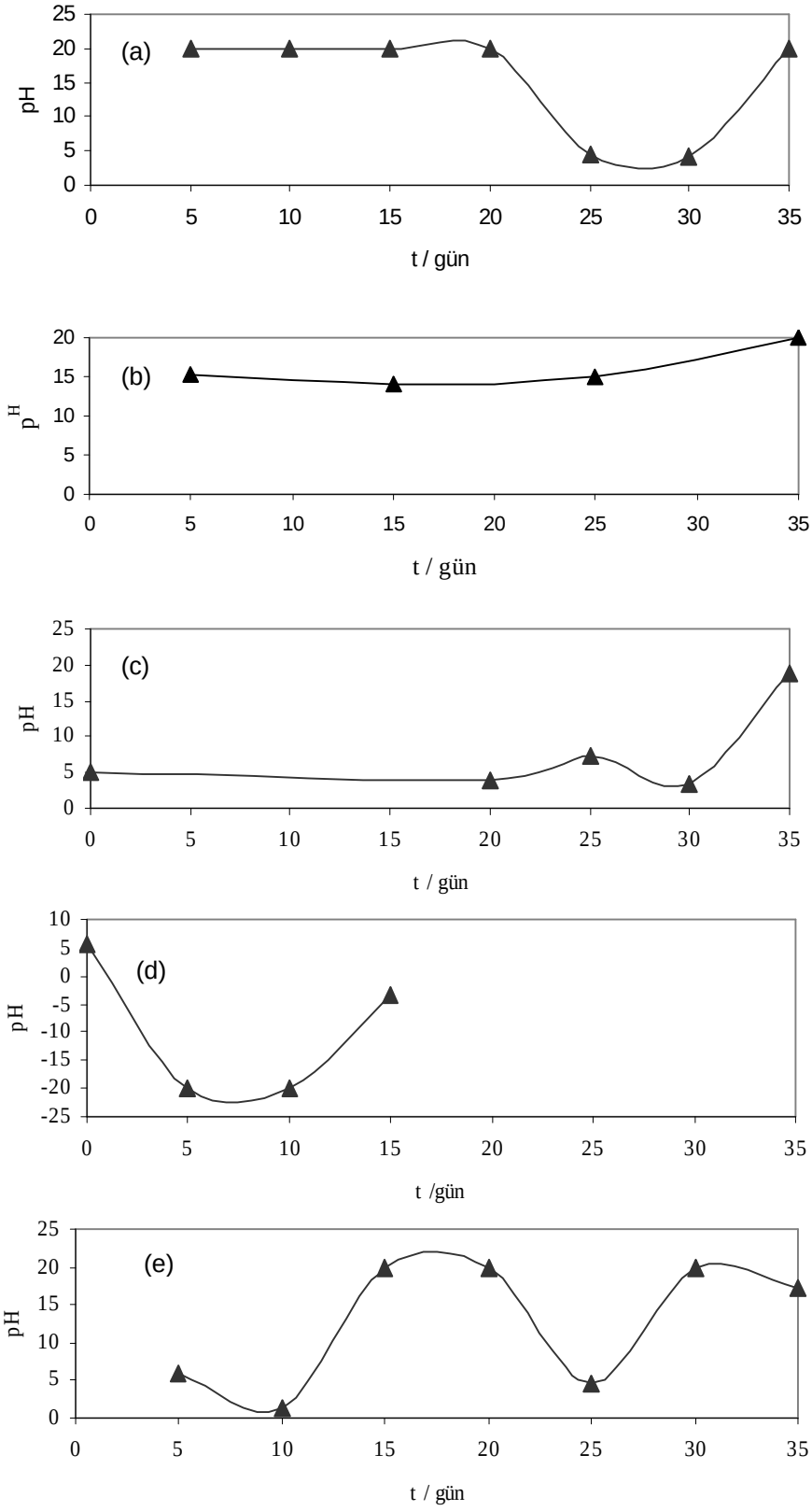
4.3. Çelik

Çizelge 4.7. de 35 gün süre ile içerisine paslanmaz çelik levha daldırılan tek tip (yazlık-kışlık tip-katıksız-SAE 30, SAE 40) yağlar ile çoklu tip (hem yazlık hem kışlık tip-katıklı-10W/40,20W/50) yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında başlangıçta SAE 30 ile 10W/40 yağlarının uçucu madde değerleri birbirine oldukça yakındır. Aynı şekilde SAE 40 ile 20W/50 yağlarının uçucu madde değerleri birbirine yakındır. Fakat 35. günün sonunda bu yakınlık değişmiş ve arada fark oluşmuştur. Aynı şekilde yağların başlangıçtaki uçucu madde değerleri ile 35. günün sonundaki uçucu madde değerleri de faklılaşmıştır. Bunun sebebi bu yağları oluştururken kullanılan baz yağların çeşitlerinin ve miktarlarının içerisinde kullanılan katıkların çeşidinin ve miktarın farklı olmasıdır.

Çizelge 4.7. Paslanmaz çelik daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri

PASLANMAZ ÇELİK				
uçucu madde (%w) / zaman(gün)	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50
0	0,113	0,119	0,138	0,135
35	0,039	0,078	0,070	0,075

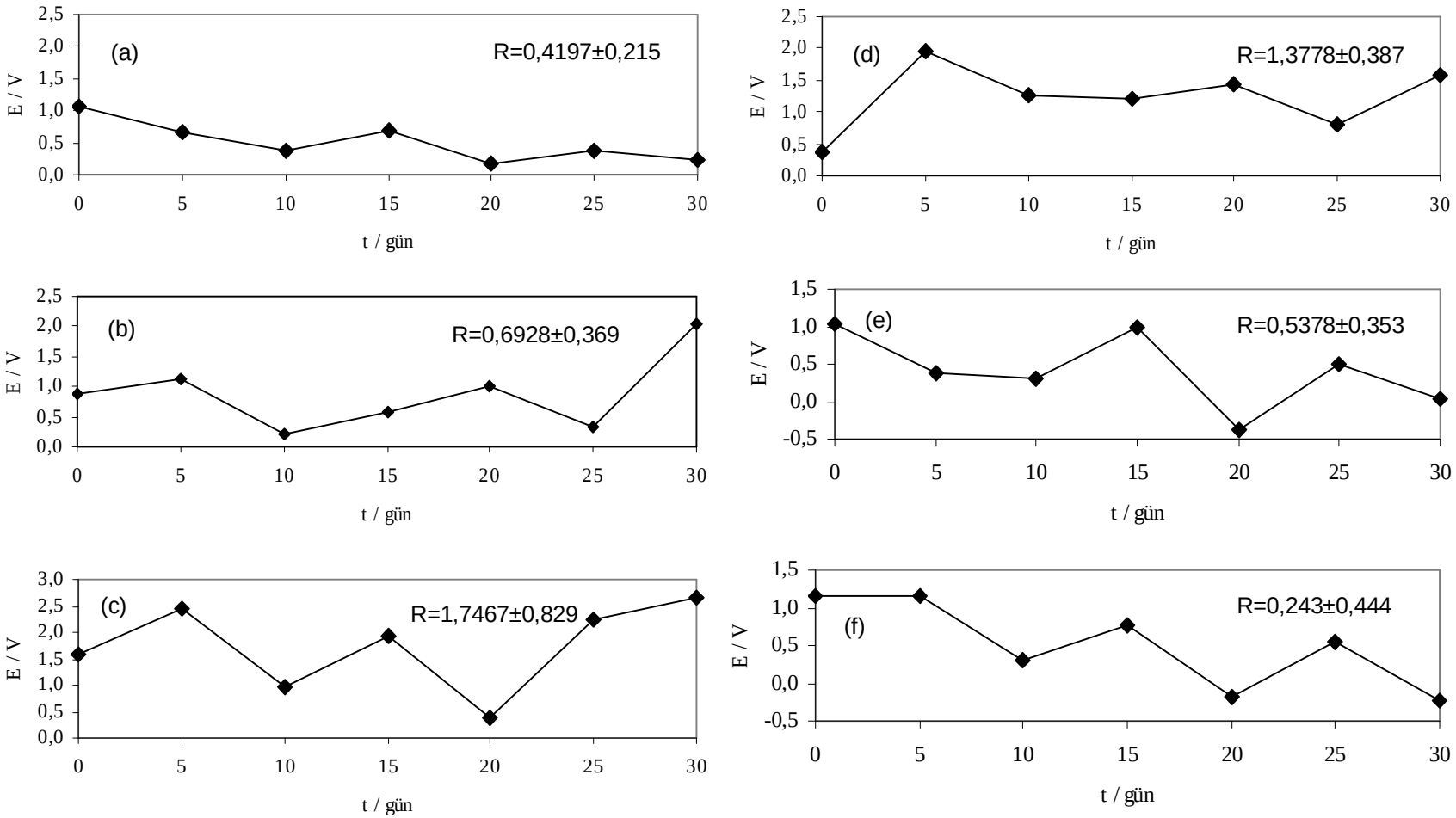
Şekil 4.9. içerisine paslanmaz çelik levha daldırılan tek tip, çoklu tip ve hidrolik yağların pH'sının zamanla değişimleri verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi pH da çok büyük sapmalar görülmektedir. Bunun sebebi cam elektrotun ucunda bulunan, çok hassas iyon geçirgenliği olan, cam membranın gözeneklerinin organik ve oldukça yoğun olan yağlar tarafından tıkanmasıdır. Yağların membranın yüzeyini metallerdeki gibi film tabakası olarak kaplamasından dolayı çok küçük yapıdaki iyonlar mebrana ulaşamamaktadır. Bu oluşan organik film pH elektrotun çevresinde oluştuğu için -20 ile +20 arasında anlamsız pH'lar okunmuştur. Bu ölçümler bu koşullarda anlamsızdır. Çünkü pH daki en doğru değerler pH 3-9 arasında ölçülür. pH'nın ısrarla ölçülmek istenmesin sebebi yağın fizikokimyasal özelliklerine zamanın, sıcaklığın yada korozyonun etkisini incelemektir.



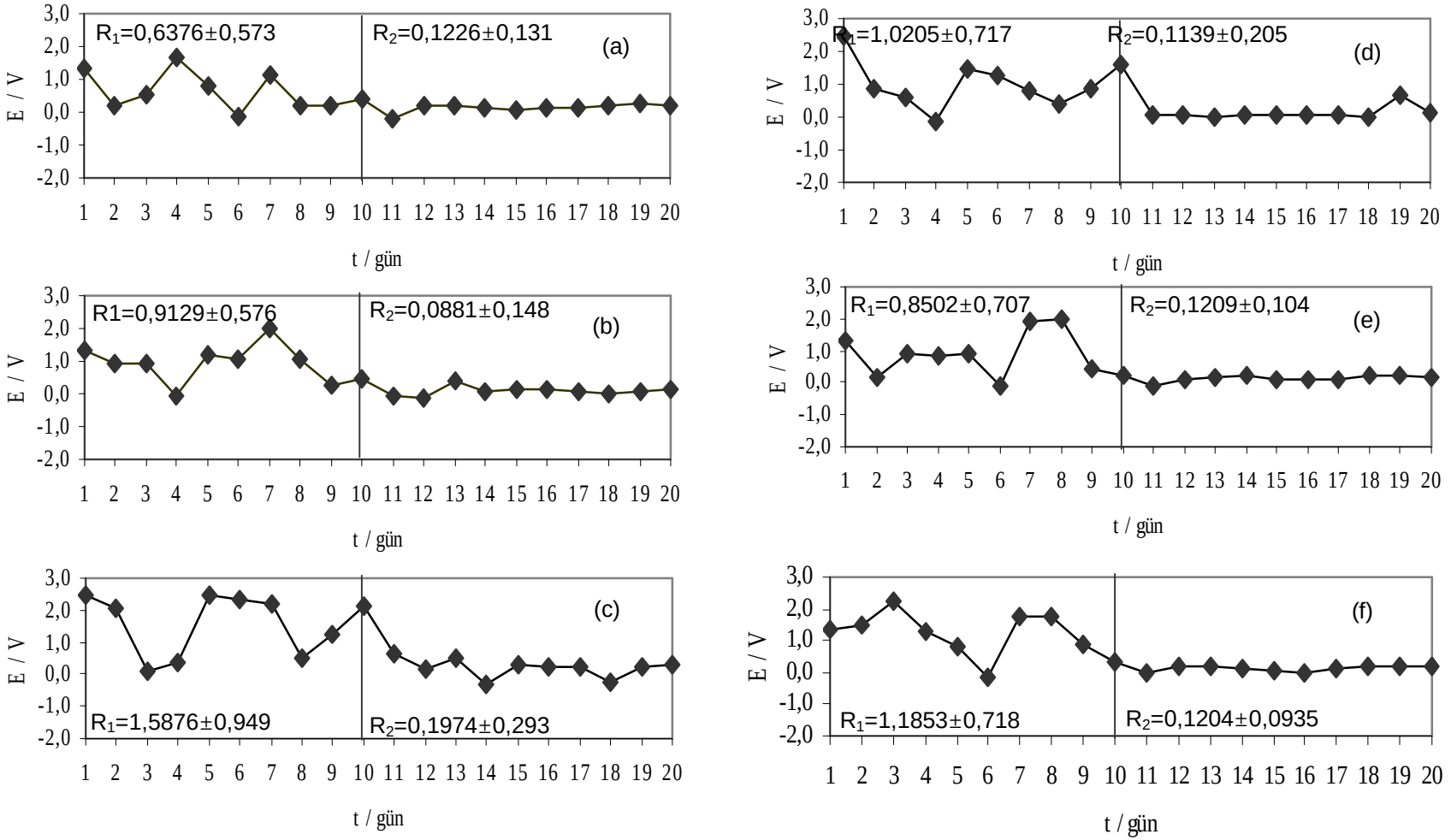
Şekil 4.9. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), zamanla değişen pH değerleri

Üç elektrot tekniği kullanılarak paslanmaz çeliğin, Ag/AgCl referans elektroda karşı değişik ortamlardaki belirlenen potansiyelleri Şekil 4.10. de görüldüğü gibi potansiyeller ~0,225-2,700 V arasında salınmaktadır. Bu salınımlar hep pozitif (+) değerlerdedir. Bu bize yağın elektrot yüzeyine adsorplandığını göstermektedir. Çoklu tip yağlar (10W/40 ve 20W/50) karşılaştırıldığında 20W/50'nin potansiyel değeri daha yüksektir. Bu da 20W/50'nin paslanmaz çelik yüzeyine daha iyi adsorplandığını göstermektedir. Yine SAE 40 ve 20W/50'yi karşılaştırdığımızda 20W/50'nin potansiyel değerinin daha yüksek olduğu görülmektedir. Dolayısıyla yüzeye film tabakası olarak adsorplanma daha fazladır[Samide ve ark.,2004]. Bu adsorplanmanın yüksek olmasında yağlar arasındaki yoğunluk farklarının da etkisi vardır. SAE 30, 10W/40, 20W/50, SAE 40, HD 68 ve HD 46'nın yoğunlukları sırası ile 0,878g/mL, 0,882 g/mL, 0,888 g/mL, 0,867 g/mL, 0,882 g/mL 0,871 g/mL'dir.Şekil 4.2. deki sonuçlardan görüldüğü gibi yoğunluk artıkça potansiyelde artmaktadır.

Şekil 4.11 de görüldüğü gibi 1. ve 10. günler arası motor yağlarına bırakılan elektrotun 11. ve 20. günler arasında %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değerleri verilmiştir. Koruyucu yağlar içerisinde (1. ve 10. gün) potansiyel salınımlar gösterirken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde ~(-0,300)-(+0,700) V olmaktadır. Paslanmaz çeliğin koruyucu yağlar içerisinde zamanla değişen potansiyel değerleri pozitif olurken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyel değerleri negatif değere doğru kaydı. Yağlar paslanmaz çeliğin yüzeyine adsorbe olarak paslanmaz çeliğin korozyona uğramasına engel olmaktadır. Yüzeye adsorbe olan yağlar %3,5 NaCl çözeltisinde dahi korozyona karşı paslanmaz çeliği oldukça iyi inhibe etmektedir [El-Etre ve ark, 2004, Bayoumi ve ark., 2005, Migahed ve ark., 2005].



Şekil 4.10. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri



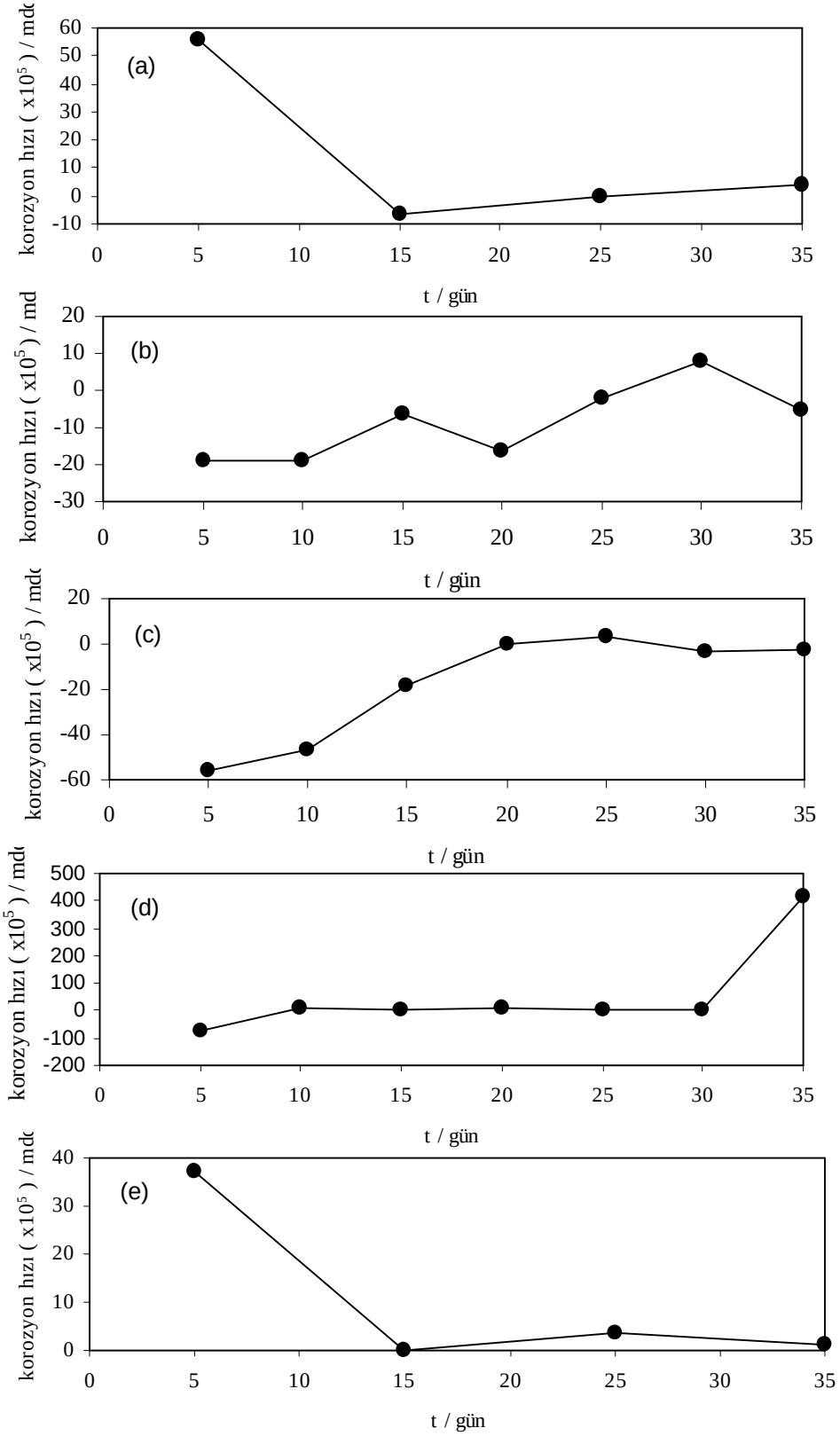
Şekil 4.11. Paslanmaz çeliğin; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri

Çizelge 4.8. Paslanmaz çeliğin; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri

PASLANMAZ ÇELİK						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
KOROZYON HIZI (mdd)	0,140	0,0467	0,0934	-0,140	0,0700	0,327

Paslanmaz çeliğin, %3,5 NaCl içerisinde belirlenen korozyon hızları Çizelge 4.8.'de verilmiştir. %3,5 NaCl içerisinde paslanmaz çeliğin korozyonu çoklu tip yağlar (10W/40 ve 20W/50) içerisinde tek tip yağlar (SAE 40 ve SAE 30) içerisindekinden çok daha yavaştır. Ayrıca hidrolik yağlar olan HD 68 ve HD 46 içerisindeki 304 çeliğin korozyon hızlarını, çalışmasını yaptığımız diğer yağların korozyon hızları ile karşılaştırdığımızda; hidrolik yağların daha fazla korozyona uğrattığını görürüz. Bunun nedeni katıklı malzemelerin (10W/40 ve 20W/50) yüzeye daha iyi adsorbe olarak iyonların yüzeye yaklaşarak korozif etki yapmasını engellemesidir [Marahusin ve ark., 1993, Fonsati ve ark., 1998, Fuchs-Godec ve ark., 2004].

Kullanılan tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağlar ve hidrolik yağlar (HD 68 ve HD 46) içerisindeki paslanmaz çeliğin zamanla değişen korozyon hızı değerleri Şekil 4.12.'te verildiği gibidir. Başlangıçta en iyi korumanın 20W/50'de olduğu görülse de (Şekil 4.12.c.) süreklilik açısından paslanmaz çeliği korozyona karşı en iyi koruyan SAE 40'dadır (Şekil 4.12.d.). Bunun sebebi SAE 40'ın diğer yağlara göre yüzeye daha iyi adsorbe olmasıdır. Geçen zamanın ve sıcaklığın bu yağın absorbansı üzerine etkisi diğer yağlara göre daha azdır. Korozyon hızındaki negatif değerler paslanmaz çeliğin yüzeyine yağın adsorbe olarak kaldığını ve yüzeyin yeterince temizlenemediğini bize göstermektedir.



Şekil 4.12: Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de korozyon hızı değerleri

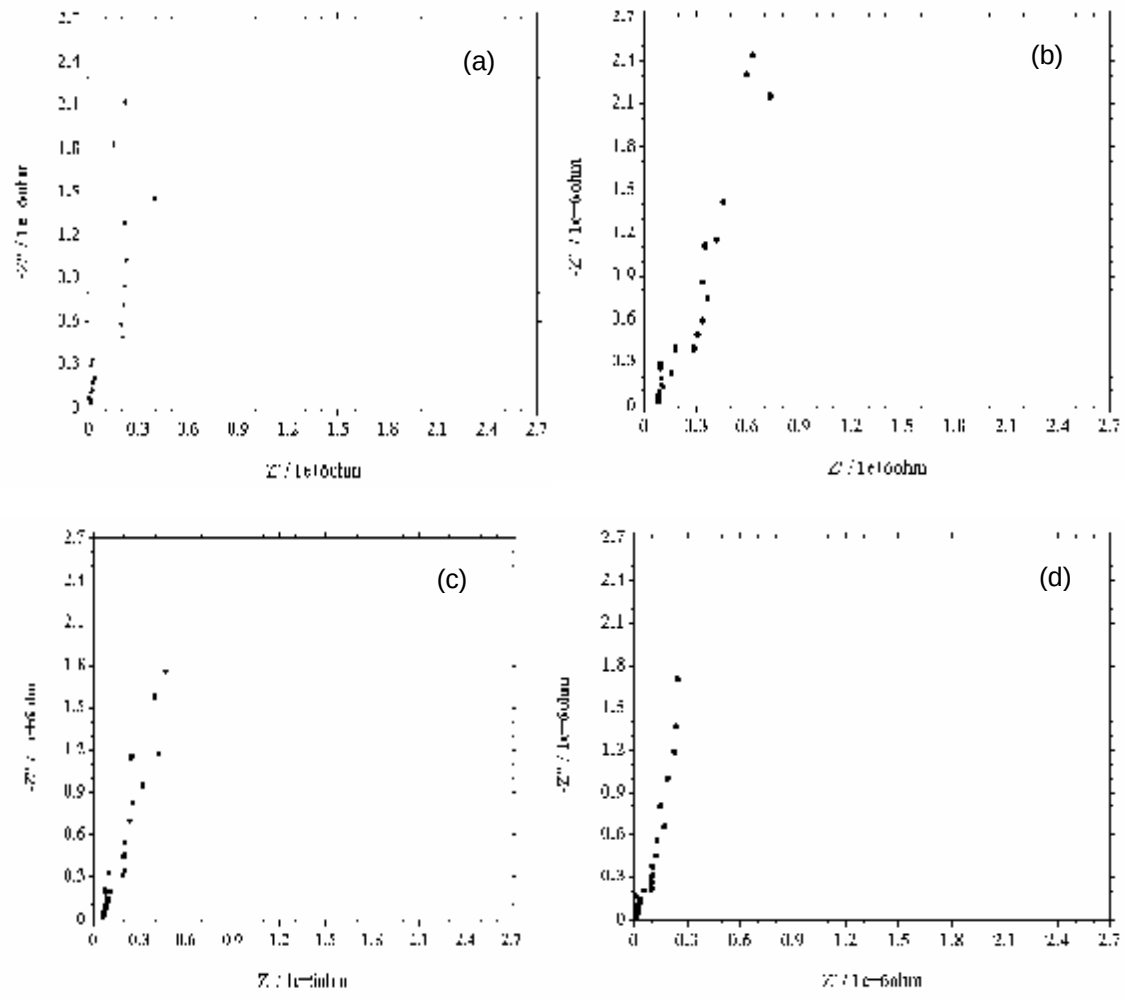
Çizelge 4.9. Paslanmaz çelik daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri

PASLANMAZ ÇELİK						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
PARLAMA NOKTASI (^{o}C)Baş.	218	222	230	232	224	220
PARLAMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	214	218	224	228	218	216
YANMA NOKTASI (^{o}C) Baş.	222	226	232	236	228	224
YANMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	218	221	228	232	222	220
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) Başlangıç (cSt)	9,653	20,76	11,56	24,45	9,546	9,463
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) 35.gün (cSt)	9,068	18,73	11,45	22,64	9,439	9,267
VİSKOZİTE (100 ^{o}C)Başlangıç (cSt)	0,8524	1,922	0,9468	1,832	0,8592	0,8513
VİSKOZİTE (100 ^{o}C) 35.gün (cSt)	0,8222	1,857	1,129	1,676	0,8589	0,8297

Çizelge 4.9. da paslanmaz çelik levha daldırılmış yağların parlama noktası, yanma noktası, 100 ^{o}C ve 40 ^{o}C deki viskozite değişimleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında parlama ve yanma noktalarının TSE 12330'a uygun olduğu görülmektedir. Tüm yağlar kriterlere uymaktadır. Yani geçen bu sürede yağ koruma özelliğini halen korumaktadır. Bu veriler korozyon hızının neden geçen zamana rağmen çok yavaş olduğunu göstermektedir.

Paslanmaz çeliğin, tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağlar içerisinde belirlenen Nyquist diyagramları Şekil 4.13..'de verilmiştir. Bu şekildeki diyagramlar 30. günde değişik yağlar içerisinde elde edilmiştir. Metal / çözelti ara yüzeyinde oluşan çift tabakanın sisteme uygulanan alternatif akıma karşı tepkisiyle oluşan Nyquist diyagramında Z'(x ekseni) gerçek empedans, Z" (y ekseni) sanal empedansı göstermektedir [Tuken, 2005]. Teorik olarak bu diyagramlar yarım daire ya da yarım daireden sapmalar şeklinde oluşabilir. Ancak Şekil 4.13..'te böyle bir değişim görülmemektedir. Metal-yağ ara yüzeyinde demirin, Fe(+2) ya da Fe(+3)'e dönüşmememsi yarım daire ya da elipsin oluşmamasına neden olmuştur. Sistem

doğrudan artan açılarla Warburg empedansına gitmiştir. Şekil 4.13 de görüldüğü gibi Z' ile Z" arasındaki açı 10W/40'dan 20W/50'ye gittikçe daha 90^o ye yaklaşmaktadır. Katıksız 10W/40'ın açısı 78^o, katıklı 10W/40'ın açısı 54^o katıksız 20W/50'nin açısı 66 ^{o}, katıklı 20W/50'nin açısı 74 ^{o}dir. Doksan dereceden sapmaları sırası ile12, 36, 21 ve 16 derecedir. Bu da bize demirli malzemeleri en fazla korozyona karşı koruyan yağın, katıklı 20W/50 olduğunu göstermektedir. Hidrolik yağlar (HD 68 ve HD 46) yağlarında Nyquist değerleri alınmaya çalışılmış fakat herhangi bir ölçüm alınamamıştır.



Şekil 4.13. Paslanmaz çeliğin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) alınan Nyquist eğrileri

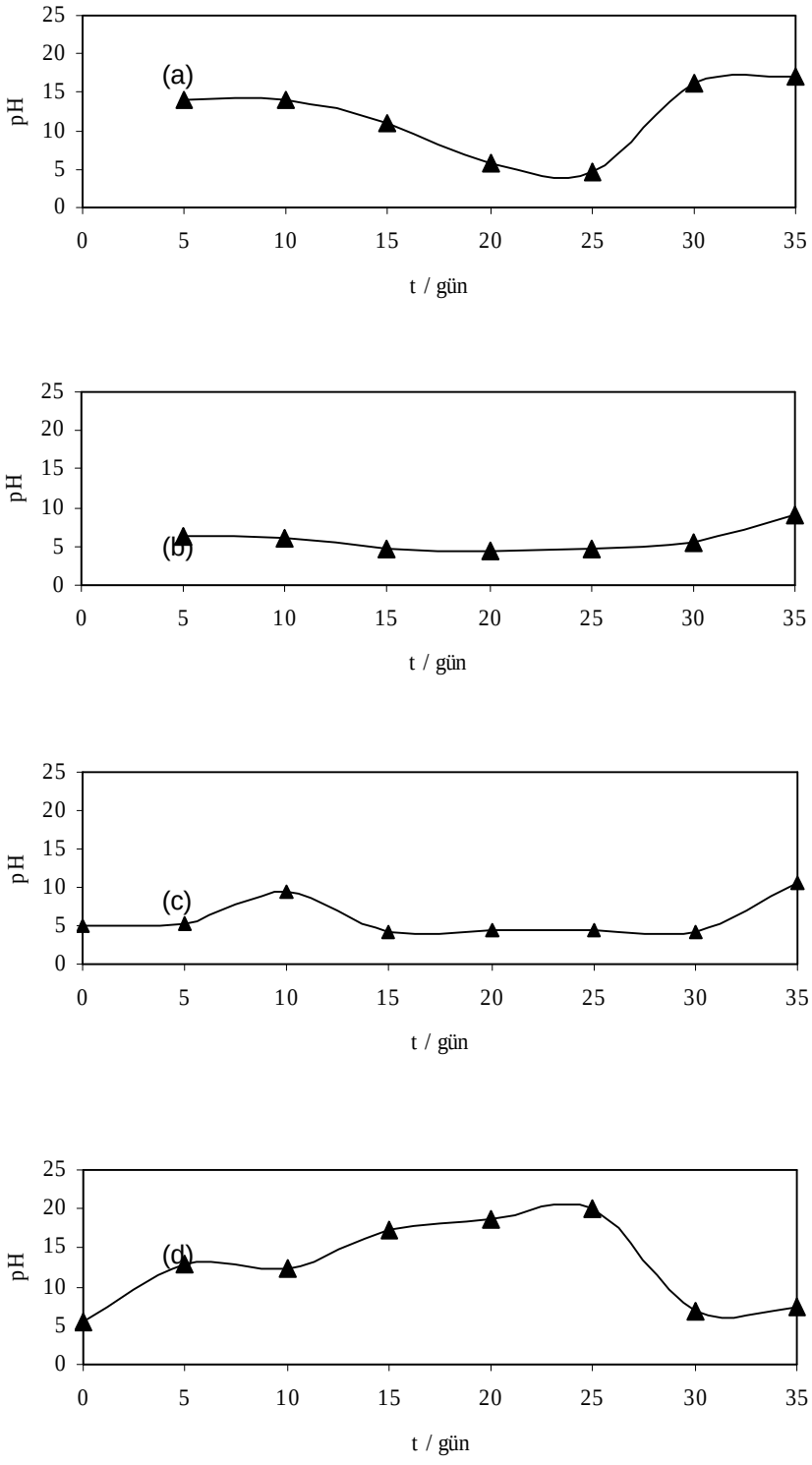
4.4. Kurşun

Çizelge 4.10. da 35 gün süre ile içerisine kurşun levha daldırılan tek tip (yazlık-kışlık tip-katıksız-SAE 30, SAE 40) yağlar ile çoklu tip (hem yazlık hem kışlık-katıklı-10W/40,20W/50) yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları verilmiştir. Kurşun levha daldırılmış yağlarda uçucu madde miktarı çok küçük değerlere düşmüştür. Başlangıca göre 35. gün sonunda uçucu madde miktarı oldukça azalmıştır. Bu durum kurşunun yağlar içerisindeki uçucu maddelerle oksitlenmesinden ileri gelebilir. Çünkü uçucu madde miktarı yağın içerisindeki sıvı ve 100 ^{o}C'ye kadar kaynama noktasına sahip maddelerdir. Uçucu madde içerisinde oldukça yüksek oranda nem bulunmaktadır. Dolayısıyla uçucu madde miktarı ne kadar az olursa yağ içerisindeki metal levhanın korozyona uğraması o kadar azalır.

Çizelge 4.10. Kurşun daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri

KURŞUN				
uçucu madde (%w) / zaman(gün)	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50
0	0,113	0,119	0,138	0,135
35	0,00378	0,00681	0,00140	0,00604

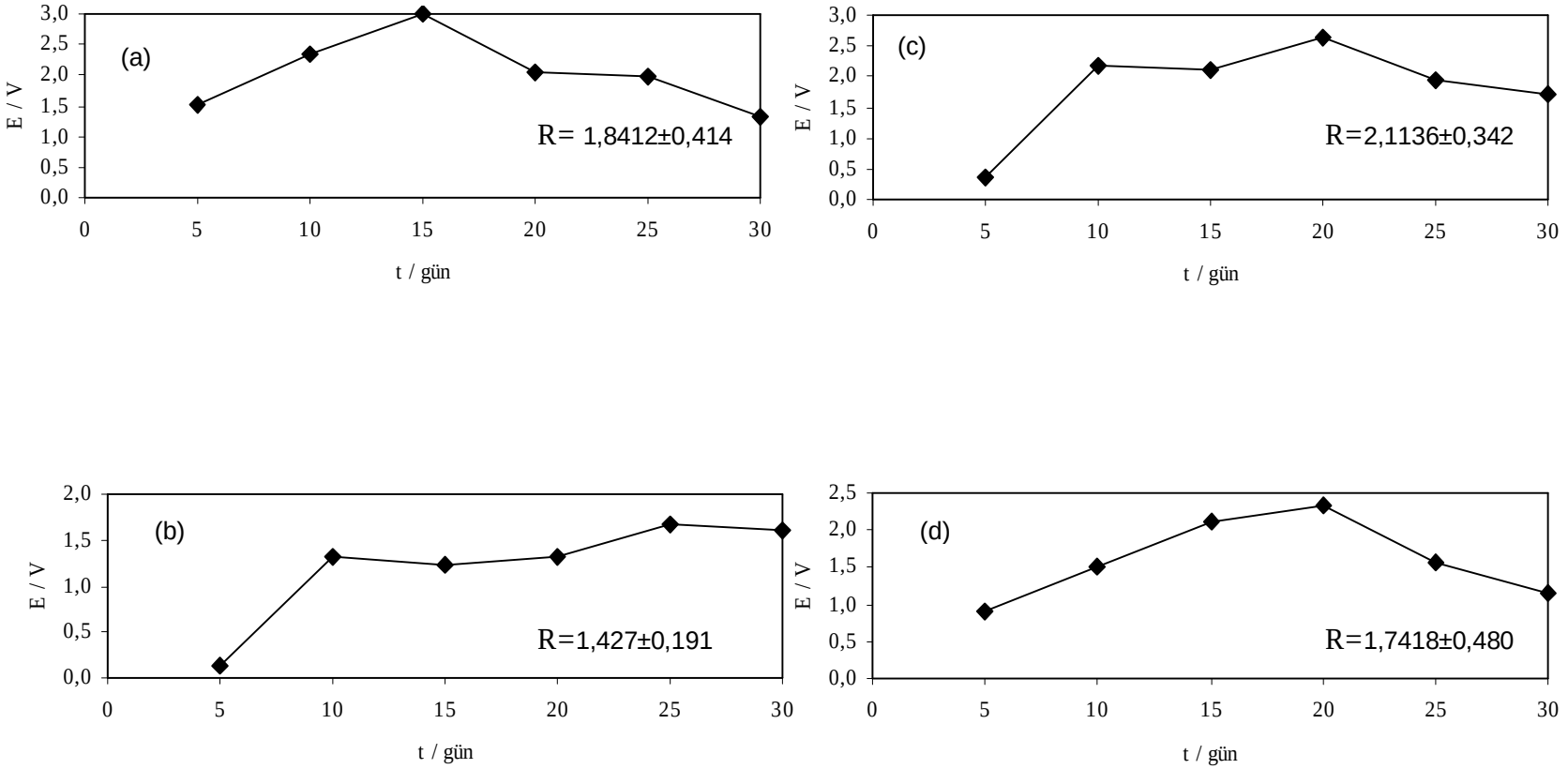
Şekil 4.14.'te içerisine kurşun levha daldırılan tek tip, çoklu tip ve hidrolik yağların pH'sının zamanla değişimleri verilmiştir. pHlar sapmalar gösterse de genellikle pH=5 civarında gezmektedir. Bu da asidik ortam olduğunu gösterir. Asidik ortam genellikle metallerin korozyona uğradığı bilinir. Ancak Şekil 1.5 te görüldüğü gibi kurşun çok kuvvetli, yüksek derişimdeki ve agresif asitler içerisinde korozyona uğramaktadır. Bu nedenle pH'nın asitli ortamı göstermesine rağmen çok fazla korozyona uğraması beklenilmemelidir. % 3,5 NaCl içerisindeki korozyon hızı verileri ve yağın içerisindeki korozyon hızı değerleri bu bilgilerle paralellik göstermektedir.



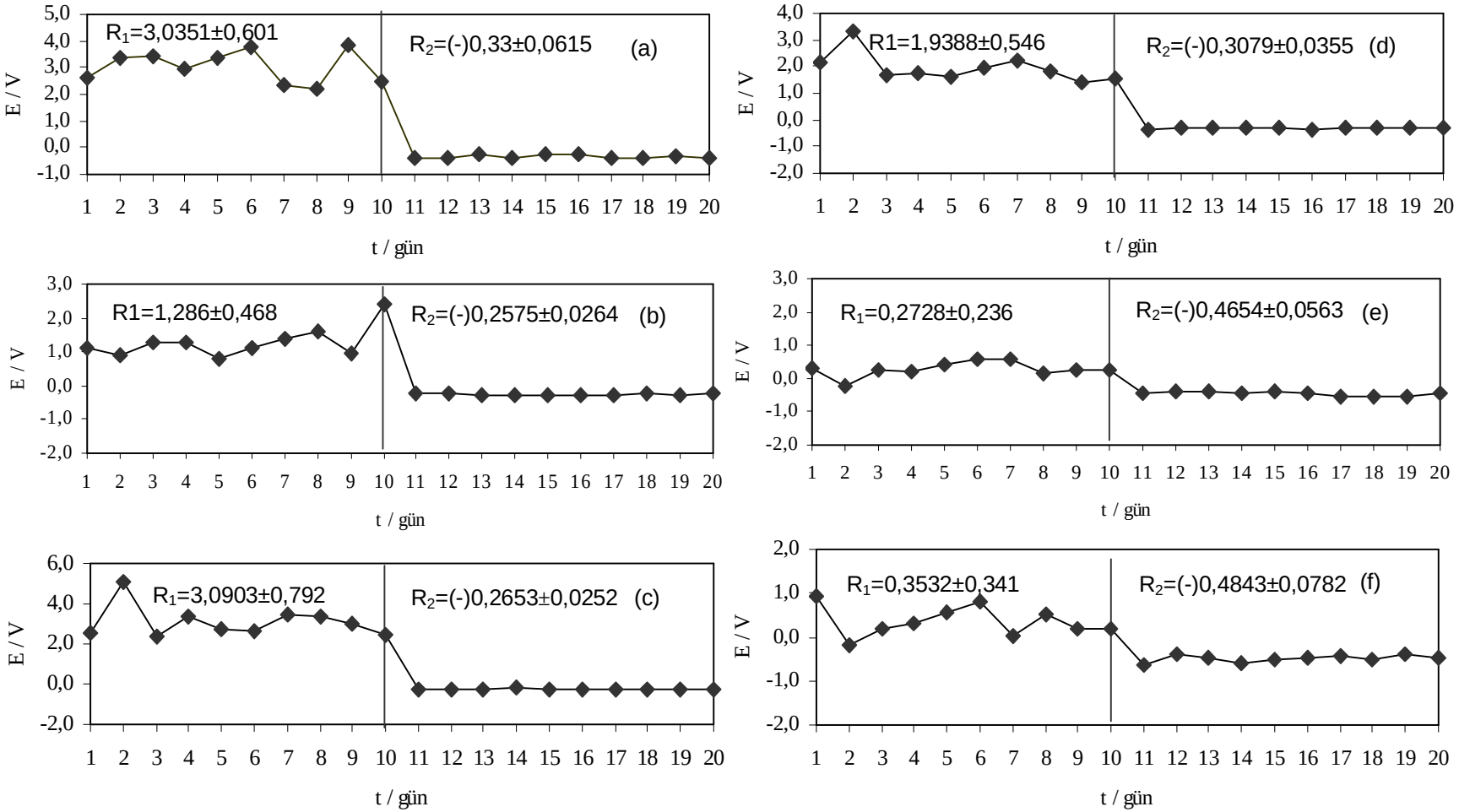
Şekil 4.14. Kurşun levha daldırılan SAE 30 (a), 10W/40, SAE 40 (c), 20W/50 (d) yağlarının zamanla değişen pH değerleri

Üç elektrot tekniği kullanılarak kurşunun, Ag/AgCl referans elektroda karşı değişik ortamlardaki belirlenen potansiyelleri Şekil 4.15. de görüldüğü gibi potansiyeller ~0,000-3,000 V arasında salınmaktadır. Bu salınışlar hep pozitif (+) değerlerdedir. Yağın içerisinde kurşun elektrotun potansiyelinin pozitif olması yağ içerisindeki korozyonun yavaş olduğunu göstermektedir. Potansiyel değerinin 3,000 gibi yüksek değerlerde okunmasının nedeni ise kurşunun kendi potansiyel direncinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 4.15. deki grafiklere bakıldığında kurşun için en iyi koruyucu yağın katıksız SAE 30 olduğu görülmektedir.

Şekil 4.16. da görüldüğü gibi 1. ve 10. günler arası motor yağlarına Kurşun elektrotun 11. ve 20. günler arasında %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değerleri verilmiştir. Şekil 4.16. daki grafik değerlerine bakıldığında yine potansiyel değerlerinin çok yüksek olduğu görülmektedir. Sürekli pozitif değerlerdedir. Bu değerler elektrotların yağlar içerisinde korunduğunu göstermektedir. %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değerlerine baktığımızda görüyoruz ki potansiyel negatif değere düşmesine rağmen yinede koruma devam etmektedir. Bu ölçümden de yine kurşun için en iyi korozyon önleyici yağın SAE 30 olduğu söylenebilir.



Şekil 4.15.: Kurşunun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de zamanla değişen potansiyel değerleri



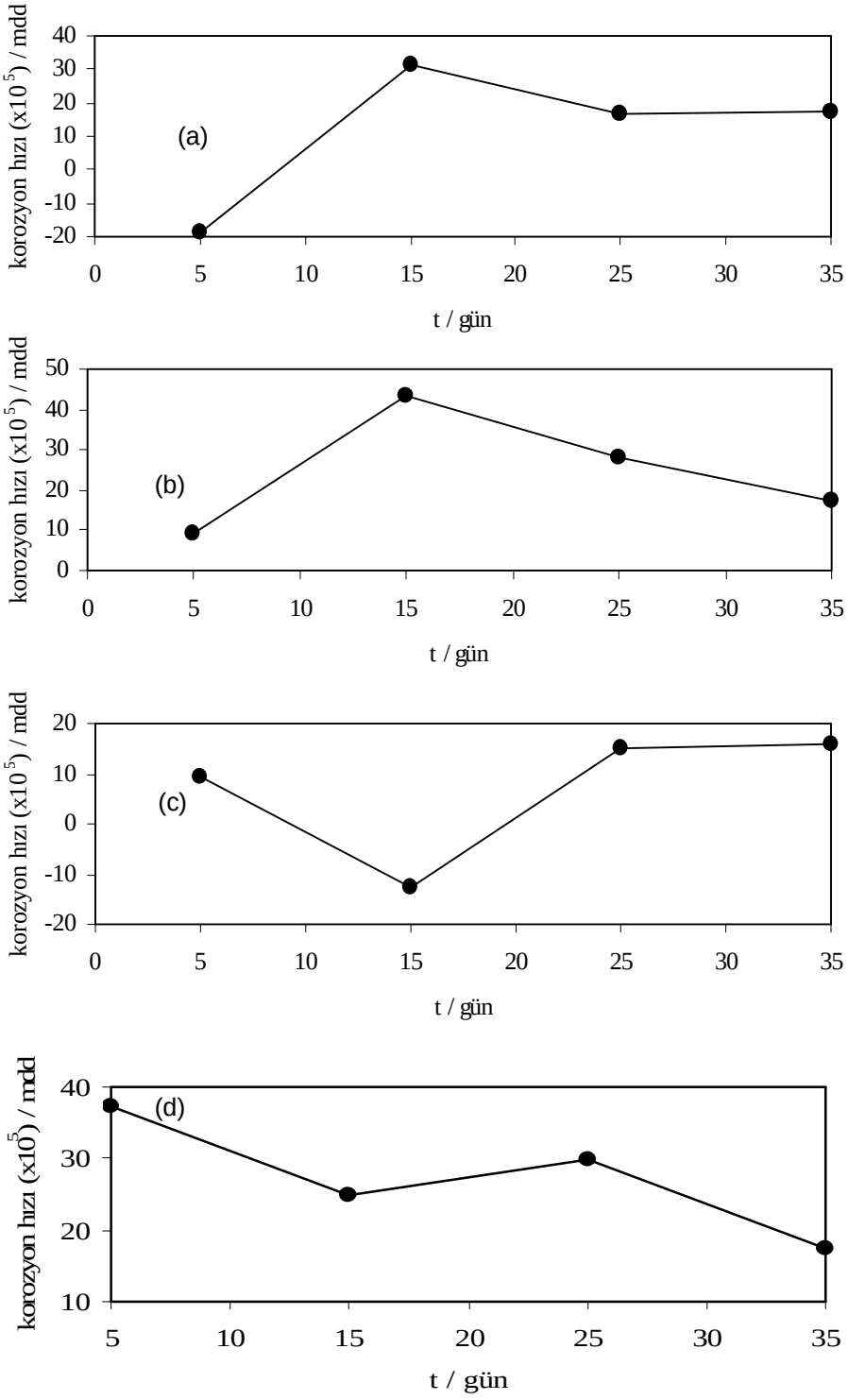
Şekil 4.16. Kurşunun; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri

Çizelge 4.11. Kurşunun; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri

KURŞUN						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
KOROZYON HIZI (mdd)	0,7476	0,8645	0,09346	0,1402	0,6775	0,8878

Kurşunun, %3,5 NaCl içerisinde belirlenen korozyon hızları Çizelge 4.11'da verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi korozyon hızı oldukça yavaştır. Bunun nedeni yağların kurşunun yüzeyinde iyi bir film tabakası oluşturmasıdır. Yağlar tarafından oluşturulan film tabakası %3,5 NaCl çözeltisinin metal yüzeyine temas etmesini engellemektedir. Dolayısıyla metal iyon ara yüzeyi çok az oluşmaktadır. Bu oluşan ara yüzey ise metalin geniş yüzeylerinden değil kalınlığının olduğu dar yüzeylerden kaynaklanmaktadır. Çünkü 2-6 mm kalınlığındaki yüzeye yağın tutunması oldukça zordur.

Kullanılan tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağla içerisindeki kurşunun zamanla değişen korozyon hızı değerleri Şekil 4.17.'de verildiği gibidir. Korozyon hızı değerleri de oldukça düşüktür. Buda göstermektedir ki yağlar kurşunu korozyona karşı korumaktadır. Bu yağlar arasında en iyi korumayı diğer verileri destekler şekilde SAE sağlamaktadır.



Şekil 4.17. Kurşunun; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d) de korozyon hızı değerleri

Çizelge 4.12. Kurşun levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri

KURŞUN						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
PARLAMA NOKTASI (^{o}C)Baş.	218	222	230	232	224	220
PARLAMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	213	226	224	229	218	215
YANMA NOKTASI (^{o}C) Baş.	222	226	232	236	228	224
YANMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	217	220	227	232	222	219
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) Başlangıç (cSt)	9,653	20,76	11,56	24,45	9,546	9,463
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) 35.gün (cSt)	7,889	17,79	11,53	22,91	9,479	9,426
VİSKOZİTE (100 ^{o}C)Başlangıç (cSt)	0,8524	1,922	0,9468	1,832	0,8592	0,8513
VİSKOZİTE (100 ^{o}C) 35.gün (cSt)	0,8159	1,359	1,0024	1,683	0,9064	0,8432

Çizelge 4.12. te kurşun levha daldırılmış yağların parlama noktası, yanma noktası, 100 ^{o}C ve 40 ^{o}C deki viskozite değişimleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında parlama ve yanma noktalarının TSE 12330'a uygun olduğu görülmektedir. Tüm yağlar kriterlere uymaktadır. Yani geçen bu sürede yağ koruma özelliğini halen korumaktadır. Bu veriler korozyon hızının neden geçen zamana rağmen çok yavaş olduğunu göstermektedir.

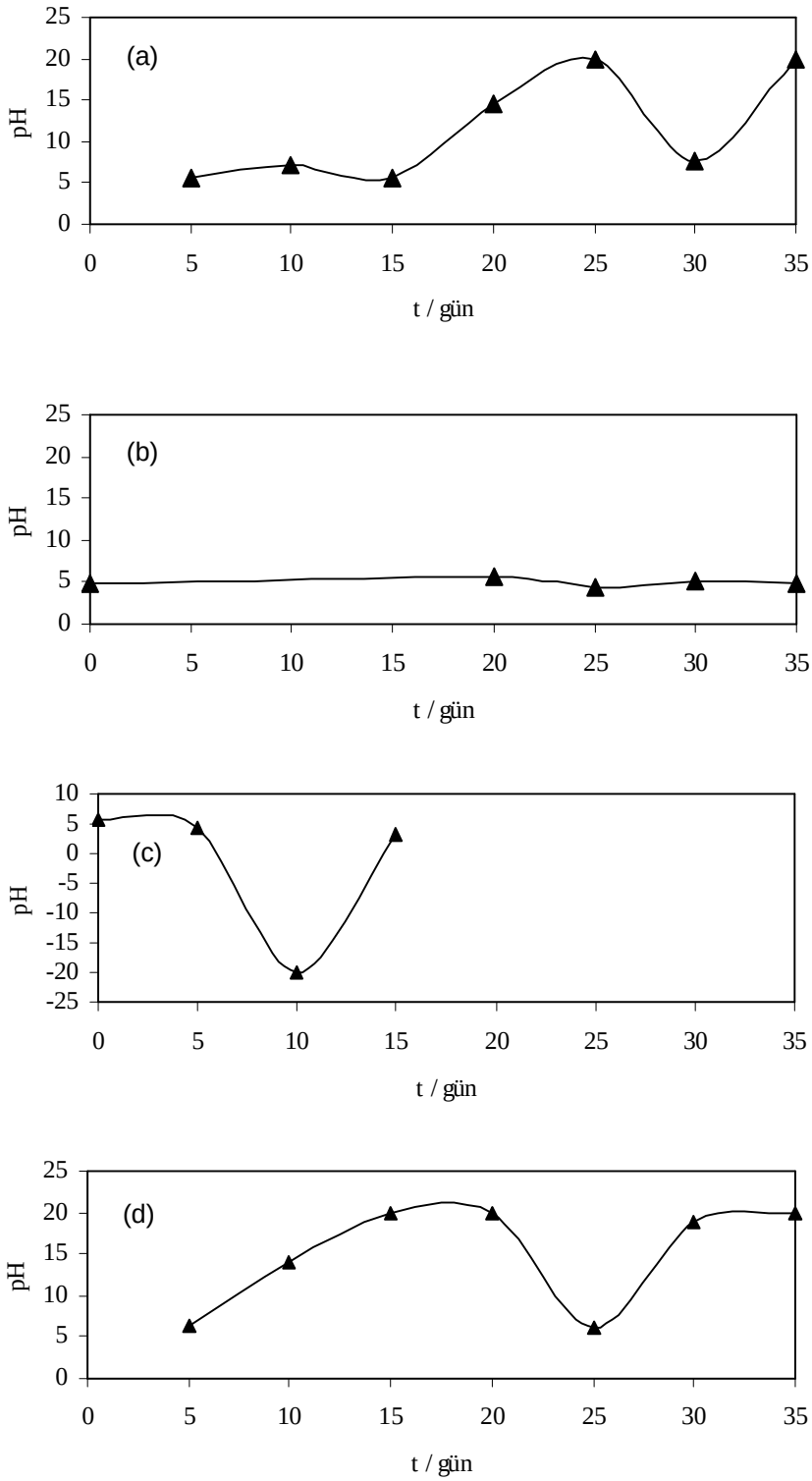
4.5. Pirinç

Çizelge 4.13. de 35 gün süre ile içerisine pirinç levha daldırılan tek tip (yazlık-kışlık tip-katıksız-SAE 30, SAE 40) yağlar ile çoklu tip (hem yazlık hem kışlık-katıklı-10W/40,20W/50) yağ ve hidrolik yağların zamanla değişen uçucu madde miktarları verilmiştir. Pirinç levha daldırdığımız yağların uçucu madde miktarlarına baktığımızda başlangıçta birbirine yakın sayılır ancak zamanla SAE 30 ve SAE 40'ta oldukça azalmıştır. Ancak 10W/40 ve 20W/50'de daha yüksektir. Bunu şu şekilde açıklayabiliriz SAE 30 ve SAE 40 aynı tür yağlardan farklı oranlarda hazırlanmıştır içlerinde katık bulunmamaktadır ve SAE 30 daki baz yağ SAE 40'a göre daha fazla uçucu madde içermektedir. Benzer durum 10W/40 ve 20W/50'de ise yine aynı baz yağlar kullanılmasın arağmen bunların yanı sıra katıklarda kullanılmıştır. Bundan dolayı uçucu madde miktarını daha fazla içermektedir.

Çizelge 4.13. Pirinç daldırılmış SAE 30, 10W/40, SAE 40, 20W/50 yağlarının zamanla değişen kütlece uçucu madde miktarı değerleri

PİRİNÇ				
uçucu madde (%w) / zaman(gün)	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50
0	0,113	0,119	0,138	0,135
35	0,0504	0,0989	0,0318	0,0663

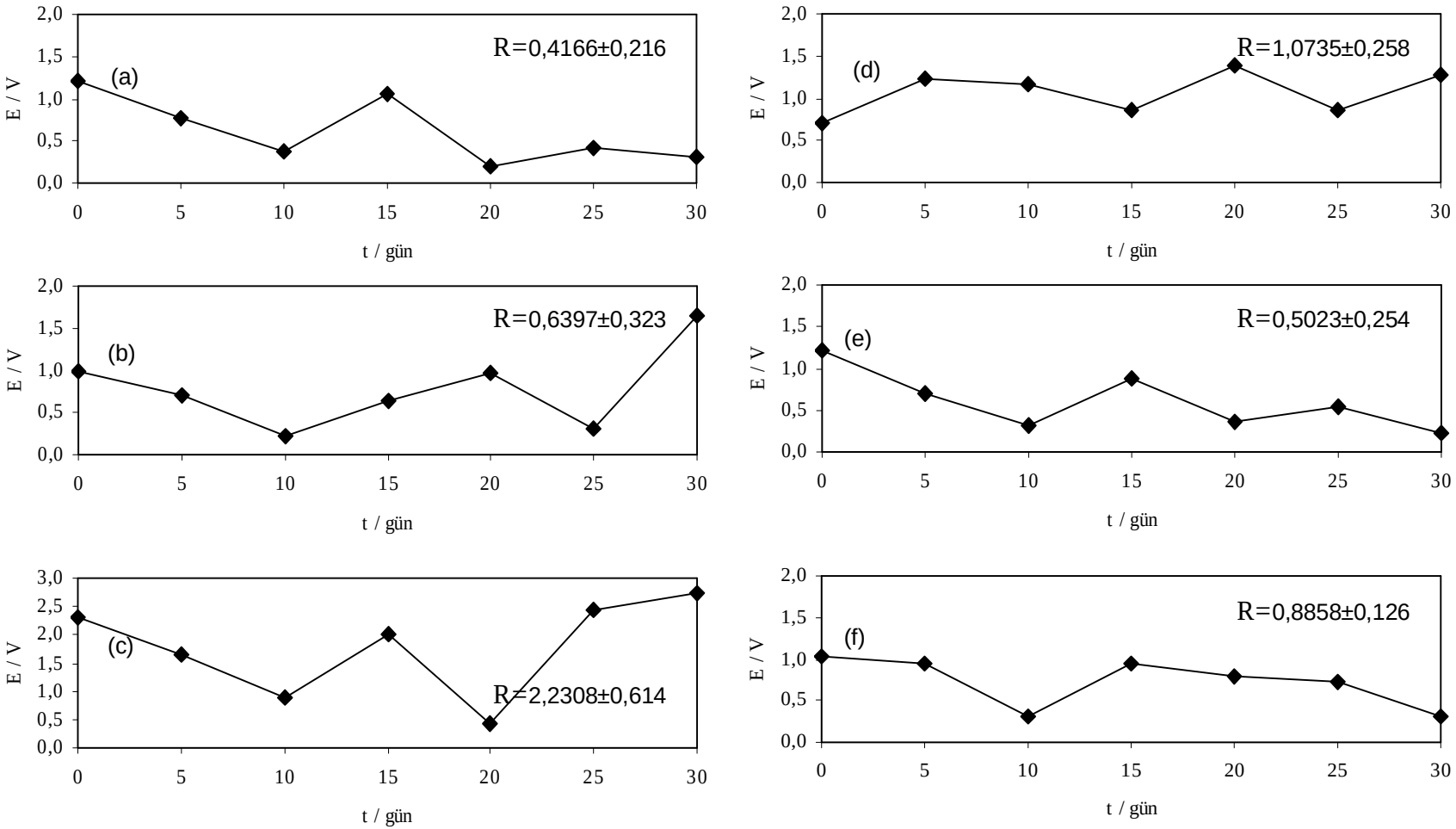
Şekil 4.18.de içerisine pirinç levha daldırılan tek tip, çoklu tip ve hidrolik yağların pH'sının zamanla değişimleri verilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi pH da çok büyük sapmalar görülmektedir. Bunun sebebi cam elektrotun ucunda bulunan, çok hassas iyon geçirgenliği olan, cam membranın gözeneklerinin organik ve oldukça yoğun olan yağlar tarafından tıkanmasıdır. Yağların membranın yüzeyini metallerdeki gibi film tabakası olarak kaplamasından dolayı çok küçük yapıdaki iyonlar membrana ulaşamamaktadır. Bu oluşan organik film pH elektrotun çevresinde oluştuğu için -20 ile +20 arasında anlamsız pH'lar okunmuştur. Bu ölçümler bu koşullarda anlamsızdır. Çünkü pH daki en doğru değerler pH 3-9 arasında ölçülür. pH'nın ısrarla ölçülmek istenmesin sebebi yağın fizikokimyasal özelliklerine zamanın, sıcaklığın yada korozyonun etkisini incelemektir.



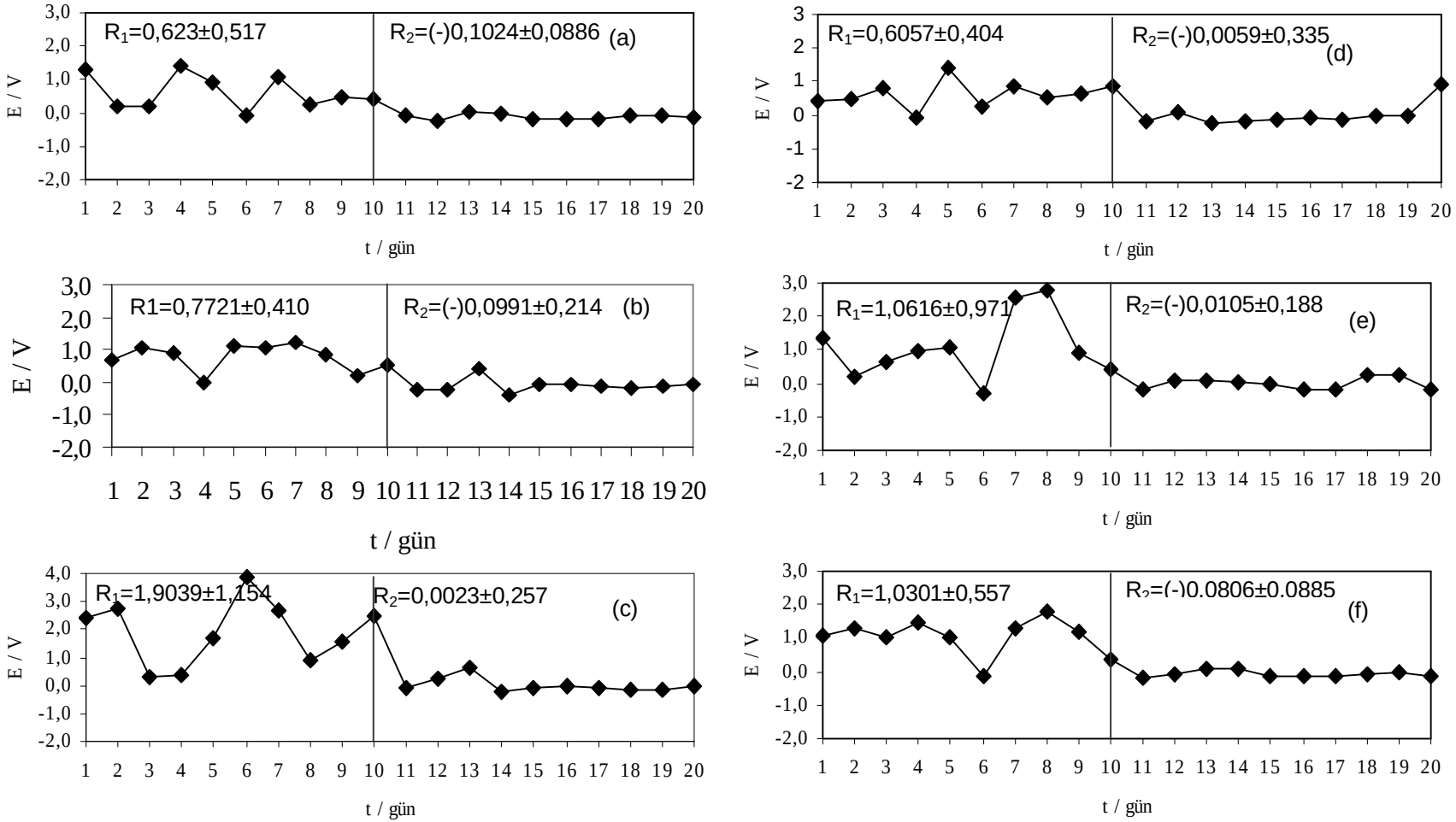
Şekil 4.18. Pirinç daldırılmış SAE 30 (a),SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (d)'nın zamanla değişen pH'değerleri

Üç elektrot tekniği kullanılarak pirincin, Ag/AgCl referans elektroda karşı değişik ortamlardaki belirlenen potansiyelleri Şekil 4.19.de görüldüğü gibi potansiyeller ~0,225-2,700 V arasında salınmaktadır. Bu salınımlar çoğunlukla pozitif değerlerdedir. Bu bize yağın elektrot yüzeyine adsorplandığını göstermektedir. Ancak negatif değerlerde de ölçüm alınmıştır. Yağlar karşılaştırıldığında 20W/50'nin potansiyel değeri daha yüksektir. Bu da 20W/50'nin pirincin yüzeyine daha iyi adsorplandığını göstermektedir. Dolayısıyla yüzeye film tabakası olarak adsorplanma daha fazladır. Bu adsorplanmanın yüksek olmasında yağlar arasındaki yoğunluk farklarının da etkisi vardır. SAE 30, 10W/40, 20W/50, SAE 40, HD 68 ve HD 46'nın yoğunlukları sırası ile 0,878g/mL, 0,882 g/mL, 0,888 g/mL, 0,867 g/mL, 0,882 g/mL 0,871 g/mL'dir. Şekil 4.19. deki sonuçlardan görüldüğü gibi yoğunluk artıkça potansiyelde artmaktadır.

Şekil 4.20 da görüldüğü gibi 1. ve 10. günler arası motor yağlarına bırakılan pirinç elektrotun 11. ve 20. günler arasında %3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki potansiyel değerleri verilmiştir. Koruyucu yağlar içerisinde (1. ve 10. gün) potansiyel pozitif salınımlar gösterirken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde negatif salınımlar olmaktadır. Pirincin koruyucu yağlar içerisinde zamanla değişen potansiyel değerleri pozitif olurken, %3,5 NaCl çözeltisi içerisinde potansiyel değerleri negatif değere doğru kaydı. Yağlar pirincin yüzeyine adsorbe olarak paslanmaz çeliğin korozyona uğramasına engel olmaktadır. Yüzeye adsorbe olan yağlar %3,5 NaCl çözeltisinde dahi korozyona karşı pirinci oldukça iyi inhibe etmektedir. Potansiyel ortalamalarına bakıldığında pozitif değerlerin SAE 40 da daha yüksek olduğu görülmektedir. Pozitif potansiyel değerine sahip olması yüzeye daha iyi adsorbe olduğunu göstermektedir. Yüzeye daha kolay adsorbe olmasında yoğunluğunun daha düşük olmasının da etkisi de olabilir. Yoğunluğun azalmasıyla birlikte daha iyi tutunma sağlayıp daha iyi bir film tabakası oluşturuyor olabilir.



Şekil 4.19. Pirincin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de zamanla değişen potansiyel değerleri



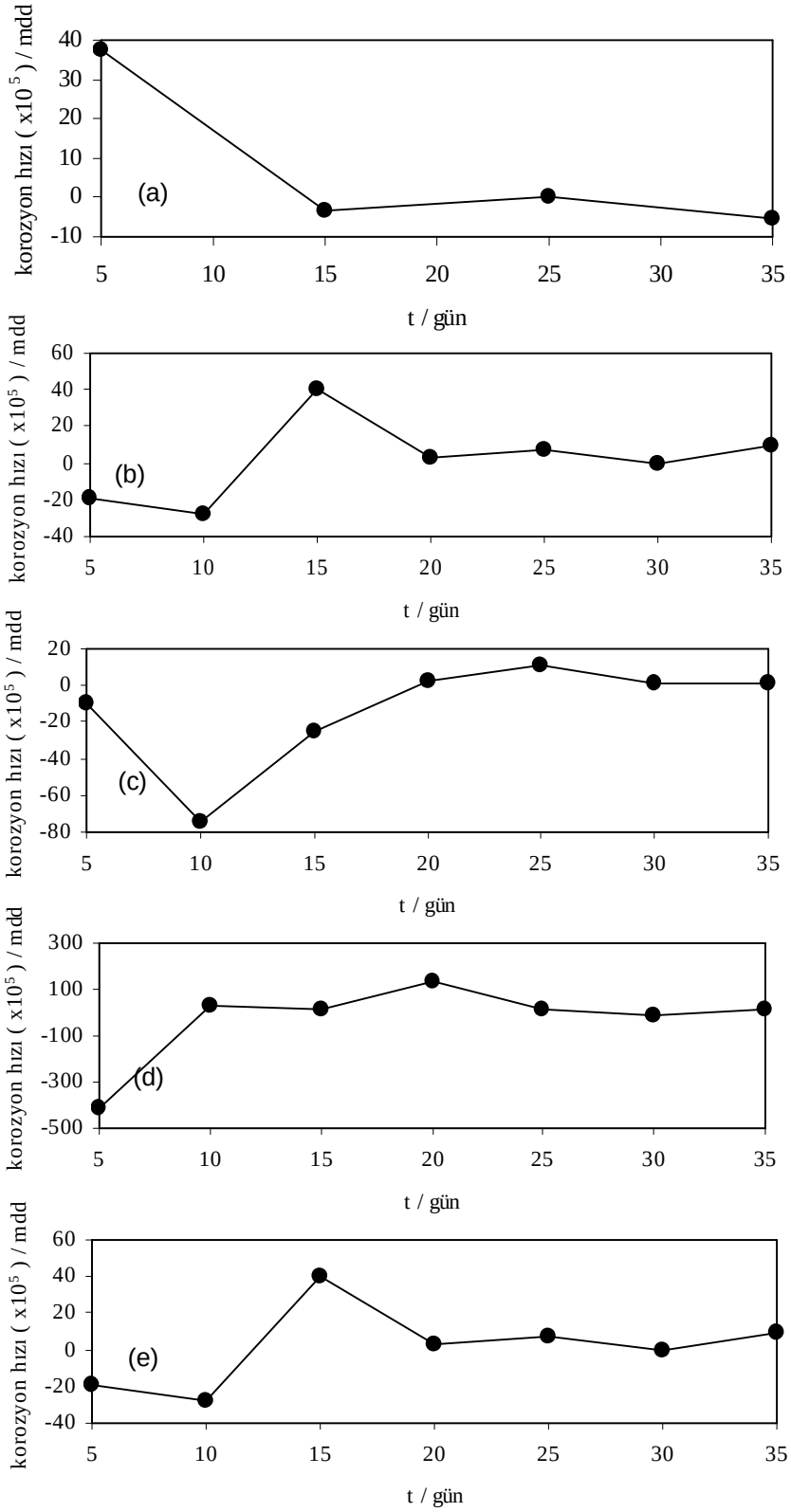
Şekil 4.20. Pirincin; (1.-10. günlerde) SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de ve (11.-20. günlerde) %3,5 NaCl de zamanla değişen potansiyel değerleri

Çizelge 4.14. Pirincin; çeşitli yağlara 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra 10 gün boyunca %3,5 NaCl içerisine daldırılması sonucu zamanla değişen korozyon hızı değerleri

PİRİNÇ						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
KOROZYON HIZI (mdd)	0,724	0,537	1,589	0,280	1,028	1,659

Pirincin, %3,5 NaCl içerisinde belirlenen korozyon hızları Çizelge 4.4'de verilmiştir. %3,5 NaCl içerisinde pirinç levhaların korozyon sonuçlarına baktığımızda en az korozyona uğrayan levhaların 20W/50 madeni yağı içerisinde bulunanlar ol duğu görülmektedir. En fazla korozyon etkisi yapan madeni yağ ise HD 46 hidrolik yağıdır. Burada da görüldüğü gibi en iyi yüzey koruması yapan madeni yağ 20W/50 dir.

Kullanılan tek tip (yazlık-kışlık tip) yağlar, çoklu tip (hem yazlık hem kışlık) yağlar ve hidrolik yağlar (HD 68 ve HD 46) içerisindeki pirincinin zamanla değişen korozyon hızı değerleri Şekil 4.21.'de verildiği gibidir. Korozyon hızındaki negatif değerler paslanmaz çeliğin yüzeyine yağın adsorbe olarak kaldığını ve yüzeyin yeterince temizlenemediğini bize göstermektedir. Bunu göze alarak sonuçları değerlendirdiğimizde bu yağlar içerisinde en az korozyona neden olan ve en fazla koruma sağlayan yağın 20W/50 olduğunu belirtebiliriz. Çünkü sıfıra en yakın korozyon hızı değerleri bu yağda görülmektedir. Ayrıca yüzeye adsorbe olan yağların temizlenememesi durumu yani korozyon hızının negatif olması en az bu yağda görülmektedir.



Şekil 4.21: Pirincin; SAE 30 (a), 10W/40 (b), SAE 40 (c), 20W/50 (d), HD 68 hidrolik yağı (e), HD 46 hidrolik yağı (f)de korozyon hızı değerleri

Çizelge 4.15. Pirinç levha daldırılmış çeşitli yağların; parlama noktası, yanma noktası, viskozite değişimi değerleri

PİRİNÇ						
YAĞ ÇEŞİTLERİ	SAE 30	10W/40	SAE 40	20W/50	HD 68	HD 46
PARLAMA NOKTASI (^{o}C)Baş.	218	222	230	232	224	220
PARLAMA NOKTASI (^{o}C). 35.gün	203	227	224	229	218	216
YANMA NOKTASI (^{o}C) Baş.	222	226	232	236	228	224
YANMA NOKTASI (^{o}C) 35.gün	28	222	228	232	222	220
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) Başlangıç (cSt)	9,653	20,76	11,56	24,45	9,546	9,463
VİSKOZİTE (40 ^{o}C) 35.gün (cSt)	6,374	19,66	13,59	23,22	9,054	9,165
VİSKOZİTE (100 ^{o}C)Başlangıç (cSt)	0,8524	1,922	0,9468	1,832	0,8592	0,8513
VİSKOZİTE (100 ^{o}C) 35.gün (cSt)	0,7310	1,824	1,127	1,745	0,8736	0,8696

Çizelge 4.15. te pirinç levha daldırılmış yağların parlama noktası, yanma noktası, 100 ^{o}C ve 40 ^{o}C deki viskozite değişimleri verilmiştir. Çizelgeye bakıldığında parlama ve yanma noktalarının TSE 12330'a uygun olduğu görülmektedir. Tüm yağlar kriterlere uymaktadır. Yani geçen bu sürede yağ koruma özelliğini halen korumaktadır. Bu veriler korozyon hızının neden geçen zamana rağmen çok yavaş olduğunu göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Alüminyum levha daldırılan çeşitli yağların değişen fizikokimyasal özelliklerini ve alüminyum metalinde oluşan korozyonu incelediğimizde;

- Kullanılan yağların uçucu madde miktarlarının zamanla çok azaldığı bulunmuştur. Zamanla bu uçucu madde miktarı daha da azalmıştır. Kapalı bir sistemde çalışıldığı için bu uçucu maddenin dış atmosfere karışma ihtimali yoktur. Ancak uçucu organik madde (nem de mevcut) metal yüzeyince adsorbe edildiği gibi, hücrenin açılıp kapanması sırasında atmosfere karışmış olabilir.
- Kullanılan yağların pH'larında sapmalar gözlenmiştir.
- Kullanılan yağların parlama ve yanma noktalarında genel olarak düşme gözlenmiştir. Ancak çok büyük farklılıklar gözlenmemiştir. Ayrıca referans olarak alınan Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'nden alınan belgelerdeki kriterlere de uygunluğunu korumaktadır.
- Kullanılan yağların viskozite değerlerinde değişimler gözlenmiştir. Viskozite değerleri ne kadar az değişirse yağın koruyuculuğu ve yüzeye film yapma özelliği de o kadar az değişmektedir.
- Alüminyumun yağlar içerisindeki potansiyeli hep pozitif değerdedir. Potansiyelin pozitif değerde olması yağın alüminyum metalini koruduğu anlamına gelmektedir. Aynı şekilde %3,5 NaCl çözeltisine daldırılmadan önce pozitif değerdedir, %3,5 NaCl içerisinde ise daha aktif bölgelere kaymaktadır.
- Alüminyumun yağda korozyon hızları oldukça düşüktür. 10 gün içerisinde yağda bekleyen levhalar, %3,5 NaCl içerisine 10 gün boyunca daldırıldıktan sonra korozyon hızına baktığımızda korozyon hızı en az 20W/50 de, en çok ise SAE 40 dır.

2. Bakır levha daldırılan çeşitli yağların değişen fizikokimyasal özelliklerini ve bakır metalinde oluşan korozyonu incelediğimizde;

- Kullanılan yağların uçucu madde miktarları çok fazla değişmemiştir. En fazla değişim SAE 30 da en az ise 10W/40 ta olmuştur.

- pH değişimlerinde oldukça büyük sapmalar görülmektedir. Ani sıçramalarla pH artışı yada azalışı ölçülmüştür.
- Parlama noktalarında çok fazla değişim olmamıştır. Değişim az olması yağın özelliklerini koruduğunu göstermiştir.
- Kullanılan yağların viskozitelerinde başlangıca göre çok fazla değişim olmamıştır. Bu değişim oranı yağın özelliklerini geçen 35 günlük süreye rağmen koruduğunu göstermektedir.
- Yağların potansiyellerine baktığımızda potansiyel değeri en pasif noktada ölçülmüş olan SAE 40'tır. 10 gün boyunca yağda bekletilen daha sonrada %3,5 NaCl içerisine daldırılan elektrotlardan potansiyeli en pasif bölgede olan yağın SAE 40 olduğu ölçülmüştür.
- Kullanılan yağlardaki ve % 3,5 NaCl çözeltisi içerisindeki korozyon hızlarına baktığımızda; bakır levhaların yağlar içerisinde oldukça düşük korozyon hızına sahip oldukları görülmüştür. En düşük korozyon hızı SAE 10 yağında gözlemlenmiştir.

3. Paslanmaz çelik levha daldırılan çeşitli yağların değişen fizikokimyasal değişimlerini ve Paslanmaz çelik alaşımında oluşan korozyonu incelediğimizde;

- Paslanmaz çelikteki uçucu madde miktarı 35. gün sonunda başlangıç miktarına göre yaklaşık %50 oranında azalmıştır. Bu azalma uçucu maddelerin metal yüzeyine adsorbe olmasından dolayı olabilir.
- Kullanılan yağlarda pH değişimi oldukça farklıdır. Eksi ve artı yönlerde oldukça fazla ve ani sapmalar görülmüştür.
- Parlama ve yanma noktalarında azda olsa azalma vardır. Ancak bu azalma yağın özelliğine çok fazla etki etmektedir. Referans gösterilen TSE 12330 belgesinde istenilen parlama ve yanma noktalarına uygundur.
- Viskozite değişimleri oldukça azdır. Bu azalma yağın özelliklerine çok fazla etki etmemektedir.
- Paslanmaz çeliğin yağlar içerisindeki potansiyel değerlerine baktığımızda pozitif değerdedir. En pozitif değer ise SAE 40 ta görülmüştür. Aynı şekilde yüzeyi yağla kaplandıktan sonra %3,5 NaCl içerisine atılan elektrotların potansiyeli pozitiftir. SAE 40 ta diğerlerine göre daha pozitif değerler ölçülmüştür.

- Yağlar içerisindeki korozyon hızlarını karşılaştırdığımızda çeliğin korozyon hızı en yavaş olan 20W/50, en hızlı olan HD 46 yağları içerisindedir.

4. Kurşun levha daldırılan çeşitli yağların değişen fizikokimyasal özelliklerini ve kurşun metalinde oluşan korozyonu incelediğimizde;

- Uçucu madde miktarlarına baktığımızda başlangıca göre % 95-98 oranında azalma görülmüştür.
- pH değişiminde sapmalar gözlenmiştir. Ancak diğer metallerin pH değişimlerine göre oldukça düzenlidir.
- Kurşun elektrotların yağlar içerisindeki potansiyelleri pozitif ve oldukça yüksek değerler de ölçülmüştür. En iyi sonuç SAE 30 da ölçülmüştür. Aynı şekilde %3,5 NaCl içerisinde potansiyel değişimleri pozitiftir. Yağlar içerisinde pasiflik SAE 30 da görülmüştür.
- Yağlara daldırılan kurşun levhanın korozyon hızı en düşük SAE 40'ta gözükmektedir. %3,5 NaCl içerisinde en iyi sonuç SAE 40 da görülmüştür.
- Kurşun levha daldırılan yağların parlama ve yanma noktalarında çok fazla değişim ölçülmemiştir. Bu da yağın özelliklerini halen koruduğunu göstermektedir.
- Kurşun levha daldırılan yağların viskozite değişimleri çok fazla değişmemiştir. Bu da yağların geçen süreye, uygulanan sıcaklığa rağmen kararlılığını korumuştur.

5.Pirinç levha daldırılan çeşitli yağların değişen fizikokimyasal değişimlerini ve Pirinç alaşımında oluşan korozyonu incelediğimizde;

- Pirinç levha daldırılan yağların uçucu madde miktarların 35 günlük süre sonunda azalmıştır.
- pH değerleri ani değişimler göstermiştir.
- Pirinç elektrotların yağda ve %3,5 NaCl içerisinde potansiyelleri daha çok pasif bölgelerdedir. Yağlar içerisinde potansiyel değerleri oldukça yüksek değerlere ulaşmıştır.
- Pirinç levha daldırılan yağların parlama noktaları ve yanma noktaları başlangıç sıcaklığına göre çok fazla değişmemiştir. Ancak madeni yağlar

oluşturulurken farklı baz yağlar kullanıldığı için kullanılan yağların parlama ve yanma noktaları farklı sıcaklıklarda ölçülmüştür. Çünkü kullanılan her baz yağın parlama ve yanma noktaları faklıdır

- Pirinç levha daldırılan yağların 40^{o}C ve 100^{o}Cdeki viskozite başlangıca göre fazla değişmemiştir. Kullanılan yağların viskozitesinin çok fazla değişmemesi yağın film oluşturma özelliğinin değişmediği anlamına gelmektedir.
- Yağlar içerisine daldırılan ve %3,5 NaCl içerisine daldırılan levhaların korozyon hızı diğer metallere göre yüksek çıkmıştır.

6. Alınan tüm verileri değerlendirdiğimizde;
   - Kullanılan tüm yağlarda (SAE30, 10W/40, SAE30, 10W/40, HD 68 ve HD 46) uçucu madde miktarının başlangıca göre azaldığı bulunmuştur.
   - Kullanılan yağların tamamının pH'sı oldukça fazla değişmiştir. Anlamlı pH değer aralığının (3–9) oldukça dışında pH değerleri ölçülmüştür.
   - Kullanılan yağlara daldırılan elektrotların (alüminyum, bakır, çelik, kurşun, pirinç) potansiyel değerleri pozitif ve yüksek değerlerde çıkmıştır. Ayrıca %3,5 NaCl daldırılan elektrotların potansiyel değerleri pasif bölgeye yakın çıkmıştır.
   - Kullanılan tüm yağların parlama ve yanma noktaları değişmemiştir.
   - Kullanılan yağların 40^{o}C ve 100^{o}Cdeki viskoziteleri az miktarda değişmiştir.
   - Yağların korozyon hızı zaman göre değişime uğramıştır. Ancak çok az miktarda korozyon hızında değişim olmuştur. Korozyon hızı 0-5x10^{-5} gibi değerler arasında ölçülmüştür. %3,5 NaCi içerisinde de korozyon hızı 1'den düşük çıkmıştır.

Tüm bu sonuçlara bağlı olarak yağlar içerisinde metallerin korozyon hızı oldukça düşüktür. Hatta korozyon yok diyebiliriz. Yağların zamanla fizikokimyasal özellikleri değişmektedir. Ancak bu değişim çok yüksek değerlerde değildir. Zamanla farklılık gösteren değerler yağların başlangıç özelliklerini çok fazla değiştirmemiştir.

KAYNAKLAR

ABD EL MAKSOUD, A.S., (2003), Electrochimica Acta, Some Phthalazin Derivatives as Non Toxic Corrosion Inhibitors for Copper in Sulphuric Acid, Volume 49, 4205-4212.

ABD EL-WAHAAB, S.M., ABD EL-MAKSOUD, S.A., RASHWAN, S.M., IBRAHIM, M.A., (2004), Electrochımıca Acta, September Electrochemical Behaviour of Low Carbon Steel in Gluconate and Tartarate Solutions.

AHMED, M.F., SANKARAPAPANINASAM, S., PUSHPANADEN, F., (1992), Journal of Electrochemistry, Benzenethiols as Inhibitors for The Corrosion of Copper,Vol:22, No:4, Sayfa 390-395.

BAYOUMI, FATHY M., GHANEM, WAFAA A., (2005), Materials Letters, Corrosion Inhibitionof Mild Steel Using Naphtalene Disulfonic Acid.

BAYDUR, G., 1976, Malzeme Bilgisi, Ankara.

BECCARİA, A.M., BERTOLOTTO, C., (1997), Electrochemica Acta, Inhibitory Action of 3-Trimethoxysilylpropanethiol-1 on Copper Corrosion in NaCl Solutions, Vol:49, 1361-1371.

BECERRA, H. Q., RETAMOSO, C., MACDONALD, D. D., (1999), Corrosion Science, The Corrosion of Carbon Steel in Oil-in-Water Emulsions Under Controlled Hydrodynamic Conditions.

BLAJIEV, O., HUBIN, A., (2004), Electrochımıca Acta, Inhibition of Copper Corrosion in Chloride Solutions by Amino-Mercapto-Thiadiazol and Methyl-Mercapto-Thiadiazol:an Impedance Spectroskopy and a Quantum-Chemical Investigation.

BENTISS, F., LEBRINI, M., LAGRENEE, M., (2005), Corrosion Science, Thermodynamic Characterization of Metal Dissolution and Inhibitor Adsorption Processes in Mild Steel/2,5-Bis(n-thienyl)-1,3,4-Thiadiazoles/Hydrochloric acid System in Acidic Choloride Solutions.

DESAI, M., ve PUNJANI, B. K., (1981), Corrosion Inhibitors, 248-249.

EBENSO, E.E., OGUZIE, E.E., (2005), Materials Letters, Corrosion Inhibition of Mild Steel in Acidic Media by some Organic Dyes.

EIN-ELI, Y., ANNIAT, M., STAROSVETSKY, D., (2002), Journal of Power Sources, Electrochemical and Surface Studies of Zinc in Alkaline Solutions Containing Corrosion İnhibitors.

EL-ETRE, A.Y., ABDALLAH, M., EL-TANTAWYZ, E., (2004), Corrosion Science, Corrosion İnhibition of Some Metals Using Lawsonia Exstract**.**

ERBİL, M., Korozyon–1, Sınaî Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü

FAN, HONGFU, ZHANG, YI, LIN, YUJUAN., (2004), Fuel, The Catalytic Effects of Minerals on Aquathermolysis of Heavy Oils.

FERREIRA, E.S., GIIACOMELLI, C., GIACOMELLI, F.C., SPINELLI, A., (2003), Metarials Chemistry and Physics, Evaluation of the Inhibitor Effect of $_{L}$-askorbik Acid on the Corrosion of Mild Steel.

FONSATI, M., ZUCCHI, F., TRANEBELLI, G., (1998), Electrochemica Acta, Study of Corrosion Inhibition of Copper in 0.1 M NaCl Using The EQCM Technique, Vol:44, 311-322.

FUCHS-GODEC, R., DOLECEK, V., (2004), Colloids and Surfaces A, A Effect of Sodium Dodecylsulfate on The Corrosion of Copper in Sulphuric Acid Media, Vol:244, 73-76.

GHANBARZADEH, A., AKBARİNEZHAD, E., (2006), Sulfanation of Base Oils as Corrosion Inhibitor for Temporary Prtection of Steel in Atmospheric Environment, Vol:56, 39-45.

GRAFF, M., BUKOWSKA, J., ZAWADA K., (2003), Journal of Electroanalytical Chemistry, Surface Enhanced Raman Scattering (SERS) of 1-Hydroxybenzotriazole Adsorbed on a Copper Electrode Surface, Vol:567, 297-303.

GUPTA, R.K., SINGH, R.A., (2005), Metarials Chemistry and Physics, Inhibition of Corrosion by Poly(N-hexadecylaniline)/Docosanol Mixed Langmuir-Blodgett Films on Copper in Sea Water.

KETEN, O., Yüksek Lisans Tez Çalışma Programı.

LALITLA, A., RAMESH, S., RAJESWARY, S., (2005), Electrochemica Acta, Surface Protection of Copper in Acid Medium by Azoles and Surfactants.

LİNS, V.F.C., GUİMARAES, E.M., (2007), Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Falure of a Heat Exvhanger Generated by an Axcess of SO_2 and H_2S in the Sulfur Recovery Unit of a Petroleum Refinery, Vol:20,91-97

MARAHUSIN, L., KOKOT, S., SCHWEİNBERG, D.P., (1993), Corrosion Science, The Elektrogenaration of Oxygen at Copper and Iron Electrodes and Its Interaction with Cotton Fabric, Vol:34, No:6, 1007-1016.

MATOS, J.B., PERERIA, L.P., AGOSTINHO, S.M.L., BARCIA, O.E., CORDERIO, G.G.O., ELIA, E.D., (2004), Journal of Electroanalytical Chemistry, Effect of Copper in Cysteine on The Anodic Dissolution of Copper in Sulfuric Acid Medium, Vol:510, 91-94.

MIGAHED, M.A. , ABD-EL-RAUF, M., AL-SABAGH, A.M., ABD-EL-BARY, H.M., (2005), Electrochemica Acta, Effectiveness of Some Non Ionic Surfactants as Corrosion Inhibitors for Carbon Steel Pipelines in Oil Fields.

____., (2005), Progress in Organic Coatings, Corrosion İnhibition of Steel in Oil Fields by N-N-di(Poly Oxy Ethylene) Amino Propyl Lauryl Amid.

MORALES-GIL, P., NEGRON-SILVA, G., ROMERO-ROMO, M., ANGELES-CHAVEZ, C., PALOMAR-PARDAVE, M., (2004), Electrochemica Acta, Corrosion Inhibition of Pipeline Steel Grade API 5L X52 Immersed in a 1 M H_2SO_4 Aqueous Solution Using Heterocyclic Organic Molecules.

MULLER, B., (2001), Corrosion Science, Corrosion Inhibition of Aluminium and Zinc Pigments by Saccharides.

___., (2005), Corrosion Science, Citric Acid as Corrosion Inhibitor for Aluminium Pigment..

OGUZIE, E.E., ONUOHA, G.N., ONUCHUKWU, A.I., (2004), Metarials Chemistry and Physics, Inhibitory Mechanism of Mild Steel Corrosion in 2 M Sulphuric Acid Solution by Methylene Blue Dye.

OTMACIC, HELENA., STUPNISEK-LISAC, EMA., (2002), Electrochemıca Acta, Copper Corrosion in Near Nötral Media.

QURAISHU, M.A., JAMAL, D., (2000), Materıals Chemistry and Physics, Corrosion inhibition by Fatty Acid Oxadiazoles for Oil Well Steel (N-80) and Mild Steel**.**

RAMESH, S., RAJESWARI, S., MARUTHAMUTHU, S., (2003), Applied Surface Science, Corrosion Inhibition of Copper by New Triazole Phosphonate Derivatives, Volume 229, 214-225.

ROUT, T.K., BANDYOPADHYAY, N., VENUGOPALAN, T., (2006), Surface & Coatings Technology, Polyphosphate coated Steel Sheet for Superior Corrosion Resistance, Vol:201, 1022-1030.

RUİ SOLİD, SOMASUNDARAN, P., (2006), Advances in Colloid and Interface Science, Avances in Adsorption of Surfactants and Their Mixtures at Solid/Solution Interfaces, Vol:123-126, 213-229.

SAMIDE, A., BIBICU, I., ROGALSKI, M.S., PREDA, M., (2004), Corrosion Science, Study of the Corrosion İnhibition of Carbon-Steel in Dilute Ammonical Media Using N-Ciclohexil-Benzothiazole-Sulphenamida.

SCENDO, M., (2005), Corrosion Science, Corrosion Inhibitors of Copper by Potassium Ethyl Xathate in Acidic Choloride Solutions.

SEMKO, M.J., PLANE, R.A., 1978, Temel Kimya, Güven Matbaası, Ankara Üniversitesi Yayınları, Ankara, No:123

SHERIF, E.M. , PARK, SU-MOON., (2005), Electrochemica Acta, Effect of 1,4-Naphthoquinone on Aluminum Corrosion in 0.50 M Sodium Chloride Solutions.

SIERRA-CABRERA, E., SOSA, E., OROPEZA, M.T., GONZALES, I., (2001), Electrochimica Acta, Electrochemical Study on Carbon Steel Corrosion Process in Alkaline Sour Media.

SZOCS, E., VASTAG, G., SHABAN, A., KALMAN, E., (2004), Corrosion Science, Electrochemical Behaviour of an Inhibitor Film Formed of Copper Surface, Vol:47, 893-908

TAN, Y.S., SRINISAVAN, M.P., PEHKONEN, S.O., CHOOI, SIMON Y.M., (2005), Corrosion Science, Effects of Ring Substituents on the Protective Properties of Self-Assembled Benzenethiols on Copper.

TELEGDI, J., SHABAN, A., KALMAN, E., (1999), Electrochemica Acta, EQCM Study of Copper and Iron Corrosion Inhibition in Presence of Organic Inhibitors and Biocides, Volume 45, 3639-3647.

TS 11434, Ekim 1994, Koruyucu Yağlar-Pas Önleyici Olarak Kullanılan.

TS 11485, Yağlama Yağları-Dişli Yağı-Motorlu Kara Taşıtlarında Kullanılan.

TS 123 EN 22592, Mart 1996, Petrol Ürünleri–Parlama ve Yanma Noktası Tayini Cleveland Açık Kap Metodu.

TS 12330, Kasım 1997, Yağlama Yağları-İçten Yanmalı Benzinli ve Dizel Motorların Karterlerinde Kullanılan.

TS 1451, Nisan 1991, Petrol Ürünleri Saydam ve Opak Sıvılar-Kinematik Viskozite Tayini ve Dinamik Viskozitenin Hesaplanması.

TS 3096 ISO 2909, Petrol Ürünlerinin 40 Derece ve 100 Derecedeki Kinematik Viskozitelerinden Viskozite İndeksinin Hesaplanması Metodu.

TS 4847, Nisan 1986, Yağlama Yağları ve Greslerde Buharlaşma Kaybı Tayini.

TUKEN, T, Elektrokimyasal Olarak Oluşturulacak Polipirol (ppy) Kaplamanın Demirli Malzemelerin Korozyon Davranışları Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Adana/Turkey, 2005

UNERI, S., 1968, Kolloit Kimyası, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları, Genel:111, Fizikokimya:6.

____., 1998, Korozyon ve Önlenmesi, Korozyon Derneği.

VILLAMIL, R.F.V., CORRIO, P., , RUBIM, J.C., AGOSTINHO, S.M.L., (1999), Effect of Sodium Dodecylsulfate on Copper Corrosion in Sulfuric Acid Media in the Absence and Presence of Benzotriazole.Vol:472, 112-119.

ZHANG, D., GAO, L., ZHOUG., (2003), Corrosion Science, Inhibition of Copper Corrosion in Aerated Hydrocloric Acid Solution by Heterocyclic Compounds Containing a Mercapto Group, Volume 46, 3031-3040.

ÖZGEÇMİŞ

1981 yılında Adana ili Karaisalı ilçesinde doğdum. İlk öğrenimimi İbn-i Sina İlkokulu'nda, orta öğrenimimi Meryem Abdurrahim Gizer İlköğretim Okulu'nda, lise öğrenimimi Adana Çağrı Bey Lisesi'nde tamamladım. 1999 yılında başladığım Niğde Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nden 2003 yılında mezun oldum. 2003 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü'nde Yüksek Lisans öğrenimime başladım.