

# KOROZYON: İNSANLIK İÇİN STRATEJİK ÖNEME SAHİP TABİİ BİR OLAY

Ali Fuat ÇAKIR

İstanbul Teknik Üniversitesi (Emekli)

## GİRİŞ

**Korozyon yaşamımızın ayrılmaz bir parçasıdır. Önemini anlamak ve bilinçlenmek için lütfen bu kısa makalenin ilk üç bölümünü okuyun. Mücadeleye katılmak için ise tümünü.**

Korozyon; bir malzemenin (genelde metal veya alaşımın) içinde bulunduğu ortamla tepkimeye girerek bozunması ve tasarım amacına cevap veremez hale gelmesine verilen addır. Bozunma; malzemenin fiziksel, kimyasal, mekanik veya elektriksel özelliğinde değişim olarak açığa çıkar. Korozyon hem “bozunma” olayına hem de bunun sonucu uğranılan “zarara” verilen addır. Korozyon, deprem gibi, fırtına gibi “tabii” bir olaydır.

Korozyonun insanlık için önemi özellikle çelik üretiminin 18nci asırda artmaya başlamasından sonra daha belirli hale gelmiştir. 20nci asrın başında Dünya ham çelik üretimi 28,3 milyon ton iken bu değer 1939 da 137,1 milyon tona, 1970 de 595,1 milyon tona ve 2014 yılında da 1670,1 milyon tona yükselmiştir. Diğer demir dışı metal ve alaşımlarının üretimi de tarihsel boyut dikkate alındığında son 100 yılda adeta asimptotik olarak yükselmiştir. Bunun sonucunda korozyon insanlığın en önemli sorunları arasına girmiştir.

Korozyon nedeni ile uğranılan maddi kayıplar korozyona uğrayan malzemenin değiştirilmesi (doğrudan korozyon kaybı) ile sınırlı değildir. Korozyon nedeni ile uğranılan ürün kaybı, çevreye verilen zarar, yaralanmalar, ölümler (dolaylı korozyon kaybı) en az doğrudan korozyon kaybı kadar maddi zarara neden olurlar. Korozyonla uğranılan maddi kayıplar malzeme, sermaye, enerji, emek ve bilgi kaybı olarak özetlenebilir. Korozyon çevreyi kirletir, kayıp malzemeyi yerine koymak için yapılacak madencilik ve

metalürji işlemleri de ayrıca çevre tahribatını körükler. Korozyonun en büyük zararı ise canlıların, insan dâhil yaralanmalarına ve ölümlerine sebep olmasıdır.

Korozyonun öneminin anlaşılması, korozyonu azaltma ve kontrol çalışma ve araştırmalarının yapılması ancak bu konuda bilinçlenmenin yaygınlaşması ile mümkündür. Ne yazık ki bu çalışmaların önünü açacak sanayi ve devlet katındaki karar mercilerinin korozyonun önemini anlamamaları ve korozyon kontrolünün hayati bir sorun olduğunun farkında olmamaları bugün Dünyada korozyonla mücadelede karşılaşılan en önemli sorundur. Bu kısa makalede korozyon konusunda bilinçlenmenin, bu alanda eğitimin ve bilginin yayılmasının önemine değinilecektir.

## KOROZYON KAYBI

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) sayısız derece daha büyüktür. Dolayısı ile aşağıda verilecek değerler bir ülkenin yıllık hakiki toplam korozyon kaybını ifade etmemekle birlikte bize genel bir fikir verebilir.

Korozyon kayıplarının boyutu konusundaki ilk kapsamlı çalışma, 1970 de İngiltere’de hazırlanan Hoar raporudur. Daha sonraları birçok ülkede benzer çalışmalar yapılmış olmakla birlikte en kapsamlı çalışmalar Amerika Birleşik Devletlerinde (ABD) gerçekleştirilmiştir. Bunların en kapsamlısı ise 2001 yılında yayınlanmıştır. Bu çalışma sonuçlarına göre ABD de yıllık korozyon kaybı; doğrudan korozyon kaybı olarak Gayri Safi Milli Hasılanın (GSMH) % 3,1 i olarak tahmin edilmiştir. Dolaylı korozyon kaybının da en az yine o oranda (GSMH nın % 3,1 ü) olduğu kabul edilerek toplam korozyon kaybı GSMH nın % 6,2 si olarak verilmiştir.

Buna göre Türkiye’nin 2014 yılı GSMH sının 1 749 782 Milyon TL olduğu dikkate alındığında 2014 yılı toplam korozyon kaybı 108,5 Milyar TL olarak tahmin edilebilir. Pek tabi ABD ve Türkiye’deki değişik sektörlerin korozyon göstergeleri aynı olmamakla birlikte yaklaşık 110 milyar TL yi bulan yıllık korozyon kaybının ürkütücü olduğu açıktır. Bilim ve teknolojinin imkânlarının doğru uygulanması ile bu kayıpları % 25 – 30 (yaklaşık 27 – 32,5

Milyar TL) azaltmak mümkündür. Bu rakamların boyutunu daha iyi kavramamız için 2014 yılı bütçesinde öngörülen Türkiye Cumhuriyeti Devletinin tüm kamu personel harcamalarının 110 Milyar TL olduğunu belirtmek yeterlidir.

Korozyonun neden olduğu maddi kayıpların yalnız parasal açıdan değerlendirilmesi bile korozyon ve korozyon kayıplarının azaltılmasının ülkemiz ekonomisine yapacağı katkının önemini açıkça göstermektedir.

Bu açıdan korozyonla mücadelenin hayati öneminin başta devlet kurumları olmak üzere sanayi, akademik çevreler, araştırma kurumları ve en önemlisi de halk tarafından anlaşılması konusunda yapılacak tüm çalışmalar çok önemli sonuçlar sağlayacaktır. Bu uyanış korozyonla mücadele bilincini geliştirecek ve sonuçta en iyi mühendislik uygulamalarının yaygınlaşması ile de halkın emniyeti ve sağlığı ile metalik yapıların güvenilir performansı ve kullanım ömürleri artacaktır. Uzun vadede daha ekonomik, emniyetli ve uzun ömürlü sistemlerin üretimi korozyon maliyetini ve doğal kaynak israfını azaltacak, hayatı daha emniyetli hale getirecektir.

## KOROZYONLA MÜCADELE

Korozyonla mücadelede toplumun her kademedeki bilinçlendirilmesi birinci önceliklidir. Korozyon kontrolü konusunda özellikle yeni malzemeler geliştirme ve seçiminde, yaratıcı yüzey işlemler geliştirmede ve korozyon durumunu kontrol için sensörler geliştirme ile veri toplama alanında yapılacak araştırma - geliştirme faaliyetleri çok önemlidir. Bu çalışmaların destek bulmasında toplumun bilinçlendirilmesinin ayrı bir yararı olacaktır.

Korozyonla mücadelede en etkin uygulamalarla uyumlu uluslararası standartlar çıkarılması ve etkin korozyon kontrol metodlarının yaygınlaştırılıp paylaşımına önem verilmelidir.

Bu açıdan korozyon alanında çalışanların kendi aralarında bir araya gelmeleri gerekir. Halen Dünyada hemen hemen her ülkede Korozyon Dernekleri teşkilatlanmıştır. Ayrıca bunların birleşmesinden Federasyonlar (Avrupa Korozyon Federasyonu gibi) ve organizasyonlar da (Dünya Korozyon Organizasyonu) oluşturulmuştur. Uluslararası bu kuruluşlar; korozyon ve korozyonu kontrol konusunda halkı bilinçlendirme, korozyon

yönetiminde en iyi uygulamalar, yerel yönetimler, sanayi ve topluluklara korozyon uzmanlarını sağlamada yardım ve uluslararası korozyonla ilgili standartların birebiri ile uyumunu sağlama alanında çalışmaktadırlar. Ülkemizde de 1978 yılından beri faaliyette olan ve uluslararası organizasyonlara üye Korozyon Derneğimiz vardır. Dernek 2012 yılında İstanbul'da Avrupa Korozyon Federasyonunun EUROCORR2012 Kongresini gerçekleştirmiştir. Ayrıca kurulduğundan bu yana her iki yılda bir Korozyon Semineri (KORSEM) organize etmektedir. Ülkemizde korozyon konusunda yazılmış en önemli kitaplar yazarları tarafından derneğe hibe edilmiştir. Baskıları dernek tarafından yapılmaktadır.

Değişik sanayi kuruluşları ve resmi kurumların korozyon alanında bilinç kazanmaları, bünyelerinde projeler başlatmaları kendileri için çok önemli geri kazanımlar sağlayabilir. Örneğin Amerikan Silahlı Kuvvetlerinin 2008 kadar 3 yıl içinde gerçekleştirilen 80 adet korozyon kontrolü projelerinin ortalama geri dönüşümünün bire 50 olduğu görülmüştür. Bilinçli olarak ve uzmanlar desteğinde başlatılan projelerin sanayii için de çok önemli sonuçlar verdiği bilinmektedir. Bu yaklaşımın yaygınlaştırılması gerekir.

Neyazıkki birçok ülkede korozyon ve korozyondan koruma eğitimi veren Yüksek Öğretim Kuruluşu sınırlıdır. Aslında toplumun uyarılması açısından orta ve yüksek eğitimde korozyon kontrolünün önemi vurgulanmalıdır. Korozyon kontrolü, korozyona uğrayan parçanın değiştirilmesi değil o parçanın korozyon hızını kontrol altında tutarak hiç olmaz ise parçası olduğu sistemin tasarım ömrü sonuna kadar değiştirilmeden kullanılabilmesidir. Bunun için korozyon kontrol bilinci şarttır.

Ne yazık ki Dünyada korozyon eğitimi veren yükseköğretim kurumlarında azalma gözlenmektedir. Bu özellikle Avrupa ve ABD için geçerli bir gözlemdir. Bilim ve teknolojilerde gelişmeler ve yeni alanlarda eğitim yeri açma çabası diğer bazı alanlarda fedakârlığa gidilmesi ile sonuçlanmaktadır. Örneğin nano teknoloji alanında araştırma ve geliştirme günümüzde çok önem kazanmıştır. Bu alanda eğitim ve araştırma için korozyon konusunu ihmal yerine tersi yapılmalıdır. Çünkü korozyon nano boyutta başlar ve makro boyutta gelişir. Günümüzde hala korozyon ömrü tahminleri sıhhatli yapılamamaktadır. Ömür tahmini çalışmaları istatistik çalışmaları ve veri toplamaya dayanan modelleme yolu ile gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Nano boyutta

yapılacak korozyon çalışmaları ömür modellemesini daha tutarlı temellere oturtacak, daha sıhhatli modeller geliştirilmesini ve dolayısı ile de daha etkin korozyon kontrolünü mümkün kılacaktır. Bu konuda Avrupa Birliği ve ABD de yoğun çalışmalar yapılmaktadır.

Özellikle mühendislik ve teknoloji eğitiminde tasarım yapacak mühendislere (makina, elektrik-elektronik, inşaat, petrol, kimya) genelde korozyon eğitimi verilmemektedir. Yoğun korozyon eğitimi alan örneğin malzeme mühendisleri ise tasarım açısından aktif rol oynamamaktadırlar. Bu durum düzeltilmek istenmesine rağmen yıllardan beri sürüp gitmektedir.

Korozyon kontrolü konusunda "sertifika" bazında eğitim özellikle teknisyen seviyesinde çok önemlidir. Birçok ülkede bunu Dernekler yapmaktadır. Avrupa Birliği; sertifika verecek kuruluşlarla ilgili standartlar yayınlamıştır. Böylece konuyu Avrupa bazında akredite kurumlar oluşturarak disipline etmeyi ve yaygınlaştırmayı amaçlamaktadır.

Ülkemizde de Korozyon Derneği bu konuya ciddi olarak eğilmektedir. Bu alanda Malzeme Mühendisliği Odaları ile Korozyon Derneğinin müşterek çalışması ciddi sinerji yaratabilir.

Sanayimiz korozyon kontrolünün parça değiştirmeden daha emniyetli ve ekonomik olduğunu geniş çapta anladığında ülkemizde korozyon kontrol çalışmaları başka boyutlara atlayabilir. Ülkede çok sınırlı sayıda yetişmiş korozyon uzmanları ne yazık ki aktif olarak kullanılamamaktadırlar. Bu da yeni uzmanlar yetişmesinin en önemli engelidir.

Devlet korozyon kontrolünü yaygınlaştıracak ve yukarıda özetlenen ekonomik kayıpları azaltacak adımları da hala atmamaktadır. Yönetmeliklerde değişiklikler, gelişmiş uygulamaların kullanımını teşvik, korozyondan korunma konusunda yeni yol gösterici standartlar geliştirme çabaları başlatabilirse korozyon kayıplarımıza daha etkin dur denilebilir. Devlet; yönlendirdiği büyük yatırımlarda korozyon kayıplarını önleme konusunda daha titiz ve bilinçli davranırsa sanayimiz de bunu örnek alacaktır.

## KOROZYON VE KOROZYONDAN KORUNMAYA GENEL BAKIŞ

### Korozyon türleri ve değişik ortamlarda korozyon

Bu bölümde korozyon sözcüğü, en yaygın ve önemli türü olan "sulu ortam korozyonu" olarak anlaşılmalıdır.

Korozyon; metal ve alaşımların temel taşıını oluşturan atomların nemli veya sulu ortamlarda, ortamdaki bir başka element tarafından elektronlarının kısmen alınması (oksidlenmesi) ve böylece katı metal atomunun şekil değiştirerek metal iyonuna dönüşmesi ile gerçekleşir. Buna "sulu ortam korozyonu" denir. Tüm sular, toprak, beton ve en önemlisi atmosfer "sulu ortamdır". Metal iyonunun sulu ortama geçmesi ile metal çözünür. Sulu ortam içindeki çözünmüş havanın oksijeni metallere elektron alan en önemli bileşendir. Asidik ortamlarda çözeltideki hidrojen iyonları da metal atomlarından elektron alabilirler. Ayrıca çözeltilerde bulunan bazı iyonlar da (nitrat iyonu gibi) yine bazı metallere elektron alabilir. Tüm elektron alan elementler bu tepkime sonucu indirgenirler (redüklenirler). Sonuçta metalin çözünmesi yani "korozyonu" (metalini uğradığı zarar) iki tepkimenin, metalin çözünmesi (korozyonu) ile ortamdaki başka bir elementin indirgenmesi (redüklenmesi) tepkimelerinin aynı anda oluşması sonucunda meydana gelir. Korozyon metal yüzeyindeki farklı enerjili noktalar arasında, enerjinin yüksek olduğu yerden düşük olduğu yere hareketi ile gerçekleşir. Bu hali ile de korozyon tabii olarak gelişen bir olaydır.

Eğer ortam yüksek sıcaklıkta ise (suyun kararlı olmadığı sıcaklıklar) metal atomu ortamdaki başka bir elementle bileşir (oksijen, kükürt gibi) ve yeni bir katı bileşik oluşturup metal yüzeyinde kalır; sonuçta metal kalınlığı azalır fakat yüzeyinde ayrı bir metal bileşik katmanı oluşur (çelik yüzeyindeki tufal katmanı gibi). Buna "yüksek sıcaklık korozyonu" adı verilir.

Ortamın organik sıvılardan veya ergimiş inorganik tuzlardan oluşması halinde de metal ortam arasında oluşan tepkimeler korozyona neden olur.

Bunlar metal-ortam ilişkisi ile oluşan değişikliklerdir.

Metal-ortam tepkimesi olmadan da korozyon meydana gelebilir. Eğer sulu ortamda kaçak akım var ise (özellikle doğru akım) bu da metali çözer. Metal veya alaşıma

giren akımın çıkış noktasında kimyasal değişim olur ve metal çözünür. Bu olay "kaçak akım korozyonu" olarak bilinir. Eğer metalin yüzeyindeki su katmanı içinde bazı bakteriler veya bakteri etkisi ile oluşan ara ürünler metalden elektron alırsa yine metal çözünür. Buna ise "bakteriyel korozyon" adı verilir.

Aynı bir metalin, bileşimi homojen bir sulu ortamda korozyona uğraması ve tüm yüzeyinin her yerde birbirine benzer hızda çözünmesi "tekdüze veya homojen" korozyon olarak bilinir. Korozyonun zamana göre değişimi bilindiği için bu tip korozyona uğrayan metallerde "kalınlık azalması-zaman değişim" hesabı yapılabilir ve metalik yapının faydalı ömrü tahmin edilebilir.

Aynı ortama dalmış ve birbirleri arasında elektriksel temas olan iki farklı metalin oluşturduğu sistemde daha aktif olan metalin tercihli çözünmesi sonucu oluşan korozyona "bölgesel korozyon" denir. İçinde iki farklı korozyon oluşturucu öge konsantrasyonuna sahip bölgeler bulunan bir ortamı kesen aynı bir metalin yüzeyinde, düşük korozyon oluşturucu öge konsantrasyonuna maruz metal yüzeyinde oluşan korozyon da tekdüze değil "bölgeseldir" (konsantrasyon farkı hücreli korozyonu). Bölgesel korozyon en tehlikeli korozyon türüdür; zira yapının ne zaman delineceği veya tasarım fonksiyonunu yitireceği hesaplanamaz. Bölgesel korozyon en çok rastlanan korozyon tipidir. Toprak altındaki metalik yapılarda, deniz içindeki metalik yapıların deniz-atmosfer sınır bölgelerinde oluşan korozyon "bölgeseldir".

Yukarıda sıralanan korozif ortamlar arasında en yaygın ve en zararlı ortam sulu ortamdır. Atmosfer bir sulu ortamdır. Atmosfere maruz metaller atmosferin içerdiği bağıl rutubet, klorürlü su zerreleri, kirletici gazlar (karbon dioksit ve kükürtlü gazlar gibi), taneli maddeler, ıslanma-kuruma sıklığı, rüzgâr şiddeti, sıcaklık parametreleri gibi faktörlere bağlı olarak çok değişik hızlarda çözünürler. Değişik koşullarda oluşan atmosferik korozyon hız farklılıkları ise birkaç yüz kez olabilir.

Sulu ortam; tabii sular, deniz suları, sulu kimyasallardır. Sular farklı elektriksel iletkenliğe sahiptirler. Göreceli olarak yüksek iletkenlikte (yani düşük dirençli) olan deniz sularında (direnci 20-30 Ohm. cm arası) korozyon hızı da yüksektir. Denizel ortamda korozif öge deniz suyunda çözünmüş havanın oksijenidir. Denizlerde çözünmüş oksijen miktarı ise çok büyük aralıklarda değişmez.

Sonuçta deniz içindeki metalin cinsi ne olursa olsun hepsi de benzer hızlarda (en çok birbirinden tek haneli sayılar boyutunda farklı) çözünürler. Deniz suyu yüksek klorür içerikli olduğundan yüzeyleri pasif katmanla korunan metallerde (paslanmaz çelikler, alüminyum ve alaşımları gibi) koruyucu katman bölgesel olarak çözünür ve açıkta kalan metal yüzeyinde korozyon çukur oluşumları şeklinde gelişir. Çelik deniz içinde homojene yakın bir şekilde korozyona uğramakla birlikte deniz-atmosfer ara yüzeyinde oluşan oksijen konsantrasyonu farklı bölgeler nedeni ile bölgesel olarak çok ciddi korozyona uğrar.

Tabii suların iletkenlikleri deniz suyuna göre daha düşüktür. İçerdikleri sertlik yapıcı maddeler (kalsiyum bileşikleri, bikarbonat vs..) pH ve sıcaklık etkisi ile çökebilirler ve bu da metal yüzeylerini korozyondan kısmen korur. Fakat ısıtma sistemlerinde oluşan çökelekler (kışır) kesiti daraltması yanında ısı iletkenliği de azalır.

Sulu kimyasallar türlerine, bileşimlerine, sıcaklıklarına, pH larına ve metallerin türüne göre korozif veya koruyucu özellik gösterebilirler (alkali çözeltiler çeliği çözmez ama alüminyum ve alaşımlarını çözer). Dolayısı ile sulu kimyasallarla çalışmada onlarla temas eden metali ve metale uygulanan yüzey işlemini doğru seçmek korozyonu kontrolde çok önemlidir.

Toprak bir elektrolitik iletkenidir; heterojen, gözenekli, kapiler yapıya sahip bir elektrolit gibi davranır. Korozyona neden olan bileşen toprak içindeki metalik yapının yüzeyindeki su filminin içerdiği oksitleyicidir; yani bunların en yaygın türü olan çözünmüş oksijendir. Toprak hareketli olmadığı için su ve havanın metal yüzeyine erişmesi toprağın fiziksel yapısı ve bileşimi ile yakından ilgilidir. Toprağın korozyona etki eden başlıca özellikleri; yapısı, rutubeti, havanın toprak içine nüfuzu, toprağın pH sı ve tuz oranı, toprağın sıcaklığı ve topraktaki biyolojik aktivitedir. Toprağın korozivitesi elektrik iletkenliği ile yakından ilintilidir: yüksek iletkenliğe sahip (düşük dirençli) topraklar çok koroziftir.

Toprağın heterojen yapısı nedeni ile toprağın değişik bölgelerinde oluşan korozyon hızları birbirinden yüzbinler mertebesinde farklı olabilir. Bu nedenle toprak altı en tehlikeli korozif ortamların başında gelir.

## Korozyondan korunmanın temel ilkeleri

Bir metal veya alaşımın uğradığı korozyon ister tekdüze isterse bölgesel olsun, yakından incelendiğinde başlıca şu öğeleri içerdiği görülür:

1. Anot bölgesi: Metalin elektronunu kaybederek çözüldüğü bölge
2. Katot bölgesi: Anottan çıkan elektronları alarak indirgenen maddelerin bulunduğu bölge
3. Çözelti (iyonik iletken): Hem anot hem de katot bölgelerini kaplayan sulu çözelti. Anot katot arasındaki elektriksel çevrimde sulu ortamda elektrik akımı iyonlar tarafından taşınır, metallerde ise elektrik akımını elektronlar taşır.
4. Ara yüzey: Hem anot hem de katot bölgelerinin sulu çözelti ile temas ettiği ve elektron alış verişinin gerçekleştiği katı-sıvı ara geçiş bölgesi
5. Elektronik iletken: Anot - katot arasında elektron geçişini sağlayan elektriksel temas veya elektriksel iletken

Bu öğelerden bir tekinin bile ortadan kaldırılması ya korozyonun tipini değiştirir veya korozyonu tamamen durdurur.

Örneğin birbiri ile elektriksel temas halinde olan ve sulu ortama dalmış iki metal (içinden su geçen çelik boru ve vana (pirinç: bakır-çinko alaşımı)) sisteminde eğer çelik-pirinç ara yüzeyi yalıtılmamış ise "çelik-pirinç-su" birleşim noktalarında pirinç çeliği korozyona uğratır kendisi korunur. Eğer çelik ve pirinç arasında bir yalıtkan malzeme varsa korozyon hem pirinç hem de çelik yüzeyinde ayrı ayrı gelişir.

Su içinde korozyona uğrayan çeliğin yüzü koruyucu boya katmanı ile kaplı ise (ara yüzeyde metal-su teması engellenmiş) korozyon boyanın koruyuculuğu oranında azalır veya başlangıçta kısa bir süre için de olsa tamamen ortadan kalkabilir.

## Korozyondan korunma yöntemleri

Korozyon "Metal - Ortam - Ara yüzey" üçlüsünde meydana gelir. Korozyondan korunma önlemleri de ya bu üçlünün her biri ile ayrı ayrı, her üçü ile birden veya ikiye ikiye bunlarla uğraşarak gerçekleştirilebilir. Bu çalışmaların amacı korozyonu "önlemek, azaltmak veya en önemlisi kontrol altına almak" olmalıdır. Her üç öğeyi de içeren ve korozyonu kontrol altına almaya yönelik ön çalışmalara "korozyon tasarımı" denir ve korozyonla mücadelede en önemli kademe budur.

Korozyonla mücadelede ortamı değiştirme veya ortama daha dayanıklı metal veya alaşımlar kullanma sık başvurulan yöntemlerdendir. Fakat korozyonla mücadele için yapılan harcamaların %90 dan fazlası ara yüzeyi değiştirme amaçlıdır. Ara yüzeyi değiştirme ile ilgili yöntemlerden hemen hemen tümü ise ara yüzeyi, bir şekilde kaplayıp ortama dirençli hale getirmeye dayanmaktadır. Günümüzde bu yaklaşım daha kolay, ucuz ve etkin gözükmemektedir.

Metallerin korozyon özellikleri kimyasal bileşimlerine, içyapılarına, gerilimlere ve yüzey özelliklerine bağlıdır. Belli bir ortamda kullanılacak metal ve alaşımlar bu özellikleri dikkate alınarak seçilirse korozyona daha dirençli sistem oluşturulur.

Uygulamada "korozyona dirençli" kavramı eğer ortam belirtilmeden söylenmiş ise hiçbir anlam ifade etmez. Metal ve alaşımlar ancak belli bir ortamda korozyona dirençlidirler. Örneğin çelik pH sı 12 olan (alkali) ortamda hemen hemen çözünmez. Aynı ortam ise alüminyum veya alaşımlarını hızla çözer.

Yukarıda kısaca belirtildiği gibi ortamlar çok değişiktir: ıslak, kuru, organik, kimyasal vb. gibi. Korozyona dirençli bir yapı, alet veya teçhizat tasarlanırken içinde kullanılacağı ortam dikkate alınarak metal veya alaşım seçimi yapılır. Ortamın özelliğini değiştirme her zaman mümkün olmayabilir; atmosferi, deniz suyunu ve hatta toprağın özelliğini kolay değiştiremeyeceğimiz gibi. Fakat sınırlı da olsa gerçekleştirilebilen ortam değiştirme uygulamaları da korozyonla mücadelede yaygın kullanılırlar. Depoların sıcaklığını ortam sıcaklığının 5-10 derece üstüne çıkarıp bağıl rutubeti azaltmak gibi.

Ara yüzey özelliklerini değiştirmek ise daha yaygın bir uygulamadır.

Ara yüzeyle ilgili koruma yöntemlerini aşağıdaki gibi sınıflandırmak mümkündür:

*I- Metal yüzeyini ortama daha dayanıklı başka bir malzeme ile kaplayarak koruma*

- a- Metal ve/veya alaşımlar gibi elektriksel iletkenliğe sahip malzemelerle kaplama
- b- İnorganik ve elektriksel olarak yalıtkan malzemelerle kaplama
- c- Organik ve genelde elektriksel olarak yalıtkan malzemelerle kaplama (boyalar, plastikler, lastik ve bantlar gibi)

*II- Metal yüzeyinin ortamla tepkimesi sonucu oluşan katmanın yüzeyi ortama daha dayanıklı kılması ("dönüşüm kaplama")*

- a- Dışarıdan akım uygulaması veya oksitleyici bir ortamın etkisi ile metal veya alaşımın yüzeyini oksit veya koruyucu bir katman ile kaplama (alüminyumun oksitlenmesi, paslanmaz çeliğin pasifleştirilmesi gibi)
- b- Metalin içine daldırıldığı çözelti ile tepkimeye girerek yüzeyinin yalıtkan bir katmanla kaplanması (fosfatlama, kromatlama)

*III- Çözelti (ortam) içine katılan kimyasal maddelerin, frenleyicilerin (inhibitör), metal yüzeyinin özelliğini değiştirmesi sureti ile koruma.*

- a- Metal yüzeyinde koruyucu bir katman oluşturan veya mevcut katmanı kuvvetlendiren frenleyiciler.
- b- Metal yüzeyinde, anodik ve katodik davranan bölgelere adsorbe olarak çözünmeye engel olanlar.

*IV- Metal yüzeyinin elektrokimyasal özelliğini değiştirerek koruma*

- a- Katodik koruma
- b- Anodik koruma

Bu yöntemler içinde en yaygın olarak kullanılan organik kaplamalardır (boyalar).

## SONUÇ

Korozyon; kim olursak olalım, nerede yaşarsak yaşayalım bir şekilde metalden yapılmış ürünler kullandığımız sürece çevremizde her zaman göreceğimiz tabii bir olaydır. Halk arasında "metal kanseri" olarak tanımlamayı hak eden bir doğal felaket olan korozyondan kaçış halen mümkün değildir.

Korozyonu bilmek, diğer canlılara ve çevreye zararını anlamak onunla mücadelenin birinci koşuludur. Onu tamamen ortadan kaldıramayız. Zira korozyonu enerji farklılığı oluşturur. Enerji farklılığı kâinatın, Dünyamızın ve yaşamımızın tanımıdır. Dolayısı ile korozyon kaçınılmaz bir tabii olgudur. Her ne kadar korozyonu tamamen önleyemez isek de onu kontrol altına alabilir, hızını ve zararını azaltabiliriz. Bunun için bilinçli ve organize mücadele şarttır. Bilim insanı, sanayici, devlet ve en önemlisi bireyler olarak tehlikesinin büyüklüğünü anlamamız birinci koşuldur. Ne yazık ki bu konuda her yerde yaygın bilinçli bilinçsizliğin kırılması gerekmektedir. Bunun için önce bilinçlenmeli sonra da mücadele etmeliyiz.