

■ Okan İŞDAŞ Metalurji Mühendisi

1. KOROZYON

Korozyon, malzemenin çevresiyle reaksiyona girerek oluşturduğu bir bozulma sürecidir. Korozyonun ciddi sonuçları nedeniyle dünya ölçeğinde bir problem olmuştur. Günlük hayatımızda da karşılaştığımız korozyon, işletme duruşlarına hatta kapanmalarına, değerli kaynakların harcanmasına, ürünlerin bozulması veya kaybına, verimlilik düşüşüne, yüksek maliyetli onarımlara ve gereğinden pahalı dizaynlara neden olmaktadır. Aynı zamanda güvenliği tehlikeye düşürmekte ve teknolojik gelişmeyi yavaşlatmaktadır. Korozyon birden çok bilimsel alanın ilgi alanına girmesiyle ve sorumlulukların nerede başlayıp nerede bittiği karmaşasıyla kompleks bir problemdir. Korozyon kontrolü, süreç tanınır, mekanizmaları anlaşılır, korozyon direnci yüksek malzemeler kullanılır, uygun dizayn yapılır ve koruyucu sistemler kullanılırsa etkili olabilir. Büyük kuruluşlar, ilgili endüstri dalları, devlet kuruluşları korozyon ilintili problemleri ele almak için guruplar ve komiteler kurmuşlardır. Çoğu durumda sorumluluklar, korozyon önleme sistemleri üreticileri ve bunların kullanıcıları arasında dağıtılmıştır. Bu durum aldırma zılgına, büyük miktardaki paralara ve insan hayatı kaybına yol açmaktadır.

Bu nedenle korozyon sürecinin ve korozyondan korunma yöntemlerinin iyi anlaşılması gerekir.

2. KOROZYON TARİHİ

Korozyon, Latince "corrodere" kökünden türetilmiştir.

Plato'nun (M.Ö. 427-347) çalışmaları ilk yazılı korozyon tanımını içerir. Plato, pası, metalden ayrılan toprağımsı bir bileşen olarak tarif etmiştir. Ondan 2000 yıl sonra Georgius Agricola da mineroloji kitabında aynı fikri savunmuştur; pas, metalik demirin bir salgısıdır. Metalik demir bu problemde, bitüm ve zift gibi çeşitli kaplamalarla korunabilir diye düşünmüştür. Daha sonraki yıllarda

korozyon süreci, ilk defa 1667 yılındaki bir Fransızca-Almanca çeviride ortaya çıkar. 1836'da ise Sir Humprey Davy Fransızca'dan yaptığı bir çeviride metalik demirin deniz suyu içinde katodik korumasından bahseder. Aşağı yukarı aynı zamanda Michael Faraday kendi adıyla anılan elektrokimyasal etki ile akım üretimi formüllerini üretir.

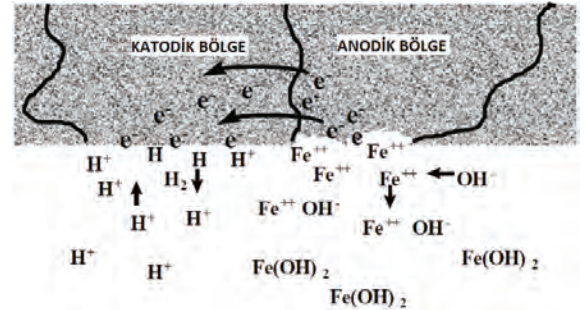
3. KOROZYON HÜCRESİ

Korozyon, elektron ve iyon akışını gerektiren bir elektrokimyasal süreçtir.

Metal kaybı (korozyon) anotta meydana gelir. Katotta metal kaybı olmaz. (Katot korunmaktadır.) Elektrokimyasal korozyon, metal/elektrolit ara yüzeyinde elektron transferini gerektirir. Korozyon 4 kısımdan oluşan bir korozyon hücresinde meydana gelir.

- Anot
- Katot
- Elektrolit
- Metalik bağ

Anotta metalik iyonlar üretimi sayesinde oluşan elektronlar elektriksel yol üzerinden geçerek elektrolite daldırılmış katodik yüzeye geçerler. Elektrolitte bulunan pozitif yüklü iyonlarla reaksiyona girerek elektriksel dengeyi tekrar kurarlar.



Şekil 1. Mikroskobik korozyon hücresi

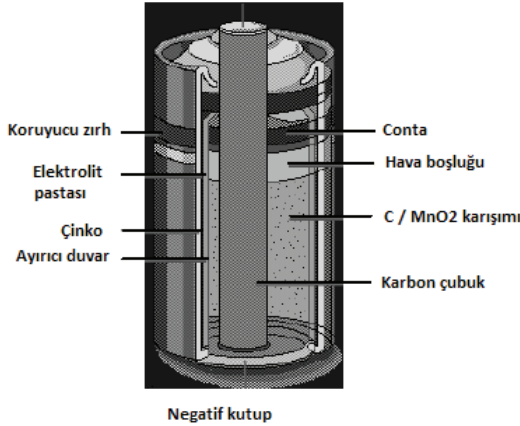
Şekil 1'de gösterildiği gibi, korozyon sürecini su içinde, aynı metalik yüzeyde bulunan bir anot ve bir katottan oluşan bir korozyon hücresinde inceleyelim. Aynı metal anot, katot ve elektriksel yolu (metalik bağ) içerir. Su ise korozyon hücresinin son bileşenini, yani elektroliti sağlar. Elektrolit, küçük miktarlarda hidrojen (H+) ve hidroksil (OH-) iyonları bulunduracak şekilde iyonize olmuştur (10-7).

Metal iyonları, geride elektriksel yol üzerinden katodik

yüzeye akacak elektronları bırakarak elektrolite girmek üzere anodik yüzeyden ayrılır.Katodik yüzeyde,anottan gelen elektronlar elektrolitteki hidrojen iyonları ile karşılaşır.Bir hidrojen iyonu bir elektron kabul eder ve hidrojen atomuna dönüşür.Hidrojen atomu diğer bir hidrojen atomuyla,ya katodik yüzeye yapışacak ya da daha sonra baloncuk olarak salınacak hidrojen gazı molekülü oluşturmak üzere birleşebilir.Bazı durumlarda hidrojen atomu, metal kafesine girerek hidrojen gevrekliği yaratabilir.

Bu arada,elektrolitte hidroksil iyonlarıyla birleşen metal iyonları, metal hidroksit (pas)oluşturarak metal yüzeyine çökler.Bu süreç devam ettikçe,metal oksidasyonu (korozyon) anotta, hidrojen iyonu indirgenmesi ise katotta oluşur.

Şekil 2'de gösterilen klasik çinko-karbon piller, korozyon hücrelerini açıklamak için sıkça kullanılır.Çinko(anot),korozif bir elektrolit içinde karbona (katoda) harici bir yol ile elektriksel olarak bağlanır.Pil,kullanılacağı aletin pil yuvasına takıldığında korozyon hücresi , anodik reaksiyon çinkoda,katodik reaksiyon karbonda olacak şekilde tamamlanır.Pil,çinko korozyona uğradıkça tükenir.



Şekil 2. Çinko-Karbon pil

4. KOROZYONUN İTİCİ GÜCÜ

4.1. Gerilim (Voltaj)

Korozyon,elektrik yükünün bir metal yüzeyinden (anot), elektrolite ve elektrolitten ikinci bir metal yüzeyine (katot) akma sürecidir. Tam bu noktada , elektriksel yükün ilk yüzeyden akmasına neyin sebep olduğu düşünülmelidir.

Gerilim (voltaj), bir elektrolit içine daldırılmış iki elektrot arasındaki elektrokimyasal farkın ölçüsüdür.Elektrolit

içine daldırılmış bir metal, potansiyelini ortaya koyarak korozyona uğrayacaktır.Elektrot potansiyeli, bir birim yükü, elektrot yüzeyinden ve elektrolit içinden referans elektroda hareket ettiren tersinir işi temsil eder.İki nokta arasında bir coulomb elektriğe, bir noktadan diğerine giderken bir joule iş yaptıran potansiyel farkına eşittirElektrot potansiyeli standart bir referans hücresine göre ölçülür.Klasik tanıma göre bir joule,bir coulomb'luk elektrik yükünü hareket ettiren iş ölçüsüdür.Aynı şekilde bir joule,bir saniyede bir watt elektrik yükünü sürekli üretecek iş ölçüsüdür .(Watt-saniye olarak ta adlandırılır,kilowatt-saat buradan türetilmiştir.)

Günlük hayattan bir joule için aşağıdaki örnekler verilebilir.

- Küçük bir elmayı yukarı doğru bir metre yükseltmek için gerekli olan enerji.
- Aynı elmanın bir metre yukarıdan düşerken saldığı enerji.
- Dinlenmekte olan bir insanın her yüz saniyede ısı olarak saldığı enerji.

Elektrot potansiyeli standart referans yarı hücreye (elektroda) karşı ölçülür.

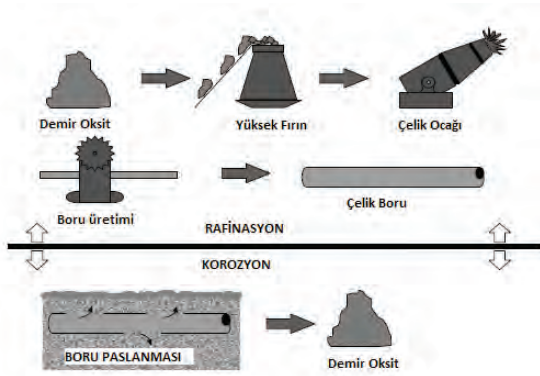
4.2. Metal

Metalin kendisi bir korozyon hücresinin itici güç kaynağı olabilir.Voltaj farkı , metalin tane yapısındaki değişikliklerden,alaşımlandırma sırasında oluşan kimyasal kompozisyon farklarından,sıcaklık farkından,üretim esnasında bir kısım yüzeyin deforme olmasından meydana gelebilir.

Metaller,doğada cevher olarak adlandırılan çeşitli kimyasal kompozisyonlarda bulunur.Cevher çıkarıldıktan sonra,içinden metalik bileşen ayrılır ve tamamen saf metal üretmek için rafine edilir.Mekanik,kimyasal,elektriksel prosesler kullanılarak cevherler faydalı metaller haline dönüştürülür.Uygulanan prosesten bağımsız olarak metal,dönüşüm sırasında enerji yüklenir.Rafinasyon sürecinde gereken enerji miktarı bir metalin metalin aktif halini veya voltajını belirler.Voltaj; magnezyum, alüminyum, demir gibi metaller için göreceli olarak yüksek,bakır ve gümüş gibi metaller için göreceli olarak düşüktür.Enerji ne kadar yüksekse,metal o kadar aktif ve korozyon eğilimi o kadar da yüksektir.

Aşağıda , demir için tipik bir çevrim gösterilmektedir. En yaygın demir cevheri olan hematit,bir demiroksittir (Fe2O3).Demirin en yaygın korozyon ürünü de (Pas) aynı kimyasal kompozisyona sahiptir. Demir cevherini metalik

demire dönüştüren enerji, demir metali, demiroksidi oluşturmak için korozyona uğrarken geri verilir.



Şekil 3. Çeliğin rafinasyon ve korozyon süreci

Şekil 3'te demir ve çeliğin rafinasyon ve korozyon süreci gösterilmektedir. Demir doğada daima oksit halinde bulunur. Cevher olarak yeryüzüne çıkarılır. Bu demiroksidi demir ve çeliğe dönüştürmek için enerji kullanılır. Cevher, ısı enerjisinin oksijeni uzaklaştırarak elementel demiri bıraktığı yüksek fırına yüklenir. Daha sonra diğer malzemelerle alaşımlandırılır ve çelik ocağına yüklenir.

Son olarak, bir haddehanede boru, inşaat demiri vb. olacak şekilde çekilir. Demir, toprak-su gibi bir elektrolitle temasa geçince korozyon oluşur. Korozyon sürecinde demir, demiroksit oluşturmak için oksijenle reaksiyona girerken enerji kaybedilir. Korozyon ürünü olan pas, topraktan çıkarılan demir cevheri ile aynıdır. Demir, termodinamik olarak kararsız kabul edilir, uygun bir ortamda, düşük enerji seviyesine pas olarak dönmek için kolayca korozyona uğrar.

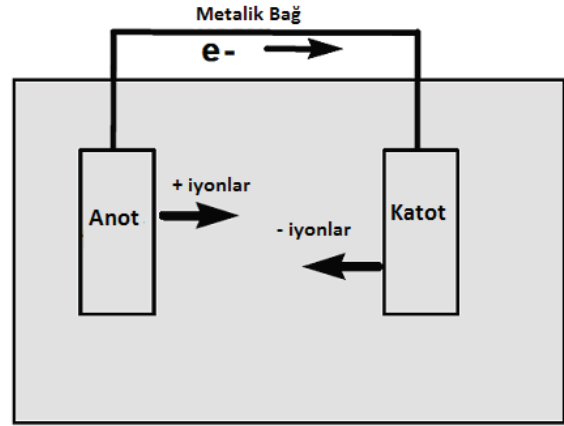
4.3. Elektromotor kuvveti/Galvanik Seriler

Birim etkinlikteki kendi iyonlarını içeren çözeltilere maruz bırakılan metallerin potansiyel farkları tablo 1'de gösterilen standart elektromotor kuvveti serilerinde belirtilmektedir. Bu serilerde metaller, en asıldan (Ör. Au) en aktifte (Ör. Mg) doğru sıralanmıştır.

Yarı Hücre	Metal	Standart Elektrot Potansiyeli E (Volt) Standart Hidrojen Elektroda göre
Au/Au ⁺⁺⁺	Altın	+1.498
Pt/Pt ⁺⁺	Platin	+1.200
Cu/Cu ⁺⁺	Bakır	+0.345
H ₂ /2H ⁺	Hidrojen	0.000
Pb/Pb ⁺⁺	Kurşun	-0.126
Ni/Ni ⁺⁺	Nikel	-0.250
Fe/Fe ⁺⁺	Demir	-0.440
Zn/Zn ⁺⁺	Çinko	-0.763
Al/Al ⁺⁺⁺	Alüminyum	-1.662
Mg/Mg ⁺⁺	Magnezyum	-2.363

Tablo 1. Bazı metallerin standart elektromotor kuvveti serileri

İki elektrot bir elektrolite daldırıldığında, her biri üzerinde elektrokimyasal reaksiyonlar oluşur. Eğer bir metalin bakır, diğerinin çinko olduğunu varsayarsak, her ikisi de ayrı ayrı korozyona uğrayacak ve bir elektrot potansiyeli gösterecektir. İki elektrot arasındaki elektromotor kuvveti olarak bilinen potansiyel, aynı işaret ve büyüklükte, anodun potansiyelinden katodun potansiyelinin çıkarılmasına eşittir. Bu elektromotor kuvveti ya da iki elektrot arasındaki voltaj, elektrokimyasal korozyonun itici gücüdür. Bir korozyon hücresinin elektromotor kuvvetinin standart elektromotor kuvveti serisinden çıkarılamayacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Standart elektromotor kuvveti serileri, belli çevre koşullarında oluşturulur, metaller birbirine bağlandığında polarize olurlar ve bu da aralarındaki voltajı etkiler. Eğer iki elektrot arasına metalik bir bağ yerleştirilirse, voltaj farkı ikisi arasında bir akım oluşturur. Akım, birim zamanda taşınan net elektrik yüküdür.



Şekil 4. Korozyon hücresi

Eğer iki farklı metal bir elektrolit içinde elektriksel olarak bağlanırsa, daha aktif olan metal, korozyon hücresinin anodu olur. Standart elektromotor kuvveti serileri, metallerin korozyon eğilimlerine göre düzenlenmiş bir tablodur. Standart elektromotor kuvveti serilerinin yukarıda belirtilmiş olan bazı kısıtlamaları vardır, bu nedenle metalleri galvanik seri olarak sıralamak daha uygun bir metottur. Bir galvanik seri, metalin özel bir elektrolitteki davranışı baz alınarak oluşturulur, en yaygın elektrolit ise deniz suyudur. Tablo 2'de deniz suyu içindeki pratik galvanik serinin bir kısmını verilmektedir.

Metal	Volt, Cu/CuSO ₄ ref. elek.	Volt, Ag/AgCl ref. elek.
	Aktif veya anodik taraf	Aktif veya anodik taraf
Magnezyum	-1.60 to -1.75	-1.55 to -1.70
Çinko	-1.10	-1.05
Alüminyum	-1.05	-1.00
Temiz karbon çeliği	-0.50 to -0.80	-0.45 to -0.75
Paslı karbon çeliği	-0.30 to -0.50	-0.25 to -0.45
Dökme demir	-0.50	-0.45
Kurşun	-0.50	-0.45
Beton içi demir	-0.20	-0.15
Bakır	-0.20	-0.15
Yüksek silisli demir	-0.20	-0.15
Karbon, grafit	+0.30	+0.35
	Asil veya katodik taraf	Asil veya katodik taraf

Tablo 2. Deniz suyu içinde pratik galvanik seri

Kaynakça:

- 1- Handbook of Cathodic Corrosion Protection-Theory and Practise of Electrochemical Protection Processes.W.Von Baeckman,W.Schwenk, and W.Prinz,Third Edition.
- 2- CP1, Cathodic Protection Tester , Course Manual, NACE International.
- 3- Chevron Corporation, Corrosion Prevention Manual,1997.
- 4- Handbook of Corrosion Engineering, Pierre R. Roberge.
- 5- Peabody's Control of Pipeline Corrosion,Second Edition, A.W. Peabody.