

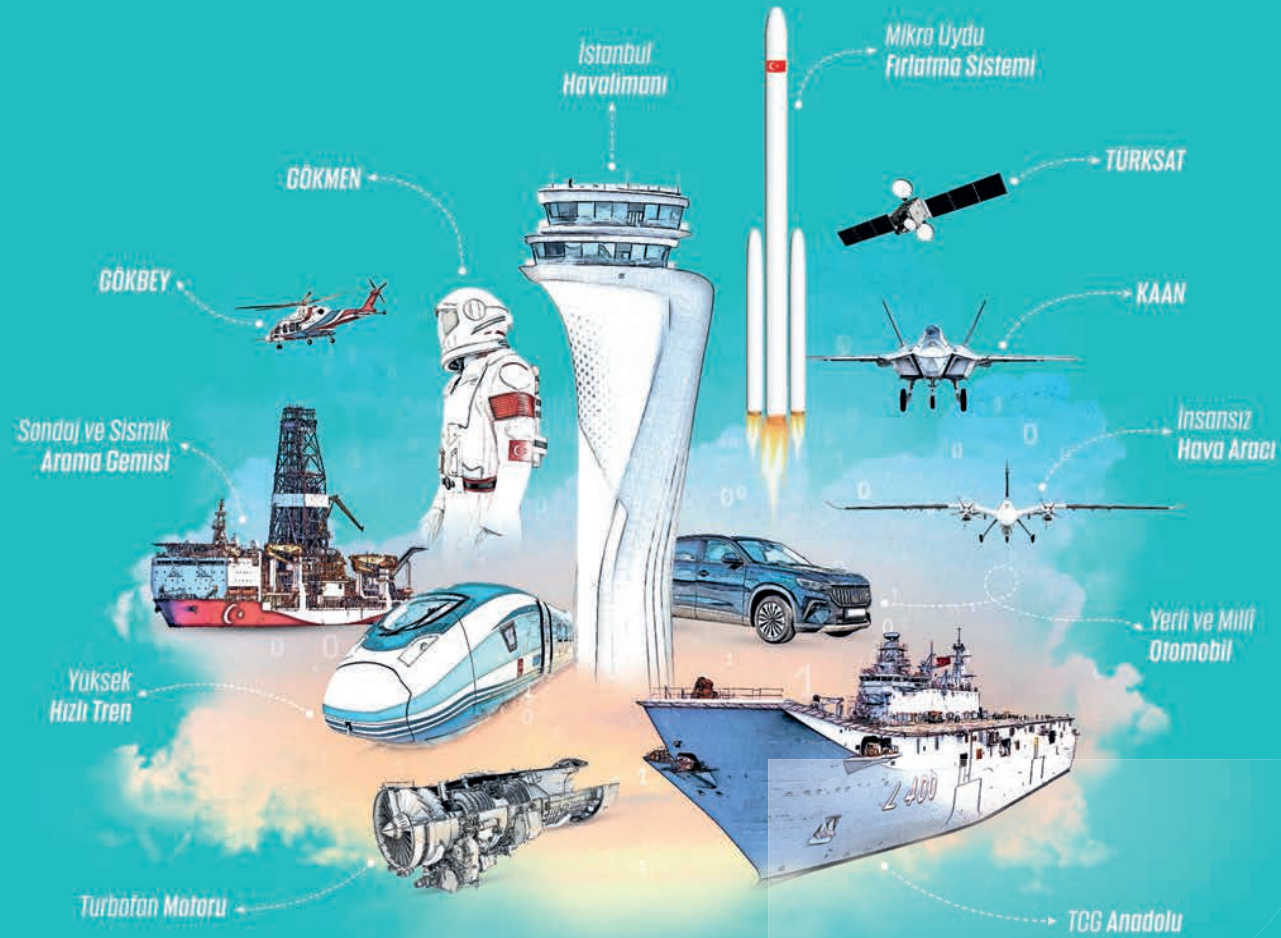
Bu kitaba sığmayan
daha neler var!

eba
www.eba.gov.tr



Karekodu okut, bu kitapla
ilgili EBA içeriklerine ulaş!

Teknoloji Yolculuğumuz



**BU DERS KİTABI MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞINCA
ÜCRETSİZ OLARAK VERİLMİŞTİR.
PARA İLE SATILAMAZ.**

ISBN: 978-975-11-6415-5

Bandrol Uygulamasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında Yönetmeliğin Beşinci Maddesinin
İkinci Fıkrası Çerçevesinde Bandrol Taşınması Zorunlu Değildir.

KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KOROZYON VE KOROZYONU ÖNLEME 11-12

DERS MATERYALİ

MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KOROZYON VE KOROZYONU ÖNLEME

11-12
DERS MATERYALİ



MESLEKİ VE TEKNİK ANADOLU LİSESİ
KİMYA TEKNOLOJİSİ ALANI

KOROZYON VE
KOROZYONU ÖNLEME
11-12
DERS MATERYALİ

YAZARLAR

Mehmet GÜRBÜZ

Mustafa YILDIRIM

Orhan YILMAZ



MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI YAYINLARI	8631
YARDIMCI VE KAYNAK KİTAPLAR DİZİSİ	2523

Her hakkı saklıdır ve Millî Eğitim Bakanlığına aittir. Ders materyalinin metin, soru ve şekilleri kısmen de olsa hiçbir surette alınıp yayımlanamaz.

HAZIRLAYANLAR

Dil Uzmanı

Pınar KILIÇ

Program Geliştirme Uzmanı

Erkan AKGÜN

Ölçme ve Değerlendirme Uzmanı

Mustafa ÇELİK

Rehberlik ve Gelişim Uzmanı

Zeynep GÖÇ HİSARKAYA

ISBN: 978-975-11-6415-5

Millî Eğitim Bakanlığının 24.12.2020 gün ve 18433886 sayılı oluru ile Meslekî ve Teknik Eğitim Genel Müdürlüğünce ders materyali olarak hazırlanmıştır.

BASKI

Ayrıntı Basım Yayım ve Mat. Hiz. Sanayi Ticaret A.Ş.
Saray Mahallesi 126. Cadde No: 20
Kahramankazan/Ankara
Sertifika No: 49599



İSTİKLÂL MARŞI

Korkma, sönmez bu şafaklarda yüzen al sancak;
Sönmeden yurdumun üstünde tüten en son ocak.
O benim milletimin yıldızıdır, parlayacak;
O benimdir, o benim milletimindir ancak.

Çatma, kurban olayım, çehreni ey nazlı hilâl!
Kahraman ırkıma bir gül! Ne bu şiddet, bu celâl?
Sana olmaz dökülen kanlarımız sonra helâl.
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl.

Ben ezelden beridir hür yaşadım, hür yaşarım.
Hangi çılgın bana zincir vuracakmış? Şaşarım!
Kükremiş sel gibiyim, bendimi çiğner, aşarım.
Yırtarım dağları, enginlere sığmam, taşarım.

Garbın âfâkını sarmışsa çelik zırhlı duvar,
Benim iman dolu göğsüm gibi serhaddim var.
Ulusun, korkma! Nasıl böyle bir imanı boğar,
Medeniyet dediğin tek dişi kalmış canavar?

Arkadaş, yurduma alçakları uğratma sakın;
Siper et gövdeni, dursun bu hayâsızca akın.
Doğacaktır sana va'dettiği günler Hakk'ın;
Kim bilir, belki yarın, belki yarından da yakın.

Bastığın yerleri toprak diyerek geçme, tanı:
Düşün altındaki binlerce kefensiz yatanı.
Sen şehit oğlusun, incitme, yazıktır, atanı:
Verme, dünyaları alsan da bu cennet vatanı.

Kim bu cennet vatanın uğruna olmaz ki feda?
Şüheda fışkıracak toprağı sıksan, şüheda!
Cânı, cânânı, bütün varımı alsın da Huda,
Etmesin tek vatanımdan beni dünyada cüda.

Ruhumun senden İlâhî, şudur ancak emeli:
Değmesin mabedimin göğsüne nâmahrem eli.
Bu ezanlar -ki şehadetleri dinin temeli-
Ebedî yurdumun üstünde benim inlemeli.

O zaman vecd ile bin secde eder -varsa- taşım,
Her cerihamdan İlâhî, boşanıp kanlı yaşım,
Fışkırır ruh-ı mücerret gibi yerden na'sım;
O zaman yükselerek arşa değer belki başım.

Dalgalan sen de şafaklar gibi ey şanlı hilâl!
Olsun artık dökülen kanlarımın hepsi helâl.
Ebediyyen sana yok, ırkıma yok izmihlâl;
Hakkıdır hür yaşamış bayrağımın hürriyyet;
Hakkıdır Hakk'a tapan milletimin istiklâl!

Mehmet Âkif Ersoy

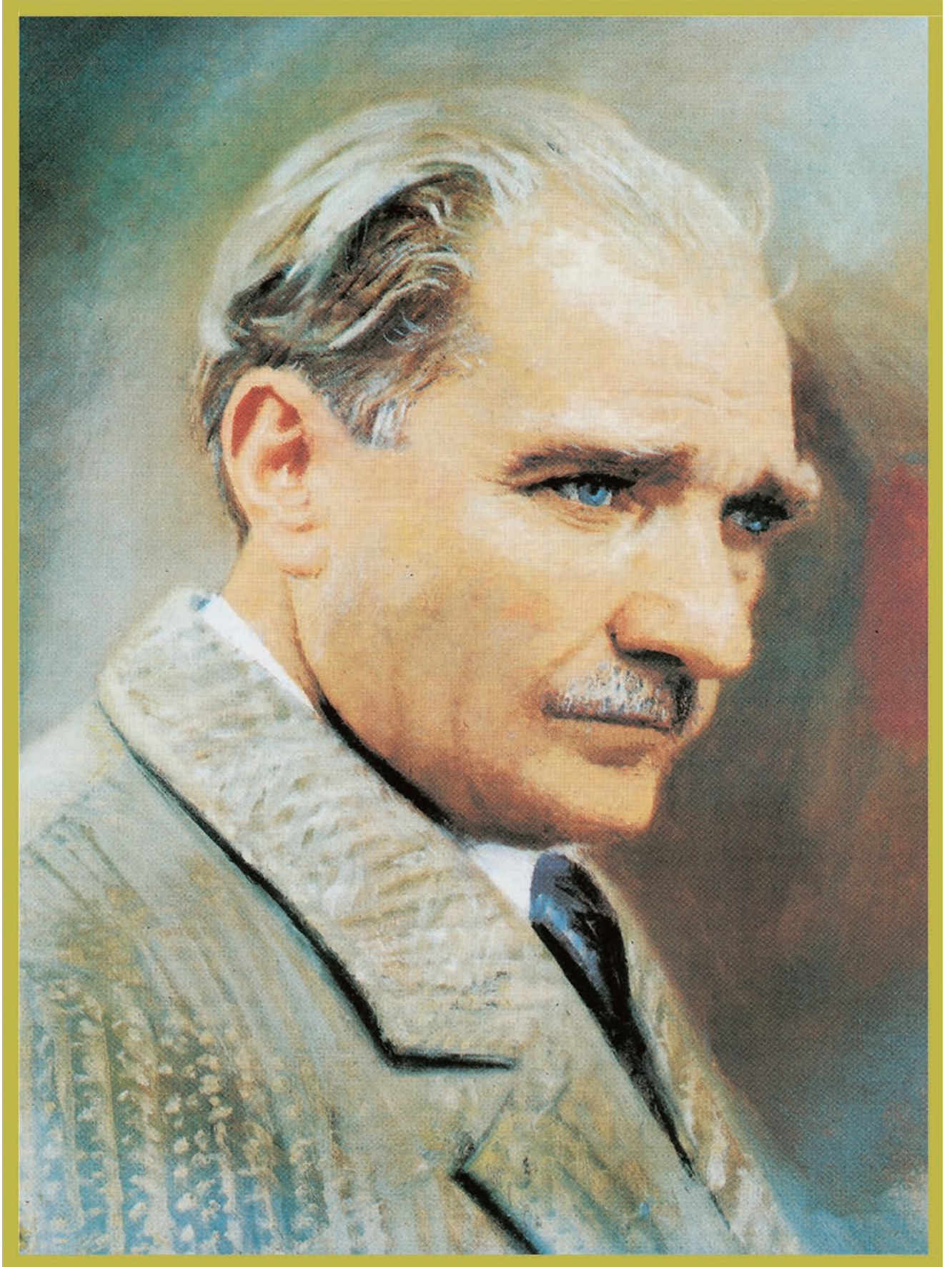
GENÇLİĞE HİTABE

Ey Türk gençliği! Birinci vazifen, Türk istiklâlini, Türk Cumhuriyetini, ilelebet muhafaza ve müdafaa etmektir.

Mevcudiyetinin ve istikbalinin yegâne temeli budur. Bu temel, senin en kıymetli hazinendir. İstikbalde dahi, seni bu hazineden mahrum etmek isteyecek dâhilî ve hâricî bedhahların olacaktır. Bir gün, istiklâl ve cumhuriyeti müdafaa mecburiyetine düşersen, vazifeye atılmak için, içinde bulunacağın vaziyetin imkân ve şeraitini düşünmeyeceksin! Bu imkân ve şerait, çok namüsaî bir mahiyette tezahür edebilir. İstiklâl ve cumhuriyetine kastedecek düşmanlar, bütün dünyada emsali görülmemiş bir galibiyetin mümessili olabilirler. Cebren ve hile ile aziz vatanın bütün kaleleri zapt edilmiş, bütün tersanelerine girilmiş, bütün orduları dağıtılmış ve memleketin her köşesi bilfiil işgal edilmiş olabilir. Bütün bu şeraitten daha elîm ve daha vahim olmak üzere, memleketin dâhilinde iktidara sahip olanlar gaflet ve dalâlet ve hattâ hıyanet içinde bulunabilirler. Hattâ bu iktidar sahipleri şahsî menfaatlerini, müstevlîlerin siyasî emelleriyle tevhit edebilirler. Millet, fakr u zaruret içinde harap ve bîtap düşmüş olabilir.

Ey Türk istikbalinin evlâdı! İşte, bu ahval ve şerait içinde dahi vazifen, Türk istiklâl ve cumhuriyetini kurtarmaktır. Muhtaç olduğun kudret, damarlarındaki asil kanda mevcuttur.

Mustafa Kemal Atatürk



MUSTAFA KEMAL ATATÜRK

İÇİNDEKİLER



1. ÖĞRENME BİRİMİ

KOROZYON VE KATODİK KORUMA

DERS MATERYALİNİN TANITIMI	11
KOROZYON VE KATODİK KORUMA	15
1. BÖLÜM KOROZYON DAĞILIMI	16
1.1. Korozyon	17
1.1.1. Korozyonla Mücadelenin Önemi	22
1.1.2. Korozyon Reaksiyonları	23
1. Laboratuvar Çalışması	24
Derecelendirme Ölçeği	25
2. Laboratuvar Çalışması	26
Derecelendirme Ölçeği	27
1.1.3. Korozyona Etki Eden Faktörler	28
1.1.4. Korozyon Tipleri	29
3. Laboratuvar Çalışması	34
Derecelendirme Ölçeği	35
4. Laboratuvar Çalışması	36
Derecelendirme Ölçeği	37
KOROZYONDAN KORUNMA TEKNİKLERİ	38
2. BÖLÜM KATODİK KORUMA	40
1.2. Katodik Koruma	41
1.2.1. Anodik Koruma Yöntemi	41
1.2.2. Katodik Koruma Yöntemi	41
1.2.3. Katodik Korumanın Esasları	41
1.2.4. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma	42
1.2.5. Galvanik Katodik Koruma	42
5. Laboratuvar Çalışması	44
Derecelendirme Ölçeği	45
1.2.6. Katodik Koruma Yöntemlerinin Karşılaştırılması	46
1.2.7. Yer Altı Sistemlerinde Katodik Koruma	47
6. Laboratuvar Çalışması	50
Derecelendirme Ölçeği	51
1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	52



2. ÖĞRENME BİRİMİ

PROSESTE KOROZYON DAĞILIMI

PROSESTE KOROZYON DAĞILIMI	55
1. BÖLÜM PROSESTE KOROZYON	56
2.1. Proseste Korozyon	57
2.1.1. Ham Petrolün Korozi Bileşenleri	58
1. Laboratuvar Çalışması	62
Derecelendirme Ölçeği	63
2. Laboratuvar Çalışması	64
Derecelendirme Ölçeği	65
2.1.2. Proseste Korozyon Kontrolü	66
2. BÖLÜM SU-BUHAR ÇEVİRİMİNDE KOROZYON	68
2.2. Su-Buhar Çevriminde Korozyon	69
2.2.1. Sulu Ortamda Korozyonu Etkileyen Faktörler	69
3. Laboratuvar Çalışması	70
Derecelendirme Ölçeği	71
2.2.2. Su-Buhar Çevrimi Elemanları	72
2.2.3. Su-Buhar Çevriminde Korozyondan Kaynaklanan Hasarlar	73
2.2.4. Su-Buhar Çevriminde Korozyona Karşı Önlemler	74
4. Laboratuvar Çalışması	76
Derecelendirme Ölçeği	77
2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	78

3. ÖĞRENME BİRİMİ

YÜKSEK SICAKLIK VE EROZYON KOROZYONU

YÜKSEK SICAKLIK VE EROZYON KOROZYONU	81
1. BÖLÜM YÜKSEK SICAKLIK KOROZYONU	82
3.1. Yüksek Sıcaklık Korozyonu	83
3.1.1. Yüksek Sıcaklık Korozyonunun Görüldüğü Yerler	84
3.1.2. Yüksek Sıcaklık Korozyonunun Çeşitleri	84
1. Laboratuvar Çalışması	86
Derecelendirme Ölçeği	87
2. Laboratuvar Çalışması	90
Derecelendirme Ölçeği	91
2. BÖLÜM EROZYON KOROZYONU	92
3.2. Erozyon Korozyonu	93
3.2.1. Kavitasyon	95
3.2.2. Ultrasonik Kalınlık Ölçüm Cihazı	95
3. Laboratuvar Çalışması	96
Derecelendirme Ölçeği	97
4. Laboratuvar Çalışması	98
Derecelendirme Ölçeği	99
3. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	100

4. ÖĞRENME BİRİMİ

KOROZYONU TEMİZLEME VE BOYA - METALİK KORUMA

KOROZYONU TEMİZLEME VE BOYA - METALİK KORUMAV	103
1. BÖLÜM YÜZEY TEMİZLEME	104
4.1. Yüzey Temizleme	105
4.1.1. Metal Yüzey Temizleme Yöntemleri	105
1. Laboratuvar Çalışması	108
Derecelendirme Ölçeği	109
Kimyasal Yüzey Temizleme Yöntemleri	110
4.1.2. Metal Yüzeyleri Parlatma İşlemi	110
2. Laboratuvar Çalışması	112
Derecelendirme Ölçeği	113
2. BÖLÜM BOYA İLE KOROZYONDAN KORUNMA	114
4.2. Boya İle Korozyondan Korunma	115
4.2.1. Boyaların Görevi	115
3. Laboratuvar Çalışması	116
Derecelendirme Ölçeği	117
4.2.2. Boyaların Kabuk Oluşturması	118
4.2.3. Boya Bileşenleri	118
4.2.4. Boya Türleri	119
4.2.5. Boya Uygulama Yüzeyinin Temizlenmesi	121
4.2.6. Boyaların Uygulanması	122
4.2.7. Çevre Koşulları	122
3. BÖLÜM METALİK KAPLAMA	125
4.3. Metalik Kaplama	125
4.3.1. Metalik Kaplama Yöntemleri	125
4. Laboratuvar Çalışması	130
Derecelendirme Ölçeği	131
5. Laboratuvar Çalışması	132
Derecelendirme Ölçeği	133
6. Laboratuvar Çalışması	134
Derecelendirme Ölçeği	135
4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	136
CEVAP ANAHTARI	138

BU DERS MATERYALİNDE NELER VAR?



Bölüm adı ve numarasını gösterir.

Bölümdeki konu başlığını ve numarasını gösterir.



Öğrenme birimi içeriğini ifade eden görselin yer aldığı bölümdür.

Öğrenme birimindeki konularla ilgili ilginç bilgilerin yer aldığı bölümdür.

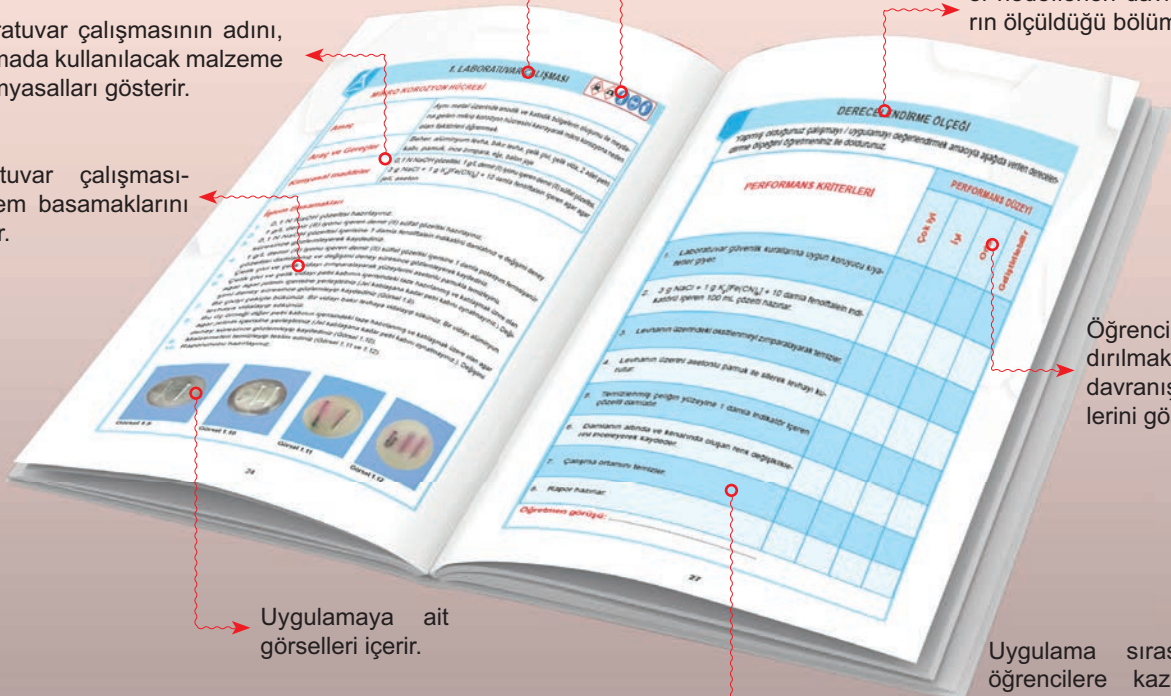
Laboratuvar çalışmalarını içerir.

Laboratuvar çalışmalarında dikkat edilmesi gereken güvenlik tedbirlerini gösterir.

Öğrencilere kazandırılması hedeflenen davranışlarının ölçüldüğü bölümdür.

Laboratuvar çalışmasının adını, çalışmada kullanılacak malzeme ve kimyasalları gösterir.

Laboratuvar çalışmasının işlem basamaklarını gösterir.



Uygulamaya ait görselleri içerir.

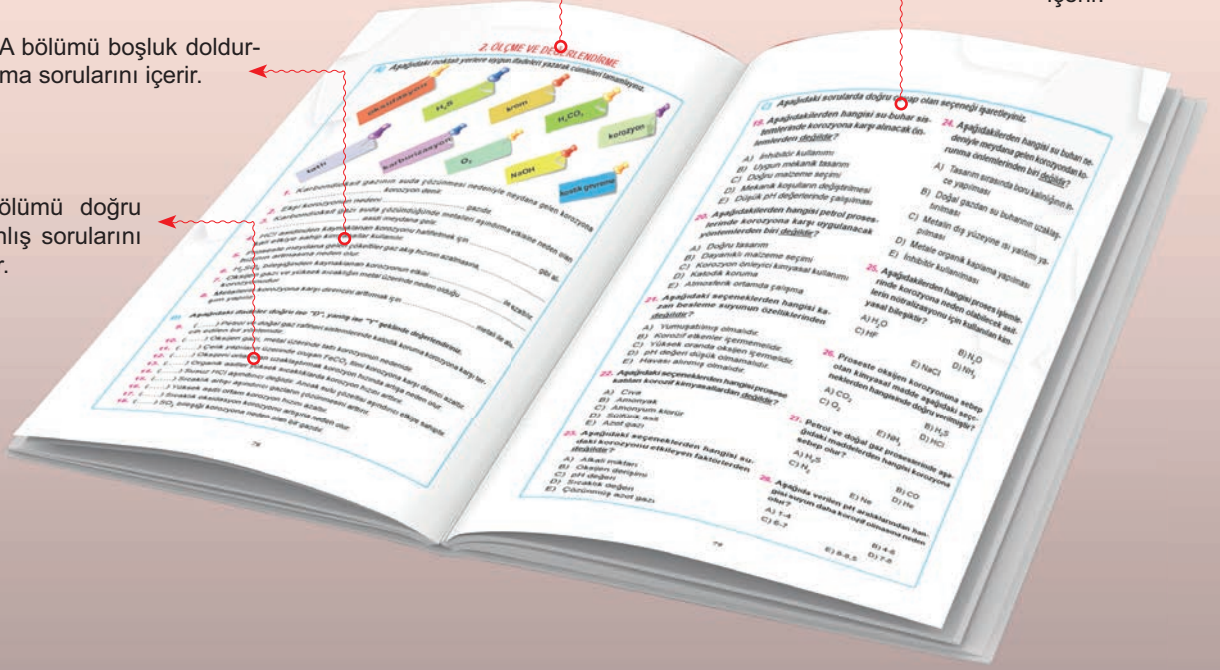
Uygulama sırasında öğrencilere kazandırılmak istenen davranışları gösterir.

A bölümü boşluk doldurma sorularını içerir.

B bölümü doğru / yanlış sorularını içerir.

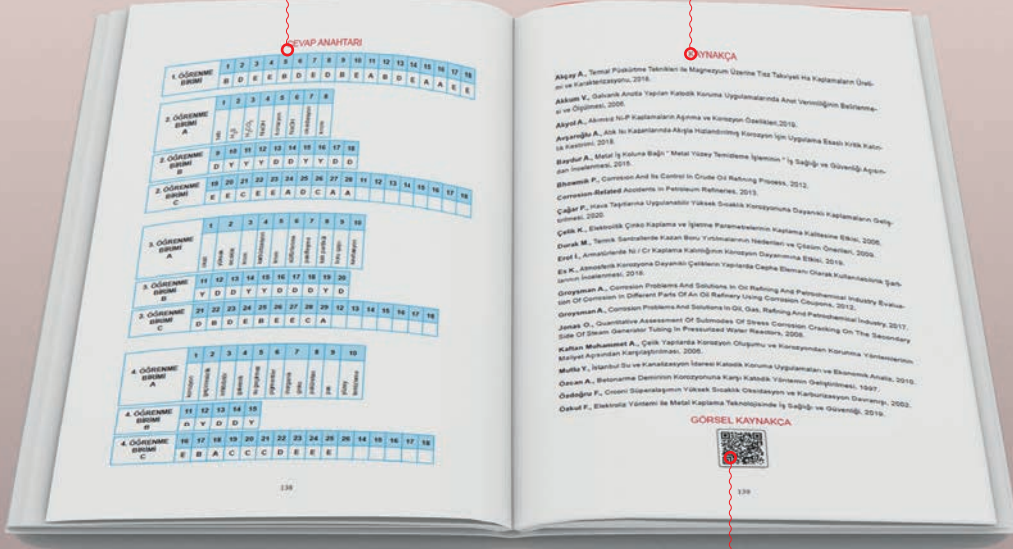
Hedeflenen kazanımlara yönelik soruları içerir.

C bölümü çoktan seçmeli soruları içerir.



Öğrenme birimlerinin değerlendirme sorularının cevap anahtarını içerir.

Kitabın kaynakça bölümünü gösterir.



Görsel kaynakça karekodunu gösterir.

1. ÖĞRENME BİRİMİ

KONULAR

1. KOROZYON DAĞILIMI
2. KATODİK KORUMA

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Korozyonun nedenleri, korozyon reaksiyonları, korozyona etki eden faktörler, korozyon tipleri ve korozyondan korunma teknikleri
- Metalleri elektrokimyasal etkenlerden koruma işleminin yapılışı
- Galvanik ve dış akımlı katodik koruma yöntemi, yer altı tanklarında katodik koruma
- Metallere katodik olarak koruma işlemi



KOROZYON VE KATODİK KORUMA

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Metal yapılarda paslanma ve arızalanma sebepleri nelerdir? Sınıfta arkadaşlarınızla tartışınız.
2. Paslanmış metal yüzeyleri temizlemek için ne tür uygulamalar yapılabilir? Tartışınız.

TEMEL KAVRAMLAR

Korozyon, Aktivlik, Anot, Katot, Pas, Atmosferik korozyon, Asit yağmurları, Katodik koruma, Anodik koruma, Pasiflik, Kurban anot, Referans elektrot, Galvanik Katodik koruma



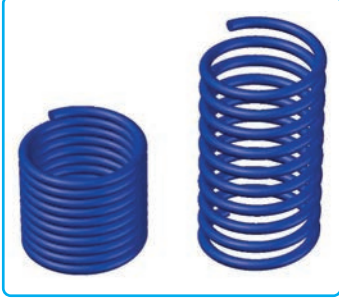
1. BÖLÜM

KOROZYON DAĞILIMI

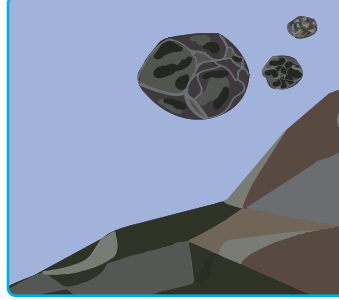


1.1. KOROZYON

Evrende, yüksek enerjili durumdan düşük enerjili duruma doğru yönelme eğilimi vardır. Enerji verilerek sıkıştırılmış bir yay, serbest bırakıldığında aldığı enerjiyi kaybederek tekrar eski hâline döner (Görsel 1.1). Aynı şekilde enerji verilerek yokuş yukarı çıkarılan bir taş, serbest bırakıldığında aldığı enerjiyi kaybederek başlangıç konumuna geri döner (Görsel 1.2). Bu durumlar fiziksel değişime örnektir. Bitkiler güneş enerjisini besin şeklinde bünyelerinde depolar. Bir bitkiye ait olan meyve, toprağa bırakıldığında bünyesindeki mevcut enerjiyi kaybederek çürümeye başlar (Görsel 1.3). Bu durum da kimyasal değişime örnektir.



Görsel 1.1: Sıkıştırılan ve eski durumuna dönen yay



Görsel 1.2: Yokuş aşağı kendiliğinden yuvarlanan taşlar



Görsel 1.3: Toprak üzerinde çürümeye bırakılan meyve ve meyvenin çürümüş hâli

Kendiliğinden gerçekleşen tüm fiziksel ve kimyasal olaylarda minimum enerjiye ve maksimum düzensizliğe eğilim vardır.

Kendi hâline bırakılan demir metali zamanla oksitlenerek paslanır, bakır metali ise oksitlenerek yeşillenir. Bu olaylar metallerin oksitlenerek saf hâline göre daha düşük enerjili duruma geçmesine örnektir.

Benzer şekilde korozyon olayı da minimum enerjiye doğru yönelimdir. Metal ve alaşımların, çevrenin etkisiyle kimyasal ve elektrokimyasal değişme ya da fiziksel çözünme sonucu aşınmasına **korozyon** denir. Metal olmayan cam, seramik ve polimerik malzemelerin benzer şekilde korozyona uğradığı görülür.

Metallerin eldesi yüksek enerji gerektiren bir süreçtir. Bu süreç sonunda metal gerekli önlemler alınmazsa tekrar düşük enerjili ilk durumuna döner. Bu durum korozyondur. Demirin paslanması ve bakırın yeşillenmesi korozyon olayına örnektir.

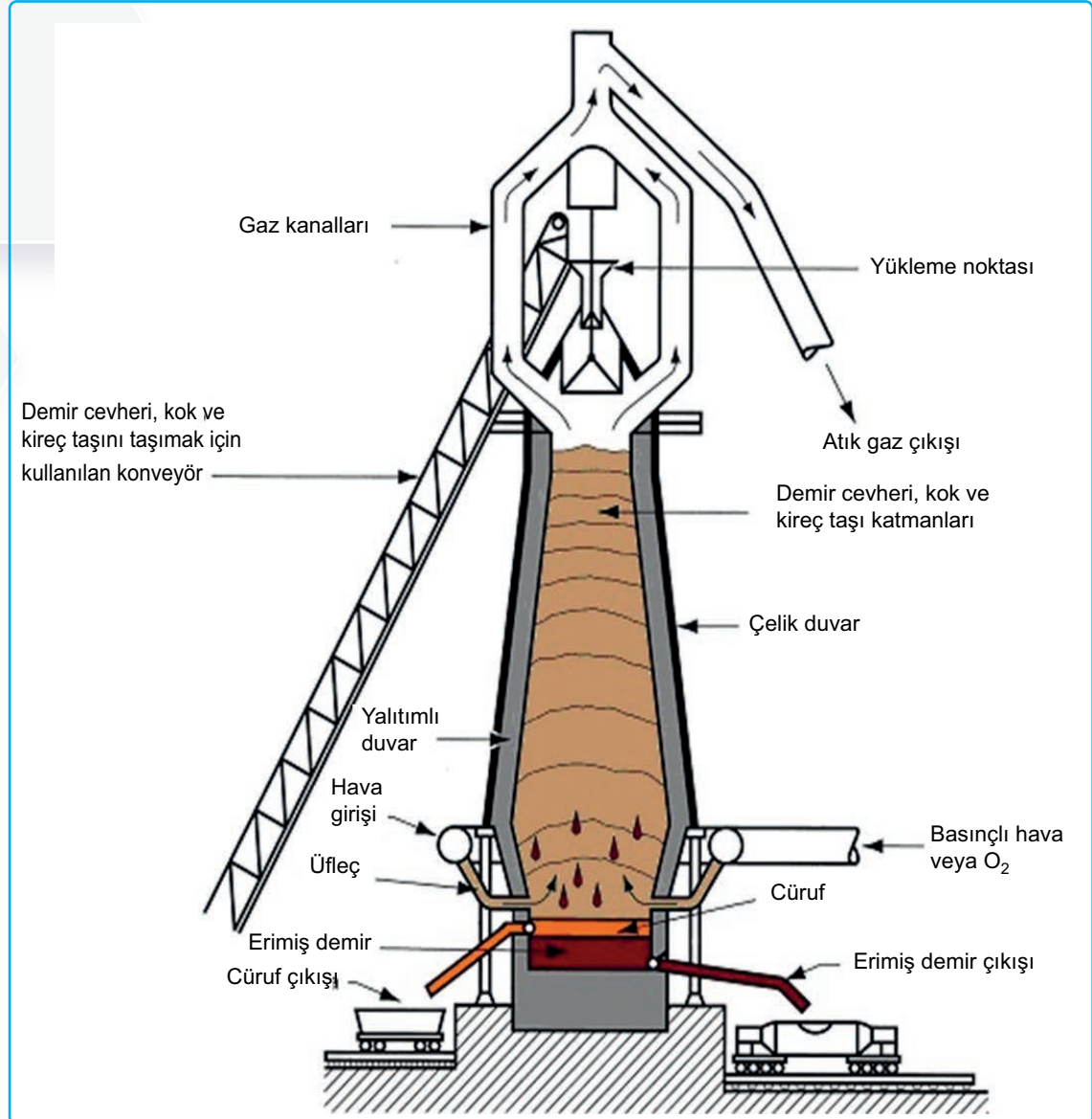
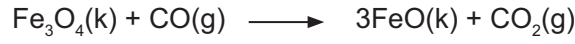


BİLGİ KUTUSU

Roma İmparatorluğu'nun başkenti olan Roma'da su ihtiyacı, içi kurşunla kaplanmış su kanallarıyla karşılanmaktaydı. Korozyon nedeniyle suya karışan kurşun metalinin insan sağlığına verdiği zararlar bilinmediği için bu işlem yapılmıştı. Roma İmparatorluğu'nda merkezî yönetimin zayıflamasında bunun etkisinin olup olmadığı tartışma konusudur.

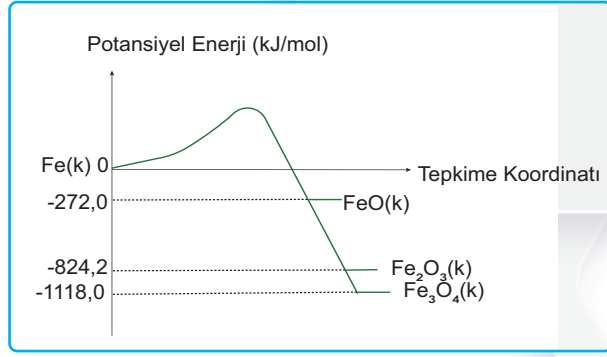
Ülkemizin belirli bölgelerinde bulunan demir cevheri önce zenginleştirme işlemine tabi tutulur. Daha sonra yüksek fırında kok kömürüyle yüksek sıcaklıkta ısıtılarak (Görsel 1.4) indirgenir ve demire dönüştürülür. Bu işlem için büyük miktarda enerji ve iş gücüne ihtiyaç vardır, korozyon ile bu enerji ve iş gücü boşa gider.

Yüksek fırında demir filizinden aşağıdaki tepkime dizisi ile pik (ham) demir elde edilir.



Görsel 1.4: Demirin elde edildiği yüksek fırın

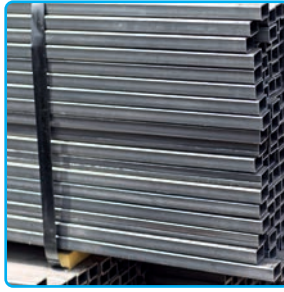
Üretilen demir metali önlemler alınmadığında kendiliğinden korozyona uğrayarak topraktan elde edildiği bileşik yapısına dönüşür (Grafik 1.1). Bu süreç, demir metalinin elde edildiği andan itibaren başlar (Görsel 1.5, 1.6 ve 1.7). Tablo 1.1’de metallerin eldesi ve korozyonu arasındaki benzerlikler ve farklılıklar gösterilmiştir.



Grafik 1.1: Demirin ve oksitlerinin enerji diyagramı



Görsel 1.5: Demir filizi



Görsel 1.6: Demir metali



Görsel 1.7: Paslanmış demir metali

Tablo 1.1: Metallerin Eldesi ve Korozyonu Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar

METALLERİN ELDESİ	METALLERİN KOROZYONU
Elektrokimyasal bir süreçtir.	Elektrokimyasal bir süreçtir.
Cevherin indirgenme yöntemine dayalıdır.	Metalin yükseltgenmesiyle gerçekleşir.
Kendiliğinden gerçekleşmez.	Kendiliğinden gerçekleşir.
Dışarıdan enerji alarak gerçekleşir.	Dışarıya enerji vererek gerçekleşir.
Yüksek maliyet ve işçilik gerektirir.	Yüksek maliyet ve işçiliğin boşa gitmesine neden olur.
Düşük enerjiden yüksek enerjiye doğrudur.	Yüksek enerjiden düşük enerjiye doğrudur.
Metallerin eldesi istemsizdir.	Korozyon istemlidir.
Cevherdeki metal katyonunun elektron alıp indirgenmesiyle gerçekleşir.	Metal atomunun elektron verip yükseltgenmesi ile gerçekleşir.

Elementlerin tepkimeye girme isteklerine **aktiflik** denir. Metallerin aktifliği elektron verme eğilimi ile ilişkilidir. Metaller aktiflik isteklerine göre üç farklı şekilde gruplandırılır:

Soy Metaller : Altın ve platin

Yarı Soy Metaller : Bakır, cıva, gümüş

Aktif Metaller : Demir, alüminyum, çinko, krom, kalsiyum, sodyum vb.

Soy metaller kararlı gruptur. Tepkime verme isteği azdır, kendiliğinden korozyona uğramaz. Aktif metallerin tepkime verme isteği fazla olduğundan korozyona maruz kalır. Yarı soy metaller ise bu iki grup arasında bir özelliğe sahiptir.

Metallerin standart yükseltgenme potansiyelleri aktifliğin ölçüsüdür. Yükseltgenme potansiyeli arttıkça metalin aktifliği artar. Aynı koşullarda metallerin aktifliği arttıkça metal daha kolay ve hızlı korozyona uğrar. Tablo 1.2'de bazı metallerin yükseltgenme yarı tepkimeleri ve standart yükseltgenme potansiyelleri verilmiştir.

Tablo 1.2: Metallerin Aktiflik Tablosu

YÜKSELTGENME YARI REAKSİYONU	STANDART YÜKSELTGENME POTANSİYELİ (E°, Volt)
$Mg \longrightarrow Mg^{2+} + 2e^{-}$	+2,36
$Al \longrightarrow Al^{3+} + 3e^{-}$	+1,66
$Zn \longrightarrow Zn^{2+} + 2e^{-}$	+0,76
$Cr \longrightarrow Cr^{3+} + 3e^{-}$	+0,74
$Fe \longrightarrow Fe^{2+} + 2e^{-}$	+0,44
$Pb \longrightarrow Pb^{2+} + 2e^{-}$	+0,12
$Cu \longrightarrow Cu^{2+} + 2e^{-}$	-0,34
$Ag \longrightarrow Ag^{+} + e^{-}$	-0,80
$Hg \longrightarrow Hg^{2+} + 2e^{-}$	-0,85
$Pt \longrightarrow Pt^{2+} + 2e^{-}$	-1,20
$Au \longrightarrow Au^{3+} + 3e^{-}$	-1,42

Yukarıya doğru metalin yükseltgenme isteği artar ve korozyona daha yatkın hâle gelir.

OKUMA PARÇASI

TARİHSEL SÜREÇTE ALÜMİNYUM ELDESİ

Alüminyum, yer kabuğunda en fazla bulunan metaldir. Alüminyum minerallerini metale dönüştürmek geçmişte çok zor olduğu için alüminyum metali altından daha pahalıydı. Alüminyum mineralleri binlerce yıldır farklı amaçlarla kullanılıyor. Ancak 150 yıl öncesine kadar alüminyum metalini gören olmamıştı. Altın ve gümüş gibi bazı metaller doğada metalik hâlde bulunmaktadır. Bazı metaller de minerallerin ocakta kavrulmasıyla elde edilir. Alüminyum mineralleri ise ocakta kavrulunca metale dönüşmez. Bu nedenle alüminyum metali bilinmiyordu. Şap mineralinin içinde, bilinmeyen bir metal olduğunu ilk kez İngiliz kimyacı Sir H. Davy (Deivi) 1808'de keşfetti ve ona alüminyum adını verdi. Danimarkalı kimyacı H. C. Oersted (Örstid) ilk kez 1825'te çok saf olmasa da alüminyum metalini elde etti. Daha sonra alüminyum klorür tuzu ile saf potasyum metali reaksiyona sokularak az da olsa alüminyum metali elde edilebildi. Fransa'da 1855'te düzenlenen sanayi sergisinde alüminyum gören İmparator III. Napolyon çok etkilendi. İmparator, dünyanın en hafif ve en pahalı metali olan alüminyumdan saray için çatal bıçak takımı ısmarladı. ABD'deki Washington (Vaşington) Anıtı'nın tepe kısmı, dönemin en değerli metali olan alüminyumdan yapıldı. İngiltere'de Picadilli (Pikadili) Meydanı'ndaki Anteros heykeli ise 1893'te alüminyumdan dökülen ilk heykel oldu.

İtalyan fizikçi Volta, 1800'de pili icat edince kimyacılar çeşitli tuzlar içeren çözeltilerden elektrik akımı geçirmeye başladı. Elektroliz adı verilen bu yöntemle kimyacılar daha önce bilinmeyen metalleri keşfetti. Alüminyum ise elektrolizle elde edebilen çıkmamıştı. ABD'de kimya öğrencisi olan C. Hall (Hol), hocasından alüminyum elektrolizle üretenin zengin olacağını duymuştu. Evinde bir laboratuvar kurup alüminyum minerallerini çözdüğü sıvılara elektrik akımı vermeye başladı. Suyun varlığı nedeniyle alüminyumun metale dönüşemediğini hemen kavradı. Alüminyum metali, uygun koşullarda su ile reaksiyona girer. Alüminyumun, kapların içindeki sudan etkilenmeyişişinin nedeni ise metalin yüzeyinin çok ince alüminyum oksitle kaplı olmasıdır. Metal, fabrikada eritilip kalıpta soğurken havayla temas edince yüzeyi oksitle kaplanır. Oksit tabakası da alüminyum kaptaki su kaynatırken patlama olmasını önler. Sodyum metali, suyla temas edince reaksiyona girer ve çıkan hidrojen gazı ısı nedeniyle alev alır. Alüminyum ise yüzeyindeki oksit tabakası sudan korur. Bu nedenle sulu çözeltilerde alüminyum metali, elektrolizle üretilemez. Hall, bu sorunu çözmek için 1886'da alüminyum mineralini (alüminyum oksit) kriyolit ile birlikte yüksek sıcaklıkta eritip sıvılaştırdı. Erittiği karışıma akım uygulayan Hall, elektrolizle alüminyum üreten ilk kişi oldu. Fransa'da P. Heroult (Eğu) da aynı tarihlerde benzer buluşu yaptı. Alüminyumun fiyatı 1900'den itibaren düştü ve bu metal zamanla sıradanlaştı.

(U. AKBULUT, 2012)

(Düzenlenmiştir.)

1.1.1 Korozyonla Mücadelenin Önemi

Korozyon, metalin ve yapısında metal bulunduran her maddenin ömrünü kısaltan bir süreçtir. Korozyon doğrudan ve dolaylı olarak ekonomik kayıplara yol açar. ABD’de yapılan araştırmalara göre korozyonun direkt ve dolaylı yoldan ülke ekonomisine verdiği zarar, gayrisafi millî hasılanın %6,2'sine denk gelmektedir. Türkiye’de ise korozyonun ekonomiye verdiği toplam zarar 2014 yılı için gayrisafi millî hasılanın %6,2'sidir.

Korozyonun ülke ekonomisine verdiği zararlardan bazıları şunlardır:

1. Petrol ürünlerinin depoları veya iletim hattı borularında meydana gelen korozyon; petrol ürünlerinin kaybına ve çevre kirliliğine neden olur. Bunun yanı sıra sistemin yenilenmesi ve ham madde ihtiyacının ortaya çıkması ekonomik kayıplara yol açar.
2. Gıda maddelerinin korozyona uğrayan bir sistem içinde bulunması, sağlık açısından oldukça tehlikelidir. Örneğin alüminyum kaplarda pişen yemeklere alüminyumun korozyonundan dolayı karışan maddeler alzheimer hastalığına neden olabilir.
3. Korozyon metal rezervlerinin azalmasına neden olur. Korozyonla boşa giden metal ihtiyacını karşılamak için mevcut rezervler kullanılır.
4. Beton yapıların temel, kolon ve kirişlerinde kullanılan metaller zamanla korozyona uğrar. Bu da binanın ömrünü kısaltır. Ayrıca bu durum deprem gibi afetlerde can kaybının artmasına da neden olur.
5. Üretim yapan bir sistemde korozyon meydana gelmesi sistemde oluşan ürünün korozyon sonucu oluşan bileşiklerle kirlenmesine neden olabilir.
6. Üretim tesislerinde oluşan ürün verimini azaltır.



BİLGİ KUTUSU

Bhopal (Bopal) Felaketi

3 Aralık 1984’te Hindistan’ın Bhopal şehrinde Amerikan Union Carbide (Yunyun Karbid) şirketine ait tarım ilacı fabrikasında metil izosiyanat (MIC) dolu 40 tonluk tankın korozyon etkisiyle patlayarak çevreye dağılması sonucu büyük bir gaz kaçağı olmuştur.

Hükümet çevrede yaşayan 3.787 kişinin derhal öldüğünü bildirmiş, haftalar içinde toplam ölümler on beş bine dayanmıştır. Yaralıların sayısının 558.125 olduğu bildirilmiştir.

Kaza sırasında tanktaki bazı cihazların yaklaşık bir yıldır arızalı olduğu anlaşılmıştır. 1981-84 yılları arasında fabrikada meydana gelen birçok önemli kaza yöneticiler tarafından fazla önemsenmemiştir.

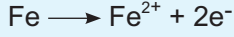
Hindistan Hükümeti Union Carbide’den 3,3 milyar dolar tazminat talep etmiş, daha sonra 470 milyon dolara anlaşılmıştır. Bu para hayattaki kazazedelere dağıtıldığında kişi başına 500 dolar gibi çok küçük bir miktar düşmüştür.

1.1.2 Korozyon Reaksiyonları

Korozyon, anot ve katot olarak adlandırılan iki bölgede gerçekleşen tepkimelerin toplamıdır. Anot bölgesinde metal, elektron kaybederek yükseltgenir. Katot bölgesinde ise korozyona sebep olan madde, metalin verdiği elektronları alarak indirgenir. Bu iki bölgede meydana gelen olayların toplamı **korozyon reaksiyonunu** verir. Korozyon tepkimesi kendiliğinden meydana gelen elektrokimyasal bir olaydır ve bu olay sonucunda enerji açığa çıkar.

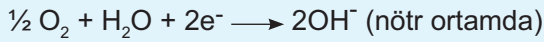
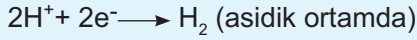
Demirin korozyonu için yazılabilecek tepkimeler şunlardır:

Anot Tepkimesi

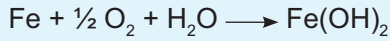


Anot reaksiyonunda oluşan elektronlar metal üzerinden taşınarak katoda gider ve orada aşağıdaki iki reaksiyondan birini oluşturur.

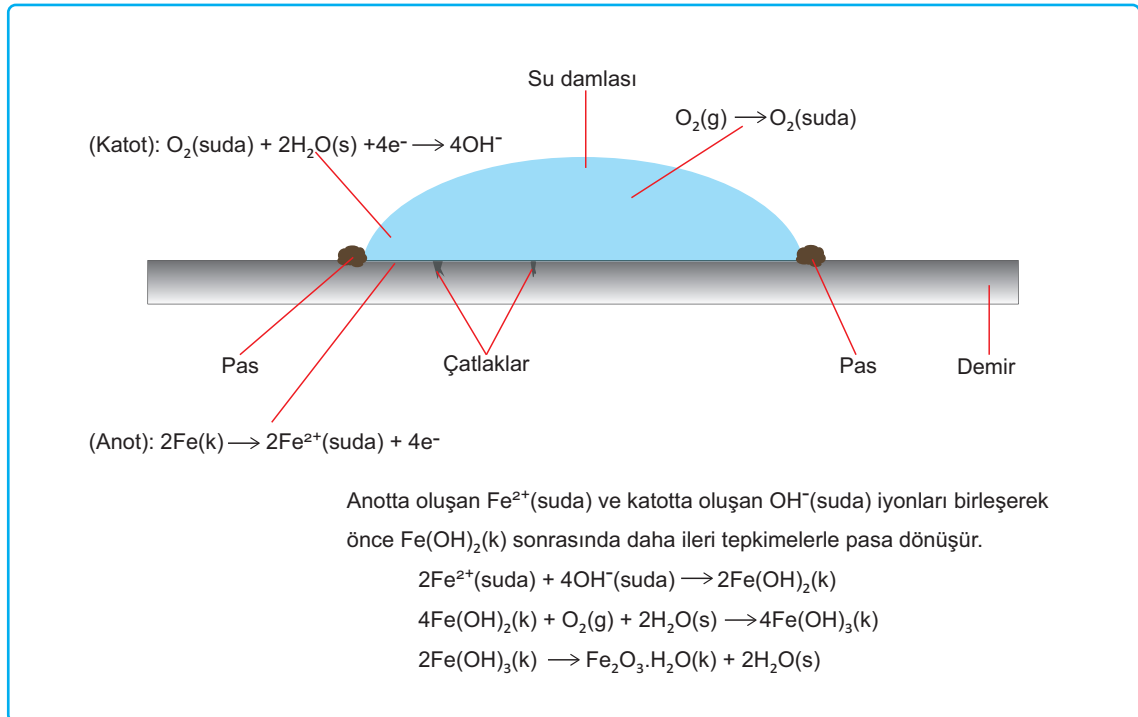
Katot Tepkimesi



Toplam Reaksiyon



Anodik ve katodik reaksiyonlardan sonra demir Fe(OH)_2 hâline dönüşür (Görsel 1.8).



Görsel 1.8: Demirin korozyon tepkimesinin yüzeyde gösterilmesi



1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



MİKRO KOROZYON HÜCRESİ

Amaç	Aynı metal üzerinde anodik ve katodik bölgelerin oluşumu ile meydana gelen mikro korozyon hücrelerini kavrayarak mikro korozyona neden olan faktörleri öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, alüminyum levha, bakır levha, çelik çivi, çelik vida, 2 adet petri kabı, pamuk, ince zımpara, ege, balon joje.
Kimyasal Maddeler	0,1 N NaOH çözeltisi, 1 g/L demir (II) iyonu içeren demir (II) sülfat çözeltisi, 3 g NaCl + 1 g $K_4[Fe(CN)_6]$ + 10 damla fenolftalein içeren agar agar jeli, aseton.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. 0,1 N NaOH çözeltisi hazırlayınız.
2. 1 g/L demir (II) iyonu içeren demir (II) sülfat çözeltisi hazırlayınız.
3. 0,1 N NaOH çözeltisi içerisine 1 damla fenolftalein indikatörü damlatınız ve değişimi deney süresince gözlemleyerek kaydediniz.
4. 1 g/L demir (II) iyonu içeren demir (II) sülfat çözeltisi içerisine 1 damla potasyum ferrosiyanür çözeltisi damlatınız ve değişimi deney süresince gözlemleyerek kaydediniz.
5. Çelik çivi ve çelik vidayı zımparalayarak yüzeylerini asetonlu pamukla temizleyiniz.
6. Çelik çivi ve çelik vidayı petri kabının içerisindeki taze hazırlanmış ve katılaşmak üzere olan agar agar jelinin içerisine yerleştiriniz (Jel katılaşana kadar petri kabını oynatmayınız.). Değişimi deney süresince gözlemleyip kaydediniz (Görsel 1.9).
7. Bir çiviye çekiçle bükünüz. Bir vidayı bakır levhaya vidalayıp sökünüz. Bir vidayı alüminyum levhaya vidalayıp sökünüz.
8. Bu üç örneği diğer petri kabının içerisindeki taze hazırlanmış ve katılaşmak üzere olan agar agar jelinin içerisine yerleştiriniz (Jel katılaşana kadar petri kabını oynatmayınız.). Değişimi deney süresince gözlemleyip kaydediniz (Görsel 1.10).
9. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz (Görsel 1.11 ve 1.12).
10. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 1.9



Görsel 1.10



Görsel 1.11



Görsel 1.12

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. 0,1 N NaOH çözeltisi, 1 g/L demir (II) iyonu içeren demir (II) sülfat çözeltisi, 3 g NaCl + 1 g $K_4[Fe(CN)_6]$ + 10 damla fenolftalein içeren agar agar jeli hazırlar.				
3. 0,1 N NaOH çözeltisi içerisine 1 damla fenolftalein indikatörü damlatarak renk değişimini gözlemler.				
4. 1 g/L demir (II) iyonu içeren demir (II) sülfat çözeltisi içerisine 1 damla potasyum ferrosiyanür çözeltisi damlatarak renk değişimini gözlemler.				
5. Çivi ve vidanın üzerindeki oksitlenmeyi zımparalar, asetonlu pamukla çivinin ve vidanın yüzeyini temizler.				
6. Çelik çivi ve çelik vidayı petri kabının içerisindeki taze hazırlanmış ve katılaşmak üzere olan agar agar jelinin içerisine yerleştirir, değişimi gözlemler.				
7. Üç örneği diğer petri kabının içerisindeki taze hazırlanmış ve katılaşmak üzere olan agar agar jelinin içerisine yerleştirir, değişimi gözlemler.				
8. Bükülmüş çivideki anodik alanların hangi bölgelerde yoğunlaştığını gözlemler.				
9. Bakır ve alüminyum levhaya vidalanıp sökülen vidalar ile işlem görmemiş vidaları karşılaştırır.				
10. Çalışma ortamını temizler.				
11. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



OKSİJEN KONSANTRASYONU HÜCRESİ

Amaç	Oksijen konsantrasyonunun korozyon üzerine etkisini öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, çelik levha, ince zımpara, balon joje, pamuk, saat.
Kimyasal Maddeler	Saf su ile hazırlanmış 3 g NaCl + 1 g $K_3[Fe(CN)_6]$ + 10 damla fenolftalein indikatörü içeren 100 mL çözelti, aseton.

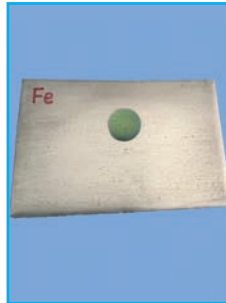
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. 3 g NaCl + 1 g $K_3[Fe(CN)_6]$ + 10 damla fenolftalein indikatörü içeren 100 mL çözelti hazırlayınız (Görsel 1.13).
2. Çelik levhayı hazırlayınız.
3. Levhanın üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizleyiniz.
4. Levhanın üzerini asetonlu pamuk ile silerek levhayı kurutunuz.
5. Temizlenmiş çeliğin yüzeyine 1 damla indikatör içeren çözelti damlatınız (Görsel 1.14).
6. Damlanın altında ve kenarında oluşan renk değişikliklerini inceleyerek kaydediniz.
7. Çözeltinin başlangıçtaki ve 30 dakika sonraki rengini gözlemleyip kaydediniz (Görsel 1.15 ve 1.16).
8. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
9. Raporunuzu hazırlayınız.



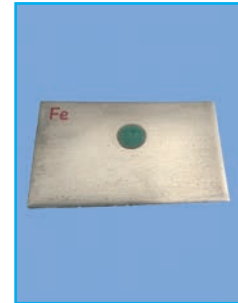
Görsel 1.13



Görsel 1.14



Görsel 1.15



Görsel 1.16

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. 3 g NaCl + 1 g $K_3[Fe(CN)_6]$ + 10 damla fenolftalein indikatörü içeren 100 mL çözelti hazırlar.				
3. Levhanın üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizler.				
4. Levhanın üzerini asetonlu pamuk ile silerek levhayı kurutur.				
5. Temizlenmiş çeliğin yüzeyine 1 damla indikatör içeren çözelti damlatır.				
6. Damlanın altında ve kenarında oluşan renk değişikliklerini inceleyerek kaydeder.				
7. Çalışma ortamını temizler.				
8. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

1.1.3. Korozyona Etki Eden Faktörler

Metalin üretildiği andan itibaren maruz kaldığı tüm değişkenlerin korozyona etkisi vardır. Korozyona etki eden faktörlerden bazıları şunlardır:

Metalin İçinde Bulunduğu Kimyasal Ortamlar: Metal yapıların; asit, baz özellikli maddelerle ve bazı bakteri türleriyle temas etmesi korozyonun başlamasına veya hızlanmasına sebep olabilir.

Malzeme Seçimi: Korozyona sebep olabilecek kimyasal maddelerin bulunduğu ortamda çalışacak metalleri seçerken korozyona daha az meyilli metal veya alaşımların kullanılması gerekir.

Metalin Havayla Temas Etmesi: Metalin havada bulunan oksijenle temas ettiği bölge katot olarak davranırken diğer bölgeler anot olarak davranır. Bu da korozyon oluşumuna neden olur.

Metalin Üzerinde Üretime Bağlı Olarak Oluşan Farklı Yüzey Alanları: Metal, sıvı hâlden katı hâle dönüştürülürken plaka üzerinde farklı yüzey şekillerinin oluşması korozyona sebep olur.

İki Farklı Metalin Birbiriyle Temas Ettirilmesi: Metaller farklı olduğunda aralarında yükseltgenme potansiyellerinin farkı sebebiyle anot ve katot bölgeler meydana gelir.

Ortamın Nemi: Metal ortamında bulunan yüksek nem ve su birikintileri korozyonun hızlanmasına sebep olur.

Ortam Sıcaklığı: Sıcaklığın, korozyonu hem hızlandırıcı hem de yavaşlatıcı etkisi vardır. Sıcaklık artışı korozyona sebep olabilen oksijen gazının miktarını azaltır. Bu, sıcaklığın korozyonu yavaşlatan etkisidir. Ancak sıcaklık artışı elektron alınma ve verilme hızını da artırır. Bu da sıcaklığın korozyonu hızlandıran etkisidir. Sıcaklığın korozyonu hızlandırıcı etkisi, yavaşlatıcı etkisine daha baskındır.

Metal Boru Hatlarında Sıvı Akışkanın Hızı: Metal boruların içinden geçen akışkanın hızı yavaş olduğunda korozyon daha hızlı gerçekleşir. Akışkanın hızı arttığında ise korozyon yavaşlar.



BİLGİ KUTUSU

134 yolcu taşıyan bir uçağın yükseklik göstergelerinden birinin (altimetre) korozyon nedeni ile yüksekliği doğru göstermemesi sonucu iniş sırasında düşen uçakta 9 kişi ölmüştür. Burada uğranılan dolaylı kayıp, doğrudan kayıptan (bir altimetre fiyatı) daha büyüktür. (25 Şubat 2009, Amsterdam)

1.1.4. Korozyon Tipleri

Metalin yüzeyinde meydana gelen korozyonların oluşma biçimlerinde ve görünümünde farklılıklar olabilir. Bu sebeple korozyonu kontrol altında tutabilmek için korozyonun hem türünü hem de oluşma şeklini iyi tanımak gerekir. Bir metal birden fazla korozyon türüne maruz kalabilir.

Korozyon tipleri şunlardır:

Genel Korozyon: Metal üzerinde anot ve katot bölgelerinin sürekli yer değiştirmesiyle metal yüzeyi eşit şiddette korozyona uğrar. Her noktada meydana gelen aşınmaların ortalama değerleri hemen hemen eşit miktardadır. Genel korozyonun (Görsel 1.17) yol açtığı metal kaybı diğer korozyon türlerine oranla çok yüksektir. Buna karşın en az korkulan korozyon türüdür. Çünkü korozyon hızı saptanabilir olduğundan parçaların değişimine yönelik zaman tahmini yapabilmek mümkündür.



Görsel 1.17: Genel korozyona uğramış metal yapı



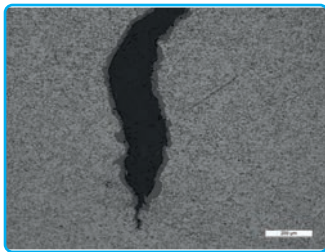
Görsel 1.18: Çukur korozyonu

Çukur Korozyonu: Bu korozyon türünde anot, küçük tek bir bölgedir. Anodun bulunduğu bölgede çukurlaşma meydana gelir (Görsel 1.18). Bu çukurların çoğu gözle görülemeyecek kadar küçüktür. Bu korozyon türü geç başlar ancak hızlı ilerler. Kontrolü en zor olan korozyon çeşididir. Çukur korozyonu görülen metaller belirlidir. Bu sebeple bu korozyonla karşılaşmamak için malzeme seçimine dikkat etmek gerekir.

Galvanik Korozyon: Metallerde aktiflik, elektron verme isteğinin ölçüsüdür. Aktiflikleri farklı birden fazla metalin uygun bir iletken sıvı içinde bir arada bulunmasıyla meydana gelen korozyon türüdür (Görsel 1.19). Aktifliği fazla olan metal anot olur ve korozyon olayı bu metal üzerinde meydana gelir. Demir sac üzerine çelik punto atılmışsa puntolar etrafında bu korozyon çeşidinin olduğu görülebilir. Bu korozyon türünde ortamdaki iletken sıvı, metallerin seçimi ve temas yüzeyleri önemli faktörlerdir.



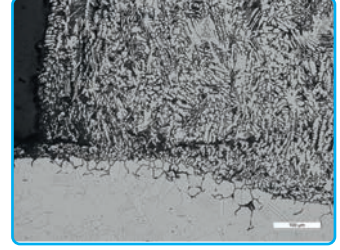
Görsel 1.19: Galvanik korozyon



Görsel 1.20: Çelik yüzeyinde oluşmuş mikroskobik çatlak korozyonu

Çatlak-Aralık Korozyonu: Metalin üzerinde sonradan oluşan yarıklarda meydana gelen korozyon türüdür (Görsel 1.20). Metalin yüzeyinde bulunan boya, çamur, toprak gibi unsurlar yarığın üstünü kapatır ve oksijen gazının yarıktan içeriye girmesini engeller. Yarığın içindeki çözeltiyle dışındaki çözelti arasında oksijenin miktarında farklılık meydana gelir. Bu farklılık korozyon oluşmasına sebep olur. Bölgesel bir korozyon çeşidi olup çıplak gözle tespit edilmesi zordur.

Taneler Arası Korozyon: Atomlar küre şeklinde kabul edilmektedir. Metal atomları arasında metalik bağ mevcuttur. Metalik bağ yapısının en küçük simetrik birimleri kristal yapı olarak tanımlanır. Birbirlerine bağlı olan bu simetrik yapıların sınırları üzerinde meydana gelen ve metallerin hatalı ısıtma işlemleri nedeniyle oluşan korozyon çeşididir (Görsel 1.21). Çıplak gözle görülmediği için oldukça tehlikelidir. Az miktarda, metalin kütle kaybına sebep olur. Ancak metalin dayanıklılığını bir anda sıfıra indirir.



Görsel 1.21: Çelikte taneler arası korozyona uğramış bölge



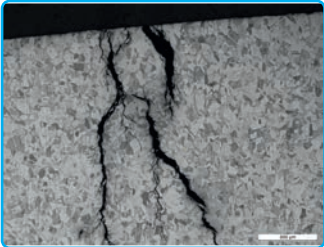
Görsel 1.22: Metal boru içerisinde erozyon korozyonu

Erozyon ve Aşınma Korozyonu: Korozyona uğrayan metalin üzerinde korozyon ürünleri nedeniyle pasif bir kabuk oluşur. Bu kabuk korozyonun yavaşlamasına neden olur. Korozyona uğrayan metalin üzerindeki korozif sıvı, hızla hareket ederse metalin üzerindeki kabuk yapısını bozar ve bu kabuğu yüzeyden uzaklaştırır. Yeni bir yüzey oluşur ve oluşan yüzeyin üzerinde aynı süreçler yaşanır (Görsel 1.22).

Kabuk Altı Korozyonu: Metal yüzeyinde korozyon ürünlerinin oluşturduğu kabuk altında meydana gelen korozyon çeşididir (Görsel 1.23). Bu korozyon, kabuk altının rutubetli olmasından ve yeteri kadar oksijen alamamasından kaynaklanır.



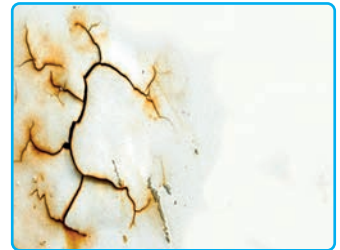
Görsel 1.23: Kabuk altı korozyonuna uğramış metal



Görsel 1.24: Çelikte stres korozyonu

Stres Korozyonu: Korozif ortamda bulunan bir metal aynı zamanda gerilme altında ise metalin çatlayarak kırılması çabuklaşır. Metal yüzeyinde bulunan herhangi bir çukur veya çatlak, gerilim altında duyarlı hâle gelerek korozyonun başlaması için uygun bir ortam yaratır. Normalde korozyon ürünleri metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturduğu hâlde stres altında iken kabuk oluşturamaz. Bunun sonucu olarak korozyon hızla devam ederek metalin o bölgede çatlamasına neden olur (Görsel 1.24).

Filiform Korozyonu: Metal yüzeyinde bulunan boya veya kaplama tabakası altında gerçekleşen korozyon türüdür (Görsel 1.25). Filiform korozyonu, çatlak korozyonun bir türü olarak kabul edilebilir. Bu korozyon türüne **kabuk altı korozyonu** da denilmektedir. Korozyon olayı kabuk altında, solucan hareketine benzer şekilde hareket eder. Bir filiform diğer bir filiformu kesmez. Kesişme hâlinde yansıma yaparak yoluna devam eder.



Görsel 1.25: Boyalı bir metal yüzeyde zamanla oluşmuş filiform korozyonu

Seçimli Korozyon: Alaşım içinde bulunan metal elementlerden aktif olanını korozyona uğrattırarak gerçekleşen korozyon olayıdır. Örneğin pirinç alaşımı içinde çinko ve bakır elementleri vardır. Çinko elementinin metalik aktifliği bakırdan fazladır. Çinko bakırdan önce yükseltgenerek korozyona uğrar ve ortamdan uzaklaşır.

Kaçak Akım Korozyonu: Herhangi bir doğru akım kaynağından yer altına kaçan akımlar çevrede bulunan metalik yapıların korozyonuna neden olur. Örneğin bir yer altı treni veya bir kaynak makinesi çevrede bulunan metalik yapılar üzerinde korozyona neden olabilir. Boru hattı, zeminden daha iletken olduğu için kaçak akımlar boru hattına girmeyi tercih eder. Akımın boru hattına girdiği bölgeler katot, akımın borudan çıktığı bölgeler anot olur ve korozyona uğrar.

Mikrobiyolojik Korozyon: Oksijensiz ortamda yaşama özelliğine sahip olan bakterilere **anaerobik bakteri** denir. Bu tür bakteriler oksijen yerine kükürt elementini kullanır. Böylece mikroorganizmaların gelişimi esnasında asitler ve sülfürler oluşur. Bu bileşenler korozyon hızını artırır.

Atmosferik Korozyon: Metallerde en çok rastlanan korozyon türüdür (Görsel 1.26). Bu korozyonun diğer korozyon türlerine göre gerek harcanan para gerekse yitirilen malzeme miktarı bakımından zararı daha fazladır.

Atmosferik korozyonda, metal madde ile atmosferik çevre arasında etkileşim olur. Metallerin birçoğu oda sıcaklığında ve hemen hemen nemsiz atmosferde korozyona uğradığında katı bir oksit tabaka oluşturur. Metalin üzerindeki oksit yapı kararlı ise korozyon durma noktasına gelir.



Görsel 1.26: Atmosferik korozyon örneği

Atmosferik korozyonun etkisi coğrafi ve yerel hava şartlarına göre değişir. Sanayi bölgesinde bulunan bir metaldeki korozyonun hızı, kutup bölgesinde bulunan bir metalin korozyonundan daha hızlıdır. Aynı şekilde deniz kıyısındaki bir metalin korozyonu daha yükseklerde bulunan metalin korozyonundan daha hızlı gerçekleşir. Burada meteorolojik koşulların ve endüstriyel kirlenmelerin etkisi söz konusudur (Tablo 1.3).

Atmosferik korozyon hızı; ürünün tasarımına, uygun malzeme seçimine, imalat yöntemi ve kalitesine bağlı olduğu gibi çevresel faktörlere de bağlıdır. Bu faktörlerden en önemlileri havanın rutubeti, kirlenme derecesi, yıllık yağış miktarı, hava sıcaklığı ve rüzgâr hızıdır.

Tablo 1.3: Çeliğin Çeşitli Atmosferler İçinde Korozyon Hızı

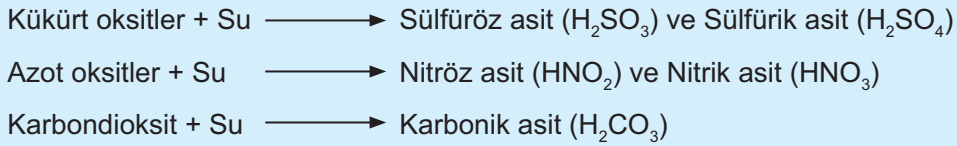
ATMOSFER CİNSİ	KOROZİFLİK DERECE	KOROZYON HIZI (µm/yıl)
Kuru kırsal atmosfer - Kuru endüstriyel atmosfer	Hafif korozyif	1-5
Kırsal rutubetli atmosfer - Şehir atmosferi	Orta korozyif	10
Endüstriyel olarak kirlenmiş rutubetli atmosfer	Korozyif	20
Yoğun şekilde kirlenmiş deniz atmosferi	Şiddetli korozyif	35

Atmosferik korozyon hızına etki eden başlıca faktörler şunlardır:

Havadaki Nemin Etkisi: Havada bulunan su buharının bağıl miktarına **nem** denir. Temiz bir atmosfer ortamında korozyona neden olabilecek tek etken su buharıdır. Havadaki nemin miktarı çok düşük bile olsa korozyona neden olabilir. Havada bağıl nemin oranı %70'ten fazla olursa sıcaklığın düştüğü gece saatlerinde metal yüzeyinde yoğunlaşma sonucu ince bir sıvı filmi oluşur. Bu etki nedeniyle korozyonun hızında ani artış meydana gelir. Metal yüzeyinde sıvı filminin oluşmasına neden olan minimum bağıl nem miktarına **kritik bağıl nem** denir. Atmosferdeki nem miktarının, bu değerden daha düşük olduğu durumlarda metal yüzeyinde sıvı tabakası görülmez. Metal yüzeyinde toz ve kir gibi katı tanecikler mevcutsa su buharının yoğunlaşması daha kolay olur. Bu durum korozyon hızını artırır.

Endüstriyel Kirlenmenin Etkisi: Sanayi bölgelerinde fosil yakıtların kullanılması sonucunda havayı kirleten SO_x , CO_x ve NO_x vb. maddeler oluşur. Bu maddelerin yayılmasına **emisyon** denir. Emisyonların korozyona etkisi oldukça fazladır. Özellikle kükürt oksitlerinin sebep olduğu korozyonlar daha etkilidir.

Havaya karışan SO_x , CO_2 ve NO_x vb. oksitler havada bulunan su buharı ile birleşerek asitleri oluşturur ve yağmurla yeryüzüne iner. Bu olaya **asit yağmurları** denir.



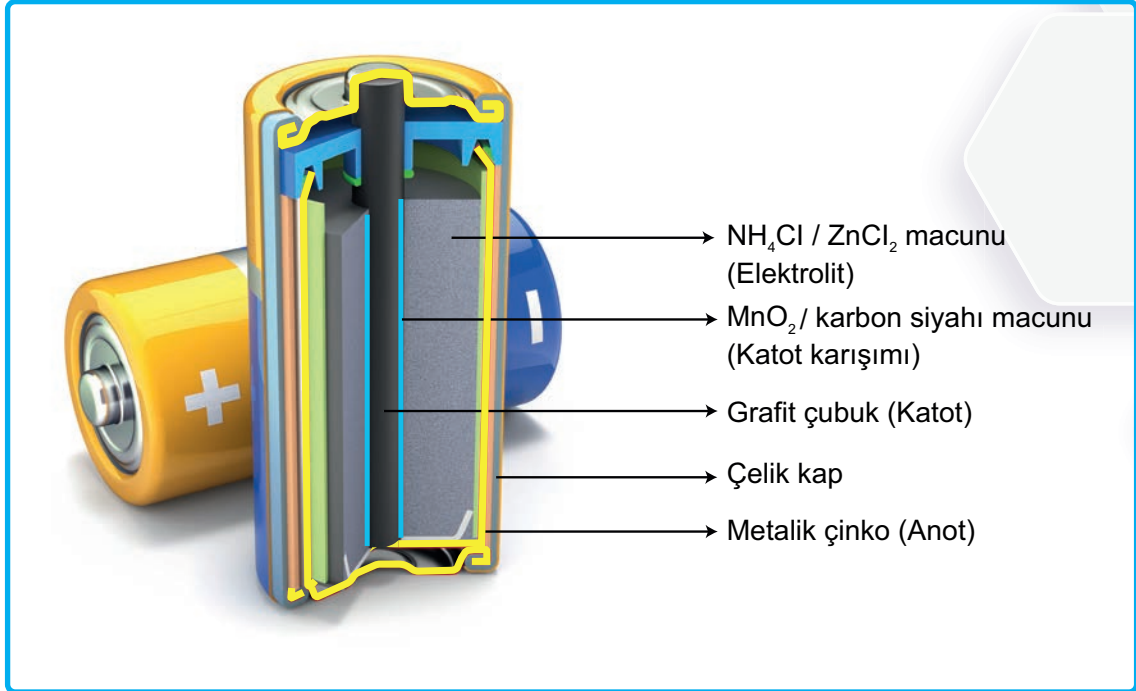
Başka kirlenici maddeler de atmosfere karışabilir. Özellikle denize açık atmosferlerde rüzgâr ile taşınan mikroskobik tuz parçacıkları bulunur. Bunlar, atmosfere açık metal yüzeylerinde çökerek birikir.

Sıcaklığın Etkisi: Yüksek sıcaklık, korozyonun hızını arttıran bir unsurdur. Ancak yüksek sıcaklık, metal yüzeyinde oluşan sıvı filminin yüzeyde kalma süresini de azaltır. Sıcaklık düşük olduğu sürece metal yüzeyinde kuruma gecikir ve korozyon olayı devam eder. Bu nedenle hava sıcaklığının daha düşük olduğu bölgelerdeki atmosferik korozyonun hızı diğer bölgelere göre daha fazladır. Sıcaklığın, korozyonun hızını hem artırıcı hem de azaltıcı etkisi mevcuttur.

Yağış ve Rüzgârın Etkisi: Atmosferik korozyonun yürümesi için mutlaka suya gereksinim vardır. Bu nedenle yıllık yağış miktarı korozyon hızı açısından önemlidir. Ancak yağış miktarı kadar yağış miktarının sıklığı ve kuruma süresi de önemlidir. Bu nedenle bölgedeki rüzgârın hızı ve yönü de önemli bir parametredir. Rüzgâr, kurumayı hızlandırdığı gibi yüzeyde toplanan toz ve kurum şeklindeki partikül maddelerin sürüklenerek uzaklaşmasını sağlar. Bu durum korozyon hızını azaltır.

Elektrolitik Korozyon: Elektrokimyada kendiliğinden gerçekleşen tepkimeler enerji üretir. Bu tepkimelere **pil tepkimesi** denir. Korozyon tepkimeleri de tıpkı pil tepkimesi gibi kendiliğinden meydana gelir ve enerji üretir. Korozyon olayını daha iyi tanımlamak için pil modeli kullanılabilir.

Kuru pilin içinde (Görsel 1.27), elektriksel iletkenliğe izin veren elektrolit bulunur. Elektrolite daldırılan iki adet metal vardır. Metal elektrotların her ikisi de elektrolitle temas hâlinde. Pili elektrik enerjisi üretebilmesi için metal elektrotların iletken bir telle birleştirilmesi yeterlidir. Bu olay, kimyasal enerjinin elektrik enerjisine dönüşmesidir. Bu dönüşüm, elektrotla elektrolit ara yüzeyinde oluşur.



Görsel 1.27: Kuru pil şeması

Pil düzeneğini, korozyon hücresi olarak tarif etmek mümkündür. Korozyon hücresinde; yüzeyinde kimyasal indirgenmenin olduğu elektrot **katot**, kimyasal oksitlenme yolu ile çözünmenin gerçekleştiği elektrot da **anot** adını alır.

Anodik olay, metal atomlarının elektron kaybederek pozitif yüklü metal iyonlarına dönüşmeleridir. Anodik olay elektron üretir.



Katodik olay, anot bölgesinde üretilen elektronların alınması ve indirgenmenin gerçekleşmesidir. Katodik olayın oluşabilmesi için elektronu alabilecek iyon ya da maddelere ihtiyaç vardır. Elektrolit içinde elektrik akımı iletimi, pozitif ve negatif yüklü tüm iyonların hareketiyle sağlanır. Elektrolit içinde (+) yüklü iyonlar katoda, (-) yüklü iyonlar ise anoda yönelmiş olarak hareket eder.



3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



ELEKTROKİMYASAL KOROZYON

Amaç	Metallerin elektrokimyasal etkilerden nasıl korunduğunu öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, alüminyum ve çinko levha, hassas terazi, cetvel, ince zımpara, eğge, maşa, balon joje, voltmetre, U borusu, pamuk.
Kimyasal Maddeler	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, ZnSO_4

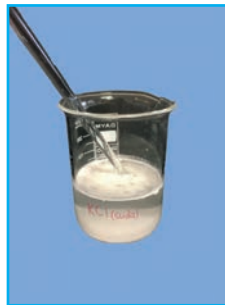
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

- 1 M'lık 250 mL $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ çözeltisi hazırlayınız.
- 1 M'lık 250 mL ZnSO_4 çözeltisi hazırlayınız.
- Al ve Zn levhaları hazırlayınız.
- Levhaların üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizleyiniz.
- Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartınız ve kütlelerini not alınız (Görsel 1.28).
- Çözeltileri iki ayrı behere boşaltınız.
- Tuz köprüsü için KCl çözeltisi hazırlayınız (Görsel 1.29).
- U borusunun içini KCl çözeltisi ile doldurunuz ve uçlarını pamukla tıkayınız (Görsel 1.30).
- İki çözeltiyi tuz köprüsü ile birleştiriniz.
- $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ çözeltisi içeren behere Al levhayı, ZnSO_4 çözeltisi içeren behere Zn levhayı dikey olarak yerleştiriniz (Görsel 1.31).
- Levhaların arasına voltmetre bağlayınız.
- Süreyi 60 dakikaya ayarlayınız.
- 60 dakika sonra levhaları maşa ile beherden alınız.
- Levhaları yıkayıp kurutunuz.
- Levhaları hassas terazi ile tartınız ve kütlelerini not alınız.
- Levhaların ilk ve son kütlelerini karşılaştırınız.
- Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
- Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 1.28



Görsel 1.29



Görsel 1.30



Görsel 1.31

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. 1 M'lık 250 mL $Al_2(SO_4)_3$ ve $ZnSO_4$ çözeltilerini hazırlar.				
3. Levhaların üzerinde önceden oluşmuş oksit tabakasını zımparalayarak temizler.				
4. Çözeltileri iki ayrı behere boşaltıp levhaları beherlerin içine dikey olarak yerleştirir.				
5. Tuz köprüsü için KCl çözeltisi hazırlar.				
6. U borusuna KCl çözeltisini boşaltıp uçlarını pamukla kapatır.				
7. İki çözeltiyi tuz köprüsü ile birleştirir.				
8. Levhaları voltmetre ile birleştirir.				
9. 60 dakika sonunda metallerdeki değişimi gözlemler.				
10. Levhaları maşa ile beherden alıp temizler.				
11. Levhaları kurutup hassas terazide tartar ve kütlelerini not eder.				
12. Çalışma ortamını temizler.				
13. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



KOROZYONUN OLUMLU ETKİSİ

Amaç	Eski metal objelerin korozyon ile restorasyonunu öğrenmek.
Araç ve Gereç	Demirden yapılmış eski bir obje, tel fırça, hassas terazi, saf su, plastik küvet, kablo, doğru akım kaynağı.
Kimyasal Maddeler	Yemek tuzu (NaCl).

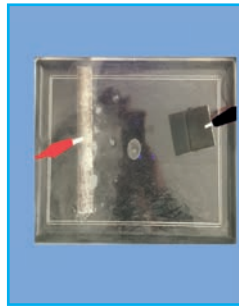
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Korozyona uğramış metal bir obje alınız. İşlem yapmadan önce objeyi hassas terazide dikkatlice tartarak kütlesini not ediniz (Görsel 1.32).
2. Plastik küvetin içine metal objeyi koyunuz. Üzerini örtecek miktarda saf su ekleyiniz.
3. Elektriksel iletkenliği sağlamak üzere yaklaşık 50-60 g NaCl ekleyiniz.
4. İyice karıştırarak tuzun çözünmesini sağlayınız.
5. Korozyona uğramış metal objeyi, DC akım cihazının (+) kutbuna iletken tel ile bağlayınız.
6. Akım cihazının (–) kutbuna çelik metal bağlayınız ve çözeltiye daldırınız (Görsel 1.33).
7. Doğru akım kaynağını 5 Amper akım ya da 12 Volt değerindeki voltaja ayarlayarak objenin boyutu ve korozyon miktarına göre 1-2 saat çalıştırınız (Görsel 1.34).
8. Süre sonunda doğru akım kaynağını kapatarak (+) kutba bağlanan metali yıkayınız ve kurumasını sağlayınız.
9. Kurutma işleminin tamamlanmasından sonra metal objeyi hassas terazide aynı hassasiyetle tartarak kütlesini not ediniz (Görsel 1.35).
10. Süre sonunda korozyona uğratılan metal miktarını belirleyiniz.
11. Metal tel fırça ile temizleyerek parlamasını sağlayınız.
12. Raporunuzu hazırlayınız.
13. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.



Görsel 1.32



Görsel 1.33



Görsel 1.34



Görsel 1.35

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Korozyona uğramış metal objeyi hassas terazide tartar.				
3. Plastik küvetin içine metal objeyi koyar ve üzerini örtecek miktarda saf su ekler.				
4. Elektriksel iletkenliği sağlamak üzere yeterli miktarda NaCl ekler, iyice karıştırarak tuzun çözünmesini sağlar.				
5. Korozyona uğrayan metal objeyi DC doğru akım cihazının (+) kutbuna iletken tel ile bağlar.				
6. Akım cihazının (-) kutbuna çelik metal bağlar.				
7. Doğru akım kaynağı cihazını 5 Amper akım ya da 12 Volt değerindeki voltajla yeterli süre çalıştırır.				
8. Süre sonunda (+) kutba bağlanan metal objeyi yıkar ve kurumasını sağlar.				
9. Metal objeyi tel fırça ile temizleyerek objenin parlamasını sağlar.				
10. Çalışma ortamını temizler.				
11. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

1.1.5. Korozyondan Korunma Teknikleri

Korozyon önlenmesi zor fakat doğal bir olaydır. Gerekli önlemler alınsa da ancak belirli oranda yavaşlatılabilir. Korozyonun yavaşlatılması için bilinçli bir denetim yapılmalıdır. Korozyonun önlenmesi için tasarım, malzeme, ortam ve ara yüzey ile ilgili değişkenlerin göz önünde bulundurulması gerekir.

Belli bir ortamda bulunan bir metalik yapının korozyonunu önlemek veya korozyon hızını azaltmak için alınacak önlemler üç grupta toplanabilir:

1. **Koruyucu kaplama (boya) yapılarak metalin çevreden izole edilmesi**
2. **Kimyasal teknikler**
 - a) İnhibitör kullanımı
 - b) Çevrenin kimyasal bileşiminin değiştirilmesi (su arıtma, havanın rutubetini giderme vb.)
3. **Elektrokimyasal teknikler**
 - a) Anodik koruma
 - b) Katodik koruma

Korozyona karşı alınabilecek önlemler şu şekilde sıralanabilir:

Tasarım: Atmosferik korozyondan korunmak amacıyla metalin tasarımı önemlidir.

Malzeme: Korozif bir ortamda metalle çalışılacaksa ortamdaki korozyona dayanabilecek uygun bir malzeme seçilmelidir. Örneğin HCl bulunan bir ortamda alüminyum veya çinko ile çalışmak doğru değildir.

Ortam: Kullanılacak malzemenin kullanılacağı ortama uygun olması gerekir.

Kapalı ortamlarda alınan en yaygın önlem bağıl nem miktarının azaltılmasıdır. Korozyon ortamında alınan önlemler frenleyici kullanımı ve ortam saldırganlarının etkisi olarak iki başlıkta incelenebilir.

a) Frenleyici Kullanımı: Atmosferik ve sulu ortamlara katılabilen frenleyiciler; metalin, bulunduğu ortam ile tepkimesini azaltır veya önler. Anodik, katodik ve çift etkili frenleyiciler kullanılır.

b) Ortam Saldırganlarının Etkisi: Konsantrasyon, sıcaklık, pH ve ortamdaki akışkanın hızı vb. unsurlar uygun değerlere ayarlanarak korozyon hızı azaltılabilir.

Konsantrasyonun Etkisi: Oksitleyici olmayan bir ortamda, korozyon hızını düşürmenin tek yolu asit konsantrasyonunu azaltmaktır. Oksitleyici özelliği olan nitrik, sülfürik ve fosforik asitlerin konsantrasyonları yeterince azaltılarak metaller için zararsız hâle getirilir.

Sıcaklığın Etkisi: Sıcaklık korozyon hızında çift yönlü etki yapar. Bu durum ortam şartlarına göre değişkendir. Açık sistemlerde uygun sıcaklık aralığında çalışılmalıdır.

Korozif Ortam Akışkanında Hızın Etkisi: Korozif sıvının hızının azaltılması erozyon korozyonunu azaltır. Paslanmaz çelik gibi pasifleşen metaller, istisnai bir durum olarak korozyona karşı hareketli ortamlarda, durgun ortamlara göre daha dayanıklıdır.

Inhibitör Kullanımı: Kimyasal tepkimeleri hızlandıran maddelere **katalizör**, yavaşlatan ve durduran maddelere **inhibitör** denir. Metal değiştirmenin mümkün olmadığı hâllerde çevrenin korozif özelliğini azaltmak amacıyla inhibitör kullanılmalıdır.

Çevrenin Kimyasal Bileşiminin Değiştirilmesi: Kapalı korozif ortamlarda hava ve su buharını ortamdaki uzaklaştırmak için helyum veya azot gazlarını ortamdaki geçirmek oldukça etkili bir yöntemdir. Ancak bu yöntem, büyük ve sürekli çalışan sistemlerde yüksek maliyete neden olur. Su içerisinde korozyona neden olabilecek safsızlıkları uzaklaştırmak da korozyonu azaltan etkidir.

Korozif Ortamda pH Etkisi: Bir çözeltinin asitlik derecesi hidrojen iyonu yoğunluğuna bağlıdır ve pH olarak ifade edilir. Metal belirli bir pH değerinde korozyona uğrar. Metalin özelliğine uygun olan pH değerinde çalışmak gerekir.

Koruyucu Kaplama: Metalin üzerine boya, vernik, lak ve benzer kaplamalar yapıldığında metalin hava ve nemle ilişkisi kesilmiş olur (Görsel 1.36). Bu koruyucu kaplama metali korozyona karşı korur ve metalin estetik olarak güzel görünmesini sağlar.



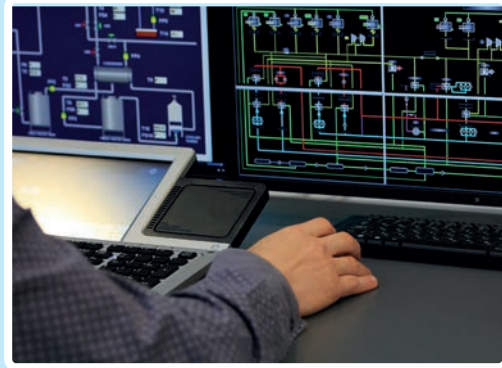
Görsel 1.36: Boya sürülmüş metal yüzey



BİLGİ KUTUSU

Gelişen GSM teknolojisi sayesinde uzak sistemlerin ya da cihazların denetimi ve izlenmesi, kablosuz veri iletimi ile sağlanabilmektedir. Basit bir algoritma yazılımı sayesinde elde edilen verileri kablosuz yöntemlerle aktarabilmek mümkündür.

İstanbul'un su ihtiyacını karşılayan İsaköy-Darlık-Ömerli boru hattında galvanik katodik koruma yöntemi kullanılmaktadır. Tasarlanan GSM tabanlı ölçüm sistemi ile katodik koruma verileri hızlı ve güvenli bir şekilde SCADA (Supervisory Control and Data) kontrol merkezine (Görsel 1.37) aktarılmakta ve katodik korumanın sürekliliği takip edilmektedir.



Görsel 1.37: SCADA kontrol merkezi

2. BÖLÜM

KATODİK KORUMA

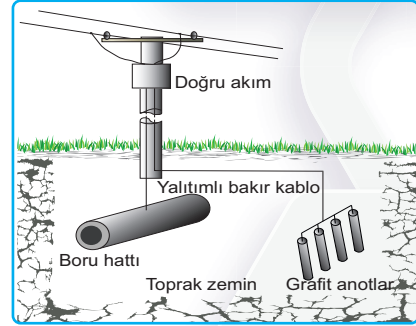


1.2. KATODİK KORUMA

Korozyona karşı uygulanan elektrokimyasal koruma yöntemleri; anodik ve katodik koruma yöntemi olmak üzere ikiye ayrılır.

1.2.1. Anodik Koruma Yöntemi

Bir metal veya alaşım, korozyona uğraması için gerekli şartlar oluştuğu hâlde korozyona uğramıyorsa bu duruma **pasiflik** denir. Her metal pasifleşme özelliğine sahip değildir. Pasifleşme özelliğine sahip olan metal; korozyona uğradığında korozyon ürünü, metal yüzeyinde ince bir tabaka oluşturur. Böylece metal ile korozyon ortamı arasındaki bağlantı kesilir ve korozyon olayı durur (Görsel 1.38). Demir, nikel, krom, titanyum ve bunların alaşımlarına anodik akım uygulanırsa belirli bir potansiyelden sonra anodik akım uygulanan metal yüzeyinde kararlı oksit filmi oluşur ve metali korozyona uğraması engellenmiş olur. Grafit anotlar devrenin tamamlanmasını sağlar. Bir metali anodik olarak korumak ancak potansiyeli ayarlanabilir cihazlarla mümkündür.



Görsel 1.38: Anodik koruma yöntemi

1.2.2. Katodik Koruma Yöntemi

Elektrokimya bilimi gelişmeden önce Davy tarafından 1824 yılında İngiltere’de gemilerin korunması için uygulanmış bir yöntemdir. Korozyondan korunmak istenen metali vermesi gereken elektronlarının bir dış kaynaktan sağlanması ile metali yükseltgenmesinin önüne geçilir. Bu yöntemin toprak zemine gömülü ve boyu yüzlerce kilometreyi bulan metal boru nakil hatlarında başarılı uygulamaları vardır. Deniz suyu gibi ortam özelliği değiştirilemeyen yerlere yapılan büyük yapıları (Görsel 1.39) korozyona karşı korumak için alternatifsiz bir yöntemdir. Yer altında ve toprak seviyesinde bulunan depolar, petrol dağıtım sistemleri, içme suyu dağıtım sistemleri, doğal gaz dağıtım sistemleri, kanalizasyon sistemleri, sıkıştırılmış gaz depolama sistemleri ve çelik konstrüksiyon sistemlerde katodik koruma yöntemi uygulanır.



Görsel 1.39: Deniz üzerinde kurulmuş petrol platformu

1.2.3. Katodik Korumanın Esasları

Katodik korumanın uygulama şekline göre dış akım kaynaklı katodik koruma ve galvanik katodik koruma olmak üzere ikiye ayrılır.

Korozyon tepkimelerinde korozyona uğrayan, anot bölgesindeki metaldir. Katodik koruma, korunacak metali katot hâline getirerek metal yüzeyindeki yükseltgenmenin önlenmesidir. Nötral bir sulu çözelti içinde korozyona uğrayan demir metalinin yüzeyinde gerçekleşen anot ve katot reaksiyonları şu şekilde gösterilebilir:

Anot reaksiyonu



Katot reaksiyonu



Korozyon olayı bu iki tepkimenin bir arada yürümesi ile gerçekleşir. Katot reaksiyonunun gerçekleşmesi anottan gelen elektronlar ile mümkündür. Katotta bu elektronlar kullanılmazsa anot tepkimesi gerçekleşmez. Katot reaksiyonu için gerekli elektronlar başka bir dış kaynaktan sağlanırsa anotta yürüyen korozyon olayı da durmuş olur. **Dış akım kaynaklı katodik koruma** ile korozyonun önlenmesi bu elektrokimyasal ilkeye dayanır.

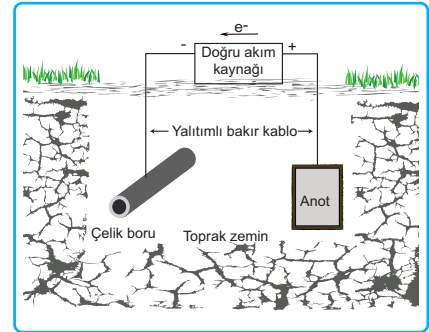
Metale dıştan uygulanan akım ile verilen elektronlar, metal yüzeyinde yürümekte olan anodik reaksiyonları tam olarak durdururken katodik reaksiyonun hızını artırır. Anot reaksiyonları korunmakta olan metal yüzeyinde gerçekleşmez. Korunması istenen metal yüzeyi artık katoda dönüşmüş olur.

Korozyona uğramakta olan ve korunması istenen bir metale, kendinden daha aktif bir metal bağlanacak olursa katot reaksiyonu için gerekli olan elektronlar bağlanan metalden karşılanır. Böylece korunan metal yüzeyindeki bütün anodik reaksiyonlar durur. **Galvanik katodik koruma** da bu temel ilkeye dayanır.

1.2.4. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma

Bu yöntemde sürekli akım kaynağı kullanılır (Görsel 1.40). Sürekli akım kaynağının negatif kutbu korunacak boruya, pozitif kutbu da zemin yatağı ya da toprak plakasına bağlanır. Anotlar kendini yok ettiğinden ve elektrik akımı yüksek olduğundan kullanım süresi 20 yılı bulan malzeme kullanılmalıdır.

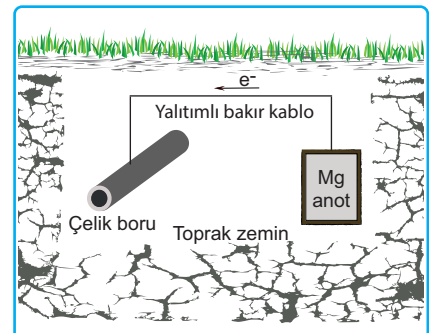
Bu yöntemde en iyi verim için koruma istasyonu, korunacak metalin tam ortasına yapılır. Anot korunacak boru hattına dik olarak ve 50-100 m bazen de daha fazla uzaklığa yerleştirilir. Ayrıca, toprak bağlantısının da iyi olabilmesi için öz direnci düşük toprak zemine yerleştirilmesi gerekir. Dış akım kaynaklı katodik koruma yöntemi, galvanik anotlu katodik koruma yönteminden daha güçlüdür ve potansiyel ayarlaması yapmak mümkündür. Dış akım kaynaklı katodik koruma yönteminde akım ve potansiyel istenildiği kadar artırılabilir. Bu nedenle bir anot yatağı ile çok uzun boru hatları korunabilir. Bir noktadan korunabilen metal boru uzunluğu; borunun cinsine, çapına, et kalınlığına, kaplama kalitesine ve katodik koruma akım ihtiyacına bağlıdır.



Görsel 1.40: Dış akım kaynaklı koruma sistemi örneği

1.2.5. Galvanik Katodik Koruma

Korozyona karşı korunması gereken metal, kendisinden daha aktif ve daha düşük maliyetli başka bir metalle korunur. Bu yöntem **kurban anot yöntemi** de denir. Daha aktif olan metal uygun noktalardan yapıya bağlanır. Görsel 1.41'de yer altında bulunan çelik boru hattının korozyondan korunması için kullanılan magnezyum metalinin bağlanma şekli gösterilmiştir.



Görsel 1.41: Yer altındaki çelik boruya bağlanmış magnezyum metali

Galvanik katodik koruma yönteminde kullanılan metal;

- Korunmak istenilen metalden daha aktif,
- Düşük maliyetli,
- Sistemin korunmasına yetecek miktarda olmalıdır.

Kurban edilecek metalin yüksek saflıkta olması maliyeti artıracığı için tercih edilmez. Yer altında kullanılmak üzere torbalanmış hazır galvanik anotlar vardır. Bu anotlar satın alınıp doğrudan çukurlara yerleştirilir. Daha sonra galvanik anot, boru hattı boyunca uygun aralıklarla korunmak istenen metale bağlanır. Birden fazla galvanik anot kullanılıyorsa galvanik anotlar kendi aralarında paralel bağlanır. Demir ve çelik yapıların galvanik katodik korumalarında magnezyum, çinko metalleri ve alaşımları kullanılmaktadır. Bu metaller korunacak sistemin türüne göre seçilir. Genel olarak:

- Tatlı su kaynağı ve öz direnci yüksek zeminlerin içinde bulunan metalik yapıların korunması için magnezyum metali tercih edilir.
- Çinko anotlar hem verimli hem de ucuzdur. Ancak düşük yükseltgenme potansiyeli olduğu için genellikle tuzlu sularda ve öz direnci düşük zeminlerde kullanılır.
- Alüminyum metalinin akım gücü çok fazladır. Ancak en büyük dezavantajı çabuk pasifleşmesidir. Çabuk pasifleşmemesi için saf hâlde kullanılmaz, içine cıva ve indiyum katılır.
- Magnezyum, alüminyum ve çinko dışında kullanılan galvanik anotlar da vardır.
- Petrol ürünü maddelerin yüksek sıcaklıkta ısıtılmasıyla grafit elde edilir. Grafit anotlardan en fazla 2 mA/cm² akım çekilebilir. Fakat zemin içinde 1 mA/cm² den fazla akım çekilmesi hâlde anot 1-2 yıl içerisinde kullanılamaz hâle gelir.
- Silisyum, karbon ve mangan elementlerinden oluşan demir silikon anotlar mevcuttur. Bu anot yüzeyi SiO₂ den oluşan bir film tabakası ile kaplanır. Bu sayede pasifleşen anodun ömrü uzar. Buna rağmen deniz suyu ve klorür iyonu (Cl⁻) bulunan ortamlarda, yüzeydeki film tabakası kalkarak anodun kütle kaybının hızlanmasına neden olur.
- Kurşun alaşımları deniz suyu ortamında kullanılır. Kurşun anotların yüzeyleri, elektriksel iletkenliği çok yüksek olan kurşun peroksit tabakası ile kaplanır. Bu tabaka anodun tahrip olmadan uzun süre yüksek performans ile çalışabilmesini sağlar. Kurşun alaşımları oldukça verimli çalışabilen kurban anot olarak kullanılabilir.

Galvanik Katodik Koruma Yönteminin Avantajları:

1. Dış akım kaynağına gerek yoktur. Bu yöntem elektrik enerjisinin bulunmadığı yerler için tek seçenektir.
2. Yapımı basit ve kolaydır. İşletme sırasında hiçbir ayar gerektirmez. Çevre yapıların, ölçümleri bozma etkisi yoktur.
3. Anot ve katot arasındaki potansiyel farkı akım ihtiyacını karşılayacak ölçüde otomatik olarak ayarlanır.

Galvanik Katodik Koruma Yönteminin Dezavantajları:

1. Katodik korumada kullanılan metalden elde edilen akım yüksek maliyetlidir. Bu nedenle yüksek akım ihtiyacının olduğu hâllerde tercih edilmez.
2. Kurban anot olarak kullanılan metaller iletkenliği düşük olan elektrolit ortamlarda etkili değildir.
3. İşletme sırasında herhangi bir nedenle katodik koruma akım ihtiyacında artış olursa mevcut anotlarla bunu karşılamak mümkün olmaz. Yeni anotların ilave edilmesi gerekir.



5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



GALVANİK KATODİK KORUMA

Amaç	Metallerin katodik yöntemle nasıl korunduğunu öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, demir levha, çinko levha, demir maşa, hassas terazi, cetvel, ince zımpara, ege, spor, kışkaç, krokodil uçlu kablo, balon joje.
Kimyasal Maddeler	HCl

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeceğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. 6 M'lık 250 mL HCl çözeltisi hazırlayınız.
2. 6x8 cm ebadında demir levha hazırlayınız.
3. 2x3 cm ebadında çinko levha hazırlayınız.
4. Levhaların üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizleyiniz.
5. Fe ve Zn levhaları 0,01 g hassaslığında ayrı ayrı tartınız ve kütlelerini not alınız (Görsel 1.42).
6. Levhaları iletken tellerin uçlarına sabitleyiniz.
7. Levhaları HCl çözeltisine yerleştiriniz (Görsel 1.43).
8. Çözelti içerisindeki hareketliliği gözlemleyiniz.
9. Levhaları çözeltiden çıkararak yıkayınız ve kurutunuz.
10. Levhaları hassas terazi ile tartınız, ilk ve son kütlelerini not ediniz (Görsel 1.44 ve 1.45).
11. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
12. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 1.42



Görsel 1.43



Görsel 1.44



Görsel 1.45

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. 6 M'lık 250 mL HCl çözeltisi hazırlar.				
3. Levhaların üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizler.				
4. Levhaları 0,01 g hassaslığında tartar.				
5. Levhaları çözeltiye dikey olarak yerleştirir.				
6. Çözelti içindeki hareketliliği gözlemler.				
7. Levhaları çözeltiden maşa ile alıp temizler.				
8. Levhaları kurutup hassas terazide tartar ve kütlelerini not eder.				
9. Çalışma ortamını temizler.				
10. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

1.2.6. Katodik Koruma Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Katodik koruma yöntemleri aşağıda belirtilen özellikler bakımından karşılaştırılabilir:

Akım Maliyeti

- Galvanik katodik koruma yöntemi genellikle akım ihtiyacı küçük olan yerlerde ekonomik olarak uygundur.
- Dış akım kaynaklı katodik korumada elektrik akımı maliyeti galvanik anotlara göre daha ucuzdur. Ancak kısa ömürlü ve akım ihtiyacı küçük olan sistemleri bu yöntemle korumak daha maliyetlidir.

Uygulama Kolaylığı

- Galvanik katodik korumanın uygulaması çok kolaydır. Projede göz önüne alınmayan etkenler nedeniyle akım ihtiyacında artış olursa sisteme sonradan yeni anotlar ilave edilerek kapasite artırılabilir.
- Dış akım kaynaklı katodik koruma çoğunlukla daha büyük sistemlerde kullanıldığı için daha ayrıntılı projelere ihtiyaç duyulur.

Elektrik Enerjisi

- Galvanik katodik korumada dış akım kaynağına gerek yoktur. Bu yöntem elektrik enerjisinin bulunmadığı yerlerde tercih edilir.
- Dış akım kaynaklı katodik koruma, elektrik akımının bulunmadığı yerlerde uygulanamaz. Şebeke akımından uzak olan bölgelerde jeneratör kullanılarak veya güneş enerjisinden yararlanılarak elektrik akımı üretilir.

Akım Şiddetinin Ayarlanması

- Galvanik katodik korumada galvanik anotlardan çekilen akımı anlık olarak ayarlamak mümkün değildir.
- Dış akım kaynaklı katodik korumada akım ihtiyacında herhangi bir değişme olması hâlinde trafo ünitesinde akım ve potansiyelin yeniden ayarlanması gerekir. Bu işlem el ile (manuel) yapıldığı gibi katodik koruma devresine sabit bir referans elektrot konularak otomatik olarak da yapılabilir.

Periyodik Kontroller

- Galvanik katodik korumada periyodik kontrol yapılırken dağınık durumda olan her bir anodun ayrı ayrı kontrol edilmesi gerekir.
- Dış akım kaynaklı katodik korumanın periyodik kontrolleri daha kolaydır. Trafo istasyonu genellikle kolay ulaşılacak bir yerde bulunur. Bütün tesis bir noktadan kontrol edilebilir. Akım ihtiyacı bir noktadan ayarlanabilir.

İşletme ve Kontrol

- Galvanik katodik korumada anotlardan biri kullanılamaz hâle gelse bile sisteme bağlı diğer anotlar bağlı oldukları bölümleri korumaya devam eder.
- Dış akım kaynaklı katodik korumada anot yatağında ortaya çıkan bir arızada bütün sistem devre dışı kalır.

1.2.7. Yer Altı Sistemlerinde Katodik Koruma

Yer Altı Korozyonu

Bir korozyon hücresinin oluşması için aşağıdaki üç koşulun bir arada bulunması gerekir:

- İyon içeren bir sulu çözelti (elektrolit)
- Elektron verme isteği daha büyük olan anot
- Elektron verme isteği daha küçük olan katot.

Bu şartlar oluştuğunda korozyon olayı kendiliğinden gerçekleşir. Bu üç koşuldaki birinin bulunmaması hâlinde korozyon oluşmaz. Bazen bu üç koşul varlığında da korozyon oluşmayabilir.

Yer altındaki metallerin korozyonunda toprak zemin elektrolit olarak davranır. Toprak zemin boşluklarında bulunan su içinde başta klorür (Cl^-) ve sülfat (SO_4^{2-}) iyonlarıyla beraber çözünmüş hâlde oksijen gazı bulunur. Böyle bir ortamda metal yapılar korozyona uğrar.

Metal üzerinde;



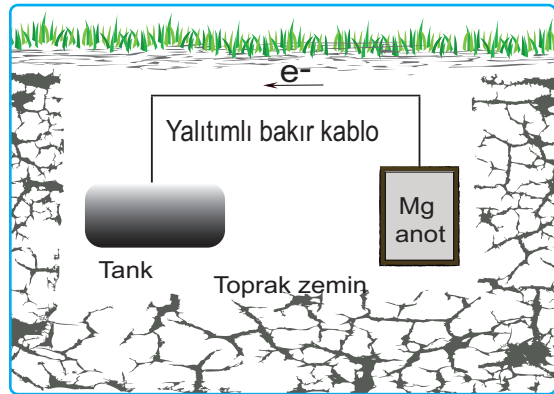
tepkimleri meydana gelir ve korozyon olayı gerçekleşir (Reaksiyonlarda geçen “Me” metali temsil etmektedir.)

Korozyon olayında katot reaksiyonu ortam koşullarına bağlıdır. Elektrolit ortamın pH'ından ve çözünmüş oksijenin konsantrasyonundan etkilenir.

Yer Altı Sistemlerine Katodik Koruma

Yer altında bulunan nakil boru hatlarında ve tanklarında (Görsel 1.46) katodik koruma uygulanmadan önce bazı ön etütlerin yapılması gerekir. Sistemin kurulacağı bölgede bulunan dere geçişleri, yol geçişleri, doğru akım ile çalışan raylı taşıma sistemleri, yüksek gerilimli elektrik hatları ve yabancı boru hatları ile kesişme noktaları belirlenmiş olmalıdır.

Katodik koruma uygulamalarında karşılaşılan en önemli sorun, katodik koruma akım ihtiyacının belirlenmesidir. Akım ihtiyacı metalik yapının içinde bulunduğu zeminin cinsine ve boru kaplama kalitesine bağlı olarak değişir. Bu nedenle akım ihtiyacı için genel değerler vermek doğru olmaz.



Görsel 1.46: Katodik koruma uygulanmış yer altı tankı

Katodik Koruma Sisteminin Elemanları

Trafo / Redresör Ünitesi: Dış akım kaynaklı katodik koruma yönteminde gerekli olan doğru akım, bir trafo / redresör ünitesinden elde edilir. Şebekeden alınan alternatif akım önce bir transformatörden geçirilerek potansiyeli istenilen seviyeye düşürülür ve doğru akım hâline dönüştürülür. Doğru akımın pozitif ucu anot yatağına, negatif ucu da korunacak olan boruya bağlanır.

Yardımcı Anotlar ve Galvanik Anotlar: Dış akım kaynaklı katodik koruma yönteminde yardımcı anot olarak çeşitli metaller kullanılabilir. Hatta eski borular, raylar, travers gibi hurda demir ve çelik malzemeler de yardımcı anot olarak kullanılabilir. Yardımcı anotun yüksek bir potansiyele gerek duyulmadan istenilen akımı verebilmesi ve yeterli süre parçalanmadan dayanabilmesi gerekir.

Referans Elektrodu: Korunan metalin (katot) iyonik ortam içerisindeki potansiyel yüklemesini tespit etmek için göreceli olarak referans elektrot kullanılır. En çok kullanılan referans elektrotlar; çinko / çinko sülfat ($Zn / ZnSO_4$), bakır / bakır (II) sülfat ($Cu / CuSO_4$) ve gümüş / gümüş klorürdür ($Ag / AgCl$).

Ölçü Kutuları: Katodik koruma yönteminin etkili şekilde çalışıp çalışmadığının kontrol edilebilmesi için boru hattı boyunca uygun aralıklarla ve bazı kritik bölgelere ölçü kutuları konulur. Ölçü kutusu konulmasının gerekli olduğu noktalar şunlardır:

1. Galvanik anotların bağlantı noktaları
2. Kaçak akım için önlem alınan noktalar
3. Akarsu ve dere geçitleri
4. Boru hattının muhafaza borusu içine alındığı bölgenin her iki ucu
5. Yardımcı anotların bulunduğu anot yatağı üzeri

Katodik Koruma Sisteminin İşletme ve Bakım Esasları

Katodik koruma devresine, trafo / redresör ünitesinin en küçük potansiyel kademesinden akım uygulanır. Yapı, bu akım altında iken kapalı devre boru zemin potansiyeli ölçülür. Boru hattı boyunca bütün ölçü istasyonlarındaki boru / zemin potansiyel değerleri -850 mV'tan daha negatif değere ulaşınca kadar boruya uygulanan akım artırılır. Kaplamalı boruya akımın uygulanmış olduğu noktada boru / zemin potansiyeli -1,5 V değerini aşmamalıdır. Katodik koruma sistemlerine gereğinden az akım ve potansiyel uygulanması hâlinde yapı tam olarak korunamaz. Akım ve potansiyelin gereğinden fazla uygulanması hâlinde ise hem gereksiz enerji kaybı hem de kaplamada soyulma vb. durumlar ortaya çıkar. Katodik koruma sistemleri işletmeye alındıktan sonra periyodik olarak kontrol edilmeli ve yapılan ölçümler değerlendirilerek gerekli görülen ayarlamalar yapılmalıdır. Ölçüm ve kontroller, dış akım kaynaklı katodik koruma sistemleri işletmeye alındıkları ilk ay içinde haftada bir, ilk üç ay içinde on beş günde bir, daha sonraki günlerde ayda bir yapılmalıdır. Başlangıç evresindeki bu kontroller, sistemin akım ve potansiyel ayarı için gereklidir. Sistem en çok ilk üç ay içinde kararlı hâle getirilir.



BİLGİ KUTUSU

Korozyon, metallerin çevre ile yaptığı elektrokimyasal tepkimeler sonucunda metalik özelliklerini kaybetmesi olayıdır. Bu, metal malzemelere zaman içerisinde en çok hasar veren olaylardan birisidir. Korozyon sebebiyle, yapılan köprüler ve binalar çökebilir; boru hatları hasar görebilir. Metallerin kullanıldığı herhangi bir tasarım yapılırken korozyon göz önünde bulundurulması gereken önemli bir etkidir çünkü yapı güvenliğini ve yapının ömrünü doğrudan ilgilendirir.

Kısa zaman dilimleri içerisinde korozyonun etkisini gözlemek zordur fakat zaman ölçeği arttıkça korozyon dolayısıyla oluşan tahribatı çok daha net bir şekilde görmek mümkün olur. Bunun en bilinen örneği, ABD'nin New York (Ni York) şehrinde bulunan Özgürlük Heykeli'dir. Özgürlük Heykeli, Fransa tarafından ABD'ye hediye edildiği zamanlarda kahverengimsi bir renge sahipti. Ancak metal heykel, zamanla korozyonun etkisiyle bugün bilinen ve heykeli meşhur yapan yeşile benzer rengine bürünmüştür (Görsel 1.47).



Görsel 1.47: Özgürlük heykelinin ilk ve son hâli



6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



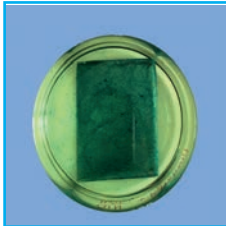
ELEKTROKİMYASAL KOROZYONDA TEMEL KATODİK TEPKİMLER

Amaç	Temel katodik tepkimeleri, gözlemleyerek öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, karbon çeliği levhalar, ince zımpara, balon joje.
Kimyasal Maddeler	%3,5'lik NaCl çözeltisi, 1 N sülfürik asit çözeltisi, $K_3[Fe(CN)_6]$ indikatör çözeltisi.

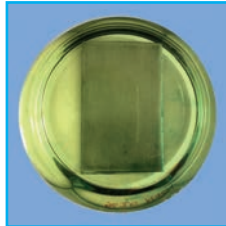
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

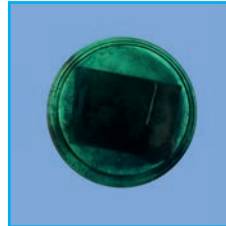
1. %3,5'lik NaCl çözeltisi hazırlayınız.
2. Karbon çeliği levhaları hazırlayınız.
3. Levhaların üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizleyiniz.
4. Karbon çeliği levhayı, içinde $K_3[Fe(CN)_6]$ indikatör çözeltisi katılmış 1 N sülfürik asit çözeltisi olan behere daldırınız (Görsel 1.48).
5. Karbon çeliğin yüzeyinde gelişen olayları inceleyip kaydediniz.
6. Çözeltinin başlangıçtaki ve 30 dakika sonraki rengini gözlemleyip kaydediniz (Görsel 1.50).
7. Karbon çeliği levhayı, içinde $K_3[Fe(CN)_6]$ indikatör çözeltisi katılmış %3,5'lik NaCl çözeltisi olan behere daldırınız (Görsel 1.49).
8. Karbon çeliğin yüzeyinde gelişen olayları inceleyip kaydediniz.
9. Çözeltinin başlangıçtaki ve 30 dakika sonraki rengini gözlemleyip kaydediniz (Görsel 1.51).
10. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
11. Raporunuzu hazırlayınız.



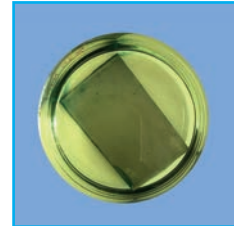
Görsel 1.48



Görsel 1.49



Görsel 1.50



Görsel 1.51

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. %3,5'lik NaCl çözeltisi hazırlar.				
3. Levhaların üzerindeki oksitlenmeyi zımparalayarak temizler.				
4. Karbon çeliği levhayı, içinde $K_3[Fe(CN)_6]$ indikatör çözeltisi katılmış 1 N sülfürik asit çözeltisi olan behere daldırır.				
5. Çözeltinin başlangıçtaki ve 30 dakika sonraki rengini gözlemleyip kaydeder.				
6. Karbon çeliği levhayı, içinde $K_3[Fe(CN)_6]$ indikatör çözeltisi katılmış %3,5'lik NaCl çözeltisi olan behere daldırır.				
7. Çözeltinin başlangıçtaki ve 30 dakika sonraki rengini gözlemleyip kaydeder.				
8. Çalışma ortamını temizler.				
9. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

1. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

1. Alüminyumun korozyonu sonucu oluşan maddenin kimyasal formülü aşağıdakilerden hangisidir?
A) $AlCl_3$ B) AlH_3
C) $Al(OH)_3$ D) Al_2O_3
E) $Al_2(SO_4)_3$
2. Aşağıdakilerden hangisi halk arasında pas olarak ifade edilen maddenin kimyasal formülü değildir?
A) $Fe(OH)_2$ B) $Fe(NO_3)_2$
C) Fe_2O_3 D) Fe_3O_4
E) $Fe(OH)_3$
3. Aşağıdaki metallerden hangisinin aktivitesi en azdır?
A) Fe B) Al
C) Zn D) Mg
E) Pt
4. Aşağıdakilerden hangisi korozyona etki eden faktörlerden değildir?
A) O_3 gazı B) Nem
C) CO_2 gazı D) Sıcaklık
E) N_2 gazı
5. Korozyon hasarının en az olduğu ikinci el araba almak isteyen bir kişi aşağıdaki illerin hangisinden araba almayı en son düşünmelidir?
A) Ankara B) Eskişehir
C) İstanbul D) Konya
E) Niğde
6. Aşağıdakilerden hangisi galvanik katodik koruma ile dış akım kaynaklı katodik korumanın ortak özelliğidir?
A) Dış akım kaynağına gerek vardır.
B) Akım maliyeti düşüktür.
C) Yapımı basit ve kolaydır.
D) İşletme sırasında sistemin kontrolü yapılabilir.
E) Anotta kütle kaybı meydana gelir.
7. Aşağıdakilerden hangisi dış akım kaynaklı katodik koruma tekniğinin dezavantajlarından değildir?
A) Önemli derecede işletme ve bakım ihtiyacı vardır.
B) Diğer komşu metalik yapılara önemli ölçüde manyetik etki yapar.
C) Dış güç besleme gerekliliği vardır.
D) Kaçak akımlar meydana gelebilir.
E) Büyük yapılar için ekonomik olarak uygundur.
8. Aşağıdakilerden hangisi dış akım kaynaklı katodik koruma tekniğinin avantajlarından değildir?
A) Büyük veya mevcut yapılar için tesis edildiğinde ekonomik olarak uygundur.
B) Yüksek özgül dirençli ortamlarda uygulanabilir.
C) Zayıf kaplanmış veya kaplamasız yapılar için etkili koruma sağlar.
D) Koruma etkinliği her zaman kontrol edilemez.
E) Akım ve gerilim çıkışı her zaman değiştirilebilir.
9. Otomobil, gemi gibi araçların üzerleri boyanmasaydı ne olurdu?
A) Güzel görünürdü.
B) Paslanırdı.
C) Sağlam olurdu.
D) Ağır olurdu.
E) Uzun ömürlü olurdu.
10. Aşağıdakilerden hangisi metal üzerinde anot ve katodun yer değiştirmesiyle oluşan korozyon tipidir?
A) Çukur
B) Çatlak
C) Galvanik
D) Tanecikler arası
E) Genel

11. Bir demir parçası asit çözeltisi içine konursa aşağıdakilerden hangisi gözlenir?

- A) Çözelti içinde şiddetle kabarcıklar hâlinde hidrojen çıkar.
- B) Çözelti içinde şiddetle kabarcıklar hâlinde oksijen çıkar.
- C) Çözelti içinde demir parçacıkları çıkar.
- D) Demir pasif metal olduğu için tepkime vermez.
- E) Demir metali çözeltideki su ile tepkime verir.

12. Özellikle toprak altındaki ve su altındaki boru hatlarında borunun yapıldığı malzemenin korunması için aşağıdaki işlemlerden hangisi yapılır?

- A) Aktifliği daha küçük bir metal boruya bağlanır.
- B) Daha aktif bir metal boruya bağlanır.
- C) Daha pahalı metal malzemeden seçilir.
- D) Daha ucuz metal malzemeden seçilir.
- E) En aktif metalden seçilir.

13. Aşağıdakilerden hangisi galvanik katodik koruma tekniğinin avantajlarından değildir?

- A) Uygulanması ekonomiktir.
- B) İşletilmesi ve bakımı kolaydır.
- C) Minimum katodik manyetik etkisi vardır.
- D) Dış akım kaynağı kullanılır.
- E) Kaçak akım etkileri oldukça azdır.

14. Aşağıdaki alanların hangisinde katodik koruma yapılmaz?

- A) Doğal gaz dağıtım sistemleri
- B) İçme suyu dağıtım sistemleri
- C) Yakıt ve petrol dağıtım sistemleri
- D) Gemiler
- E) Ahşap yüzeyler

15. Aşağıdakilerden hangisi metalleri korozyonun etkilerinden korumak için kullanılan tekniklerden değildir?

- A) Metalik kaplama
- B) Anodik koruma
- C) İnhibitör ekleme
- D) Ortam pH'ını düşürme
- E) Katodik koruma

16. Doğada bulunan bir demir parçasının zamanla oksitlenmesinin nedeni aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Oksijenle tepkimeye girmesi
- B) Azot ile tepkimeye girmesi
- C) Demir oksitten daha kararlı olması
- D) Demir oksidin demirden daha kararsız olması
- E) Demirin soy metal olması

17. Aşağıdakilerden hangisi korozyon tipi değildir?

- A) Çukur
- B) Dehidrasyon
- C) Erozyon
- D) Galvanik
- E) Stres

18. Aşağıdakilerden hangisi galvanik katodik koruma tekniğinin dezavantajlarından değildir?

- A) Küçük koruma geriliminin elde edilmesi
- B) Yüksek dirençli elektrolitlerde oldukça küçük akımların elde edilmesi
- C) Yüksek özgül dirençli ortamlarda etkisiz kalması
- D) Her tank için ayrı sistem kurma gerekliliği
- E) Korozyonu ve sistemi kontrol etme ve izleme kolaylığı

2. ÖĞRENME BİRİMİ

KONULAR

1. PROSESTE KOROZYON
2. SU-BUHAR ÇEVİRİMİNDE KOROZYON

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Ham petrolün korozif bileşenleri
- Prosese katılan korozif maddeler
- Prosesi ham petrolün korozif etkilerine karşı koruma işleminin yapılışı
- Durmalar sırasında korozyon
- İşletme sırasında türbin kanatlarında gözlenen korozyon
- İşletme sırasında kondenser ve besleme suyu sistemlerinde görülen korozyon
- İşletme sırasında kazan borularında oluşan korozyon
- Durmalar sırasında korozyondan koruma yöntemleri
- Su-buhar kazanlarında korozyonu azaltma işlemi

PROSESTE KOROZYON DAĞILIMI

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Proseste korozyon dışında ne tür arıza nedenleri görülür? Düşüncelerinizi belirtiniz.
2. Sıcaklığın korozyona etkileri hakkındaki düşüncelerinizi arkadaşlarınızla paylaşınız.

TEMEL KAVRAMLAR

Kimyasal proses, Ham petrol, Doğal gaz, Tatlı korozyon, Ekşi korozyon, Oksijen korozyonu, Organik kaplam, Buhar kazanı, Gaz türbini, Buhar türbini, Atık ısı kazanı, Soğutma kulesi, Gevreme



1. BÖLÜM

PROSESTE KOROZYON



2.1. PROSESTE KOROZYON

Kimyasal proses (kimyasal süreç), bir veya birden fazla kimyasalın farklı biçimlere dönüştürüldüğü sürece verilen isimdir. Ham petrolün çıkarılmasından rafineride bileşenlerine ayrıştırılma sürecine kadar kullanılan ekipmanların ve yöntemlerin bütünü de proses tanımı ile ifade edilir.

Petrol, gaz ve rafineri tesislerindeki metal yapılar (Görsel 2.1); ham petrol, doğal gaz, petrol ürünleri, çözücüler, atmosfer ve topraktaki korozif maddelerle temas eder. Petrolün rafineri işlemleri, metalik ekipmanları zorlayıcı koşullarda gerçekleşir. Çok sayıda korozif faktörün bir araya gelmesi rafineri ekipmanlarını ciddi kazalara yol açabilecek şekilde savunmasız hâle getirir.



Görsel 2.1: Petrol rafinerisinde metal petrol ve gaz tankları



Görsel 2.2: Petrol rafinerisinde kontrol yapan işçiler

Korozyon problemlerini anlamak ve çözmek için proses-te çalışanlar, petrol ve doğal gazın arıtılmasının, yakıtların ve diğer kimyasalların üretiminin temeli olan fizikokimyasal süreçleri öğrenmelidir. Bu sektördeki insanların uygun korozyon kontrolü yapmaları ile korozyonun olumsuz etkileri %65-85 oranında azaltılabilir (Görsel 2.2). Korozyona dayalı malzemelerin seçimi, doğru tasarım, korozyon önleyici kimyasalların kullanımı, kaplamalar, katodik koruma ve proses kontrolü ile korozyonla mücadele etmek mümkündür.



BİLGİ KUTUSU

1992 yılının Nisan ayında Meksika'nın Guadalajara (Guadalajara) şehrinde kanalizasyon patlaması meydana gelmiştir (Görsel 2.3). Patlamada 200 kişi ölmüş, 1.500 kişi yaralanmış, 1.600 bina hasar görmüştür. Hasarın maliyeti yaklaşık 75 milyon dolardır. Kanalizasyon patlamasının nedeni firmanın yapmış olduğu hatalı işlemdir. Firma benzin boru hattının altına su hattı döşediğinden dolayı benzin boru hattı korozyona uğramıştır. Korozyona uğrayan hattan kanalizasyona sızan benzin ise patlamaya neden olmuştur. Meksika Başsavcısı, hükümete ait petrol şirketinin yetkilileri hakkında suç duyurusunda bulunmuştur. Bu facia, korozyonun günlük yaşamda önlemesi gereken bir süreç olduğunu göstermektedir.



Görsel 2.3: Kanalizasyon patlaması sonucunda oluşan tahribat

2.1.1. Ham Petrolün Korozif Bileşenleri

Ham petrol; çözülmüş gazlar, su ve tuzlar içeren çok sayıda sıvı hidrokarbonun karışımıdır. Ham petrolün bünyesinde bulunan su, kükürt, azot, oksijen ve metal içeren bileşikler korozyonun temel nedenidir (Görsel 2.4).

Doğal gaz; hidrokarbonlar, N_2 , CO_2 , H_2S , H_2O , cıva, organik asitler ve asal gazlardan oluşan homojen gaz karışımıdır. Bu bileşiklerden CO_2 , H_2S , H_2O , cıva ve organik asitler doğal gazın ayrıştırılması aşamasında korozyona neden olur. Doğal gazda bulunan CO_2 ve H_2S gazları suda iyi çözünür. CO_2 gazının neden olduğu korozyona **tatlı korozyon** denir. H_2S bir korozyon nedeni ise buna **ekşi korozyon** denir. Oksijen gazı korozyona neden olduğunda ise **oksijen korozyonu** olarak adlandırılır. Korozyon hızı petrolün bileşen oranına ve ortamın şartlarına bağlıdır.

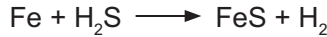
Ham petrol ve doğal gaz bileşenlerinin proste korozyon üzerine etkileri aşağıda ele alınmıştır:

Hidrojen sülfür (H_2S): H_2S gazı, metal yüzeyinde genel korozyon ve çukur korozyonuna sebep olur. Korozyon sebebiyle ortama yayılan bu gaz insan ölümlerine yol açar. H_2S gazından kaynaklanan ekşi korozyonu önlemek için;

- ortama kostik (bazik) madde ilavesi yapılır,
- ortama H_2S tutucu maddeler ve inhibitör ilavesi yapılır,
- korozyona dayanıklı malzeme seçilir.

H_2S gazının düşük ve yüksek sıcaklıklarda neden olduğu korozyon farklıdır.

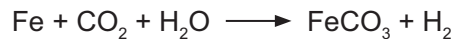
Düşük ve Orta Sıcaklıkta Ekşi Korozyon: H_2S atmosfer sıcaklığında bile korozyona neden olur.



Ortamda HCl varsa ekşi korozyon hızlanır.

Yüksek Sıcaklıkta Ekşi Korozyon: Sıcaklık ekşi korozyonu hızlandırır. Ancak yüksek sıcaklıkta metal yüzeyinde korozyonu engelleyen bir film tabakası oluşur. Oldukça hızlı oluşan film tabakası korozyonun ilerlemesini yavaşlatır.

Karbondioksit (CO_2): CO_2 gazının kuru hâlde iken aşındırıcı etkisi yoktur. Ancak suda çözüldüğünde oluşturduğu karbonik asit karbon çeliğinde aşınmaya sebep olur.



Bu korozyon çeşidi petrol ve doğal gaz boru hatlarında yaygın olarak görülür. Karbon çeliği ve düşük alaşımlı çeliklerin yüzeyi, korozyon ürünü olan $FeCO_3$ tabakası ile kaplanır. Bu tabakanın koruyucu etkisi vardır. Petrol ve doğal gaz borularında meydana gelen akış hızı ve gerilmeler $FeCO_3$ tabakasını bozarak korozyon hızında artışa sebep olur.

CO_2 gazının neden olduğu tatlı korozyonu önlemek için;

- krom oranı yüksek olan çelik kullanılır,
- korozyonu yavaşlatan inhibitör ilavesi yapılır (Yüksek sıcaklıkta etkili değildir.).



Görsel 2.4: Korozyona uğramış metal yakıt depolama tankı

Oksijen (O_2): Petrol ve doğal gaz rezervlerinden tesise getirilen doğal gaz ve petrolün bulunduğu ortama sızıntı nedeniyle oksijen gazının girmesiyle oksijen korozyonu oluşur (Görsel 2.5). Oksijen katotta metalin verdiği elektronu kabul ederek anotta metalin korozyona uğramasına sebep olur. Oksijen, asidik gazlar olan H_2S ve CO_2 'in korozyon etkisini de güçlendirir.



Görsel 2.5: Korozyon nedeniyle sızıntı yapan valf

Oksijen gazı korozyona ek olarak inhibitör verimliliğinin düşmesine ve ortamdaki hidrokarbonların bozunmasına sebep olur. Bu nedenle oksijen miktarının doğal gaz içinde yüksek değerde olması istenmez. Oksijen karbon çeliğinin ve düşük alaşımlı çeliklerin, bakırın ve alaşımlarının korozyonuna neden olur. Oksijen gazının sebep olduğu korozyondan korunma yöntemi, sistemleri oksijen gazından uzak tutmaktır.

Oksijen korozyonunu önlemek için;

- conta, valf, pompa ve kapakların bakımı düzenli olarak yapılır,
- ortam basıncı yüksek tutularak oksijenin içeri girmesi engellenir,
- tanklardaki sıvıların üzeri azot gazı gibi inert gazlarla örtülür,
- ortamdaki oksijeni tutan maddeler kullanılır.

Organik Asitler: Organik asitler düşük sıcaklıklarda çok aşındırıcı değildir. Yüksek oranda bulunan organik asitler karbon çeliğinin korozyonuna neden olur. Organik asitler metal yüzeylerinde bulunan $FeCO_3$ gibi koruyucu oksit tabakalarını çözerek koruyucu tabakanın yok olmasına neden olur. Bu korozyonu hızlandıran bir etkidir.

Cıva (Hg): Cıva doğal gazda düşük miktarda bulunur. İnsan sağlığı ve çevre için tehlikeli, toksik bir elementtir. Cıva; alüminyum, bakır, nikel, çinko, demir, krom, titanyum ve zirkonyum metallerinin korozyonunu hızlandırır. Cıvanın neden olduğu korozyonu durdurabilmenin tek yolu, cıvayı ortamdaki uzaklaştırmaktır.

Su Buharı: Su ile birlikte CO_2 ve H_2S gazları petrol ve gaz üretiminde korozyonun başlıca nedenleridir. Boru hatlarında doğal gazın taşınması sırasında, havanın soğumasından dolayı su buharı yoğunlaşır. Oluşan suyun içinde CO_2 gazı çözünerek pH değerinin düşmesine neden olur ve ortam asitlenir. Boru hattı üzerinde bölgesel korozyonlar meydana gelir. Korozyon suyun biriktiği bölgelerde gerçekleşir. Bu nedenle nakil boru hatlarına korozyondan koruma amacıyla termal izolasyon yapılır. Su buharının neden olduğu korozyon, aslında CO_2 'in neden olduğu korozyondur.

Bu korozyon tipini önlenmek için;

- büyük et kalınlığına sahip boru kullanılır,
- su buharı sistemden uzaklaştırılır,
- boru hattı üzerine ısı yalıtımı yapılır,
- organik kaplama yapılır,
- buhar korozyonunu engelleyen inhibitör kullanılır,
- korozyonun periyodik takibi yapılır.

Sıcaklık: Korozyon hızı üzerinde karmaşık bir etkiye sahiptir. Sıcaklık artışı elektrokimyasal olaylarda elektronun transferini hızlandırır, bu da korozyon hızını artırır. Diğer yandan sıcaklık; H_2S , O_2 ve CO_2 vb. korozyona neden olan gazların sudaki çözünürlüğünü azaltarak korozyon hızını azaltır. Belirli bir sıcaklığa kadar korozyon hızı artış gösterir. Bu sıcaklık değeri aşıldıktan sonra korozyon hızı azalır. Buna ek olarak sıcaklık artışı, metal yüzeyinde koruyucu $FeCO_3$ tabakasının oluşumunu artırır bu da korozyon hızını azaltıcı etki yapar.

Akış Rejimi ve Akış Hızı: Doğal gaz ve petrol tesislerinde akışkanın hızı korozyon için önemli bir etkidir. Akışkanın hızındaki artış, metalin yüzeyinde oluşan $FeCO_3$ gibi koruyucu tabakanın yok olmasına ve erozyon korozyonuna neden olur. Diğer yandan düşük akış hızı, korozyon maddelerin metal yüzeyle temas etme süresini artırır. Bu durum metal üzerinde bölgesel korozyonun oluşmasına neden olur. Akış hızının etkisi, tıpkı sıcaklık gibidir. Uygun akış hızı deneysel yöntemlerle bulunur.

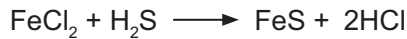
Gaz Hidratları: Doğal gaz akışı sahadan üretim hattına tıkanmadan ulaşmalıdır. Küçük boru hatlarında organik tortular ile inorganik çökeltiler (gaz hidratları) tıkanmalara yol açar. Bu durum, akış hızının değişmesine ve korozyonun hızlanmasına neden olur. Asitlerle temizlik, inorganik çökeltileri giderir.

Sistemde Biriken Tortular: Petrol ve doğal gaz sistemlerindeki çökeltiler; kum, silikatlar, korozyon ürünleri, sülfatlar, mikroorganizmaların metabolik ürünlerinden oluşur. Tortular birçok soruna yol açar. Örneğin sistemde meydana gelen tıkanıklık gaz akış hızını azaltır. Bu da akış hızından kaynaklanan korozyona neden olur. Borulara periyodik bakım yapılarak tortular önlenabilir.

HCl ve Klorür İyonu (Cl^-): Ham petrolün ayrıştırma işlemlerinde suda hidrolize uğrayarak HCl oluşturan klorür bileşikleri vardır. Susuz HCl aşındırıcı değildir ancak suyla karıştığında oldukça aşındırıcı hâle gelir. HCl demir (Fe) ile reaksiyona girerek korozyona neden olur.



H_2S varlığı, yukarıdaki reaksiyonu hızlandırarak daha fazla korozyona neden olur.



Bu korozyonu önlemek için;

- NH_3 , NaOH ve organik korozyon inhibitörleri kullanılır,
- ortamın pH'ı 5'ten yüksek tutulur,
- ham damıtma kolonunun sıcaklığı $100\text{ }^{\circ}C$ 'den daha yüksek sıcaklıkta tutulur.

Azot Bileşikleri: Ham petrolde bulunan organik azot bileşikleri, amonyak (NH_3) veya hidrojen siyanüre (HCN) dönüşmediği sürece korozyona neden olmaz. Amonyak ve hidrojen siyanür diğer bileşenlerle birlikte karbon çeliğinin korozyon hızını artırır.

Mikrobiyolojik Etkenler: Bakteriler CO_2 , H_2S gibi atık ürünler üretir ve bu ürünlerden bazıları sıvılarla etkileşerek organik asitlere dönüşür. Petrol sahası ulaşım sularında bol miktarda bakteri bulunur.

OKUMA PARÇASI

GÖRÜNMEYEN FELAKET

Koronavirüs 2019 yılının Aralık ayında Çin'in Wuhan (Vuhan) eyaletinde başlamış olup tüm dünyaya hızla yayılmıştır. Halk sağlığı riski göz önüne alındığında Dünya Sağlık Örgütü bu durumu pandemi olarak ilan etmiştir. Güçlü bir biçimde birbirine bağlı ve bütünleşmiş bir yeryüzünde hastalığın etkileri ölümün de ötesine geçmiş durumdadır. Devletler beklenmedik durum planları hazırlamakta ve ekonomik çöküşü engellemek için yardım paketleri almaktadır. Tablo 2.1'de Covid-19 pandemisinin ülkelerin ekonomisi üzerindeki etkisi görülmektedir.

Tablo 2.1: Covid-19'un Ekonomik Etkileri [GSMH'nin (Gayri Safi Milli Hasıla) yüzdesi olarak]

ÜLKELER	EKONOMİK ETKİ (%)
YUNANİSTAN	-4,6
PORTEKİZ	-4,5
İSPANYA	-3,9
İTALYA	-3,7
ALMANYA	-3,6
BİRLEŞİK KRALLIK	-3,4
TÜRKİYE	-3,2
ÇİN	-3,2
FRANSA	-3,2
BREZİLYA	-3,0
AMERİKA	-2,9
KANADA	-2,9
JAPONYA	-2,7

COVID-19'un ülke ve dünya ekonomisine verdiği zarar herkes tarafından ciddi olarak hissedilmiştir. Ancak etkisi COVID-19 kadar hissedilemeyen korozyon ekonomiye zarar vermeye devam etmektedir (Tablo 2.2). Ülkemiz için GSMH'nin %4,5 gibi bir oranı korozyonun verdiği toplam zarara harcanmaktadır.

Tablo 2.2: Korozyonun Ülkelerde GSMH % Payları

ÜLKELER	EKONOMİK ETKİ (%)
TÜRKİYE	4,5
ÇİN	4,2
HİNDİSTAN	4,2
İNGİLTERE	3,8
AMERİKA	2,7
DÜNYA ORTALAMASI	3,4

Sonuç olarak pandemi süreci kadar ekonomiye zarar veren korozyon da dikkate alınması gereken bir felakettir.



1.LABORATUVAR ÇALIŞMASI



MİKROBİYOLOJİK KOROZYON

Amaç	Mikrobiyolojik atıklardan olan asetik asidin korozyon üzerine etkisini öğrenmek.
Araç ve Gereç	2 adet beher, hassas terazi, 2 adet demir levha, maşa, metre, ince zımpara, pH metre, puvar, damlalık, pipet, saat.
Kimyasal Maddeler	Asetik asit, potasyum ferrisiyanür.

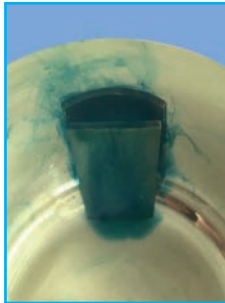
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Beherlerden birine pH'ı 4 olan 400 mL asetik asit çözeltisi hazırlayınız (Görsel 2.6).
2. Diğer behere 400 mL saf su doldurunuz.
3. Her iki behere de on beşer damla potasyum ferrisiyanür çözeltisi damlatınız.
4. İki adet 2x5 cm ebadında demir levha hazırlayınız.
5. Levhaların üzerini zımparalayarak temizleyiniz.
6. Levhaları hassas terazide 0,01 g hassasiyetinde ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlayınız (Kütlesi fazla olanı eğeleyniz. Egeleme işlemini mengenede yapınız.).
7. Levhaları bezle siliniz.
8. Levhalardan birini asetik asit çözeltisine diğerini saf suya dik olarak yerleştiriniz (Görsel 2.7 ve 2.8).
9. 30 dakika sonunda levhaları koyduğunuz beherlerdeki renk değişimini gözlemleyiniz (Görsel 2.9).
10. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
11. Raporunuzu hazırlayınız.



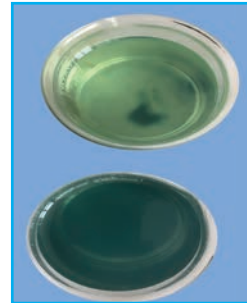
Görsel 2.6



Görsel 2.7



Görsel 2.8



Görsel 2.9

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	iyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. pH'ı 4 olan 400 mL asetik asit çözeltisi hazırlar.				
3. Levhaların üzerini zımparalayarak temizler.				
4. Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlar.				
5. Beherlere on beşer damla potasyum ferrisiyanür çözeltisi damlatır.				
6. Beherlere levhaları dik olarak yerleştirir.				
7. Beherlerdeki çözeltilerin başlangıç ve 30 dakika sonraki renk değişimini gözlemler.				
8. Çalışma ortamını temizler.				
9. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



PROSESTE HAM PETROLÜN KOROZİF ETKİLERİ

Amaç	Ham petrolün koroziv bileşenlerini ve prosese katılan koroziv malzemeleri tanımak.
Araç ve Gereç	Beher, balon joje, mezür, 2 adet demir levha, metal maşa, metre, hassas terazi, cetvel, ince zımpara, ege, pH metre, puvar, pipet, uçayak, kibrit, amiyant tel, saat.
Kimyasal Maddeler	HCl, NH ₃

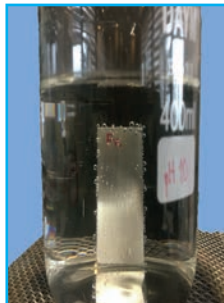
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

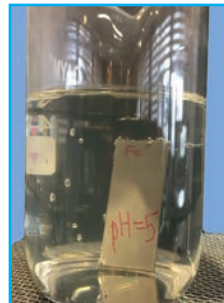
- 1 M'lık 500 mL HCl çözeltisi hazırlayınız.
- 500 mL'lik çözeltiyi iki ayrı behere eşit olarak mezürle ölçerek dökünüz.
- Çözeltilerden birinin pH'ını NH₃ ile 10'a ayarlayınız (NH₃'ü damlalıkla, pH ölçümü yaparken damla damla ilave ediniz.).
- Diğer çözeltinin pH'ını NH₃ ile 5'e ayarlayınız (NH₃'ü damlalıkla, pH ölçümü yaparken damla damla ilave ediniz.). Beherlerin üzerine pH değerlerini yazınız.
- İki adet 2x5 cm ebadında demir levha hazırlayınız.
- Levhaları zımparalayarak temizleyiniz.
- Levhaları hassas terazide 0,01 g hassasiyetinde ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlayınız, kütlelerini not ediniz [(Görsel 2.10) (Kütlesi fazla olanı eğeleiniz. Eğeleme işlemi mendenede yapınız.)].
- Levhaları ayrı ayrı çözeltilerin içerisine dik olarak yerleştiriniz (Görsel 2.11 ve 2.12).
- Beherleri ısıtma düzeneğinde, amiyant tel üzerinde 30 dakika ısıtınız (Isıtma sürelerinin eşit olmasını sağlayınız.).
- 30 dakika sonunda levhaları maşa ile beherden alınız ve yıkayınız. Temiz bezle siliniz ve üzerlerine batırıldığı çözeltinin pH'larını yazınız.
- Levhaları bek alevinde veya etüvde üzerlerinde nem kalmayacak şekilde kurutunuz (Kurutma işlemi bittiğinde levhaların sıcaklığının ortam sıcaklığına inmesini bekleyiniz.).
- Levhaları hassas terazi ile ayrı ayrı tartınız son kütlelerini not ediniz (Görsel 2.13).
- Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
- Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 2.10



Görsel 2.11



Görsel 2.12



Görsel 2.13

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. 1 M'lık 500 mL HCl çözeltisi hazırlar ve iki ayrı behere eşit olarak paylaştırır.				
3. Çözeltilerden birinin pH'ını NH_3 ile 10'a ayarlar.				
4. Diğer çözeltinin pH'ını NH_3 ile 5'e ayarlar.				
5. Levhaları zımparalayarak temizler.				
6. Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlar.				
7. İki ayrı ısıtma düzeneği hazırlar ve beherleri amyant telin üzerine yerleştirir.				
8. Beherlere levhaları dik olarak yerleştirir. Bekleri aynı anda yakarak 30 dakika ısıtır.				
9. Aynı anda bekleri söndürüp levhaları tek tek maşa ile alır, yıkayıp temizler ve pH değerlerini üzerlerine yazar.				
10. Levhaları kurutup hassas terazide ayrı ayrı tartar.				
11. Çalışma ortamını temizler.				
12. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

2.1.2. Proseste Korozyon Kontrolü

Petrol ve doğal gazda bulunan safsızlık miktarı, proses koşulları (sıcaklık, basınç ve akış rejimi) korozyon için alınması gereken önlemleri belirler.

Proseste korozyona karşı alınacak önlemler şunlardır:

Mühendislik Tasarımı: Mühendislik tasarımı şunları içerir:

- a) Standartların, şartların, prosedürlerin, raporların ve yeni bilgilerin kullanımı
- b) Proses sistemlerde ekipman tasarımı, akış hızı kontrolü ve hava sızmasını önleme
- c) Uygun kontrol ve korozyon izleme yöntemleri, kaplamalar, korozyon inhibitörleri, katodik koruma ve korozif maddelerin giderilmesi
- d) Ortamların ve korunma yöntemlerinin verimliliğini izleme

İnşaat Malzemelerinin Seçimi: Petrol ve doğal gaz teknolojisinde farklı ortamlara uygun polimerler, metaller ve alaşımlar kullanılır. Tüm ortamlara dayanıklı ideal bir malzeme yoktur. Nikel kullanılan çelik ve alaşımlar korozyona karşı oldukça dayanıklıdır. Ancak bu malzemeler çukurlaşma, çatlak ve stres korozyonuna karşı hassastır. Şartlar değiştiğinde planlanan malzemenin korozyona karşı hassasiyeti artar.

Uygun malzeme seçimiyle beraber ekipmanların dış korozyonlarını önlemek için katodik koruma yöntemi de uygulanmalıdır.

Kaplama: Metalin korozyon ortamından izole edilmesi için kaplama yapılır. Kaplamalar malzemenin doğasına göre organik, inorganik ve metalik kaplamalar olmak üzere üçe ayrılır.

Organik kaplamalar; boyalar, polimerik malzemeler, gresler ve diğer parafinik karışımlardır.

İnorganik kaplamalar; emayeler ve seramiklerdir. **Metalik kaplamalar;** herhangi bir metal veya alaşımdır.

Bu kaplama çeşitleri boru, tank, pompa, kolon vb. ekipmanların korozyon ortamıyla temasını engellemek için kullanılır. Petrol ve doğal gaz sistemleri farklı coğrafi alanlarda yer almaktadır. Bu nedenle ortamın koşulları oldukça önemlidir.

Katodik Koruma: Galvanik ve dış akım kaynaklı olmak üzere iki çeşidi vardır. Korunacak ana metali (örneğin demir) daha aktif bir metale (alüminyum, çinko, magnezyum veya alaşımları) bağlamaktır, bu yöntem kurban anot yöntemi olarak bilinir. Böylece korunmak istenen metalin yerine aktif ve ucuz olan metal korozyona kurban edilir. Dış akım kaynaklı katodik koruma yönteminde ise, korunmak istenen metal doğru akım kaynağının negatif kutbuna bağlanır.

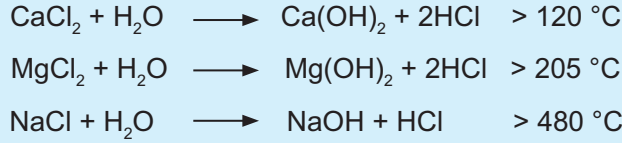
Katodik koruma, kaplama ve boyamaya alternatif değildir. Korozyondan korumaya bir ilavedir. Katodik koruma karbon çeliği, dökme demir, paslanmaz çelik, pirinç ve alüminyumun korunması için de kullanılır.

Çevrenin Kimyasının Değişmesi: Metalleri korumak için gerekirse çevrenin kimyasal bileşimi değiştirilmelidir. Bunun için korozyon inhibitör kullanımı, pH kontrolü, suyun uzaklaştırılması, CO₂, H₂S ve O₂' nin prosesten ayrıştırılması işlemleri yapılır.

Tuzdan Arındırma: Rafineri tesislerine getirilen petrol; su, tuzlar, katı maddeler ve metaller gibi yüksek derecede safsızlık içerir. Bu safsızlıklar korozyon ve kirlenme gibi olumsuz etkilere sahiptir. Tuz arındırıcı kullanmanın temel amacı, korozyona sebep olan kalsiyum, magnezyum ve sodyum tuzlarını petrolden uzaklaştırmaktır.

Emülsiyon Kırıcılar (Demülgatörler): Emülsiyon oluşumunu önleyerek tuzdan arındırma işlemini hızlandıran kimyasallardır. Aşırı miktarda kullanılmamalıdır.

Kostik Soda Enjeksiyonu: Ham petrole rafineri işlemleri uygulandığında su ve inorganik tuzlar ortaya çıkar. Bu tuzlar suyla hidroliz olur ve HCl meydana gelir.



480 °C'nin üzerine çıkılmadığı sürece NaCl daha karardır. Kostik ilavesi yapıldığında MgCl₂ ve CaCl₂ tuzları yerlerini daha kararlı NaCl bileşiğine bırakır.

Nötrleştirici (NH₃) Enjeksiyonu: Amonyak asidik bileşenlerin nötralizasyonu için kullanılır. Sistemlerde HCl, nötralizasyon olmadığı takdirde korozyona neden olur. NH₃ enjeksiyonu ile suyun pH'ı 5,5-6,5 olarak ayarlanır. Bu işlem korozyonu azaltır. NH₃ enjeksiyonunun dezavantajı ortamda kirlenmeye neden olmasıdır.

Korozyon İnhibitörü: İnhibitörler, sistemdeki asitler ile metal yüzey arasında koruyucu bir bariyer oluşturur. İyi bir sonuç için sistemin uygun pH kontrolü esastır. Anodik ve katodik olarak iki çeşit inhibitör vardır. Anot ve katotta gerçekleşen reaksiyonları yavaşlatır.



BİLGİ KUTUSU

Türkiye'de ithalat yapan bir otomobil firmasının yetkilileri, dizel araçlarla ilgili önemli açıklamalarda bulunmuştur.

Yapılan açıklamada yeni üretilen araçlarda modern teknoloji ürünü dizel motorların kullanıldığı belirtilmiştir. Motorinde bulunan yüksek orandaki kükürdün yüksek basınç altında sülfirik aside dönüştüğünü söyleyen firma yetkilileri bu durumun motorun özellikle iç kısımlarında tahribata, silindir iç yüzeylerinde ise zamana ve kullanıma bağlı korozyona ve aşınmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Uzun süre bu şartlar altında çalışan dizel motorlarda çeşitli arıza ve aksaklıkların meydana geldiği söylenmiştir.

2. BÖLÜM

SU-BUHAR ÇEVİRİMİNDE KOROZYON



2.2. SU-BUHAR ÇEVİRİMİNDE KOROZYON

Su, hidrojen ve oksijen elementlerinin kimyasal olarak birleşmesiyle meydana gelen kararlı bir moleküldür.

Endüstride kullanılan birçok ekipman ve malzeme, su ile temas eder veya suyun etkisinde kalır. Özellikle inşaat sektöründe ve fabrikalarda kullanılan ekipmanlar şu şekilde sınıflandırılabilir:

- Su iletim sistemleri; borular, valfler ve pompalar
- Soğutma suyu sistemleri; borular ve ısı değiştiriciler
- Merkezi ısıtma sistemleri; radyatörler ve valfler
- Buhar sistemleri; kazanlar, jeneratörler, türbinler ve kondenserler

2.2.1. Sulu Ortamda Korozyonu Etkileyen Faktörler

Su içerisinde bulunan iyonların, suyun pH'ının, çözünmüş oksijen konsantrasyonunun, sıcaklığın vb. faktörlerin korozyon üzerinde önemli etkileri vardır. Bu faktörler şunlardır:

Oksijen Konsantrasyonu: İçinde çözünmüş oksijen barındırmayan nötral sularda korozyon olayı gerçekleşmez. Saf suda çözünmüş oksijen miktarı sıcaklığa bağlıdır. Kapalı sıcak su sistemlerinde oksijen miktarı çok düşüktür. Bu nedenle radyatör suyunun, taze su ile değiştirilmesi uygun değildir.

Merkezi ısıtma sistemlerinde radyatörler ve borular çeliktir. Su içinde yeterli miktarda çözünmüş oksijen bulunmadığı için etkili bir korozyon gözlenmez. Fakat oksijen bakımından zengin olan soğuk su sistemlerinde çelik borularda önemli oranda korozyon görülür.

pH Etkisi: pH değeri 4'ün altında olan asidik sular oksijen içermeseler bile önemli oranda korozyona sebep olur. Doğal suların pH değeri çoğunlukla 8 civarındadır. Bu pH derecesinde korozyon hızı daha düşüktür, korozyon ürünleri hidroksit veya oksit hâlinde bulunur ve metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturur.

Sıcaklığın Etkisi: Su sıcaklığı 80 °C'ye kadar korozyon hızında artışa sebep olur. 80 °C'den sonra oksijen çözünürlüğünün azalması nedeniyle korozyon hızı azalır.

Alkalinite: Hidroksit (OH⁻), karbonat (CO₃²⁻) ve bikarbonat (HCO₃⁻) suyun alkalinitesini (bazlılığını) oluşturur. Suyun korozif etkisini azaltır.

Kalsiyum Karbonat Çökmesi: Tatlı suların içindeki korozyon olayı, içerdikleri geçici sertliğin metal yüzeyinde kalsiyum karbonat hâlinde çökmesi ile yavaşlar.



Oluşan kalsiyum karbonat (CaCO₃) çökeltisi, korozyon ürünleri ile birlikte metal yüzeyinde koruyucu bir kabuk oluşturur.



3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



OKSİJEN KOROZYONUNA SICAKLIĞIN ETKİSİ

Amaç	Kazan suyunda oksijenin neden olduğu korozyona sıcaklığın etkisini öğrenmek.
Araç ve Gereç	2 adet beher, 2 adet demir levha, mezür, metal maşa, metre, cetvel, ince zımpara, ege, puvar, uçayak, kibrit, amiyant tel, saat, bunsen beki, hassas terazi.
Kimyasal Maddeler	Potasyum ferrisiyanür, NaCl.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. %3,5'lik 500 mL NaCl çözeltisi hazırlayınız.
2. Hazırladığınız %3,5'lik NaCl çözeltisine 20 damla potasyum ferrisiyanür çözeltisi damlatınız ve 500 mL'lik çözeltiyi iki ayrı behere eşit olarak mezürle ölçerek bölünüz.
3. Uçayak üzerine amiyant tel koyup çözeltilerden birini bunsen beki ile ısıtarak 10 dakika kaynatınız (Beki yakma kurallarına uyunuz.).
4. İki adet 2x5 cm ebadında demir levha hazırlayınız.
5. Levhaları zımparayla temizleyiniz ve kuru bezle siliniz.
6. Levhaları hassas terazide 0,01 g hassasiyetinde ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlayınız, kütlelerini not ediniz [(Görsel 2.14) (Kütlesi fazla olanı eğeleyiniz. Eğeleme işlemini mengenede yapınız.)].
7. 10 dakika kaynatmış çözeltiyi ısıtma düzeneğinden alıp üzerini hava almayacak şekilde kapatınız ve sıcaklığının oda sıcaklığına düşmesini bekleyiniz.
8. Isıtılan çözelti soğuduğunda demir levhaları beherlerdeki çözeltilere dik olarak yerleştiriniz (Görsel 2.15 ve 2.16).
9. Isıtılıp soğutulan çözeltinin üzerini hava almayacak şekilde tekrar kapatınız, diğer çözeltinin üzerini kapatmayınız.
10. 30 dakika bekledikten sonra çözeltilerde gerçekleşen renk değişimini gözlemleyiniz (Görsel 2.17).
11. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
12. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 2.14



Görsel 2.15



Görsel 2.16



Görsel 2.17

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	iyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. %3,5'lik 500 mL NaCl çözeltisi hazırlar.				
3. Hazırlanan NaCl çözeltisine 20 damla potasyum ferrisiyanür çözeltisi damlatır.				
4. 500 mL'lik çözeltiyi iki ayrı behere eşit olarak mezürle ölçerek böler.				
5. Çözeltilerden birini bunsen beki ile 10 dakika kaynatır.				
6. Levhaları zımparayla temizler ve kuru bezle siler.				
7. Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlar.				
8. Isıtılan çözeltiyi hava almayacak şekilde kapatır.				
9. Sıcak çözeltinin soğumasını bekler.				
10. Levhaları çözeltilere dik şekilde yerleştirir.				
11. Isıtılıp soğutulan çözeltinin üzerini hava almayacak şekilde tekrar kapatır.				
12. 30 dakika sonunda renk değişimini gözlemler.				
13. Çalışma ortamını temizler.				
14. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

2.2.2. Su-Buhar Çevrimi Elemanları

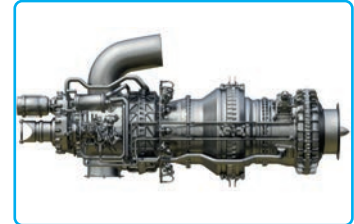
Su-buhar çevriminde birbiriyle bağlantılı birçok eleman birlikte çalışır. Bu elemanlardan birinde arıza ya da korozyon oluştuğunda sistem çalışamaz hâle gelir.

Aşağıda su-buhar çevriminde bulunan elemanlar ve görevleri açıklanmıştır:

Buhar Kazanları: İstenilen basınç, sıcaklık ve miktarda buhar üreten cihazlardır (Görsel 2.18). Herhangi bir yolla elde edilen ısı enerjisi, kapalı bir kap içindeki suya verilir ve bu suyun buharlaşması sağlanır. Türbinlere gönderilen yüksek basınçlı buhar kısmen genişleyerek türbin çarklarını döndürür. Bu nedenle basıncı düşen buhar kondensere gönderilir. Kondenser, buharın yeniden suya dönüştürüldüğü soğuk bir kaynaktır. Sıvılaşan buhar pompalarla toplanır ve yeniden ısıtma çevrimine sokulur. Çevrimin kesintisiz çalışması için türbinin farklı noktalarında ısıtılan buhardan yararlanılır. Türkiye’de buhar üretimi için gerekli enerji fosil yakıtlardan sağlanır.



Görsel 2.18: Buhar kazanı



Görsel 2.19: Gaz türbin motoru

Gaz Türbini: Jeneratörü buharın gücüyle iten sistem elemanıdır (Görsel 2.19). Çeşitli yakıtlarla çalışan gaz türbinleri vardır.

Atık Isı Kazanı: Gaz türbinlerinden çıkan atık ısıyla temas hâlinde olan birimdir (Görsel 2.20). Basınçla atık ısı kazanlarına gönderilen su, atık ısıyla temas ettirilir ve buhara çevrilir. Buradan elde edilen buhar, türbini çevirmek için kullanılır.



Görsel 2.20: Atık ısı kazanında kullanılan ısı değiştirici

Buhar Türbini: Basıncı ve sıcaklığı yüksek olan buhar, sahip olduğu enerjiyle orantılı biçimde buhar türbinine (Görsel 2.21) çarpar ve enerjisini aktarır. Aktarılan enerji sayesinde buhar türbini jeneratörü harekete geçirir. Türbine gelen kızgın buhar enerjisini kaybederek kondenser ünitesinde toplanır. Burada soğuyarak sıvılaşır ve tekrar sisteme kazandırılır.



Görsel 2.21: Buhar türbini

Soğutma Kulesi ve Hava Soğutmalı Kondenser: Su ve buhar karışımı, kondenser (Görsel 2.22) ve soğutma kulesinde soğutulup, toplanarak bir araya getirilir ve tekrar sisteme verilir.

Kontrol Tesisatı: Kontrol ekipmanları bir santralin sinir sistemidir. Kontrol sistemi, ekipmanların kontrol birimleri ve koruma devrelerinden meydana gelir. Bu sistem güvenilir ve emniyetli işletmeyi sağlar.



Görsel 2.22: Hava soğutmalı kondenser

2.2.3. Su-Buhar Çevriminde Korozyondan Kaynaklanan Hasarlar

Korozyondan kaynaklanan hasarlar; gerilim korozyonu çatlağı, kostik gevreme, yorulma ve korozyon yorulması, gerilim sebepli korozyon, çözünmüş oksijen (Görsel 2.23), chelant (şelant) korozyonu, kostik korozyon, buhar örtüsü, asit korozyonu, bakır kaynaklı korozyon, hidrojen aşındırması veya gevremesi, kül aşındırması ve durmalar sırasında korozyon olarak sıralanabilir.



Görsel 2.23: Paslı su pompası borusu

Gerilim Korozyonu Çatlağı: Kazan boruları, farklı korozyon çeşitlerinden etkilenir. Gerilim korozyonu çatlağı, belli durumlar için sıklıkla kullanılan ortak bir terimdir. Kimyasal ve mekanik nedenlerle karbon çeliğinin farklı boyutlarda parçalar hâline gelmesi, gerilim korozyonu çatlağına neden olur.

Kazanlarda oluşan basınç, korozyon kırılmasının en büyük nedenidir. Kırılmadan dolayı oluşan küçük hasarların oluşum sebeplerini incelemek gerekir.

Kostik Gevreme: Gerilim korozyonun özel bir türü olan kostik gevreme, metal kristalinin çatlamasına neden olur. Metal kristali, gerilimin özel koşullarında ve kazan suyunda bağımsız sodyum hidroksit bulunduğunda çatlar. Kostik gevreme, genellikle kazan borularının başlıklarında ve boru tabakalarında görülür.

Yorulma ve Korozyon Yorulması: Devir basıncının değişiminden dolayı endüstriyel kazanlarda ve borularda meydana gelen en yaygın çatlama şeklidir. Basınç değişimi, metal tabakasının yüzeyi boyunca sıcak gazların eşit dağılımını engeller. Metal yüzeyinde aşırı sıcak ve soğuk bölgeler meydana gelir. Bu durum kazanın, boruların ve bazen tabakaların çatlamasına yol açar. Çatlama her zaman en yüksek basınç alanında görülür.

Gerilim Sebepli Korozyon: Kazanın belirli kısımları, imalat sırasında uygulanan mekanik gerilimin sonucu olarak korozyona yatkın hâle gelir. Korozyonun verdiği hasarlar genel olarak gerilimli parçalarda görülür. Gerilim sebepli korozyonun azaltılabilmesi için kazan imalatında uygulanan gerilimin, termal devrelerin sayısının ve kazan kimyasal temizliğinin en aza indirilmesi gerekir. Ayrıca kapanmalar sırasında sistem korozyondan korunmalı, işletim sırasında kazan suyunun kimyasal kontrolü düzenli olarak yapılmalıdır.

Çözünmüş Oksijen: Oksijen aşındırması, kazan suyundaki aşırı oksijen sebebiyle oluşur. Çözünmüş oksijen kazan suyu besleme ısıtıcısına ve kazan borusu bütünlüğüne zarar verir. Oksijen miktarını kontrol etmek bu korozyon tipi için oldukça önemlidir. Oksijeni kontrol etmenin yöntemi fosfat iyileştirmesidir. Bu sayede boru ve tabaka yüzeylerinin temizliği sağlanmış olur. Oksijen aşındırmasını önlemenin başka bir yolu da çözünmüş oksijen içeren soğuk su kullanımını ortadan kaldırmaktır.

Chelant Korozyonu: Metal kazanda chelant korozyonu sadece sodyum tuzunun aşırı yoğunlaşması sonucu ortaya çıkar. Bu korozyon türü metalin çözülmesine ve incelmesine sebep olur. Kazan içinde gerilme alanlarında yoğun biçimde gözlenir.

Kostik Korozyon: Bu korozyon tipi yüksek sıcaklığın olduğu kazanlarda yaygın olarak görülür. Gözenekli bir yüzeyin tortu tabakası oluşturmaya neden olur. Oluşan tortular kazan suyunun içine geçer. Kostik korozyon, kostik çukurlaşma olarak adlandırılabilir da düzensiz oyuklar ya da incelmeler şeklinde de görülür. Oksijen ile asit saldırılarından oluşan bölgesel oyuklarla karıştırılmamalıdır.

Buhar Örtüsü: Kazanda düşük sıcaklıkta su buharının bulunması birçok etkiye neden olur. Kazan suyu kostik içerdiği zaman, su buharında meydana gelen yüksek yoğunlaşmalar su hattındaki tabakaların altında oyuk ve kostik korozyona sebep olur.

Asit Korozyonu: Kazan borularının ve haznelerinin yüzeylerini inceltir. Bunun sonucunda bozuk yüzey görüntüsü ortaya çıkar. Kazanda meydana gelen kirliliğin asitle temizlenmesi asit aşındırmasının en yaygın örneğidir. Asidi nötrleştirmek için acil önlemler alınmazsa hasar çok şiddetli olabilir.

Bakır Kaynaklı Korozyon: Bakır içeren metalden yapılmış sistemlerde asit temizleme işlemi sırasında kullanılan amonyak, oksijenle birlikte bakır kaynaklı korozyona neden olur. Çözülmüş bakır, temiz çelik yüzeye kaplanır. Bakırın korozyon ürünleri kazana taşındığında sert birikintilere ve boru ağızlarında oyukların oluşmasına neden olur. Bu korozyondan korunmak için oksijen ortamdan uzaklaştırılmalıdır.

Hidrojen Aşındırması veya Gevremesi: Düşük pH'lı ortamda çeliğin asit ile tepkimeye girmesi sonucu hidrojen gazı oluşur. Oluşan hidrojen gazı çelikteki karbonla tepkimeye girerek metan molekülünü oluşturur. Oluşan metan molekülleri karbon atomundan daha geniş olduğundan metalin yapısı içinde aşırı gerilim oluşur. Bu da şiddetli ve ani yırtılmalara neden olur. Hidrojen aşındırması veya gevremesi, yüksek basınç sistemlerinde sıklıkla görülür.

Kül Aşındırması: Kazanlarda yakılan kömürün yapısında bulunan silis vb. maddeler metal boruları aşındırır. Bu sebeple kazanlarda kül erozyonu hızı denetlenmeli, boruların et kalınlığı ile kazanın çalışma saatleri kontrol edilmeli ve aşınan kısımlar tespit edilmelidir. Metal, aşınan bu bölgelerden yırtılır.

Durmalar Sırasında Korozyon: Bakım, arıza ve üretim fazlalığı nedeniyle sistemin devre dışı olduğu durumlarda yaygın olarak oksijenin neden olduğu korozyon türleri gözlenir. Oksijen, demir ve bakır alaşımı malzemelerin korozyonuna neden olur. Oksijen, demir ile tepkimeye girerek demir oksit ve demir hidroksit oluşturur. Oluşan korozyon ürünleri yeşil-siyah, kırmızı-kahverengi, kahverengi veya kırmızı olabilir. En yaygın olanı kırmızı-kahverengi olanıdır.

2.2.4. Su-Buhar Çevriminde Korozyona Karşı Önlemler

Korozyona karşı alınabilecek önlemler; malzeme seçimi, termodinamik ve mekanik koşulların değiştirilmesi, kimyasal inhibitörler ve tasarım ölçütleri olmak üzere dört başlık altında toplanabilir.

Malzeme Seçimi: Malzeme seçimi, korozyon kontrolüne etki eden önemli unsurlardan biridir. Endüstriyel öneme sahip metalik malzemeler seçilirken korozyon direncine, mekanik özelliklerine, işlenebilirliğine (şekil verme, kaynak vb.) ve ekonomik olmasına dikkat edilir.

Düşük Alaşımli Karbon Çeliği: Başlangıçta yüksek olan korozyon hızı bir yıl sonra yüzeyde oluşan oksit filmi nedeniyle azalarak sabitlenir. Karbon çeliği özellikle 75 °C üzerindeki sıcaklıklarda, CO_3^{2-} , OH^- , ya da NO_x^{n-} iyonlarının bulunduğu alkali ortamlarda gerilmeli korozyon çatlamasına uğrar.

Paslanmaz Çelikler: Korozyona dirençli olmaları, yüzeylerinde oluşan pasif krom oksitten kaynaklanır. En az %12 oranında krom içeren bu çelikler yüzeylerinde oksitlerini yenileyerek korozyona karşı dirençlerini sürdürür. Ancak oksijenin yetersiz, klor iyonlarının zengin olduğu ortamlarda hasara uğramış pasif filmler kendini yenileyemeyeceği için hızlı bir şekilde korozyona uğrar.

Dökme Demirler: Karbon çeliğiyle karşılaştırıldığında su içinde daha iyi korozyon direnci gösterir. %3'e varan Ni eklenmesi dökme demirlerin korozyon direncini artırır.

Alüminyum ve Alaşımları: Yüksek ısı ve elektrik iletkenliğinin yanında korozyona dayanıklı bir metal olması en önemli özelliklerinden biridir. Saf alüminyumun kullanım alanı sınırlıdır. Ancak alaşım elemanlarının katkısıyla yüksek dayanımlı malzemelerin önemli bir grubunu oluşturur.

Bakır ve Alaşımları: Diğer metal ve alaşımlarla bir arada kullanıldığı zaman su taşıma sistemlerinde korozyona neden olur. Isıtma-soğutma sistemleri, su arıtma üniteleri, kondenser ve ısı değiştiricilerinin birçoğunda bakır ve alaşımları kullanılır. Akış hızı, sıcaklık ve suda çözünen oksijen miktarındaki artış korozyon hızını artırır.

Termodinamik ve Mekanik Koşulların Değiştirilmesi: Ortamda yapılacak değişiklikler korozyonu etkiler. Yapılabilecek değişiklikler; sıcaklık, akış hızı, oksijen ve oksitleyici konsantrasyonunu değiştirmektir.

Sıcaklığı Azaltmak: Sıcaklığın korozyonu hızlandırıcı ya da yavaşlatıcı etkisi vardır. Bu yüzden korozyonu azaltmak için uygun sıcaklık deneysel yöntemlerle belirlenir.

Akış Hızını Azaltmak: Paslanmaz çelik vb. pasifleşen metal ve alaşımlar, akış hâlindeki ortamlarda durgun ortamlara göre daha dirençlidir. Akış hızının yüksek olması önlenmelidir çünkü yüksek hız erozyon korozyonuna yol açar.

Oksijen ve Oksitleyicileri Ortamdan Uzaklaştırmak: Eski bir korozyon kontrol tekniğidir. Kazan besleme suyu çelik parçalarının içinden geçirilerek, çözünmüş oksijen miktarı azaltılır. Günümüzde bu işlem vakumla, inert gaz püskürtmekle veya oksijenle reaksiyona girebilecek bir madde ilavesiyle yapılmaktadır.

İnhibitörler: İnhibitörler genellikle çok düşük konsantrasyonlarda etkili olur. İnhibitörlerin korozyonu azaltmasının esas nedeni metal ile ortam arasında bir direnç artışı oluşturmalarıdır. İnhibitörler tek başına kullanılan bir yöntem değildir. Diğer koruma yöntemleriyle birlikte kullanılır.

Mekanik Tasarım: Tasarım yapılırken korozyon ve direnç özelliklerinin birlikte ele alınması gerekir. Korozyonun önlenemeyeceği ve mutlaka bir miktar korozyonun olacağı düşünülerek malzeme kalınlığını yeterli seviyede seçmek gerekir. Bu şekilde yapılan tasarım, bölgesel korozyon zararları için esneklik sağlar.



4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



SU-BUHAR ÇEVİRİMİNDE KOROZYON

Amaç	Su-buhar çevriminde korozyonu öğrenmek.
Araç ve Gereç	Beher, 2 adet bakır levha, maşa, metre, hassas terazi, ince zımpara, eğe, pH metre, puvar, üçayak, kibrit, amyant tel.
Kimyasal Maddeler	NH ₃

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. pH 10-11 aralığında NH₃ çözeltisi hazırlayınız (NH₃'ü pipete puvarla çekiniz. NH₃ şişesinin ağzını açık bırakmayınız.).
2. pH 8,8-9,2 aralığında amonyak çözeltisi hazırlayınız [(Görsel 2.24) (Öncelikle saf suyun pH'ı-nı ölçünüz. pH'ın 8 olduğu andan itibaren dikkatli çalışınız.)].
3. İki adet 2x6 cm ebadında bakır levha hazırlayınız.
4. Levhaların üzerini zımparalayarak temizleyiniz ve kuru bir bez ile siliniz.
5. Levhaları hassas terazide 0,01 g hassasiyetinde ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlayınız ve kütlelerini not ediniz [(Görsel 2.25) (Kütlesi fazla olanı eğeleyiniz. Eğeleme işlemini mendenede yapınız.)].
6. Levhaları amonyak çözeltilerinin içerisine ayrı ayrı dik olarak yerleştiriniz (Çözeltiye elinizi değdirmeyiniz ve maşa kullanmayı unutmayınız.).
7. Beherleri ısıtma düzeneğinde, amyant tel üzerinde 30 dakika ısıtınız [(Görsel 2.26) (Isıtma sürelerinin eşit olmasını sağlayınız.)].
8. 30 dakika sonunda levhaları maşa ile beherden alınız ve yıkayınız.
9. Levhaları bek alevinde veya etüvde üzerinde nem kalmayacak şekilde kurutunuz (Kurutma işlemini 1 dakikadan fazla yapmayınız.).
10. Levhaları soğuduğunda temizleyiniz. Üzerlerine batırıldığı çözeltinin pH'larını yazınız.
11. Levhaları hassas terazi ile ayrı ayrı tartınız, son kütlelerini not ediniz (Görsel 2.27).
12. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
13. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 2.24



Görsel 2.25



Görsel 2.26



Görsel 2.27

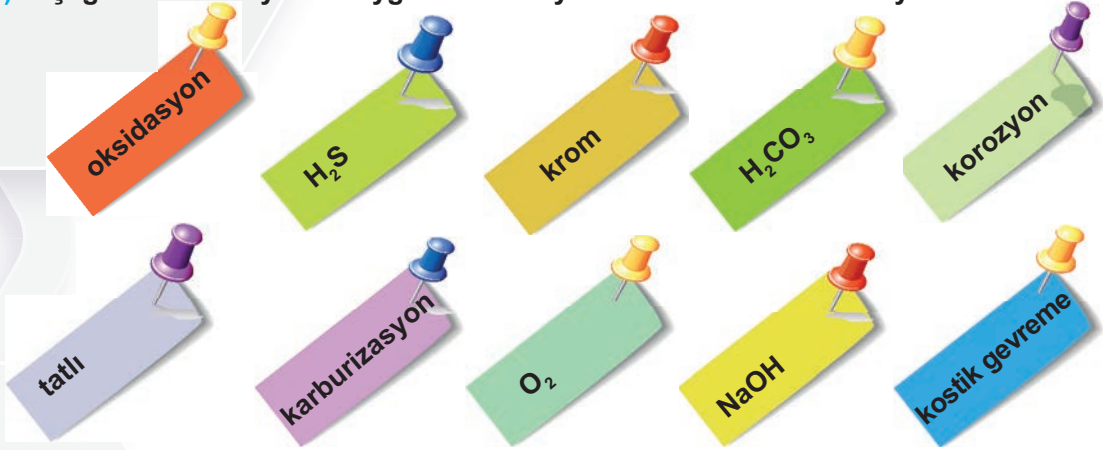
DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. pH 10-11 aralığında amonyak çözeltisi hazırlar.				
3. pH 8,8-9,2 aralığında amonyak çözeltisi hazırlar.				
4. Levhaların üzerini zımparalayarak temizler ve kuru bezle siler.				
5. Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartıp kütleleri eşit olacak şekilde ayarlar.				
6. İki ayrı ısıtma düzeneği hazırlar ve beherleri amyant telin üzerine yerleştirir.				
7. Beherlere levhaları dik olarak yerleştirir.				
8. Bekleri aynı anda yakarak 30 dakika ısıtır.				
9. Aynı anda bekleri söndürüp levhaları tek tek maşa ile alır ve yıkayıp temizler.				
10. pH değerlerini levhaların üzerlerine yazar.				
11. Levhaları hassas terazide ayrı ayrı tartıp kütlelerini not eder.				
12. Çalışma ortamını temizler.				
13. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

2. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki noktalı yerlere uygun ifadeleri yazarak cümleleri tamamlayınız.



1. Karbondioksit gazının suda çözünmesi nedeniyle meydana gelen korozyona korozyon denir.
2. Ekşi korozyonun nedeni gazıdır.
3. Karbondioksit gazı suda çözündüğünde metalleri aşındırma etkisine neden olan asidi meydana gelir.
4. HCl asidinden kaynaklanan korozyonu hafifletmek için gibi alkali etkiye sahip kimyasallar kullanılır.
5. Proseste meydana gelen çökeltiler gaz akış hızının azalmasına, ... hızının artmasına neden olur.
6. H_2SO_4 bileşiğinden kaynaklanan korozyonun etkisi ile azaltılır.
7. Oksijen gazı ve yüksek sıcaklığın metal üzerinde neden olduğu korozyonudur.
8. Metallerin korozyona karşı direncini arttırmak için metali ile alaşım yapılır.

B) Aşağıdaki ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" şeklinde değerlendiriniz.

9. (.....) Petrol ve doğal gaz rafineri sistemlerinde katodik koruma korozyona karşı tercih edilen bir yöntemdir.
10. (.....) Oksijen gazı, metal üzerinde tatlı korozyonun nedenidir.
11. (.....) Çelik yapıların üzerinde oluşan $FeCO_3$ filmi korozyona karşı direnci azaltır.
12. (.....) Oksijeni ortamdan uzaklaştırmak korozyon hızında artışa neden olur.
13. (.....) Organik asitler yüksek sıcaklıklarda korozyon hızını artırır.
14. (.....) Susuz HCl aşındırıcı değildir. Ancak sulu çözeltisi aşındırıcı etkiye sahiptir.
15. (.....) Sıcaklık artışı aşındırıcı gazların çözünmesini artırır.
16. (.....) Yüksek asitli ortam korozyon hızını azaltır.
17. (.....) Sıcaklık oksidasyon korozyonu artışına neden olur.
18. (.....) SO_3 bileşiği korozyona neden olan bir gazdır.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevap olan seçeneği işaretleyiniz.

19. Aşağıdakilerden hangisi proses işlemlerinde korozyona neden olabilecek asitlerin nötralizasyonu için kullanılan kimyasal bileşiktir?

- A) H_2O B) N_2O
C) HF D) NH_3
E) NaCl

20. Aşağıdakilerden hangisi petrol proseslerinde korozyona karşı uygulanacak yöntemlerden biri değildir?

- A) Doğru tasarım
B) Dayanıklı malzeme seçimi
C) Korozyon önleyici kimyasal kullanımı
D) Katodik koruma
E) Atmosferik ortamda çalışma

21. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi kazan besleme suyunun özelliklerinden değildir?

- A) Yumuşatılmış olmalıdır.
B) Korozif etkenler içermemelidir.
C) Yüksek oranda oksijen içermelidir.
D) pH değeri düşük olmamalıdır.
E) Havası alınmış olmalıdır.

22. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi prosese katılan korozif kimyasallardan değildir?

- A) Cıva
B) Amonyak
C) Amonyum klorür
D) Sülfürik asit
E) Azot gazı

23. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi sudaki korozyonu etkileyen faktörlerden değildir?

- A) Alkali miktarı
B) Oksijen derişimi
C) pH değeri
D) Sıcaklık değeri
E) Çözünmüş azot gazı

24. Aşağıdakilerden hangisi su buharı nedeniyle meydana gelen korozyondan korunma önlemlerinden biri değildir?

- A) Tasarım sırasında boru kalınlığının in-ce yapılması
B) Doğal gazdan su buharının uzaklaştırılması
C) Metalin dış yüzeyine ısı yalıtımı yapılması
D) Metale organik kaplama yapılması
E) İnhibitör kullanılması

25. Aşağıdakilerden hangisi su-buhar sistemlerinde korozyona karşı alınacak önlemlerden değildir?

- A) İnhibitör kullanımı
B) Uygun mekanik tasarım
C) Doğru malzeme seçimi
D) Mekanik koşulların değiştirilmesi
E) Düşük pH değerlerinde çalışılması

26. Proseste oksijen korozyonuna sebep olan kimyasal madde aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) CO_2 B) H_2S
C) O_2 D) HCl
E) NH_3

27. Petrol ve doğal gaz proseslerinde aşağıdaki maddelerden hangisi korozyona sebep olur?

- A) H_2S B) CO
C) N_2 D) He
E) Ne

28. Aşağıda verilen pH aralıklarından hangisi suyun daha korozif olmasına neden olur?

- A) 1-4 B) 4-6
C) 6-7 D) 7-8
E) 8-8,5

3

■ ÖĞRENME BİRİMİ

KONULAR

1. YÜKSEK SICAKLIK KOROZYONU
2. EROZYON KOROZYONU

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Yüksek sıcaklıkta oksidasyon, karburizasyon, nitrülenme, su buharı, vanadyum oksit, sülfürlenme, halojenasyon, sıcak korozyon ve ergimiş tuzların korozyonu
- Erozyon korozyonu, kavitasyonu ve ultrasonik kalınlık ölçümünün yapılışı

YÜKSEK SICAKLIK VE EROZYON KOROZYONU

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Metallerin yüksek sıcaklığa maruz kaldığı yerler nerelerdir? Düşüncelerinizi belirtiniz.
2. Metal üzerinde erozyon hangi durumlarda oluşur? Arkadaşlarınızla tartışınız.

TEMEL KAVRAMLAR

Metal tozlaşması, Nitrülenme, Sülfürlenme, Halojenasyon, Sıcak korozyon, Erozyon, Kavitasyon, Ultrasonik ölçüm, Prob



1. BÖLÜM

YÜKSEK SICAKLIK

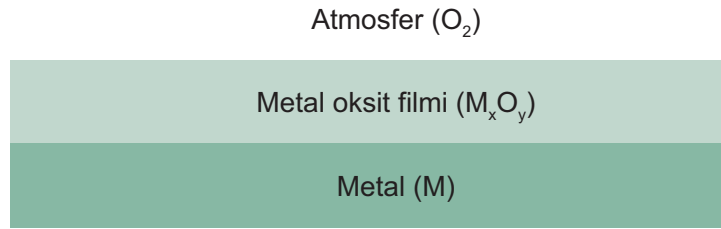
KOROZYONU



3.1. YÜKSEK SICAKLIK KOROZYONU

Endüstriyel sistemlerde kullanılacak malzemeler, ortam koşullarına uygun olarak seçilir. Malzemelerden en iyi şekilde yararlanmak için çevresel koşullar doğru yorumlanmalı ve malzemelerin bu koşullardaki kullanım aralıkları iyi bilinmelidir.

Tüm korozyon tiplerinde gerçekleşen olay elektrokimyasal temele dayanır. Oksitlenme, metallerin havadaki oksijen ile tepkimeye girerek metal oksit kabukları oluşturmasıyla meydana gelir (Görsel 3.1). Yüksek sıcaklık metallerin hızlı ve daha kolay oksitlenmesine neden olur. Oksitlenmenin yanı sıra oda koşullarında korozyon etkisi düşük olan kimyasallar yüksek sıcaklıkta korozyona neden olur.



Görsel 3.1: Metal üzerinde oluşmuş metal oksit filmi



BİLGİ KUTUSU

KOROZYONDAN HABER VAR

17 Ağustos depreminin 20. yıl dönümü dolayısıyla açıklama yapan BİTÜDER (Bitümlü Su Yalıtımı Üreticileri Derneği) Yönetim Kurulu Başkanı Kemal Çolakoğlu, İstanbul'da deprem sonrası incelenen yaklaşık 56 bin konut ve iş yerinin yüzde 64'ünde korozyon tespit edildiğini bildirdi. Yalıtımsız binaların 10 yıl sonra taşıma kapasitesinin yüzde 66'sını kaybettiğini açıklayan Çolakoğlu, "Binaları yağmur, kar ve yer altı suları gibi zararlı etkilerden koruyacak su yalıtımı uygulamaları yetersiz olduğunda taşıyıcı sistemlerindeki demirler korozyona uğruyor bu da hasarlı ve yıkılan binaların asıl sebebi oluyor" dedi (Görsel 3.2).



Görsel 3.2: 17 Ağustos depreminde yıkılan bina ve kurtarma çalışmaları

Genellikle korozyon sonucu oluşan oksit kabuk, katı elektrolit gibi davranış gösterir. Kabuk üzerinden gerçekleşen elektron alışverişi sonucunda yüzeydeki oksit tabakası kalınlaşır. Malzemenin ortam korozyonuna karşı direnci, metalin termodinamik kararlılığına ve oluşan kabuğun fiziksel özelliklerine bağlıdır.

Yüksek sıcaklık korozyonunda reaksiyonu gerçekleştiren korozif bir madde bulunur. Bu nedenle malzeme korozyona dirençli uygun alaşımlardan üretilerek korozyonun etkileri en aza indirilebilir.

3.1.1. Yüksek Sıcaklık Korozyonunun Görüldüğü Yerler

Yüksek sıcaklık korozyonu saf yakıt ile çalışan hava taşıt araçlarının özellikle gaz türbinlerinin kanatları ve maden kömürü yakan kazanların yüzeyleri gibi yüksek sıcaklığa maruz kalan yerlerde görülür. Bu korozyonun olduğu yüzeylerde 20.000-40.000 saatlik bir çalışmadan sonra yüzeyin incilmesi sonucu delinme meydana gelir.

Kömürle çalışan büyük buhar kazanlarının kızdırıcılarında da yüksek sıcaklığın etkisiyle bu korozyon türü görülür. Kızdırıcıların uçucu küllerle örtülü borularında görülen bu korozyonun nedeni alkali sülfatların ayrışmasıyla meydana gelen SO_3 gazıdır (Görsel 3.3).



Görsel 3.3: Korozyona uğramış buhar kazanı kızdırıcısı

3.1.2. Yüksek Sıcaklık Korozyonunun Çeşitleri

Genel olarak yüksek sıcaklık korozyonunun çeşitleri oksidasyon, karburizasyon, nitrürlenme, sülfürlenme, halojenizasyon, sıcak korozyon, ergimiş tuzların korozyonu, su buharı ve vanadyum oksidin neden olduğu korozyonlar şeklinde sıralanabilir.

Oksidasyon: En önemli yüksek sıcaklık korozyon türlerinden biridir. Metaller veya alaşımlar, havada veya yüksek oksitleyici ortamda yüksek sıcaklıklara ulaştığında oksitlenir. Alaşımların birçoğu oluşturdukları oksit tabakası sayesinde korozyona dayanıklı hâle gelir. Oksit tabakası kararlı olmayan veya dış etkenlerle oksit tabakası bozulan alaşımlar veya metaller ise tekrar korozif etkiye maruz kalır.

Çoğu endüstriyel proseste oksitlenme havada meydana gelir. Genelde ısıtma fırınları ve kimyasal reaksiyon kaplarında yapılan ısıtma atmosfere açık olarak gerçekleşir. Ortamda bulunan metal yüksek oksijen nedeniyle oksidasyona uğrar.

Birçok endüstriyel proses için ısıtma işlemi, doğal gaz gibi temiz yakıtların yakılmasıyla gerçekleştirilir. Bu yakıtlar genelde düşük miktarda sülfür, alkali metaller ve vanadyum vb. safsızlıklar içerir. Bu safsızlıklar yüksek sıcaklık korozyon hızında artışa neden olur. Alaşımların korozif ortamlarda oksitlenmesine H_2O ve CO_2 maddelerinin de etkisi vardır. Metallerin ve alaşımların oksidasyon hızı sıcaklık yükseldikçe artar (Tablo 3.1).

Krom içeren alaşımların oksidasyona karşı dayanıklılığı yüzeyde oluşan krom oksit tabakasıyla artar. Kromun oksijene karşı yüksek ilgisi vardır ve bu yüzden krom kolayca oksijenle reaksiyona girer. Oksidasyona karşı korunma için alaşımların yeterli seviyede krom içermesi gerekir.

Tablo 3.1: Oksidasyon Hızının En Düşük Düzeyde Kalabileceği Sıcaklık Üst Sınırı

MALZEMELER	SICAKLIK (°C)
Karbon çeliği	566
Karbon - 0,5 molibdenli çelik	566
%1,25 krom - %0,5 molibden alaşımlı karbon çeliği	593
%2 krom alaşımlı karbon çeliği	621
%2,25 krom - %1 molibden alaşımlı karbon çeliği	635
%3 krom alaşımlı karbon çeliği	635
%5 krom - %0,5 molibden alaşımlı karbon çeliği	649
%7 krom - %0,5 molibden alaşımlı karbon çeliği	677
%9 krom - %1 molibden alaşımlı karbon çeliği	816
%12 krom çelik (SS410)	816
%18 krom - %8 nikel alaşımlı çelik (SS304)	871
%25 krom - %12 nikel alaşımlı çelik (SS309)	1093
%25 krom - %20 nikel alaşımlı çelik (SS310)	1149



1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



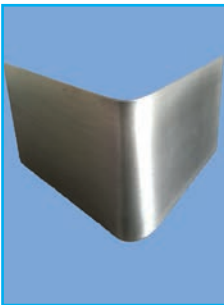
YÜKSEK SICAKLIK KOROZYONU

Amaç	Yüksek sıcaklığın metal üzerindeki etkilerini öğrenmek.
Araç ve Gereç	Bunsen beki, spor, kibrit, ince demir levha, maşa, ince zımpara, menene, kısıkaç, saat.

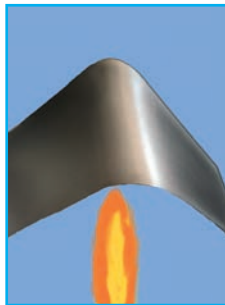
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

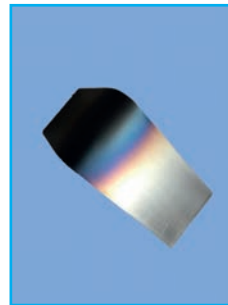
1. Bir adet 5x20 cm ebadında ince demir levha hazırlayınız.
2. Demir levhanın yüzeyini ince zımpara ile temizleyiniz.
3. Demir levhayı mengeneye bağlayarak ortasından V şeklinde katlayınız (Görsel 3.4).
4. Demir levhayı spor üzerine sabitlenmiş kısıkaca tutturunuz.
5. Bunsen bekini demir levhanın V şeklindeki iç yüzeyine gelecek şekilde ayarlayarak beki yakınız [(Görsel 3.5). (Bunsen beki yakma kurallarına uyunuz)].
6. 10 dakika sonunda beki söndürünüz ve demir levhanın soğumasını bekleyiniz.
7. Demir levha soğuduktan sonra maşa ile alarak levhanın yüzeyindeki değişimi gözlemleyiniz (Görsel 3.6 ve 3.7).
8. Malzemelerinizi temizleyerek teslim ediniz.
9. Raporunuzu hazırlayınız.



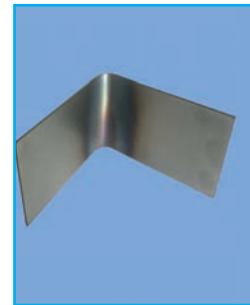
Görsel 3.4



Görsel 3.5



Görsel 3.6



Görsel 3.7

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Demir levhanın yüzeyini ince zımpara ile temizler.				
3. Demir levhayı mengeneyle bağlayarak ortasından V şeklinde katlar.				
4. Demir levhayı spora tutturarak bunsen beki ile 10 dakika ısıtır.				
5. Bunsen bekini söndürür ve demir levhanın soğumasını bekler.				
6. Soğuyan demir levhayı spordan alarak levhanın ısınan yüzeyindeki değişimi gözlemler.				
7. Çalışma ortamını temizler.				
8. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

Karburizasyon: Yüksek sıcaklık malzemeleri kimi zaman karbon bileşiklerinin etkisine maruz kalır. Bunun sonucunda karburizasyon meydana gelir. Karburizasyon nedeniyle oluşan problemlerle özellikle petrokimya tesislerinde karşılaşılır. Bu tip tesislerde kullanılan fırınların içerisindeki karbon, ortamdan metalik malzemeye transfer olur ve karbür oluşumu meydana gelir.

Karburizasyon ve metal tozlaşması, karbonun metal veya alaşım içerisine transferi ile oluşabilecek iki farklı yüksek sıcaklık korozyon mekanizmasıdır. Yüksek sıcaklıklarda özellikle etilen üretiminde Fe-Ni-Cr alaşımlarında görülür. Karburizasyon; işlem sıcaklığına, ortam faktörlerine ve kullanılan malzemeye göre oluşur.

İşletmede hasara neden olan karburizasyonun temel etkileri şu şekilde sıralanabilir:

- Alaşımın mekanik dayanıklılığını azaltır.
- Karburizasyon sonucu alaşımın içinde bulunan kromun uzaklaştırılması sonucu oksidasyon hızı artar.

Metal yüzeyine tutunan karbon, yüksek sıcaklığın etkisiyle kromla etkileşir ve karbür parçacıklarını oluşturur. Mekanik sağlamlığı olmayan karbür tabakası ısıtma işlemleri nedeniyle alaşım yüzeyinden dökülerek ayrılır.

Nikel ve silisyum karburizasyon hızını düşürmede kullanılan elementlerdir.

Metal Tozlaşması: Ortamdaki karbon ya da oksijen aktivitesinin yüksek olması durumunda oluşan korozyon tipidir. Genellikle 450-900 °C sıcaklıkları arasında oluşur ve malzeme yüzeyinde hızlı bir şekilde oyuklanmalar meydana gelir.

Metal tozlaşmasında Fe_3C partikülleri meydana gelir. Bu partiküller gaz erozyonuyla alaşım yüzeyinden uzaklaşır. Tekrarlanan süreçler sonunda malzemede ciddi bir metal kaybına neden olur. Metal tozlaşmasına karşı kromla yapılan alaşımlar kullanılır.

Nitrürlenme: Metal ve alaşımlar yüksek sıcaklıklarda amonyak veya azot esaslı atmosfere maruz kaldığında nitridasyona uğrama eğilimindedir. Nitridasyona uğrama sıcaklıkları 700-900 °C arasındadır. Nikel ve kobalt bazlı alaşımlar, nitrür ataklarına en dayanıklı malzeme grubu olarak düşünülür. Karburizasyonda olduğu gibi nitrürlenmede de malzemenin mekanik özelliklerinde önemli ölçüde kayıp gerçekleşir.

Su Buharı: Su buharı yüksek sıcaklıklarda hidrojen ve oksijen moleküllerine ayrılır. Bu şekilde ortaya çıkan serbest oksijen, metalin incelmeye ve kopmasına neden olur. Gerçekleşen oksidasyon sıcaklık ve su buharının miktarıyla orantılıdır.

Vanadyum oksit: Ham petrolden elde edilen kalıntı yakıtların bazıları, vanadyum içerir. Yakıt yandığında vanadyum elementi yükseltgenerek, +5 ve +6 değerliğinde olduğu oksit karışımına dönüşür. Vanadyumlu yakıt kullanılan sistemler hızlı bir oksitlenmeye maruz kalır. Vanadyum bileşikleri çelik ile doğrudan reaksiyona da girer. Bu sırada havanın oksijeni vanadyum oksidin yenilenmesini sağlar.

V_2O_5 bileşiğinin erime sıcaklığı 593 °C'nin üzerindedir. Bu sıcaklığın altında vanadyum korozyonunun olmayacağı düşünülür. Fakat akaryakıt külü içindeki diğer bazı maddeler (sodyum bileşikler, kükürtdioksit vb.) vanadyum pentaoksit ile bir araya geldiklerinde erime sıcaklığı düşer. Erimiş V_2O_5 çelik üzerinde cüruf oluşturur. Oluşan cüruf akıp uzaklaşarak metalin taze yüzeyini korozyon etkiye açık hâle getirir.

Sülfürlenme: Sülfürler (sülfür buharı veya hidrojen sülfür) oldukça yüksek hasara yol açabilen maddelerdir. Çünkü metal sülfürler oksit bileşiklerine göre daha hızlı oluşur. Ayrıca sülfürler düşük erime noktasına sahiptir. Bu korozyon türünde metal malzeme, sülfür ile reaksiyona girerek metal sülfür tabakası oluşturur. Metal sülfür oluşumunun birçok hasara neden olduğu bilinmektedir. Oluşan sülfür tabakası gözenekli olması nedeniyle koruyucu bir tabaka değildir. Gaz türbinleri, petrokimya tesisleri ve yüksek sıcaklıkta çalışan tesisler sülfür reaksiyonlarının en çok gözlemlendiği yerlerdir.

Halojenizasyon: Halojen ve halojen bileşikleri genellikle gaz şeklinde veya erimiş tuz bileşikler yolu ile metal malzemeye etki eder. Tuzlar oksit tabakasının cüruflaşmasına ve parçalanmasına neden olur. Nikel, oluşturduğu NiCl_2 bileşiği ile demir klorür bileşiklerine göre korozyona karşı daha dayanıklı olur.

Sıcak Korozyon: Sıcak korozyon genellikle gaz türbin motorlarının çalışması sırasında oluşan sıcak gaz bileşiklerinin neden olduğu korozyon türüdür. İki ayrı şekilde oluşur:

1.Tip Korozyon: Yanan yakıtlardan kaynaklanan korozyon türüdür. 850-950 °C sıcaklık aralığında oluşur. Na_2SO_4 ve K_2SO_4 tuzlarından kaynaklanır.

2.Tip Korozyon: 650-700 °C sıcaklıkta şekil itibarıyla karakteristik çukurlar oluşturur. Bunun nedeni düşük erime sıcaklığına sahip Na_2SO_4 ve CoSO_4 karışımıdır.

Ergimiş Tuzların Korozyonu: Genelde çözünmüş tuzlar fazla cüruf oluşmasına neden olur. Metalin yüzeyinde oluşmuş oksit tabakasını sistemden uzaklaştırır. Bu tip korozyon reaksiyonu oksidasyon ile başlar, erimiş ve çözünmüş tuzlar metal yüzeyini kaplayan koruyucu oksit tabakasını çözer. Tuz içinde oksijen ve su buharı bulunduğunda bu tip korozyon reaksiyonları hızlanır.

Tablo 3.2'de yukarıda bahsedilen yüksek sıcaklık korozyonu çeşitlerine alaşımlarda kullanılan elementlerin etkisi belirtilmiştir.

Tablo 3.2: Bazı Alaşım Elementlerinin Yüksek Sıcaklık Korozyonuna Etkileri

Krom	Oksidasyon ve karburizasyon direncini artırır ve karbon geçişine engel olur.
Silisyum	Oksidasyon, nitrüleme, sülfürleme ve karburizasyon direncini artırır.
Alüminyum	Oksidasyon, sülfürlenme ve karburizasyon direncini artırır.
Niobyum	Kısa süreli sürünme dayanımını ve karburizasyon direncini artırır.
Molibden / Tungsten	Yüksek sıcaklık dayanımını ve sürünme direncini artırır.
Nikel	Karburizasyon, sülfürlenme ve klorizasyon direncini artırır.
Karbon	Dayanıklılığı ve karburizasyon direncini artırır.
Manganez	Yüksek sıcaklık dayanımında ve sürünme direncinde çok az artış yapar.
Kobalt	Sülfür difüzyon hızını düşürür, katı çözelti direncini artırır.



2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



YÜKSEK SICAKLIKTAKİ SÜLFÜR KOROZYONU

Amaç	Yüksek sıcaklık korozyonu tipi olan sülfürlenmeyi öğrenmek.
Araç ve Gereç	Çinko levha, ince zımpara, bunsen beki, amyant tel, damlalık, mercek, maşa.
Kimyasal Maddeler	%3,5'lik NaCl çözeltisi, kükürt tozu.

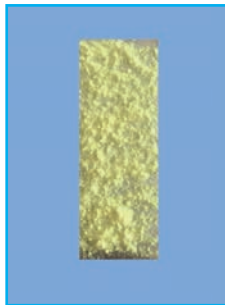
- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

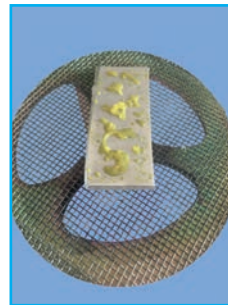
1. %3,5'lik NaCl çözeltisi hazırlayınız.
2. 2x5 cm ebadında çinko levha hazırlayarak üzerini ince zımpara ile temizleyiniz (Görsel 3.8).
3. Çinko yüzeyinin başlangıçtaki durumunu gözlemleyiniz.
4. Çinko metalin yüzeyine kükürt tozu serpiştiriniz (Görsel 3.9).
5. Çeker ocakta çinko levhayı bunsen beki ile ısıtınız [(Bunsen beki yakma kurallarına uyunuz.) (Görsel 3.10)].
6. Isıtma esnasında kükürt oksit oluşumunu renk değişimiyle gözlemleyiniz.
7. Oksitlenme gerçekleşirken yüzeye NaCl çözeltisinden damla damla ilave ediniz.
8. Çinko yüzeyde buharlaşma bitince yüzeyi gözlemleyiniz.
9. Aynı yüzeyde 4, 5, 6, 7 ve 8. basamakları 3 kez tekrarlayınız.
10. Bunsen bekini kapatarak levhanın soğumasını bekleyiniz.
11. Soğuma bittikten sonra çeker ocağın çinko levhayı maşa ile alarak ocağı kapatınız.
12. Mercek ile çinko levhanın yüzeyindeki değişimi yakından gözlemleyiniz (Görsel 3.11).
13. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
14. Raporunuzu hazırlayınız.



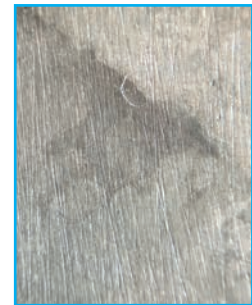
Görsel 3.8



Görsel 3.9



Görsel 3.10



Görsel 3.11

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. % 3,5'lik NaCl çözeltisi hazırlar.				
3. Çinko levhaları zımparalayarak temizler.				
4. Çinko yüzeyini başlangıçta gözlemler.				
5. Çinko metalin yüzeyine kükürt tozu serpiştirir.				
6. Çeker ocak sistemde çinko levhayı bunsen beki ile ısıtır.				
7. Isıtma esnasında kükürt oksit oluşumunu renk değişimiyle gözlemler.				
8. Oksitlenme gerçekleşirken yüzeye NaCl çözeltisinden damla damla ilave eder.				
9. Aynı yüzeyde 4, 5, 6, 7 ve 8. basamakları 3 kez tekrarlar.				
10. Son durumda çinko levhanın yüzeyindeki değişimi mercek ile gözlemler.				
11. Çalışma ortamını temizler.				
12. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

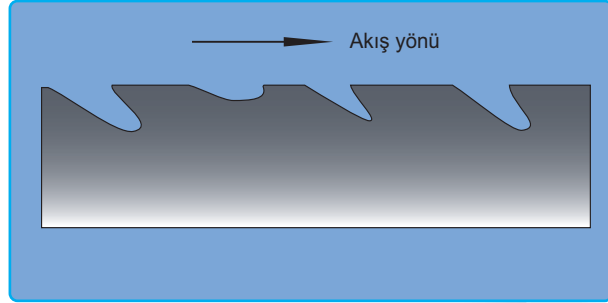
2. BÖLÜM

EROZYON KOROZYONU



3.2. EROZYON KOROZYONU

Korozif çözeltinin metal yüzeyinden hızla akmasıyla korozyon olayının yanı sıra erozyon olayı da meydana gelir. Oluşan korozyon ürünlerinin akışkan tarafından sürüklenerek götürülmesi, korozyon hızının artmasına neden olur. Temiz metal yüzeyi açığa çıkar ve korozyon hızı artarak devam eder. Erozyon korozyonunun belirgin bir görünüşü vardır. Akış yönüne doğru göz ile görülen oyuklar ve dalga biçiminde yuvarlak oluklar oluşur (Görsel 3.12).



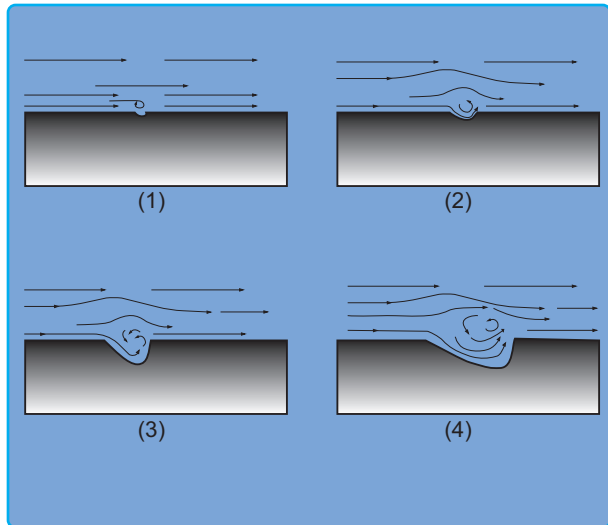
Görsel 3.12: Metal yüzeyinde erozyon korozyonunun oluşturduğu oyuklar

Erozyon korozyonunun en etkili olduğu yerler şunlardır:

- Akışın daraldığı veya yön değiştirdiği konumlar
- Akışkanların içinde katı ve sıvı parçacıklarının sürüklendiği ve türbülans oluşturduğu yerler
- Pompa gövdeleri
- Vana oturma yüzeyleri
- Boru ağzları
- Yoğuşturucular
- Fırın tüplerinin girişleri
- Boru eklenti parçaları
- Isıl çiftlerinin çevresi

Akışkan hızı, erozyon korozyonunu etkileyen en önemli faktördür. Akış hızı arttıkça erozyon etkisi de artar. Akışkanın içinde katı partikül bulunması hâlinde korozyon olayı daha şiddetli gerçekleşir. Korozyon sonucu oluşan küçük bir oyuk türbülans etkisiyle erozyon korozyonu olayının başlamasına neden olur (Görsel 3.13).

Akış hızı, kullanılan metal borunun türüne göre ayarlanır. Akış hızının yüksek olması halinde valflerde ve diğer bağlantı parçalarında erozyon korozyonu meydana gelir. Erozyon korozyonu akış hızı uygun seviyeye indirilerek önlenir.



Görsel 3.13: Erozyon korozyonunun mekanizması

Bir başka çözüm yolu ise paslanmaz çelik boru kullanmaktır veya boru çapını genişletmektir. Böylece erozyona neden olmadan daha hızlı bir akış sağlanır.

Isı değiştiricilerinde kullanılan karbon çeliği borularında da erozyon korozyonu görülür. Bu borular akışkan korozif olmasa bile erozyon korozyonunun etkisinde kalır. Isı değiştiricilerinde kullanılan boruların et kalınlığı büyük olursa boru ömrü artar. Buna rağmen erozyon korozyonu meydana gelirse boru tahmin edilen süreden önce delinir.

Dış çap aynı kalmak suretiyle boru et kalınlığının artırılması hâlinde boru kesit alanı azalır, akışkanın hızı ve basıncı artar (Görsel 3.14 ve Görsel 3.15). Bunu önlemek için hem kesit alanı hem de metalin et kalınlığı birlikte artırılmalıdır.

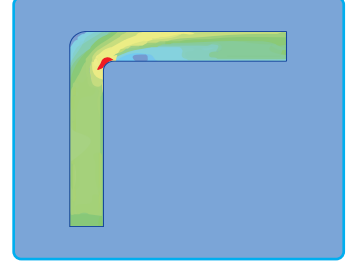
Isı değiştiricilerde ısı iletkenliğinin yüksek oluşu nedeniyle bakır tercih edilir. Bakır içine nikel, alüminyum gibi metaller katılarak erozyon korozyonuna karşı direnci artırılır. Örneğin bakır nikel alaşımı kullanılarak deniz suyu akış hızını artırabilmek mümkündür.

Pasifleşme özelliği olan metaller erozyon korozyonuna duyarlıdır. Örneğin alüminyum, kurşun ve paslanmaz çelik pasifleşme özelliğine sahiptir. Bu metallerin yüzeyinde erozyon etkisinde kalan bölgelerde pasifleşme tabakası oluşamaz. Metal korumasız kaldığı için bu bölgeler şiddetli biçimde korozyona uğrar (Görsel 3.16).

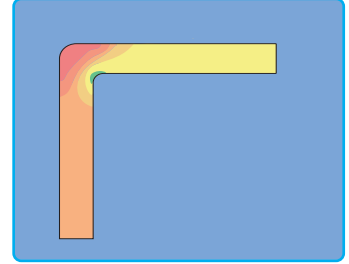
Metalin pasifleşmesi soğutma suyu içinde bulunan çözünmüş oksijenle sağlanır. Oksijen gazı katoda difüzyonla ya da türbülans yoluyla gelir. Korozyon sonucu oluşan tortular akışkan içinde hareket ederek metal yüzeyinde koruyucu film tabakası oluşumuna engel olur. Bu nedenle metalin korozyonu yüksek hızla devam eder. Eğer akış hızı korozyon filmini uzaklaştıramayacak kadar yavaşlarsa pasifleşme olayı gerçekleşir.

Erozyon korozyonunu azaltmak için alınacak önlemler şunlardır:

- Dayanıklılığı yüksek malzemeler seçilir.
- Tasarım sırasında erozyon etkisini azaltmak için boru çapı artırılır veya akış hızı düşürülür.
- Erozyon korozyonuna duyarlı bölgelerin metal kalınlığı artırılır.
- Akışkan, katı partikül taşıyorsa bunlar önceden çöktürülür.
- Sıcaklık azaltılır.
- Katodik koruma yapılır.



Görsel 3.14: Akış hızının fazla olduğu borularda korozyonun etkin olduğu kırmızı bölge



Görsel 3.15: Basıncın fazla olduğu borularda korozyonun etkin olduğu kırmızı bölge



Görsel 3.16: Erozyon korozyonuna uğramış metal boru

3.2.1. Kaviteasyon

Erozyon korozyonunun özel bir şeklidir. Kaviteasyon genellikle hidroelektrik türbinlerde, gemi pervanelerinde ve pompa parçalarında meydana gelir (Görsel 3.17).

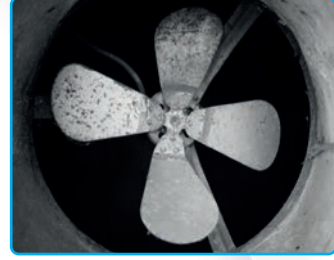
Kaviteasyon olayının meydana geliş mekanizması şöyledir. Hızlı akış sırasında bazı noktalarda basınç düşüşü meydana gelir. Bu bölgelerde düşük basınç nedeniyle su buharlaşır ve buhar kabarcıkları meydana gelir. Buhar kabarcıkları iç yüzeyde pürüzlü bir engelle karşılaştığında patlayarak parçalanır ve metal yüzeyinde bir oyuk oluşturur (Görsel 3.18). Bu durum ancak tasarım aşamasında alınacak önlemler ile giderilebilir.

Kaviteasyonlu korozyon katodik koruma, inhibitör kullanımı ve tasarım aşamasında alınacak önlemler ile kontrol edilebilir.

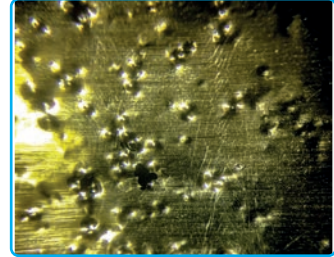
3.2.2. Ultrasonik Kalınlık Ölçüm Cihazı

Tüplerde, borularda, basınçlı kaplarda korozyon ve erozyondan sonra kalan et kalınlığını ölçmek için dizayn edilmiş taşınabilir bir cihazdır (Görsel 3.19). Ölçüm değerleri mm veya inç cinsinden yapılır. Hassasiyetleri 0,1-0,01 mm aralığındadır. Kalibrasyon ayarlıdır ve ses dalgasıyla ölçüm yapar.

Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazları, sonar sistemlerinin prensibiyle çalışır. Bir prob ile test malzemesine doğru yüksek frekanslı bir ses dalgası gönderilir. Ses dalgası farklı bir fiziksel ortama ulaşıncaya kadar ilerler. Fiziksel ortamın değiştiği yerden proba geri yansır. Cihaz basit bir fonksiyonel hesaplamayla metal borunun kalınlığını ölçer.



Görsel 3.17: Kaviteasyona uğramış pompa pervanesi



Görsel 3.18: Kaviteasyon sonucu metal yüzeyde oluşan oyuklar



Görsel 3.19: Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazı



BİLGİ KUTUSU

Genellikle akarsu yataklarındaki çakıllar yuvarlaktır. Nedeni ise sürekli olarak akarsu boyunca yuvarlanmalarıdır. Deniz kenarlarındaki çakıllar ise yassı olur. Bunun nedeni çakılların dalgalar tarafından aşındırılmasıdır. Bu örnekler erozyon korozyonunun çakıllar üzerinde büyük ölçekte yaptığı değişimlerdir.



3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



KAVİTASYON

Amaç	Kavitasyonun metal üzerindeki etkilerini öğrenmek.
Araç ve Gereç	Ultrasonik temizlik cihazı, alüminyum folyo, maşa, su, mercek, saat, makas.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

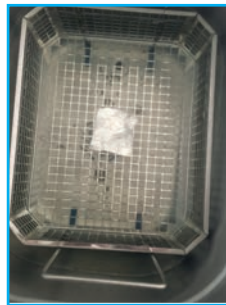
1. Bir adet 5x5 cm ebadında alüminyum folyoyu kesip yüzeyini bozmadan hazırlayınız (Görsel 3.20).
2. Ultrasonik temizlik cihazının küvet kısmına gereken ölçüde su doldurunuz (Görsel 3.21).
3. Ultrasonik temizlik cihazının içine alüminyum folyoyu bırakınız ve cihazı 5 dakika çalıştırınız (Görsel 3.22).
4. Cihazı kapatınız ve küvetin içinden maşa yardımıyla alüminyum folyoyu zarar vermeden dikkatlice çıkarınız.
5. Alüminyum folyo yüzeyinde meydana gelen değişimi mercek yardımıyla gözlemleyiniz (Görsel 3.23).
6. Ultrasonik temizlik cihazını ve diğer malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
7. Raporunuzu hazırlayınız.



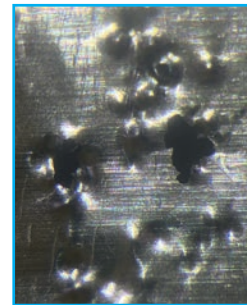
Görsel 3.20



Görsel 3.21



Görsel 3.22



Görsel 3.23

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Bir adet 5x5 cm ebadında alüminyum folyoyu keserek hazırlar.				
3. Ultrasonik karıştırıcının küvet kısmına gereken ölçüde su doldurur.				
4. Ultrasonik karıştırıcının içine alüminyum folyoyu koyar ve cihazı 5 dakika çalıştırır.				
5. Cihazı kapatır ve küvetin içinden maşa yardımıyla alüminyum folyoyu zarar vermeden dikkatlice çıkarır.				
6. Alüminyum folyo yüzeyinde meydana gelen değişimi mercek yardımıyla gözlemler.				
7. Çalışma ortamını temizler.				
8. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



ULTRASONİK KALINLIK ÖLÇÜM CİHAZI İLE KOROZYON KONTROLÜ

Amaç	Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazını kullanmayı öğrenmek.
Araç ve Gereç	Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazı, gliserin, ölçülecek çelik objeler, kumpas.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Ölçüm yapılacak çelik objelerin yüzeylerini temizleyerek kuru bezle siliniz.
2. Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazını açınız (Görsel 3.24).
3. Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazına probun bağlantısını yapınız.
4. Cihazı sıfırlayarak çeliğin ses hızına ayarlayınız (Görsel 3.25).
5. Probu ucuna gliserin sürerek kalibrasyon metali ile cihazı kalibre ediniz (Görsel 3.26).
6. Metal objelerin ölçülecek kısımlarına gliserin sürerek cihazla ölçüm yapınız (Görsel 3.27).
7. Yaptığınız ölçümleri kumpas ile de ölçerek doğruluğunu test ediniz.
8. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 3.24



Görsel 3.25



Görsel 3.26



Görsel 3.27

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Ölçümü yapılacak çelik objeleri hazırlar.				
3. Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazını açarak prob bağlantısını yapar.				
4. Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazını çeliğin ses hızına ayarlar.				
5. Prob ucuna gliserin sürer.				
6. Ultrasonik kalınlık ölçüm cihazını kalibrasyon metali ile kalibre eder.				
7. Çelik objelerin ölçüm yapılacak kısımlarına gliserin sürer.				
8. Çelik objelerin kalınlığını ölçerek kumpas ile kontrol eder.				
9. Çalışma ortamını temizler.				
10. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

3. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki sorularda boş bırakılan noktalı yerlere verilen kelimelerden uygun olanlarını yazarak cümleleri tamamlayınız.



1. Metallerin havadaki oksijen ile tepkimeye girmesiyle oluşan bileşiklere denir.
2. oksitlenmenin en büyük nedenidir.
3. Metallerin oksitlenmeye karşı dayanıklılığını arttırmak için metaliyle alaşım yaptırılır.
4. Yüksek sıcaklık malzemeleri, karbon bileşiklerinin etkisine maruz kalması sonucu meydana gelir.
5. Karburizasyon sonucu alaşımın içinde bulunan uzaklaşması sonucu oksidasyon korozyonu artar.
6. Kükürt elementi içeren ürünlerin işlendiği tesislerde korozyonu daha çok görülür.
7. Erozyonlu korozyon olayı özelliği olan olan metallerde de gerçekleşir.
8. Akışkanın içinde bulunması erozyonlu korozyonun şiddetini daha fazla artırır.

B) Aşağıdaki ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" şeklinde değerlendiriniz.

9. (.....) Pasifleşme özelliği olan metallerde erozyonlu korozyon gerçekleşmez.
10. (.....) Erozyonlu korozyon akışkan sıvıların bulunduğu sistemlerde meydana gelir.
11. (.....) Akış hızı ile erozyonlu korozyon artış gösterir.
12. (.....) Katı partikül bulunduran akışkanlarda erozyonlu korozyon azalır.
13. (.....) Akış hızı yüksek borularda korozyon borunun daraltılmasıyla azalır.
14. (.....) Alaşımlı boru kullanmak korozyona karşı direnç sağlar.
15. (.....) Kavitasyon, erozyonlu korozyonun özel bir şeklidir.
16. (.....) Tasarım aşamasında alınacak önlemlerle kavitasyon engellenir.
17. (.....) Taşınabilir ultrasonik cihaz sayesinde boru kalınlığı ölçülebilir.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevap olan seçeneği işaretleyiniz.

18. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi oksitlenmenin en büyük nedenidir?

- A) Düşük pH
- B) Yüksek sıcaklık
- C) Alkali ortamlar
- D) Agresif gazlar
- E) İnert gazlar

19. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi korozyona neden olan gazlar arasında yer almaz?

- A) Oksijen (O_2)
- B) Karbondioksit (CO_2)
- C) Kükürtdioksit (SO_2)
- D) Azot (N_2)
- E) Azot oksitler (NO_x)

20. Oksidasyon korozyonuna karşı korunma sağlamak amacıyla aşağıdaki metallerden hangisi alaşım yapmak için kullanılır?

- A) Alüminyum
- B) Kobalt
- C) Krom
- D) Nikel
- E) Vanadyum

21. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi yüksek sıcaklık korozyonunun görüldüğü yerler arasındadır?

- A) Vakumlu ortamlar
- B) Deniz altındaki yapılar
- C) Solar enerji sistemleri
- D) Yer altı nakil hatları
- E) Buhar kızdırıcılar

22. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi yüksek sıcaklık korozyon çeşidi değildir?

- A) Oksitlenme
- B) Mikrobiyolojik unsurlar
- C) Karburizasyon
- D) Sülfürlenme
- E) Halojen gazlar

23. Aşağıda verilen seçeneklerden hangisi yüksek sıcaklıkta çok miktarda oksijenli ortamda meydana gelen korozyon türüdür?

- A) Karburizasyon
- B) Sülfürlenme
- C) Halojen gazlar
- D) Mikrobiyolojik korozyon
- E) Oksidasyon

24. Yüksek sıcaklık korozyonu çeşidi olan oksidasyonda, oksijen aktivitesi aşağıda verilenlerden hangisiyle kontrol edilir?

- A) CO / CO_2
- B) FeO / Fe_2O_3
- C) N_2 / NO_2
- D) H_2 / HCl
- E) N_2O / N_2O_5

25. Atmosferik korozyona uğrayan metalin korozyon hızında yavaşlama görülmesinin nedeni aşağıdaki seçeneklerden hangisidir?

- A) Sıcaklıkta artışın olması
- B) Ortam pH değerinin azalması
- C) Oksit tabakasının kararlı olması
- D) Agresif gaz miktarında artış olması
- E) Korozyona uğrayan yüzeyin temizlenmesi

26. Yüksek sıcaklıkta bulunan metal malzemeler karbon bileşiklerinin etkisine maruz kaldığında korozyona uğrar.

Bu korozyon çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Karburizasyon
- B) Karboksillenme
- C) Oksidasyon
- D) Açillenme
- E) Erozyon korozyonu

4

ÖĞRENME BİRİMİ

KONULAR

1. YÜZEY TEMİZLEME
2. BOYA İLE KOROZYONDAN KORUMA
3. METALİK KORUMA

NELER ÖĞRENECEKSİNİZ?

- Mekanik ve kimyasal yöntemlerle korozyonun temizlenmesi
- Metali korozyondan boya ile koruma işlemi
- Boya bileşenleri ve çeşitleri
- Çelik yüzeyler için kullanılan başlıca boyalar
- Metali korozyondan kaplama ile koruma işlemi
- Nikel, krom, kalay, çinko, kurşun ve alüminyum kaplamalar



KOROZYONU TEMİZLEME VE BOYA - METALİK KORUMA

HAZIRLIK ÇALIŞMALARI

1. Günlük hayatta karşılaştığınız paslı yüzeylerin temizlenmesi için neler yaptığınızı arkadaşlarınızla tartışınız.
2. Yeni yapılmış metal bahçe çitini korozyondan korumak için neler yaparsınız? Araştırmalarınızı arkadaşlarınızla paylaşınız.

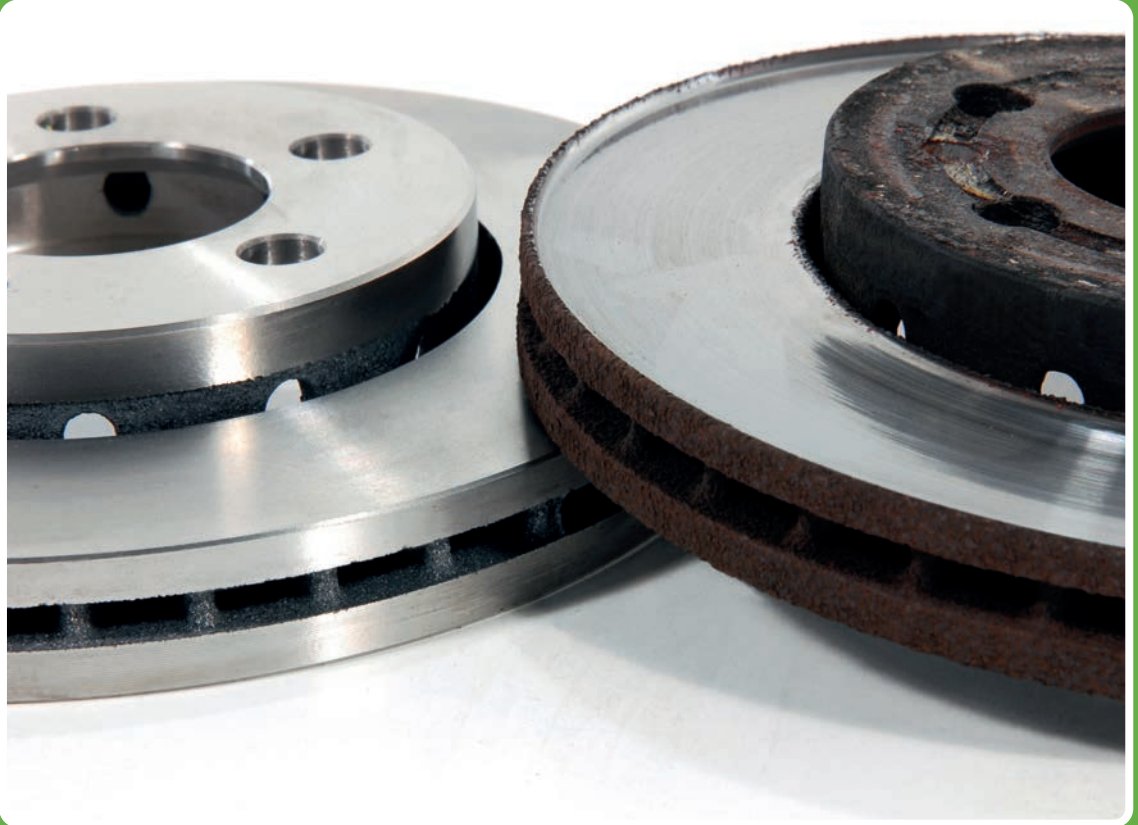
TEMEL KAVRAMLAR

Mekanik temizleme, Zımpara, Taşlama, Kum püskürtme, Vibrasyon, Döner dolap, Pigment, Solvent, Alkit, Vinil, Alüminyum kaplama, Difüzyonla kaplama, Elektrolitik kaplama, Dekoratif kaplama



1. BÖLÜM

YÜZEY TEMİZLEME



4.1. YÜZEY TEMİZLEME

Metal ürünün aşındırma veya kaplama yapılarak daha kullanışlı ve korozyona daha dirençli bir hâle getirilmesi işlemine **yüzey temizleme** denir. Bu işlemin yapılma nedenleri şunlardır:

- İmalat aşamasında oluşan şekil bozukluklarını gidermek.
- Metalin kesim işlemlerinde oluşan metal çapaklarını yüzeyden temizlemek.
- Yüzeyde bulunan eski boya, pas vb. maddeleri temizlemek.
- Kir ve yağ tabakasını yüzeyden arındırmak.
- Zarar görmüş tabakaların yüzeyini temizlemek.

4.1.1. Metal Yüzey Temizleme Yöntemleri

Metal yüzeyinin temizlemesi mekanik ve kimyasal yollar olmak üzere iki yöntemle yapılır.

Mekanik Yüzey Temizleme Yöntemleri

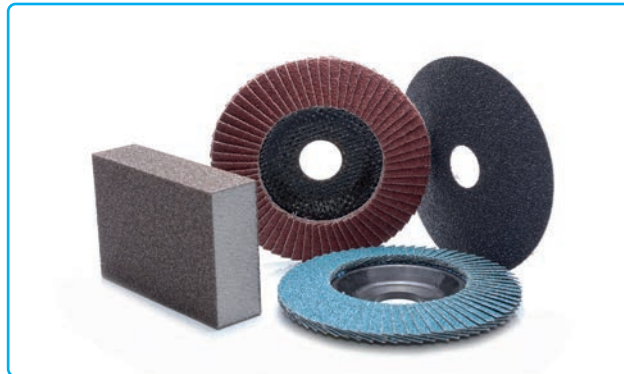
Yüzeyde bulunan yabancı maddelerin tel fırça, zımpara vb. araçlarla uzaklaştırıldığı yöntem **mekanik metal yüzey temizleme yöntemi** denir. Mekanik yüzey temizleme yöntemleri, metal ürünün şekli ve kullanılan metal malzemenin türüne göre yapılır. Mekanik yöntemler, kimyasal yöntemlere göre daha kolay uygulanır ve daha basit yöntemlerdir. Paslı ve yağlı yüzeylerde istenilen sonucu vermeyebilir. İşlem sırasında kullanılan el aletleri metal yüzeyini bozabilir.

Bu yöntemin çeşitleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- zımpara ile temizleme
- kaba taşlama
- ince taşlama
- tel fırça ile temizleme
- kum püskürtme
- döner dolap ile temizleme
- vibrasyon makinesi ile temizleme
- ultrasonik temizleme

Zımpara ile Temizleme

Metal, tahta vb. maddelerin yüzeyini aşındırarak düzeltmeye ya da parlatmaya yarayan, üstüne zımpara tozu yapıştırılmış kalın kâğıt veya bezler zımpara malzemesi olarak kullanılır. Zımpara kâğıdının üzerine yapıştırılan zımpara taşları boyutuna göre ölçeklendirilir. Zımparalar şekillerine ve yapıldıkları malzemeye göre rulo, mop, elyaf, bant, fiber disk ve kâğıt zımpara olarak sınıflandırılır (Görsel 4.1).



Görsel 4.1: Zımpara çeşitleri

Kaba Taşlama

Ön temizleme işlemidir. Dökme ya da dövme yöntemleriyle işlenmiş parçaların büyük kusurları bu yöntemle giderilir (Görsel 4.2). Kaba taşlama yapılan parça yüzeyinde izler oluşur. Bu izler sonradan yapılacak ince taşlama ile düzeltilir.



Görsel 4.2: Kaba taşlama uygulanan metal

İnce Taşlama

Hassas veya çok parlak yüzeyler için yapılan zımparalama işlemidir. Kaba taşlamadan sonra yüzeyde kalan izler bu yöntemle temizlenir. İnce taşlama yönteminde çevresine tutkalla zımpara tozu serpilmiş tekerler kullanılır (Görsel 4.3). Bu tekerler ağaç, sıkıştırılmış keçe ya da mantardan yapılır.



Görsel 4.3: İnce taşlama tekeri

Tel Fırça ile Temizleme

Metal yüzeyinde bulunan oksit tabakalarını temizlemek için tel fırçalar kullanılır (Görsel 4.4). Dövme demirciliği, sıcak kalıplama ya da döküm yoluyla üretilmiş parçaların yüzey temizliği bu yöntemle yapılır. Temizlemede kullanılan fırça telleri, temizlenecek yüzeyden daha sert olmalıdır.



Görsel 4.4: Tel fırça ile temizlenen metal yüzey

Kum Püskürtme

En iyi yüzey temizleme yöntemidir. Metal yüzeyine silis kumu veya katı partiküller yüksek bir hızla püskürtülerek yüzey aşındırılır (Görsel 4.5). Böylece yüzeyde bulunan pas vb. maddeler tam olarak temizlenir.



Görsel 4.5: Kum püskürtme yöntemi

Vibrasyon Makinesi ile Temizleme Yöntemi

Temizlenmesi gereken metal, vibrasyon makinesinde aşındırıcı maddeler ile yatay ve dikey biçimde hareket ettirilir (Görsel 4.6). Bu hareket sonucunda metal yüzeyi sürtünerek aşınmaya uğrar ve temizlenir.



Görsel 4.6: Vibrasyon makinesi

Döner Dolap ile Temizleme

Girinti ve çıkıntısı çok olan metal yüzeyleri temizleme işlemi daha zordur. Bu tür metaller, kum ve zımpara tozu ile dolu olan yatay ya da eğik eksenli döner dolabın içerisine konulur (Görsel 4.7). Döner dolabın dönüş hızı 15-45 devir/dakika arasındadır ve temizleme işlemi 6-48 saat aralığında tamamlanır. Temizlemenin yüzeyde eşit olması için parçaların yuvarlanması gerekir. Yuvarlanma sırasında parça, aralarındaki temizleme gereçlerine sürünerek yabancı maddelerden arındırılır.



Görsel 4.7: Döner dolap

Ultrasonik Temizleme

Temizleme işlemi insan kulağının işitemeyeceği yüksek frekan- sa sahip ses dalgaları ile yapılır (Görsel 4.8). Uygulama sırasında ultrasonik ses dalgaları çözelti içinde yüksek ve düşük basınçlı alanlar oluşturarak kavitasyon meydana getirir. Her kavitasyon parça yüzeyine çarparak kirliliği uzaklaştırır.



Görsel 4.8: Ultrasonik temizleme cihazı



BİLGİ KUTUSU

SAHTE AY TAŞI

NASA, yapılan Ay seyahatlerinin ardından 100'ü aşkın ülkeye dünyanın uydusundan gelen taş parçaları hediye etmişti (Görsel 4.9). 1969 yılında Ay'a giden Apollo 11'in üç astronotu Hollanda'ya bir iyi niyet ziyareti için gittikleri sırada ay taşını eski Başbakan'a hediye olarak vermişlerdi. Başbakan'ın ölümünün ardından ay taşı Amsterdam Müzesinde sergilenmeye başlandı. Hollandalı yetkililer ay taşı sandıkları fosilleşmiş tahta parçasını yarım milyon dolara sigortalattırmıştı. Ancak taşın renginin kırmızı olması uzmanları şüphelendirdi. Ay'da oksijen bulunmadığından taştaki demirin oksitlenemeyeceği düşünülerek taş incelendi ve taşın aslında fosilleşmiş bir tahta parçası olduğu anlaşıldı.



Görsel 4.9: Sahte ay taşı

BBC, 2009, (Düzenlenmiştir)



1. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



METAL YÜZEY TEMİZLEME

Amaç	Ultrasonik temizleme cihazı ile metal yüzeyinin temizlenmesini öğrenmek.
Araç ve Gereç	Ultrasonik temizleme cihazı, yüzeyleri oksitlenmiş metal parçalar, saat, kuru bez.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Ultrasonik temizleme cihazının haznesini yeterli miktarda su ile doldurunuz (Görsel 4.10).
2. Yüzeyi oksitlenmiş metal parçalarını hazırlayınız (Görsel 4.11).
3. Yüzeyi oksitlenmiş metal parçalarını ultrasonik temizleme cihazının içine yerleştiriniz (Görsel 4.12).
4. Ultrasonik temizleme cihazının fişini prize takınız.
5. Ultrasonik temizleme cihazını 10 dakika çalıştırınız.
6. 10 dakika sonunda ultrasonik temizleme cihazını kapatarak fişini çekiniz.
7. Ultrasonik temizleme cihazının haznesinden temizlenmiş metal parçalarını çıkartarak kuru bir bezle siliniz.
8. Temizliği bitmiş metal parçalarının yüzeyini gözlemleyiniz (Görsel 4.13).
9. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
10. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 4.10



Görsel 4.11



Görsel 4.12



Görsel 4.13

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Ultrasonik temizleyici cihazın haznesini uygun seviyede su ile doldurur.				
3. Yüzeyi oksitlenmiş metal parçalarını ultrasonik temizleme cihazının içine yerleştirir.				
4. Ultrasonik temizleme cihazının fişini prize takarak 10 dakika çalıştırır.				
5. Ultrasonik temizleme cihazının haznesinden temizlenmiş metal parçalarını çıkartarak kuru bir bezle siler.				
6. Temizliği bitmiş metal parçalarının yüzeyini ilk durumuyla karşılaştırır.				
7. Çalışma ortamını temizler.				
8. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

Kimyasal Yüzey Temizleme Yöntemleri

Yüzeyde bulunan oksit tabakasının temizlenmesi için kullanılan en etkili yüzey temizleme yöntemidir (Görsel 4.14). Metal yüzeyde bulunan yabancı maddeler kimyasal sıvılarla uzaklaştırılır. Uygun konsantrasyonlarda asit çözeltileri içine daldırılan metal yüzey kimyasal olarak temizlenir. Metal üzerindeki yağ ve pas giderildiğinde boyanın yüzeye tutunması artar. Kimyasal yollarla metal yüzeyi temizliğinde genellikle nitrik asit ve sülfürik asit kullanılır.



Görsel 4.14: Asitle temizleme yapılan metal parçalar

Sülfürik Asit İle Yüzey Temizleme

Metal yüzeyindeki pas ve yabancı maddeler, uygun konsantrasyonlarda sülfürik asit çözeltisi içine daldırılarak temizlenir. Bu işlemde %5 veya %10 oranında sülfürik asit çözeltisi kullanılır. Genel olarak metal ürünler 5-15 dakika arası bu çözeltide bekletilir. Bu yöntem diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında daha düşük maliyetlidir.

Bu işlem üç aşamada gerçekleşir. Birinci aşamada, metal yüzeyindeki kirler ve yağlar çözünür. İkinci aşamada, metal yüzeyindeki yabancı maddeler uzaklaştırılır üçüncü aşamada asit kalıntılarını kurutmak için durulama işlemi yapılır.

Nitrik Asit İle Yüzey Temizleme

Metal ve alaşımlarından yapılmış parçaların temizlenmesinde sulandırılmış nitrik asit çözeltisi kullanılır. Bu yöntemle temizlenen metaller daha parlak olur. Bakır, pirinç ve alaşımlarından yapılmış metallerin temizliğinde %30-40 oranında nitrik asit çözeltisi kullanılır.

4.1.2. Metal Yüzeyleri Parlatma İşlemi

Yüzeyi temizlenmiş metal parçaların yüzeylerini ayna parlaklığı seviyesinde bir görünüme getirme işlemine **parlatma** denir. Bu işlem genellikle ince taşlamadan sonra uygulanır. Parlatma işlemi genel olarak metalin korozyona karşı direncini artırmak, güzel bir görünüme sahip olmasını sağlamak ve metalik kaplama işlemlerine hazırlamak için yapılır.

Parlatma işlemi polisaj pastası (cila) sürülmüş esnek tekerlerin uyguladığı ısı ve basınçla yapılır. Bu işlem fırçalama işlemi olarak da adlandırılır. Parlatma işleminde aşındırıcı toz kullanılmaz.

Parlatma yöntemi iki aşamadan oluşur. İnce taşlamadan gelen metal parça ilk önce “kesici” denilen cila ile işlenir. Burada parça yüzey çiziklerinden arındırılır. Daha sonra parlatma cilası ile yüzey ayna parlaklığına getirilir. Bu polisajın son işlemidir. Bu işlem “son fırça” olarak adlandırılır.

OKUMA PARÇASI

METALİK BİYOMALZEMELER

Biyomalzemeler, insan vücudundaki canlı dokuların ve organların işlevlerini yerine getirmek ya da onları desteklemek amacıyla kullanılan doğal veya yapay malzemelerdir (Görsel 4. 15). Metalik biyomalzeme olarak en fazla uygulama alanı bulan metal ve alaşımları; paslanmaz çelikler, titanyum ve titanyum alaşımları, kobalt-krom alaşımları, tantal alaşımları, nikel-titanyum alaşımları, cıva alaşımları altındır. Platin, tantal ve zirkon vb. elementlerin mekanik dayanımları düşük, bu nedenle kullanım alanları sınırlıdır. Yük taşıyıcı olarak en yaygın olarak kullanılan metalik malzemeler, paslanmaz çelikler, Co-Cr-Mo alaşımları ile titanyum ve titanyum alaşımlarıdır. Bunlar dokulara göre pH değeri 1 ila 9 arasında değişen vücut akışkanları ile sürekli olarak veya belli aralıklarla temas hâlinindedir. Bu sebeple metalik biyomalzemelerin korozyon dayanımları son derece önemlidir. Bazı malzemeler vücut tarafından kabul görürken bazıları reddedilebilir. Dolayısıyla metalik biyomalzemelerin bu değişken koşullara dayanıklı olması gerekir. Ortopedik uygulamalarda metalik biyomalzemelerin mekanik dayanımlarının yüksek olması, vücut sıvılarını bünyelerine alıp şişmemeleri, deforme olmamaları, korozyona uğramamaları, aşınmamaları, alerjik reaksiyonlara neden olmamaları, zehirli ürünler salgılamamaları, kolay şekillendirilebilir olmaları ve sterilizasyon işlemlerinde özelliklerinin bozulmaması da büyük önem taşır. Daha da önemlisi, korozyon ürünleri doku içerisine girerek hücrelere zarar verir. İnsan vücudundaki akışkanlar; su, çözünmüş oksijen, protein, klorür ve hidroksit gibi çeşitli iyonlar içerir. Bu nedenle, insan vücudu, biyomalzeme olarak kullanılan metaller için oldukça korozif bir ortamdır. Metallerin sağlamlığı, şekillendirilebilir olması ve aşınmaya dayanıklı olması bazı uygulamalarda tercih nedeni olmakla birlikte korozyona uğrayabilmesi, dokulara göre çok sert olması, yoğunluğunun yüksekliği ve metal iyonu vererek alerjik doku reaksiyonlarına sebep olması ise kullanım alanlarını sınırlar.

İnsan vücudunda kullanılan metalik biyomalzemelerin yüzeylerinde oluşan pasif filmler, yüzeydeki oksitlenme reaksiyonlarını yavaşlatarak vücut sıvısı içinde metalin, minimum düzeyde çözünmesini sağlar ve metalik biyomalzemenin vücut içinde kullanım süresini de uzatmış olur. Metalik biyomalzemeler; ortopedik uygulamalarda eklem protezi, kemik yenileme malzemesi olarak, yüz ve çene cerrahisinde, diş implantlarında, yapay kalp parçalarında, kalp kapakçığında, bel kemiği vb. yerlerde kullanılır.



Görsel 4.15: Diz protezi olarak kullanılan biyomalzeme

TİMAK-Tasarım İmalat Analiz Kongresi 26-28 Nisan 2006, BALIKESİR. (Düzenlenmiş ve kısaltılmıştır.)



2. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



KOROZYONU TEMİZLEME

Amaç	Korozyonun mekanik ve kimyasal yöntemlerle temizlenmesini öğrenmek.
Araç ve Gereç	Bunsen beki, vana, kibrit, metal maşa, beher, mezür, döner tel fırça, matkap, mengene, saat, boru anahtarı, ince zımpara, termometre.
Kimyasal Maddeler	H_2SO_4 , H_3PO_4

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Bir adet korozyona uğramış temizlenecek vana hazırlayınız (Görsel 4.16).
2. Vanayı mengeneye bağlayınız.
3. Vananın volanını sökünüz.
4. Vananın gövdesini sökünüz.
5. Matkap ucuna döner tel fırçayı takınız.
6. Matkabin fişini prize takınız.
7. Vana gövdesini mengeneye bağlayarak döner tel fırça ile temizleyiniz (Görsel 4.17).
8. Vana gövdesini ince zımpara ile temizleyiniz.
9. %20-%50 arasında derişime sahip H_2SO_4 çözeltisi hazırlayınız.
10. Hazırladığınız H_2SO_4 çözeltisini bunsen beki ile 50 °C'ye ısıtınız (Beki yakma kurallarına uyunuz.).
11. Vana gövdesini sıcak H_2SO_4 çözeltisi içerisinde 8 dakika bekletiniz (Görsel 4.18).
12. 8 dakika sonunda vana gövdesini H_2SO_4 çözeltisinden çıkartarak soğuk suda yıkayınız.
13. Seyreltik H_3PO_4 çözeltisi hazırlayarak vana gövdesini bu çözeltiye daldırıp çıkartınız (Görsel 4.19).
14. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 4.16



Görsel 4.17



Görsel 4.18



Görsel 4.19

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Korozyonu temizlenecek vanayı mengeneyle bağlayarak parçalarını söker.				
3. Matkap ucuna döner tel fırçayı takarak vana gövdesini temizler.				
4. Vana gövdesini ince zımpara ile temizler.				
5. %20-%50 arasında derişime sahip H_2SO_4 çözeltisi hazırlar.				
6. H_2SO_4 çözeltisini bunsen beki ile $50\text{ }^{\circ}C$ 'ye ısıtır.				
7. Vana gövdesini sıcak H_2SO_4 çözeltisi içerisinde 8 dakika bekletir.				
8. 8 dakika sonunda vana gövdesini H_2SO_4 çözeltisinden çıkararak soğuk suda yıkar.				
9. Seyreltik H_3PO_4 çözeltisi hazırlayarak vana gövdesini çözeltiye daldırıp çıkarır.				
10. Çalışma ortamını temizler.				
11. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

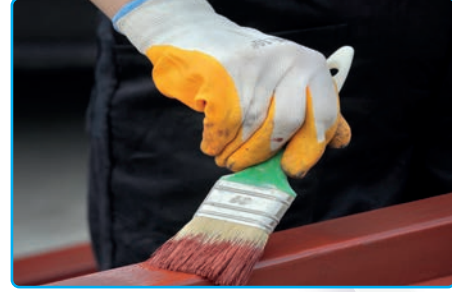
2. BÖLÜM

BOYA İLE KOROZYONDAN KORUNMA



4.2. BOYA İLE KOROZYONDAN KORUNMA

Korozyonu önlemek için kullanılan en basit yöntem, metal yüzeyin çevre ile olan temasını kesmektir (Görsel 4.20). Bu yöntem ekonomik olduğundan geniş bir uygulama alanına sahiptir. Bu amaçla tasarlanmış ve geliştirilmiş çok çeşitli boyalar üretilmiştir. Bunların kimyasal bileşimleri ve fiziksel özellikleri birbirinden farklıdır. Ancak hepsinin amacı, sağlam bir kabuk oluşturarak metali koroziif etkilerden korumaktır.



Görsel 4.20: Boya sürülen metal yüzey

4.2.1. Boyaların Görevi

Boyalar bulunduğu yüzeyin hem güzel görünmesini hem de korozyondan korunmasını sağlar. Boyalar korozyonu önleme görevini üç şekilde gerçekleştirir:

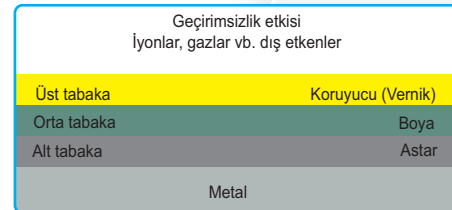
Geçirimsizlik Etkisi: Bütün boya çeşitleri metal yüzeyinde tabaka oluşturur ve metalin çevreyle olan temasını önler. Korozyonu önleyebilmesi için boya tabakasının, oksijen, su buharı, karbondioksit ve korozyona neden olan diğer bileşenleri geçirmemesi gerekir.

Su geçirme özelliğine sahip olan boyalar üst üste ıslanmaya ve kurumaya uğrarsa boya tabakasında bozulma meydana gelir. Bu nedenle boya tabakasının suyu emme özelliğinin mümkün olduğunca düşük olması istenir.

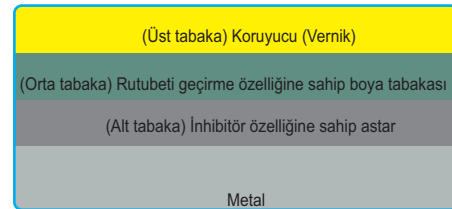
Metal yüzeyine boya uygulaması üç tabaka şeklinde yapılır (Şekil 4.1). İlk tabaka astar tabakasıdır ve boyanın yüzeye yapışmasını sağlar. Orta tabaka boyanın dayanıklılığını artırır ve su geçirmezliği sağlar. Üst tabaka ise gaz ve su buharı geçirmezliğini sağlar ve boya tabakasını dış etkenlere karşı korur.

Inhibitör Etkisi: Bazı boya türleri inhibitör etkisine sahip bileşenler içerir. Astar tabakası bileşiminde bulunan ve inhibitör etkisine sahip olan pigmentler, metal yüzeyin pasifleşmesini sağlar. Üst ve orta kat boya tabakalarını geçen su molekülleri, astar tabakasında bulunan inhibitörü çözer ve metalin pasifleşmesini sağlar (Şekil 4.2).

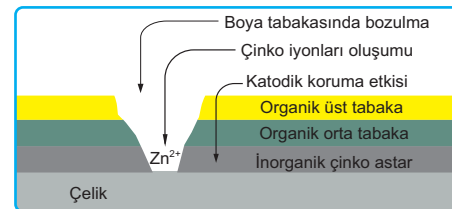
Galvanik Etki: Bazı boya türleri çinko tozu gibi dolgu maddesi içerir. Böylece galvanik etkiye sahip olan çinko sayesinde metale katodik koruma sağlanır. Çinko demire göre daha aktif bir metal olup anot olarak davranır. Boya tabakası herhangi bir etkiyle çatlayacak veya delinecek olursa o noktada demir-çinko pili meydana gelir. Bu sayede demir korozyona uğramaz. Boya tabakasının galvanik etki göstermesi için iletken özellik göstermesi de gerekir. Bu nedenle çinko tozlu boyalar astar tabakası olarak kullanılır (Şekil 4.3).



Şekil 4.1: Metal yüzeyine uygulanan boya tabakaları



Şekil 4.2: İnhibitör özelliğine sahip astar uygulanan metal



Şekil 4.3 Boyanın galvanik etkisi



3. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



METALİ KOROZYONDAN BOYA İLE KORUMA

Amaç	Metalin boya ile kaplanarak korozyondan korunmasını öğrenmek.
Araç ve Gereç	Vana, kâğıt bant, kompresör, boya tabancası, boya, eldiven, maske.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Bir adet fosfatlaması yapılmış vana hazırlayınız (Görsel 4.21).
2. Vananın boyanmaması gereken yerlerini kâğıt bant ile kapatınız.
3. Kullanacağınız boyayı yeterli miktarda hazırlayınız.
4. Kompresörün fişini takarak çalıştırınız (Görsel 4.22).
5. Boya tabancasının hortumunu kompresöre takarak hava gelip gelmediğini kontrol ediniz (Görsel 4.23).
6. Boya tabancasının haznesine kullanacağınız boyayı doldurunuz.
7. Vanayı uygun bir zemin üzerine koyarak boyama işlemini yapınız (Görsel 4.24).
8. Boyama işlemi bittikten sonra kompresörü kapatarak fişini çekiniz.
9. Boya tabancasını temizleyiniz.
10. Malzemeleri temizleyerek teslim ediniz.
11. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 4.21



Görsel 4.22



Görsel 4.23



Görsel 4.24

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Vananın boyanmaması gereken kısımlarını kâğıt bant ile kapatır.				
3. Kullanacağı boyayı hazırlar.				
4. Kompresörün fişini takarak çalıştırır.				
5. Boya tabancasının hortumunu kompresöre bağlar.				
6. Boya tabancasından hava gelip gelmediğini kontrol eder.				
7. Boya tabancasının haznesine boyayı doldurur.				
8. Vanayı boyama işlemini yapar.				
9. Kompresörü kapatarak fişini çeker.				
10. Boya tabancasını temizler.				
11. Çalışma ortamını temizler.				
12. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

4.2.2. Boyaların Kabuk Oluşturması

Boyalar bileşiminde bulunan bağlayıcı reçineye göre isimlendirilir. Boya uygulamasından sonra reçineler sertleşir ve kabuk oluşturur. Kabuk oluşma mekanizmasına göre boyalar üç ana grupta toplanır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1: Kabuk Oluşum Cinsine Göre Boya Çeşitleri

KABUK OLUŞMA MEKANİZMASI	ÖZELLİKLERİ	BOYA CİNSİ
Havanın oksijeniyle reaksiyona girerek kabuk oluşturan boyalar	Bu tip boyaların içinde yağ ve yağ asitleri bulunur. Bu maddeler normal sıcaklıklarda havanın oksijeni ile tepkimeye girer ve sertleşir. Reaksiyon hızları oldukça yavaştır. Bu nedenle boya içerisine hızlandırıcı etki yapan bileşenler katılır.	1. Yağlı boya 2. Alkit boya 3. Vinil alkit 4. Epoksi ester 5. Silikon alkit
Solvent buharlaşması yoluyla kabuk oluşturan boyalar	Boya reçineleri uygun bir solvent içinde çözülerek doğrudan kullanılabilir. Boyanın yüzeye uygulanmasından sonra boyanın içinde bulunan solvent buharlaşır ve reçine, katı kabuk hâline gelir. Bu tip boyalar çabuk kurur.	1. Nitro sellüloz 2. Akrilik polimerler 3. PVC+PVA 4. Klor kauçuk 5. Asfalt ve zift
Bir kimyasal ile reaksiyon vererek kabuk oluşturan boyalar	Bazı organik bileşikler, polimerleşme ve kondenzasyon reaksiyonlarıyla büyük yapılı moleküllere dönüşür. Bu tepkimeler oda sıcaklığında bile gerçekleşir. Katılma hızı sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle sıcaklığın belirli değerler altına düşmemesi gerekir.	1. Epoksi 2. Coal tar (koal tar) epoksi 3. Poliüretan 4. Poliester 5. Silikon

4.2.3. Boya Bileşenleri

Boya; bağlayıcı reçine, pigment ve solvent karışımından oluşur. Bazı boyaların içine katkı maddesi olarak inert dolgu maddeleri ve plastikleştirici malzemeler de katılabilir.

Bağlayıcı Reçine: Boyanın cinsine bağlı olarak farklı şekillerde kuruyan, uygulandığı yüzeyi dış etkilerden film oluşturarak koruyan maddelerdir. Boyanın %10-%95'lik kısmını oluşturur. Boyanın kuruma süresi, yapışma, esneklik, darbe dayanımı, sertlik, kimyasal maddelere karşı direnç gibi fonksiyonel özellikleri büyük ölçüde bağlayıcının cinsine bağlıdır.

Pigmentler: Boyaya renk veren ve estetik görünüm sağlayan maddelerdir. Güneşten gelen ışınları absorbe ederek veya kısmen yansıtarak boya tabakasının bozunmasını engeller. İnhibitör özelliği gösteren pigmentler metal yüzeyini pasifleştirir. Galvanik etki gösteren pigmentler ise katodik koruma sağlar.

Solventler: Reçineyi akıcı hâle getiren bileşenlerdir. Boyanın yüzeye tutunması, kuruduktan sonra düzgün, parlak ve kusursuz olması solventlerin cinsine bağlıdır. Ayrıca solventler boyanın akışkanlığı, kuruma süresi ve uygulanma şekli üzerinde etkilidir.

Boya cinsi solventine bağlıdır. Boyanın akışkanlığını ayarlamak ve boyayı inceltmek amacıyla su, tiner vb. maddeler kullanılır.

4.2.4. Boya Türleri

Endüstride kullanım amacına göre çok sayıda reçine boya çeşidi vardır. Reçinenin kimyasal yapısına yeni kimyasal gruplar katılarak boyaların fiziksel özelliklerinde iyileştirmeler sağlanır. Bu sayede çok sayıda boya çeşidi elde edilmiştir. Endüstride en çok kullanılan boya çeşitleri şunlardır:

Alkit Boyalar: Endüstride genel amaçlar için kullanılan bir boya çeşididir. Polibazik asit ile polihidrik alkolün birleşmesiyle elde edilmiş çok sayıda alkit boya vardır. Genel olarak alkit boyalar atmosferik ortamlarda ve şiddetli olmayan korozyif ortamlarda kullanıma uygundur. Bu tür boyalar kimyasal etkilere karşı dayanıksızdır.

Vinil Boyalar: Vinil yapıların ($-CH=CH-$) polimerleşmesiyle elde edilen boya türüdür. En çok kullanılan vinil boyalar; polivinil asetat (PVA), polivinil klorür (PVC) ve vinil siyanürdür. Vinil yapıları boyalar kimyasal etkenlere karşı son derece dayanıklıdır. Su absorpsiyonu ve geçirimsizliği az olduğundan dolayı deniz ve su altı ortamlarında tercih edilir. En büyük dezavantajı ise hidrokarbon tipi solventlere karşı dayanıksız olmasıdır.

Epoksi Boyalar: Kondenzasyon yöntemiyle elde edilen polimerik boyalardır. Elde edilen polimerik yapıya çeşitli organik gruplar katılarak değişik özelliklerde epoksi boyalar üretilir. Epoksi poliamin, epoksi poliamit, coal tar epoksi ve epoksi eter en çok tercih edilen boya türleridir. Yüzeye iyi yapışır ve kimyasal etkilere karşı dayanıklıdır. Bunların içinde coal tar epoksi boya suya en dayanıklısıdır, bu nedenle su altı yapılarda tercih edilir. Bu tip boyalar kimyasal tepkimeler sonucunda sertleşir ancak ortam sıcaklığı $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den aşağıya ise sertleşme yavaşlar ve boya tabakasının yapışma gücünde azalma meydana gelir.

Klor Kauçuk Boyalar: Doğal kauçuğun klorlanmasıyla elde edilir. Bu boyalar güneş ışığına dayanıklıdır. Eski olduğu takdirde aynı tip boya sürülerek kolayca tamir edilir.

Poliüretan Boyalar: Alkol bileşikleriyle izosiyanat bileşiklerinin tepkimesinden elde edilir. Uygun solventlerde çözülerek doğrudan kullanılabilme özelliğine sahiptir. Poliüretan düşük sıcaklıklarda bile kolayca elde edilir. İçerdiği alkil grupları değiştirilebildiğinden çok çeşidi vardır.

Organik Çinko Tozlu Boyalar: Galvanik özellikleri nedeniyle astar boya olarak kullanılır. Galvanik etki boyanın içinde çok yüksek oranda çinko tozu bulunması ile sağlanır. Ancak çinko tozu tortu hâlinde boyanın içinde dibe çöker ve uygulamalarda zorluk yaşanır. Çinko tozlu boyaların en büyük dezavantajı kuvvetli asit ve baz ortamlara karşı dayanıksız olmasıdır. Ayrıca boya yüzeyinin temizliğine karşı da duyarlıdır. Uygulama yüzeyinin çok temiz olması gerekir.

İnorganik Çinko Boyalar: Bağlayıcı maddesi silikatlar olan boya türüdür. İnorganik çinko boyalar yüksek sıcaklıklara dayanabilir. Bu nedenle fırınlarda ve bacalarda kullanılır.

Boyaların kimyasal bileşenleri ve fiziksel özellikleri birbirinden farklıdır. Bu nedenle boya seçimi yapılırken kullanım amacına ve ortamına dikkat edilir (Tablo 4.2 , 4.3 ve 4.4).

Tablo 4.2: Şiddetli Korozyon Ortamları İçin Önerilen Boya Cinsleri

BOYA CİNSİ	KULLANIM ALANI	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Epoksi	Kimyasal tesisler Petrol rafinerileri Tank dış yüzeyi Deniz suyu içi Su arıtma tesisleri	Alkali dayanıklılık Aşınmaya dayanıklı Solventlere dayanıklı Suya dayanıklı Yapışma özelliği iyi	İki bileşenli olması Uygulama süresinin kısıtlı olması Düşük sıcaklıklarda uygulanmaması Sararma Tozlaşma meydana gelmesi
Poliüretan	Tank dış yüzeyi Taban döşemeleri Makine parçaları Tekstil fabrikaları	Aside dayanıklı Aşınmaya dayanıklı Suya dayanıklı	Boya kapağının açılmasıyla kısa sürede kuruyup sararması Tozlaşma meydana gelmesi Metale iyi yapışmaması
Vinil	Tank dış yüzeyi Petrol rafinerileri Kimya fabrikaları Deniz suyu içi İçme suyu tankları	Aside dayanıklı Suya dayanıklı Kolay tamir edilir Renk solması olmaz	Yalnızca tabancayla uygulanması Çok iyi yüzey temizliği gerektirmesi Isıya dayanıksız olması Alevlenme noktasının düşük olması

Tablo 4.3: Korozyon Olmayan Ortamlar İçin Önerilen Boya Cinsleri

BOYA CİNSİ	KULLANIM ALANI	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Yağlı boya	Kapalı yerler Ahşap yüzeyler Metal yüzeyler	Kolay uygulanabilir Temizlik gereksinimi az Çok iyi yapışma	Kuruma süresi uzun olması Kimyasallara dayanıksız olması Solventlere dayanıksız olması Suya dayanıksız olması
Alkit	Tank dış yüzeyi Ahşap yüzeyler Makine parçaları	Kolay uygulanma Temizlik gereksinimi az Düşük fiyat Parlaklığı kaybolmaz	Kimyasal etkilere dayanıksız olması Suya dayanıksız olması
Lateks	Dış beton ve harç üzeri Dış metal yüzeyler	Su ile inceltililebilir Alev almaz Kolay uygulanabilir	Isıya dayanıksız olması Donma-çözünmeye dayanıksız olması

Tablo 4.4: Orta Derecede Korozif Ortamlar İçin Önerilen Boya Cinsleri

BOYA CİNSİ	KULLANIM ALANI	AVANTAJLARI	DEZAVANTAJLARI
Klor kauçuk boya	Kimyasal tesisler Su altı yapı makineleri Taban döşemeleri	Kimyasal dayanıklılık Aşınmaya dayanıklı	Solventlere dayanıksız olması
Epoksi ester	Astar boya Taban döşemeleri	Kimyasal dayanıklılık Aşınmaya dayanıklı Kolay uygulama	Renk solması Parlaklığın kısa zamanda kaybolması
Coal tar epoksi	Ham petrol tankları Boruların iç ve dış kısmı Atık su tesisleri	Suya dayanıklılık Kimyasal dayanıklılık Kalın film oluşumu	Akma yapması Uygulama süresinin çok kısıtlı olması Kısıtlı renk seçeneği

4.2.5. Boya Uygulama Yüzeyinin Temizlenmesi

Metal yüzeyinde pas, toz, kir, çeşitli yabancı maddeler ve özellikle yağ varsa boya metal yüzeyine istenilen şekilde yapışmaz. Boya tabakasının metal yüzeyine tam olarak yapışmaması hâlinde yapışmayan bölgelerde su buharı toplanır. Ayrıca dış etkenler o bölgede kısa sürede kabarmaya neden olur.

Yüzey Temizleme Yöntemleri

Yüzey temizliği aşağıdaki yöntemlerle yapılır:

Solvent ile Temizleme: Metal yüzeyinde bulunan yağ, gres vb. solvent içinde çözünebilen yabancı maddeler uygun solvent ile silinerek temizlenir. Temizleme için solvente daldırma yöntemi tercih edilmez. Çünkü temizleme işleminde kullanılan solvent kısa sürede kirlenir.

Buhar ile Temizleme: Metal yüzeyine yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar püskürtülerek yüzeyde bulunan toprak, toz, yağ ve gres uzaklaştırılır. Bu yöntem solvent ile temizlemeye göre daha basittir ve çevre kirliliği açısından daha uygundur. Ancak bu yöntem ile yüzeyde bulunan pasları gidermek mümkün değildir.

El Aletleri ile Temizleme: Metal yüzeyinde bulunan eski boya kalıntıları ve yumuşak yabancı maddeler el aletleri kullanılarak temizlenir. Fakat bu yöntemle çatlaklar ve çukurcuklar içinde bulunan yabancı maddeler ile ince pas tabakası temizlenemez. Ayrıca el aletleri metal yüzeyini bozabilir.

Makineli Aletler ile Temizleme: Elektrikle veya pnömatik olarak çalışan aletlerle metal yüzeyinde bulunan eski boya kalıntıları, kaynak çapakları ve pas tabakası giderilir. Ancak bu yöntemle yüzey temizliği oldukça zordur. Sadece küçük yüzeylerin tamirâtı için uygundur.

Kum Püskürtme Yöntemi ile Yüzey Temizleme: En iyi yüzey temizliği kum püskürtme yöntemi ile yapılabilir. Bu yöntemde silis kumu (veya başka sert tanecikler) yüksek hızla metal yüzeyi üzerine bir tabanca ile püskürtülür. Yüzeyde bulunan pas ve bütün yabancı maddeler tam olarak giderilir.

Pikling: Metal yüzeyini çeşitli asit çözeltileri ile temizleme yöntemidir. Metal, önce sıcak kostik çözeltiliye daldırılarak yüzeyinde bulunan yağ ve gresler giderilir. Sıcak su tutularak kostik kalıntılar giderilir. Sonra metal sülfürik asit çözeltisinde bekletilerek paslar giderilir. Tekrar sıcak su ile yıkanarak asit kalıntıları giderilir. Böylece pikling işlemi tamamlanmış olur. Pikling işleminden sonra astar uygulaması yapılır.

4.2.6. Boyaların Uygulanması

Boyalar çeşitli yöntemler ile yüzeye uygulanır. Hangi yöntemin seçileceği başta boya cinsi olmak üzere ortam koşullarına ve teknik imkânlarla bağlıdır. Her yöntemin kendine göre avantaj ve dezavantajları vardır.

Fırça ile Boya Uygulaması: En basit boya uygulama yöntemidir. Özellikle astar boyama uygulamasında tercih edilir. Boyayı yüzeyde bulunan poröz, delik ve çatlakların içine doldurabilmek en iyi bu yöntemle mümkündür. Ayrıca kıyı ve köşe gibi kritik bölgeler fırça uygulaması ile daha kolay boyanır. En büyük dezavantajı homojen bir boya kalınlığı sağlanamamasıdır.

Rulo ile Boya Uygulaması: Geniş yüzeylere boya uygulamaları rulo ile yapılır. Son kat boya tabakası atılırken rulo tercih edilir. Rulo ile hızlı boyama yapılır ve düzgün bir yüzey elde edilir. Bu yöntemde boya miktarının kaybı diğer yöntemlere göre daha düşüktür.

Püskürtme ile Boya Uygulaması: Püskürtme yöntemi daha düzgün bir boya filmi elde edilmesini sağlar. Havalı ve havasız püskürtme olmak üzere iki çeşidi vardır. Havalı püskürtme yönteminde boya kaybı havasız püskürtmeye göre daha fazladır. Havasız püskürtme tecrübeli biri tarafından yapılmazsa boya tabasının kalınlığı yer yer farklılık gösterir.

4.2.7. Çevre Koşulları

Boya uygulamalarında sıcaklık, rutubet vb. çevre etkenlerine dikkat edilmelidir. Rutubet ve sıcaklık boyanın kuruma süresini etkileyen önemli faktörlerdir.

Sıcaklık Etkisi: Boya uygulamalarında en ideal çevre sıcaklığı 15-30 °C arasındır. Çok düşük sıcaklıklarda boyama uygulaması yapılmamalıdır. Düşük sıcaklıklarda boya metal yüzeye iyi bir şekilde yapışmaz ve katılaşma reaksiyonu yavaşlar. Kurumanın gerçekleşmesi sırasında da ortam sıcaklığı dikkate alınmalıdır.

Rutubet Etkisi: Ortamdaki rutubet miktarı yüksek olduğunda boya uygulaması yapılmamalıdır. Havadaki rutubet kapiler etkiyle metal yüzeyine tutunur. Böylece metal yüzeyinde çillenme meydana gelir.

4.2.8. Boya Uygulamalarında Yapılan Hatalar

Düzensiz Film Kalınlığı: Boyamanın düzgün bir şekilde yapılmaması durumunda boya filminin kalınlığında farklılık olur. Bu durum metal üzerinde anot ve katot bölgeler oluşturur. Boya filminin kalınlığının tüm yüzeyde eşit olmasını sağlamak için boya tabancası kullanılması uygundur. Boya tabancasını kullanan işçinin de tabanca ile metal arasındaki mesafeyi ayarlaması ve tabancanın hareket ettirilme hızını da sabitlemesi gerekir.

Kusma: Bir boya tabakasının üzerine farklı tipte boya ile boyama işlemi yapıldığında alt katta bulunan boyanın üst katta bulunan boya tabakasına çıkmasına kusma denir. Bunun nedeni üst kata uygulanan boyanın solventinin alt katta bulunan boyanın pigmentini çözmesidir.

Geç Kuruma: Boyanın beklenen sürede kurumaması ortamın sıcaklığı, rüzgâr, güneş ışığı şiddeti, boya tabakasının kalınlığı, solventin uçuculuğu vb. sebeplere bağlıdır. Boyanın kuruması için solventin buharlaşması gerekir.

Akma ve Torbalanma: Düşey metal yüzeylerine boyama yapılırken yer çekimi nedeniyle boyanın akması ve torba hâlinde birikmesi karşılaşılan önemli hatadır. Bunun nedeni boyanın gerektiği kadar inceltirmeden uygulanmasıdır. Metal yüzeyi, ortam sıcaklığından daha soğuk olduğu takdirde de akma ve torbalanma meydana gelir. Bu hatayı giderebilmek için uygun bir seviyeye kadar inceltme yapılması ve boya tabancasının uygun bir açıyla tutulması gerekir.

Matlaşma: Boyanın kuruması esnasında ortamda çok yüksek oranda bulunan rutubet yoğunlaşarak boya filmi üzerine yapışarak matlaşmaya neden olur. Tam olarak kurumamış astar tabakasının üzerine boyama işlemi yapıldığında da matlaşma meydana gelir. Bu durumu engellemenin en iyi yolu ortamın iyi bir şekilde havalandırılmasıdır.

Buruşma: Yağ esaslı boyaların yüzeyinde meydana gelen hata türüdür. Bu tip boyalar gereğinden çok kalın tabaka hâlinde uygulanırsa üst tabakalar kururken alt kısımlar yaş kalır. Bu durumda boya tabakasının yüzeyinde bozulma meydana gelir. Boyanın yüzeye uygulanmasından sonra üst tabaka üzerine şiddetli güneş ışığı gelirse buruşma görülür.

Pütürleşme: Tabanca ile yapılan boya uygulamalarında çabuk buharlaşan solventli boyalarda görülen problemdir.

Yüzey Kirlenmesi: Boyanın uygulanması ve kuruması esnasında boya yüzeyine yapışan toz ve partiküller yüzeyin kirlenmesine neden olur. Ayrıca kapağı açık olarak bırakılan boyaların yüzeyinde de bu problemler yaşanır.

Pas Oluşumu: Rutubeti fazla olan ortamlarda yapılan boya uygulamasının ardından film yüzeyinin en zayıf olduğu bölgelerde zamanla pas lekeleri görülür. Bunun için en uygun yöntem boya tabakasının sökülerek yeniden boyanmasıdır.

Yapışma Kaybı: Metal yüzeyine çok iyi yapışabilen boyalar zamanla bu özelliğini kaybedebilir. Bunun başlıca nedeni boya filminin altında korozyon olayının yeniden başlamış olmasıdır.

Çatlama: Boya çatlamasının nedenleri; çabuk kuruyan boyaların tek kat uygulanması, astar tabakası kurumadan üst boya tabakasının uygulanması, astar ile üst tabaka boyasının uyumsuzluğu, termal genleşmeler ve metal yüzeyindeki gerilmelerdir.

3. BÖLÜM

METALİK KAPLAMA



4.3. METALİK KAPLAMA

Bakır, insanoğluna tarihin başlangıcından itibaren eşlik etmiştir. Pişirme işlemlerinde ısıyı en iyi ileten metallerden biridir. Her türlü pişirme ihtiyacına uygundur. Bakır kaptan pişirilen ve bekletilen yemeklere kaptan bakır karıştığında zehirlenmeye neden olur. Bu nedenle, bakırın besinle doğrudan temas etmemesi için bakır kaplar kalayla kaplanır (Görsel 4.25).



Görsel 4.25: Bakır kapların kalaylanması

Metal ve alaşımların yüzeyini korozyona dirençli hâle getirmenin yollarından biri de metal malzemeyi ikinci bir metalle kaplamaktır.

Kaplama yapılacak metal kendinden daha pasif veya daha aktif metaller ile kaplanır.

Çelik metali kendinden daha pasif olan gümüş metaliyle kaplanırsa **soy kaplama** yapılmış olur.

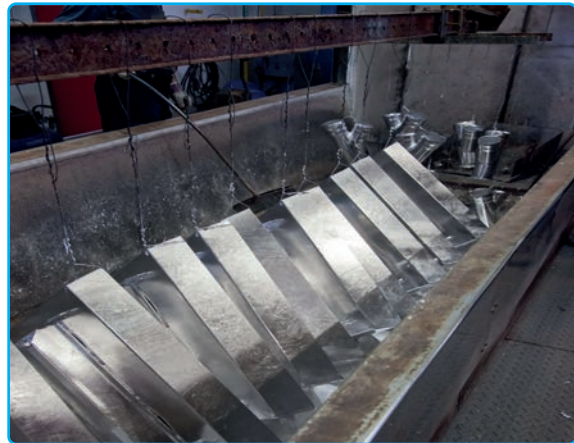
Soy kaplamalarda amaç metal ile korozif ortam arasında bir engel oluşturmaktır. Kaplama yüzeyinde çatlak ya da çizik oluştuğunda korozyon o noktalarda başlar ve metal kaplama altında devam eder.

Çelik metali kendinden daha aktif olan çinko metaliyle kaplanırsa **aktif kaplama** yapılmış olur. Aktif kaplamalar katodik koruma sağlar. Kaplama çözünbildiği sürece korozyonun metal üzerinde gerçekleşmesi engellenmiş olur.

4.3.1. Metalik Kaplama Yöntemleri

Metal kaplamada aşağıdaki yöntemler kullanılır:

Sıcak Daldırma: Sıcak daldırma bilinen en eski ve en yaygın olan kaplama yöntemidir. Kaplama malzemesi olarak ergime sıcaklığı düşük olan metaller (çinko, kalay, kurşun, alüminyum) kullanılır. Galvaniz kaplı demir, düşük karbonlu çelik sacın ergimiş çinko banyosuna daldırılmasıyla üretilir (Görsel 4.26). Galvaniz kaplamanın ömrü çinko tabakasının kalınlığına ve çevre şartlarına bağlı olarak değişir. Çinko kaplı çelik (galvanizli çelik) ağırlıklı olarak deniz suyu gibi iletkenliğin fazla olduğu ortamlarda kullanılır.



Görsel 4.26: Sıcak çinko havuzu

Sıcak daldırma yöntemi ile çelik üzerine çinko kaplama sırasıyla aşağıdaki işlem basamaklarına göre yapılır:

- Metal yüzey temizlenir.
- Boyutları uygun bir banyo içinde çinko metali eritilir.
- Metal, erimiş banyo içine daldırılır. Bu arada Zn-Fe alaşımı meydana gelir.
- Kaplama tek daldırma ile yapılır.

Yüzey temizliği yeterli ise sıcak daldırma ile yapılan çinko kaplamalar kuru kırsal atmosferde en az 20 yıl dayanır.

Sıcak Püskürtme: Tel ve toz püskürtme olarak da bilinen sıcak püskürtme yöntemi ergime sıcaklığı düşük metallerle (çinko ve alüminyum) uygulanır. Bu işlemde kaplama metali elektrik arkıyla ince partiküllere ayrılır. Daha sonra yüzeyi temizlenmiş olan çelik üzerine bu partiküller püskürtülür (Görsel 4.27). Püskürtme yapılan metal soğuk hâlde olmalıdır. Sıcak daldırma esnasında yüzeyde alaşım meydana gelirken bu kaplama türünde alaşımsız bir yapışma meydana gelir. Sıcak püskürtme tekniği karmaşık şekilli parçaların kaplanması ve yer yer bozulan kaplamanın onarımı için uygun bir yöntemdir. Bu yöntemde en büyük zorluk püskürtülen metalin yüksek ergime sıcaklığına sahip olmasıdır.



Görsel 4.27: Sıcak püskürtme yöntemi

Difüzyonla Kaplama: Metalin oksidasyon korozyonuna karşı direncini artırmak için yapılır. Kaplanması gereken metal, kaplayıcı metali toz hâlinde içeren uygun bir karışımın içine konulur. Üst yüzeyin alaşımlanması için sistemin kaplayıcı metalin ergime sıcaklığına yakın sıcaklığa ısıtılması gerekir. Kaplama sıcaklık ve ısıtma süresine bağlıdır. En yaygın kullanılan difüzyon kaplamalar çinkolama, kromlama ve alüminyumlamadır.

Elektrolitik Kaplama: Metal iyonlarının çözeltiden indirgenmesiyle yapılan kaplama yöntemidir. Kaplama yapılacak olan metal parça, kaplanacak metalin iyonlarını içeren çözelti içerisine yerleştirilir ve katodik akımlar sayesinde kaplama gerçekleşir (Görsel 4.28). Katodik reaksiyonlar meydana gelirken hidrojen gazı da oluşur. Bu durum kaplamada mikro yapısal sorunlara yol açar. Diğer problem ise elektrolitik kaplamaların düzgün olmamasıdır. Keskin köşeler, kenarlar ve çıkıntılarda kısaca yüzey geçişi olan kısımlarda yüksek elektrik alan oluşur ve düz yüzeylere göre çok daha hızlı bir şekilde kaplanır. Düzgün kaplama süresine dikkat edilmezse köşe ve kenarlarda kaplama kalınlığı daha fazla olur.



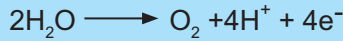
Görsel 4.28: Elektrolitik kaplama

Akımsız Kaplama: Elektrik akımı kullanılmadan metal atomlarının kimyasal indirgenme yöntemiyle metal yüzeyine kaplanmasıdır. Akımsız metal kaplamaların en önemlisi nikel kaplamalarıdır. Bunun yanı sıra altın, kalay, bakır kaplamalar da ticari olarak yapılmaktadır.

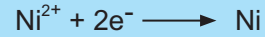
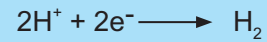
Nikel Kaplama: Nikel kaplamalar korozyona karşı direnci artırmak ve dekoratif bir görünüm sağlamak için yapılır. Nikel kaplama kromla uygulandığında yüksek bir korozyon dayanımı sağlar.

Nikel kaplamalar çelik, pirinç, alüminyum vb. birçok metal yüzeye uygun yöntemlerle yapılır (Görsel 4.29). Nikel kaplama yapılacak parça nikel tuzları içeren iletken bir çözeltiye daldırılır ve doğru akım verilerek kaplama gerçekleşir. Anotta oluşan ve çözeltide bulunan Ni^{2+} iyonları katot yüzeyinde metal parça üzerine kaplanarak birikir.

Anot:



Katot:



Asitliği yüksek olan çözeltelerde nikel kaplama yapılırsa yüzeyde çatlaklar ve delikler oluşur. Ayrıca katotta hidrojen çıkışı olur ve nikel birikmesinde verim düşer. Bu yüzden katotta önemli ölçüde gaz toplanması, çözeltinin aşırı oranda asitli olmaya başladığını gösterir. Eğer pH 6,5'un üzerinde ise kaplama siyah olur.

Parlak nikel, mat nikel, saten nikel, siyah nikel vb. kaplamaları yapabilmek için çeşitli nikel banyoları mevcuttur. Parlak nikel kaplama için genellikle nikel sülfat ($NiSO_4 \cdot 6H_2O$), nikel klorür ($NiCl_2 \cdot 6H_2O$) ve borik asit (H_3BO_3) içeren çözelti kullanılır. Burada nikel sülfat Ni^{2+} kaynağıdır. Çözeltiye eklenen nikel klorür iletkenliği artırır. Borik asit ise tampon çözelti olarak işlev görür ve katot film tabakasında pH kontrolü yapar.

Krom Kaplama: Bu kaplama yüksek aşınma ve korozyon direnci, yüksek sıcaklık dayanımı, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek sertlik değeri sağladığı için tercih edilir. Krom kaplamalar kalınlıklarına göre ikiye ayrılır. 0,5 μm ve üzeri kaplamalar **sert kaplama**, 0,5 μm altı kaplamalar **dekoratif kaplama** olarak adlandırılır (Görsel 4.30). Krom, dekoratif kaplama uygulamalarında çoğunlukla nikelle kullanılırken sert kaplamalarda tek başına da kullanılabilir.

Krom kaplama Cr^{6+} veya Cr^{3+} iyonu içeren banyo çözeltileri ile gerçekleştirilir. En yaygın ve eski uygulama Cr^{6+} kaplama olmasına rağmen insan sağlığına ve çevreye olan zararından dolayı Cr^{3+} tercih edilir. Bazı ülkelerde Cr^{6+} kullanımı sınırlandırılmıştır.

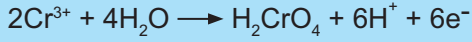
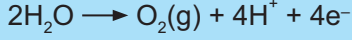
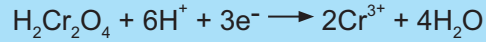
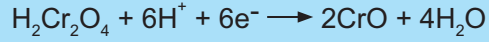
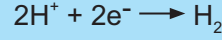


Görsel 4.29: Nikel kaplama yapılan parçalar



Görsel 4.30: Krom kaplanmış motor parçaları

Kromun elektrolitik kaplanması işleminde krom iyonları içeren bir çözeltiye kromik asit ilavesi yapılır. Krom kaplama da nikel kaplama gibi iki elektrodun iletken bir çözeltiye daldırılarak elektrotlara akım verilmesi ilkesine dayanır. Ancak burada krom kaynağı olarak anot değil kromik asit çözeltisi kullanılır. Anot olarak inert elektrot tercih edilir. Titanyum, platin, altın, kurşun inert anotlara örnektir.

Anot Tepkimeleri:**Katot Tepkimeleri:**

Krom banyolarının çalışması sırasında katot yüzeyinde büyük ölçüde gaz çıkışı görülür. Bu nedenle banyonun akım verimi düşer. Kaplama işleminin düzgün olması için sıcaklık ve akım yoğunluğu uygun değerlerde olmalıdır.

Kalay Kaplama: Kalay, gümüş rengi, işlenebilir ve kolay bükülebilir bir metaldir. Değerliği çoğunlukla +2'dir ama +4 değerliği de alabilir. Kalay metali kuvvetli asitlerden, alkalilerden ve asit tuzlarından etkilenir. Havada ısıtıldığında SnO_2 oluşturur.

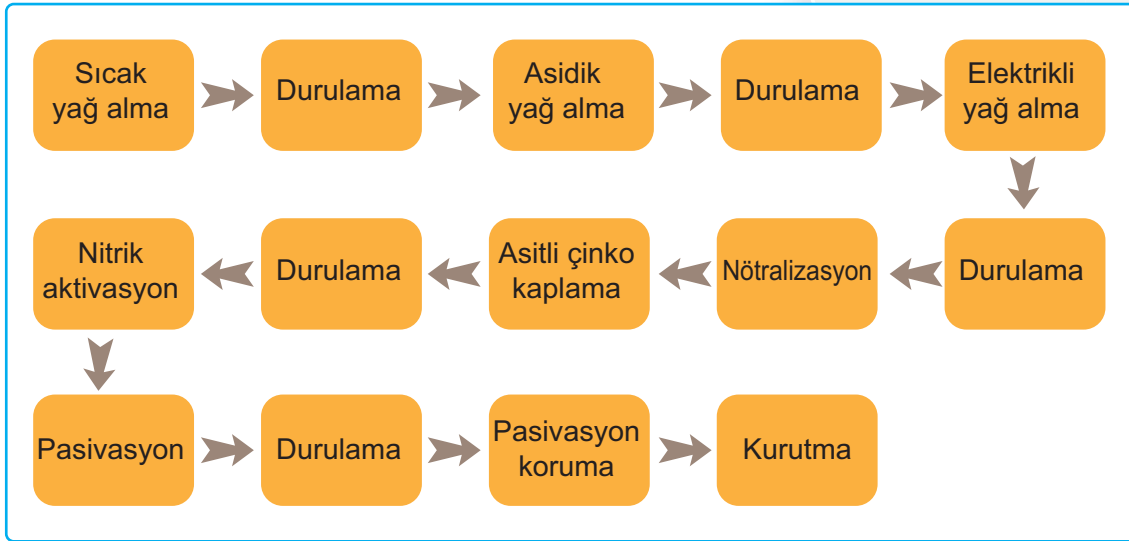
Metal yüzeylerin üzerine kalay kaplamalar elektrolitik kaplama ve sıcak daldırma yöntemleriyle yapılır. Elektrolitik kalay kaplamalar ile istenilen kalınlıkta tabaka oluşturulur. Kalay metalinin yüzey özelliklerini olumsuz etkileyen ince bir oksit film oluşabilir. Oksit tabakasının sıcak daldırma işleminden önce temizlenmesi gerekir.

Çinko Kaplama: Metalik parçaları korozyondan korumak için koruyucu bir tabaka olan çinko ile kaplama işlemi uygulanır (Şekil 4.4). Çinko kaplamaların düzgün ve tüm yüzeyde eşit kalınlıkta olması önemlidir. Çinkonun elektron verme isteği demir ve çelikten oldukça fazladır. Bu sebeple çinko kaplamanın, nikel ve krom kaplamaya göre galvanik korozyon koruma üstünlüğü vardır. Metal üzerine çinko kaplama yaygın olarak sıcak daldırma, elektrolitik kaplama, sıcak püskürtme yöntemleriyle yapılır.

Sıcak daldırılmış çinko kaplama, boya veya plastik tabakasından daha iyi korur. Çinko kaplamalar metali galvanik korozyondan korur. Herhangi bir delinme olsa bile çinko kaplama anot gibi davranacağından katodik koruma sağlanmış olur. Kaplama yüzeyinde çinko tükendiğinde katodik koruma da biter.

Elektrolitik kaplama yönteminde ise çinko kaplama işlemi asitli ve alkali elektrolitlerle sağlanır. Elektrolitik çinko kaplama banyoları asitli, siyanürlü ve alkali çinko kaplama olmak üzere üçe ayrılır. Ayrıca çeşitli çinko alaşımlı banyolar da mevcuttur. Bunlar çinko-demir, çinko-kobalt ve çinko-nikel banyolarıdır. Tüm çinko banyolarına organik madde ilavesi yapılır. Bu sayede kaplamanın parlaklığı ve homojenliği sağlanır.

Çinko kaplamalar karasal iklimde sahip olan bölgelerde korozyona karşı uzun süre dayanır. Kaplama kalınlığı 25-30 μm olan çinko, kırsal atmosfere sahip ortamlarda 11, sahil atmosferinde ise 8 yıla kadar dayanır. Ancak endüstriyel atmosferde bunun 4 yıla kadar düştüğü saptanmıştır. Bu sonuç çinkonun, asit yağmuruyla kirlenmiş endüstriyel atmosferlerden olumsuz yönde etkilendiğini gösterir.



Şekil 4.4: Genel bir çinko prosesi kaplamasında iş şeması

Kurşun Kaplama: Sıcak daldırma, püskürtme ve elektrolitik kaplama yöntemleri uygulanarak kaplanır. Sıcak daldırma yönteminde çelikle ara yüzeyinde sıkı bir bağ oluşturması için az miktarda (%15) kalay eklenir. Kimyasal maddelere olan direnci nedeniyle çatı kaplamaları, asit veya petrol tankları vb. pek çok alanda kullanılır. Atmosferik korozyona çok dayanıklı olmasına rağmen toprak içinde dayanıklı değildir.

Alüminyum Kaplama: Alüminyum, korozyon ve oksitlenmeye karşı direnç gösteren, diğer kaplama metallerine göre düşük yoğunluğa sahip bir metaldir.

Sıcak püskürtme, alüminyum kaplama için kullanılan yöntemlerden biridir. Metal üzerine ergitilmiş alüminyum püskürtülür ve alüminyum soğuk yüzeye çarptığı zaman katılaşır. Çelik ile kaplama arasındaki bağın direncini arttırmak için çelik yüzeyinin pürüzlü olması tavsiye edilir.

Elektrolitik kaplama yöntemi alüminyum kaplamalar için de kullanılır. Bu tip kaplamada ergitilmiş alüminyum klorür tuzları ve alkali metallerin klorürlerinden oluşan karışımları içeren ergitilmiş elektrolitler tercih edilir. Elektrolitik alüminyum kaplamanın dezavantajları vardır. Bunlardan ilki alüminyum kaplama işleminin, kolayca buharlaşan, su sevmez, çok kolay bozunabilen alüminyum klorür ile yapılmasıdır. İkincisi, $AlCl_3$ -NaCl karışımının eritilmesinin, alüminyum klorür ve hidrojen klorürün kolayca buharlaşması nedeniyle oldukça güç olması ve bu durumun elektrolit bileşiminin değişmesine neden olmasıdır. Üçüncüsü, bu yöntemin oldukça yavaş olması ve ekonomik olmamasıdır.

Alüminyum kaplamada kullanılan diğer bir yöntem ise sıcak daldırmadır. Esas olarak bu yöntem, yüzeyi temizlenmiş çelik parçaların sıvı alüminyum veya alüminyum alaşımı içeresine daldırılması ve belirli süre tutulmasıyla gerçekleştirilir. Bu durumda yüzey tabakası alüminyum içinde çözünür, alüminyumla tepkimeye girerek Fe_nAl_m şeklinde alaşımlar oluşturur. Geçiş tabakasının daha sonraki büyümesi alüminyumun demir içeresine yayılmasıyla gerçekleşir. Bu yöntemin avantajları hızlı olması, diğer yöntemlere göre daha düşük sıcaklıklarda (600 - 800°C) çalışılması ve basit olmasıdır. Sürekli olarak kaplanmış bant üretimi söz konusu olduğunda en ekonomik yöntem sıcak daldırmadır.



4. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



METAL KAPLAMA İLE KOROZYONDAN KORUMA

Amaç	Aktif metal kaplama yaparak korozyondan korumayı öğrenmek.
Araç ve Gereç	Bunsen beki, vana, kibrit, metal maşa, beher, mezür, döner tel fırça, matkap, mengene, saat, boru anahtarı, ince zımpara, termometre, saplı tel fırça.

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Bir adet korozyonu temizlenecek vana hazırlayınız.
2. Vanayı mengeneye bağlayınız (Görsel 4.31).
3. Vananın volanını sökünüz.
4. Matkap ucuna döner tel fırçayı takınız.
5. Matkapın fişini prize takınız.
6. Volanı mengeneye bağlayarak döner tel fırça ile temizleyiniz (Görsel 4.32).
7. Volanı saplı tel fırça ve ince zımpara ile temizleyiniz.
8. %20-%50 arasında derişime sahip H_2SO_4 çözeltisi hazırlayınız.
9. Hazırladığınız H_2SO_4 çözeltisini bunsen beki ile $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'ye ısıtınız (Beki yakma kurallarına uyunuz.).
10. Volanı sıcak H_2SO_4 çözeltisi içerisinde 8 dakika bekletiniz (Görsel 4.33).
11. 8 dakika sonunda vana gövdesini H_2SO_4 çözeltisinden çıkararak soğuk suda yıkayınız.
12. $NiSO_4$ çözeltisi hazırlayarak volanı bu çözelti içerisinde bunsen beki ile ısıtınız (Görsel 4.34).
13. Volanın kaplanmasını gözlemleyiniz.
14. Çalışma ortamını ve kullandığınız malzemeleri temizleyiniz.
15. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 4.31



Görsel 4.32



Görsel 4.33



Görsel 4.34

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Korozyonu temizlenecek vanayı mengeneyle bağlayarak parçalarını söker.				
3. Matkap ucuna döner tel fırçayı takar.				
4. Vana volanını döner tel fırça ile temizler.				
5. Vana volanını ince zımpara ve saplı tel fırça ile temizler.				
6. %20-%50 arasında derişime sahip H_2SO_4 çözeltisi hazırlar.				
7. H_2SO_4 çözeltisini bunsen beki ile $50\text{ }^{\circ}C$ 'ye ısıtır.				
8. Vana volanını sıcak H_2SO_4 çözeltisi içerisinde 8 dakika bekletir.				
9. 8 dakika sonunda volanı H_2SO_4 çözeltisinden çıkararak soğuk suda yıkar.				
10. $NiSO_4$ çözeltisi hazırlayarak volanı çözeltiliye daldırıp çıkarır.				
11. Volanın kaplanması gözlemler.				
12. Çalışma ortamını temizler.				
13. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



5. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



ELEKTROKİMYASAL KAPLAMA İLE KOROZYONDAN KORUMA

Amaç	Elektrokimyasal yöntem ile soy kaplama yapılışını öğrenmek.
Araç ve Gereç	Güç kaynağı, bakır levha, beherglas, çelik levha, bağlantı kabloları, saf su, cam baget.
Kimyasal Maddeler	CuSO_4

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmenin tarafından uygulama sonunda verilen derecelendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

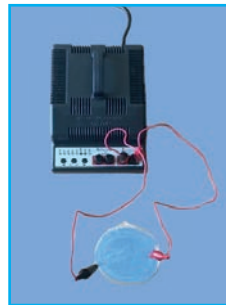
1. Beherglasın içine uygun miktarda saf su koyunuz.
2. Suyun içine CuSO_4 ekleyiniz ve çözünmesi için cam baget ile karıştırınız (Görsel 4.35).
3. Çelik levhayı hassas terazi ile tartıp kütleini not ediniz (Görsel 4.36).
4. Çelik ve bakır levhayı birbirine temas ettirmeden beherglasın içinde bulunan suya levhaların üst kısmı dışarıda kalacak şekilde dikey olarak daldırınız.
5. Güç kaynağının (-) kutbuna çelik levhayı, (+) kutbuna ise bakır levhayı bağlantı kablolarıyla bağlayınız.
6. Güç kaynağını çalıştırınız ve 20 dakika boyunca bekleyiniz (Görsel 4.37).
7. Çelik levhayı çıkarıp saf su ile yıkayınız ve kurutunuz (Görsel 4.38).
8. Çelik levhayı tartınız kütleini not ediniz.
9. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
10. Raporunuzu hazırlayınız.



Görsel 4.35



Görsel 4.36



Görsel 4.37



Görsel 4.38

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Beherglasın içine uygun miktarda saf su koyar.				
3. Suyun içine CuSO_4 ekler ve karıştırarak çözünmesini sağlar.				
4. Çelik levhayı hassas terazi ile tartar ve kütlesini not eder.				
5. Çelik ve bakır levhayı birbirine temas ettirmeden beherglasın içinde bulunan çözeltiye dikey olarak daldırır.				
6. Güç kaynağının (-) kutbuna çelik levhayı, (+) kutbuna ise bakır levhayı bağlantı kablolarıyla bağlar.				
7. Güç kaynağını çalıştırır ve 20 dakika boyunca bekler.				
8. Çelik levhayı çıkarıp saf su ile yıkar ve kurutur.				
9. Çelik levhayı tartar ve kütlesini not eder.				
10. Çalışma ortamını temizler.				
11. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:



6. LABORATUVAR ÇALIŞMASI



SICAK KAPLAMA YÖNTEMİ İLE KOROZYONDAN KORUMA

Amaç	Aktif metal kullanarak sıcak kaplama yapılışını öğrenmek.
Araç ve Gereç	Bakır levha, kalay metal, üçayak, ince zımpara, ispirto ocağı, pamuk.
Kimyasal Maddeler	NH_4Cl (Nişadır).

- ✓ Laboratuvar çalışmaları süresince işlem basamaklarına, güvenliğe ve temizliğe dikkat ediniz.
- ✓ Çalışma süresince performansınız öğretmeniniz tarafından uygulama sonunda verilen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirilecektir.

İşlem Basamakları

1. Gerekli malzemeleri hazırlayınız (Görsel 4.39).
2. Bakır levhanın yüzeyini ince zımpara ile temizleyiniz.
3. Bakır levhayı ispirto ocağı üzerinde yüksek sıcaklığa kadar ısıtınız (Görsel 4.40).
4. Isıtma işlemi devam ederken bakır yüzeye toz nişadır serpiştiriniz.
5. Kalayın erime sıcaklığına ulaştığında, kalay metalini bakır yüzeye sürünüz (Görsel 4.41).
6. Isıtma işlemi durdurup erimiş hâlde bulunan kalay metalini pamuk yardımıyla yüzeye yayınız.
7. Düzgün bir kaplama yapılana kadar 3, 4, 5 ve 6. adımları tekrarlayınız (Görsel 4.42).
8. Malzemeleri temizleyip teslim ediniz.
9. Raporunuzu hazırlayınız.



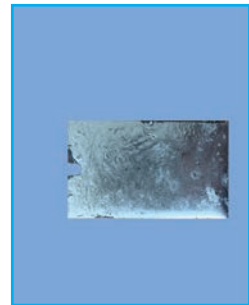
Görsel 4.39



Görsel 4.40



Görsel 4.41



Görsel 4.42

DERECELENDİRME ÖLÇEĞİ

PERFORMANS KRİTERLERİ	PERFORMANS DÜZEYİ			
	Çok iyi	İyi	Orta	Geliştirilebilir
1. Laboratuvar güvenlik kurallarına uygun koruyucu kıyafetler giyer.				
2. Bakır yüzeyini ince zımpara ile temizler.				
3. Bakır levhayı ispirto ocağı üzerinde ısıtırken bakır yüzeye toz nişadır serpiştirir.				
4. Yeterli sıcaklığa ulaştığında, kalay metalini bakır yüzeye sürer.				
5. Isıtma işlemini durdurur ve erimiş halde bulunan kalay metalini pamuk yardımıyla bakır levhanın yüzeyine yayar.				
6. Düzgün bir kaplama yapılana kadar 3, 4, 5 ve 6. adımları tekrarlar.				
7. Çalışma ortamını temizler.				
8. Rapor hazırlar.				

Öğretmen görüşü:

4. ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A) Aşağıdaki noktalı yerlere uygun ifadeleri yazarak cümleleri tamamlayınız.



1. Boya çeşitlerinin hepsinde ortak olan özellik, sağlam bir kabuk oluşturarak metali korumaktır.
2. Boyalar, korozyonu önleme görevini üç şekilde gerçekleştirir. Bunlar , ... ve etkisidir.
3. Epoksi, poliüretan vb. boyalar, bileşenleri karıştırılıp yüzeye uygulandığında kimyasal reaksiyona girer ve katman oluşturur.
4. Boyaya renk veren, estetik görünüm sağlayan, güneşten gelen ışınları absorbe ederek veya kısmen yansıtarak, boya tabakasının bozunmasını engelleyen maddelere denir.
5. Yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklı olması sebebiyle boyalar fırınlarda ve bacalarda kullanılır.
6. Alkol bileşikleriyle izosiyanat bileşiklerinin tepkimesinden reçineler elde edilir. Bu reçine solventlerde çözülerek doğrudan kullanılabilme özelliğine sahiptir.
7. Yüksek sıcaklıkta ve basınçta buhar püskürtülerek yapılan temizleme yöntemi ile yüzeyde bulunan gidermek mümkün değildir..
8. Metal olan bir ürünün aşındırılarak veya kaplanarak yüzeyinin değiştirilip ergonomik ve kullanışlı bir hâle getirilmesi işlemine denir.

B) Aşağıdaki ifadeler doğru ise "D", yanlış ise "Y" şeklinde değerlendiriniz.

9. (.....) Boyalar estetik görünüm amacıyla kullanılabilir.
10. (.....) Suyu absorbe eden boyalar tercih edilir.
11. (.....) İnhibitör etkisine sahip boyalar boyanın aktif hâle gelmesini sağlar.
12. (.....) Galvanik koruma amacıyla boyalara kalay tozu katılır.
13. (.....) Boyalarda pigmentler doğal estetik görünümü sağlayan kimyasallardır.
14. (.....) Boyalar dış etkenlere karşı koruyucu özelliğe sahip olmalıdır.
15. (.....) Hidrokarbonlu çözücü içeren ortamlar için vinil boyalar uygundur.

C) Aşağıdaki sorularda doğru cevap olan seçeneği işaretleyiniz.

16. Tarihi yapıların çatılarına kaplama yapmak amacıyla kullanılan metal aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) Bakır
- B) Çelik
- C) Gümüş
- D) Kurşun
- E) Platin

17. Boyalar su, karbondioksit, oksijen ve diğer korozyon etkilerinin metalle temasını engelleyerek korozyonu önler.

Bu etki aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Galvanik
- B) Geçirimsizlik
- C) İnhibitör
- D) Katalizör
- E) Korozyon

18. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi iyi bir boyanın özelliklerinden değildir?

- A) Suyu absorbe etmesi
- B) Kolayca temizlenebilir olması
- C) Isı direncinin iyi olması
- D) Çizilmeye karşı dirençli olması
- E) Çabuk kuruması

19. Boyaya estetik görünüm kazandıran madde aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) Astar
- B) Koruyucu
- C) Pigment
- D) Reçine
- E) Solvent

20. Adi yağlarla beraber sanayide çokça kullanılan boya çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Vinil
- B) Epoksi
- C) Alkit
- D) Çinko
- E) Klor Kauçuk

21. Aşağıdaki seçeneklerden hangisi boyanın kullanım amaçlarından değildir?

- A) Dekoratif görüntü sağlamak .
- B) Yüzeyi güneş ışığının etkisinden korumak.
- C) Yüzeyin temizliğinde kolaylık sağlamak.
- D) Yüzeyi aşınmalara karşı korumak.
- E) Elektrolitik etki yapmak.

22. Çok yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi sebebiyle fırın ve bacalarda kullanılan boya çeşidi aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kök
- B) Epoksi
- C) Poliüretan
- D) İnorganik çinko
- E) Vinil

23. Boya uygulaması yapılacak metal yüzeyi çeşitli asit çözeltileri ile temizlenebilir.

Bu yöntem aşağıdakilerden hangisidir?

- A) Kum püskürtme
- B) Buhar
- C) El aletleri
- D) Solvent
- E) Pikling

24. Soy kaplama; kaplanacak metalin kendinden pasif olan soy metalle kaplanmasıdır.

Çelik metaline soy kaplama yapmak için aşağıdaki metallerden hangisi kullanılabilir?

- A) Alüminyum
- B) Gümüş
- C) Krom
- D) Kurşun
- E) Nikel

25. Boya maddelerine, galvanik etki sağlamak amacıyla kullanılan metal dolgu maddesi aşağıdaki seçeneklerden hangisinde doğru verilmiştir?

- A) Alüminyum
- B) Çinko
- C) Gümüş
- D) Kalsiyum
- E) Krom

CEVAP ANAHTARI

1. ÖĞRENME BİRİMİ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	D	B	E	E	C	D	E	D	B	E	A	B	D	E	A	A	B	E

2. ÖĞRENME BİRİMİ A	1	2	3	4	5	6	7	8
	tatlı	H ₂ S	H ₂ CO ₃	NaOH	korozyon	NaOH	oksidasyon	krom

2. ÖĞRENME BİRİMİ B	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	D	Y	Y	Y	D	D	Y	Y	D	D

2. ÖĞRENME BİRİMİ C	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	D	E	C	E	E	A	E	C	A	A

3. ÖĞRENME BİRİMİ A	1	2	3	4	5	6	7	8
	oksit	yüksek sıcaklık	krom	karbürizasyon	krom	sülfürlenme	pasifleşme	katı partikül

3. ÖĞRENME BİRİMİ B	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Y	D	D	Y	Y	D	D	D	D

3. ÖĞRENME BİRİMİ C	18	19	20	21	22	23	24	25	26
	B	D	C	E	B	E	E	C	A

4. ÖĞRENME BİRİMİ A	1	2	3	4	5	6	7	8
	korozyon	geçirimsizlik inhibitör galvanik	su geçirmez	pigmentler	inorganik çinko	poliüretan	pas	yüzey temizleme

4. ÖĞRENME BİRİMİ B	9	10	11	12	13	14	15
	D	Y	Y	Y	D	D	Y

4. ÖĞRENME BİRİMİ C	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	C	B	A	C	C	E	D	E	B	B

KAYNAKÇA

- Akçay A., Termal Püskürtme Teknikleri ile Magnezyum Üzerine Tisz Takviyeli Ha Kaplamaların Üretimi ve Karakterizasyonu, 2018.
- Akkum V., Galvanik Anotla Yapılan Katodik Koruma Uygulamalarında Anot Verimliliğinin Belirlenmesi ve Ölçülmesi, 2006.
- Akyol A., Akımsız Ni-P Kaplamaların Aşınma ve Korozyon Özellikleri, 2019.
- Avşaroğlu A., Atık Isı Kazanlarında Akışla Hızlandırılmış Korozyon İçin Uygulama Esaslı Kritik Kalınlık Kestirimi, 2018.
- Baydur A., Metal İş Koluna Bağlı “ Metal Yüzey Temizleme İşleminin ” İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından İncelenmesi, 2015.
- Bhowmik P., Corrosion And Its Control In Crude Oil Refining Process, 2012.
- Corrosion-Related Accidents In Petroleum Refineries, 2013.
- Çağar P., Hava Taşıtlarına Uygulanabilir Yüksek Sıcaklık Korozyonuna Dayanıklı Kaplamaların Geliştirilmesi, 2020.
- Çelik K., Elektrolitik Çinko Kaplama ve İşletme Parametrelerinin Kaplama Kalitesine Etkisi, 2006.
- Durak M., Termik Santrallerde Kazan Boru Yırtılmalarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri, 2009.
- Erol İ., Armatürlerde Ni / Cr Kaplama Kalınlığının Korozyon Dayanımına Etkisi, 2019.
- Es K., Atmosferik Korozyona Dayanıklı Çeliklerin Yapılarda Cephe Elemanı Olarak Kullanılabilirlik Şartlarının İncelenmesi, 2018.
- Groysman A., Corrosion Problems And Solutions In Oil Refining And Petrochemical Industry Evaluation Of Corrosion In Different Parts Of An Oil Refinery Using Corrosion Coupons, 2012.
- Groysman A., Corrosion Problems And Solutions In Oil, Gas, Refining And Petrochemical Industry, 2017.
- Jonas O., Quantitative Assessment Of Submodes Of Stress Corrosion Cracking On The Secondary Side Of Steam Generator Tubing In Pressurized Water Reactors, 2008.
- Kaftan Muhammet A., Çelik Yapılarda Korozyon Oluşumu ve Korozyondan Korunma Yöntemlerinin Maliyet Açısından Karşılaştırılması, 2006.
- Mutlu Y., İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi Katodik Koruma Uygulamaları ve Ekonomik Analiz, 2010.
- Özcan A., Betonarme Demirinin Korozyonuna Karşı Katodik Yöntemin Geliştirilmesi, 1997.
- Özdoğan F., Crconi Süperaleaşımın Yüksek Sıcaklık Oksidasyon ve Karburizasyon Davranışı, 2002.
- Özkul F., Elektroliz Yöntemi ile Metal Kaplama Teknolojisinde İş Sağlığı ve Güvenliği, 2019.
- Öztop M., Kapalı Devre Buhar Tesisatlarında Korozyon Oluşumu ve Kontrolü, 2009.
- Paksoy A., Çelik Yapıların, Atmosferik Korozyona Karşı Korunmasında Epoksi Bazlı Boya ve Kaplamaların Kullanımı ve Performansı, 2008.
- Palamut N., Mersin İl Merkezinde, Atmosferik Korozyon Üzerine Hava ve Gürültü Kirliliklerinin Etkisinin Araştırılması, 2012.

Palmanak E., 6-Amino-M-Kresol Polimerinin Bakır ve Paslanmaz Çelik Üzerine Sentezi ve Korozyon Performansının İncelenmesi, 2009.

Randy J., Assessing Corrosion In Oil Refining And Petrochemical Processing, 2004.

Stahle R.W., Quantitative Assessment Of Submodes Of Stress Corrosion Cracking On The Secondary Side Of Steam Generator Tubing In Pressurized Water Reactors, 2003.

Yalçın H. ve Koç T., Mühendisler İçin Korozyon, 1997.

TDK Yazım Kılavuzu

Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi Anadolu Meslek ve Anadolu Teknik Programı Kimya Teknolojisi Alanı Çerçeve Öğretim Programı (2020).

GÖRSEL KAYNAKÇASI



NOT DEFTERİ

This image shows a full page of a document template designed for handwriting practice or general note-taking. It consists of approximately 20 evenly spaced horizontal dotted lines across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, headers, footers, or other markings present.

This image shows a full page of a document template designed for handwriting practice or general note-taking. It features approximately 28 evenly spaced horizontal dotted lines across the entire width of the page. The background is plain white, and there are no margins, headers, footers, or other markings present.