

KOROZYON

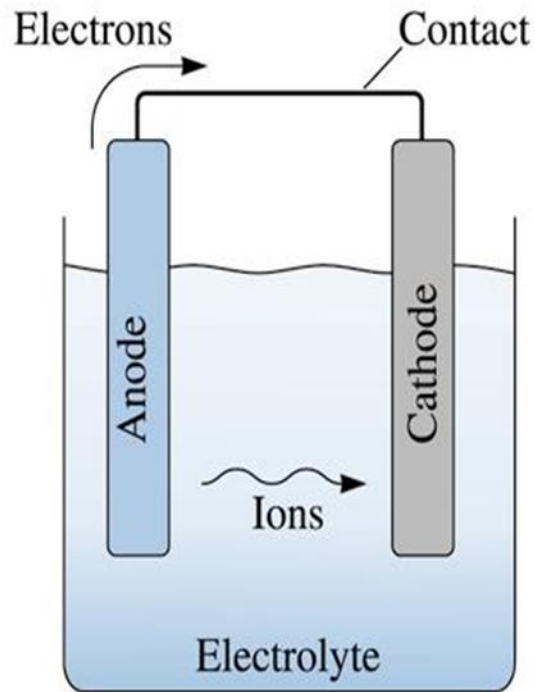
METALLERİN KOROZYONU

- Metallerin hemen hemen hepsi doğada bileşik halinde bulunurlar
- Bu bileşiklerden ilave malzeme, enerji, emek ve bilgi kullanmak suretiyle metal veya alaşım üretilir.
- Üretilen metal ve alaşımların ise tekrar kararlı durumları olan bileşik haline dönme eğilimleri yüksektir.
- Metaller içinde bulundukları ortamın elemanları ile reaksiyona girerek önce iyonik duruma, sonra da ortamdaki başka elementlerle birleşerek bileşik haline dönmeye çalışırlar.
- Kimyasal değişime veya bozunuma uğrarlar. Metallerin fiziksel, kimyasal, mekanik ve elektriksel özelliklerinde istenmeyen bazı değişiklikler meydana gelir. Ve bu değişiklikler bazı zarara yol açar.
- Hem metal malzemelerin bozunuma reaksiyonuna, hem de bu reaksiyonun neden olduğu zarara korozyon denir.
- Genel anlamda ise; ortamın kimyasal ve elektrokimyasal etkilerinden dolayı malzemelerde meydana gelen hasara Korozyon denir

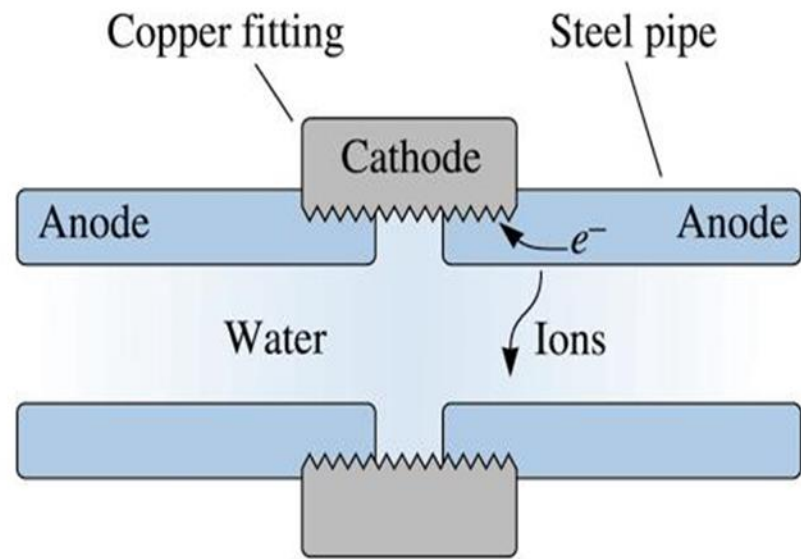
- Korozyon, esnasında metalik malzemelerin içinde bulundukları ortamlarla reaksiyona girmeleri sonucunda, dışarıdan enerji vermeye gerek olmadan, doğal olarak meydana gelir.
- İçinde su bulunan ortamlarda meydana gelen korozyona «sulu ortam korozyonu» denilir.
- Atmosferde, toprak altında, su içinde veya her türlü sulu kimyasal madde içinde meydana gelen korozyon buna örnek olarak gösterilebilir.
- Yüksek sıcaklıklarda gaz ortamlarda metalik malzemelerde meydana gelen korozyona ise «kuru veya yüksek sıcaklık korozyonu» denilir.
- Kazanların alevle veya sıcak gazlarla temas eden bölgelerinde meydana gelen korozyon da bu tip korozyona örnek olarak verilebilir.
- Korozyon büyük zararlara yol açarak israf kaynaklarından birini oluşturur.
- Korozyon nedeniyle meydana gelen malzeme, enerji ve emek kaybının yıllık değeri ülkelerin gayri safi milli gelirlerinin yaklaşık %5 i düzeyindedir.
- Bu değer ciddi bir ekonomik kayıp demektir.
- Korozyon, metalik malzeme kullanılan her alanda meydana gelen doğal bir olaydır.
- Korozyon maddi kayıplardan başka, çevre kirliliğine de yol açar.
- Korozyon ve korozyonu önleme bilinerek uygulanmasında büyük yararlar vardır.
- Korozyonu önleme yöntemlerini doğru uygulamak suretiyle korozyon kayıpları %20-40 arasında azaltılabilir.

KOROZYON HÜCRESİ

- Yalnız sulu ortamların yüzeyinde değil, atmosfere maruz kalan veya toprak altında bulunan metallerin yüzeyinde de her zaman su veya değişik kalınlıkta su filmi bulunur.
- Hava ve onun bir bileşeni olan oksijen gazı, atmosfere temas eden her çeşit su içerisinde belirli oranlarda çözünür.
- Su içinde çözünen oksijen gazı metal yüzeyinde redüklenerek, yani elektron alarak iyonik hale dönmeye meyleder.
- Eğer redüksiyon için gerekli elektronlar metal tarafından sağlanırsa, elektronların oksijene vererek oksitlenen metalin atomları sulu iyon haline geçer ve böylece metal kimyasal değişime uğrar.
- Sulu ortamlarda elektron verme (oksidasyon) ve elektron alma (redüksiyon) şeklinde meydana gelen reaksiyonlara «elektrokimyasal reaksiyonlar» denilir.
- Su içinde, atmosferde ve toprak altında meydana gelen bütün korozyon reaksiyonları elektrokimyasal reaksiyonlardır.



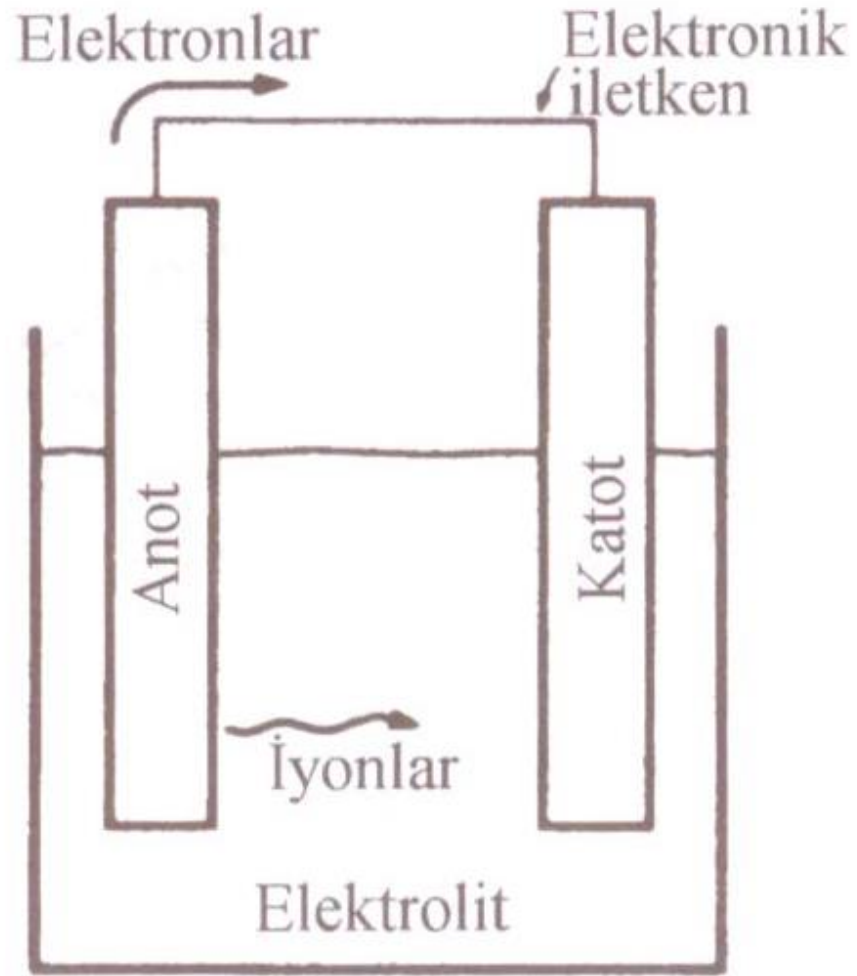
(a)



(b)

The components in an electrochemical cell: (a) a simple electrochemical cell and (b) a corrosion cell between a steel water pipe and a copper fitting.

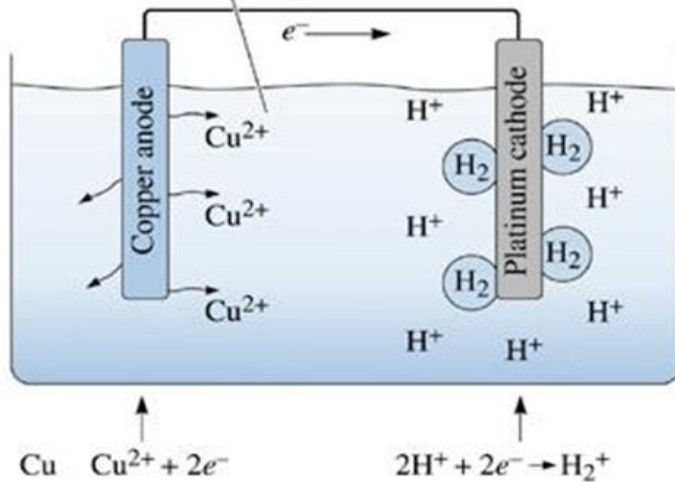
- Korozyon olayı korozyon hücresi yardımıyla daha iyi açıklanabilir.
- Korozyonun meydana gelebilmesi için, korozyon hücresi çevriminin kesintisiz çalışması gerekir.
- Anottaki kimyasal değişim sonunda meydana gelen metal iyonlarının çözeltiye geçmesi sırasında açığa çıkan elektronlar, elektronik iletken vasıtasıyla katoda taşınır.
- Metallerde elektron hareketi ile elektrik akımının yönü birbirine terstir.
- Akım, birim zamanda hareket eden elektronların bir ölçüsü olduğu için aynı zamanda anotta meydana gelen kimyasal değişimin de miktarını gösterir.
- Katot yüzeyinde harcanan elektronlar, oksijen (O_2) hidroksil(OH) iyonu haline dönüşmesine neden olur.
- İyonların sulu çözelti içerisindeki hareketi sayesinde anot ile katot arasında elektrik akımı meydana gelir.
- Pozitif yüklü iyonlar katoda, negatif yüklü iyonlar da anoda giderler.
- Böylece, hücre çevrimi tamamlanmış olur.



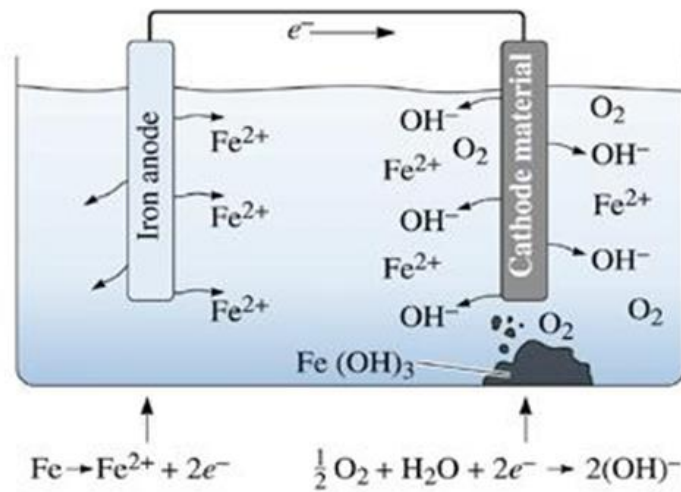
Korozyonun Meydana Gelişi

- Biribiri ile elektriksel ve elektrolitik teması olan ve aralarında potansiyel farkı oluşan iki metalik bölge veya nokta arasında meydana gelir.
- Bu bölge veya noktalardan potansiyel bakımından daha asil olanın yüzeyinde katodik reaksiyon meydana gelir.
- Daha aktif olan diğer bölge veya nokta ise çözünür.
- Potansiyel farkının oluşum nedenleri aşağıda sıralanmıştır.
 - a) Metal veya alaşımının yapısal, kimyasal mekanik veya asıl farklılıklar gösteren bölgeleri arasında potansiyel farkı oluşabilir.
 - b) Farklı metal veya alaşımının birbirine temas etmesi nedeniyle potansiyel farkı oluşabilir.
 - c) Ortamın katodik olarak indirgenebilir bileşenlerinin, metalin değişik bölgelerinde farklı oranlarda bulunması potansiyel farkı oluşturabilir.

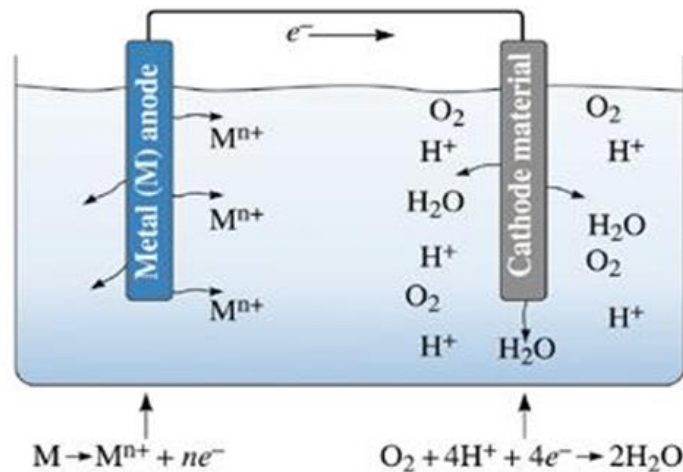
Aqueous solution



(a)



(b)



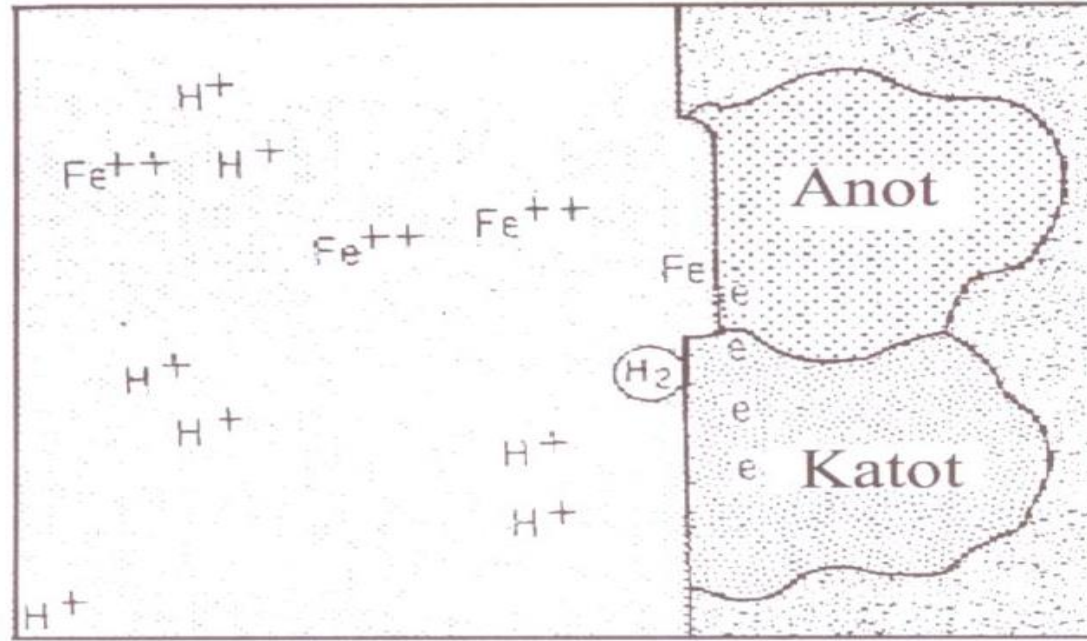
(c)

The anode and cathode reactions in typical electrolytic corrosion cells: (a) the hydrogen electrode, (b) the oxygen electrode, and (c) the water electrode.

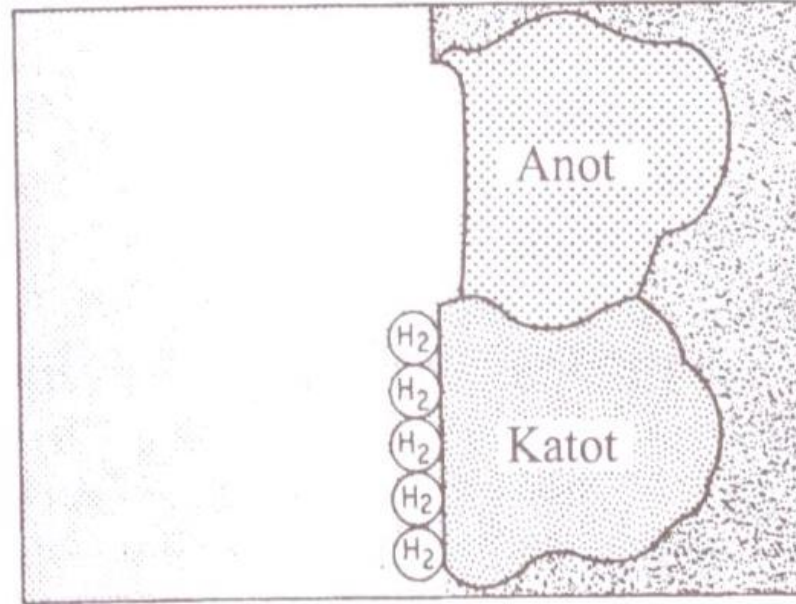
Demirde Korozyonun oluşu

- Sıradan bir demir parçası hidroklorik asit (HCl) çözeltisi içerisine daldırıldığında hidrojen kabarcıklarının oluştuğu görülür.
- Demirde bulunan enlüzyonlar, yüzey pürüzlülüğü, yerel gerilmeler, tane yönlenmesi veya ortamında meydana gelen değişimler nedeniyle demir parçasının yüzeyinde çok sayıda anot ve katot bölgeleri oluşur.
- Anot bölgesindeki pozitif yüklü demir atomları parçanın yüzeyinden ayrılarak pozitif iyonlar halinde sıvı çözeltiye geçerken, negatif yüklü elektronlar metal (demir) içinde kalırlar.
- Elektronlar çözeltiden metal yüzeyine ulaşan pozitif hidrojen iyonlarını karşılayarak, onları nötürleştirirler.
- Nötr hale gelen bazı atomların bir araya gelmeleri sonunda hidrojen gazı oluşur.
- Parçanın katot olan bölgeleri ise hidrojenle kaplanır.
- Çözünen metal miktarı, uygulanan gerilim ile metalin direncine bağlı olan hareketli elektron sayısı veya akım şiddeti ile doğru orantılıdır.

- Korozyonun devam edebilmesi için anot ve katottaki korozyon ürünlerinin giderilmesi gerekir.
- Bazı durumlarda hidrojen gazı katotta çok yavaş birikir ve metal yüzeyinde oluşan hidrojen tabakası korozyon reaksiyonunu yavaşlatır.
- Bu olay katodik polarizasyon olarak bilinir.
- Elektrolitte çözünen oksijen, metal yüzeyinde biriken hidrojenle tepkimeye girerek su oluşturur. Korozyonun devam etmesi sağlanır.



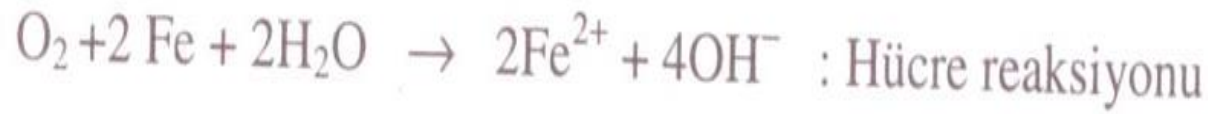
Şekil 9.2 Bölgesel hücre çevriminde anotda iyon, katotda hidrojen oluşumu



Şekil 9.3 Hidrojen filmi tarafından oluşturulan bölgesel katot polarizasyonu

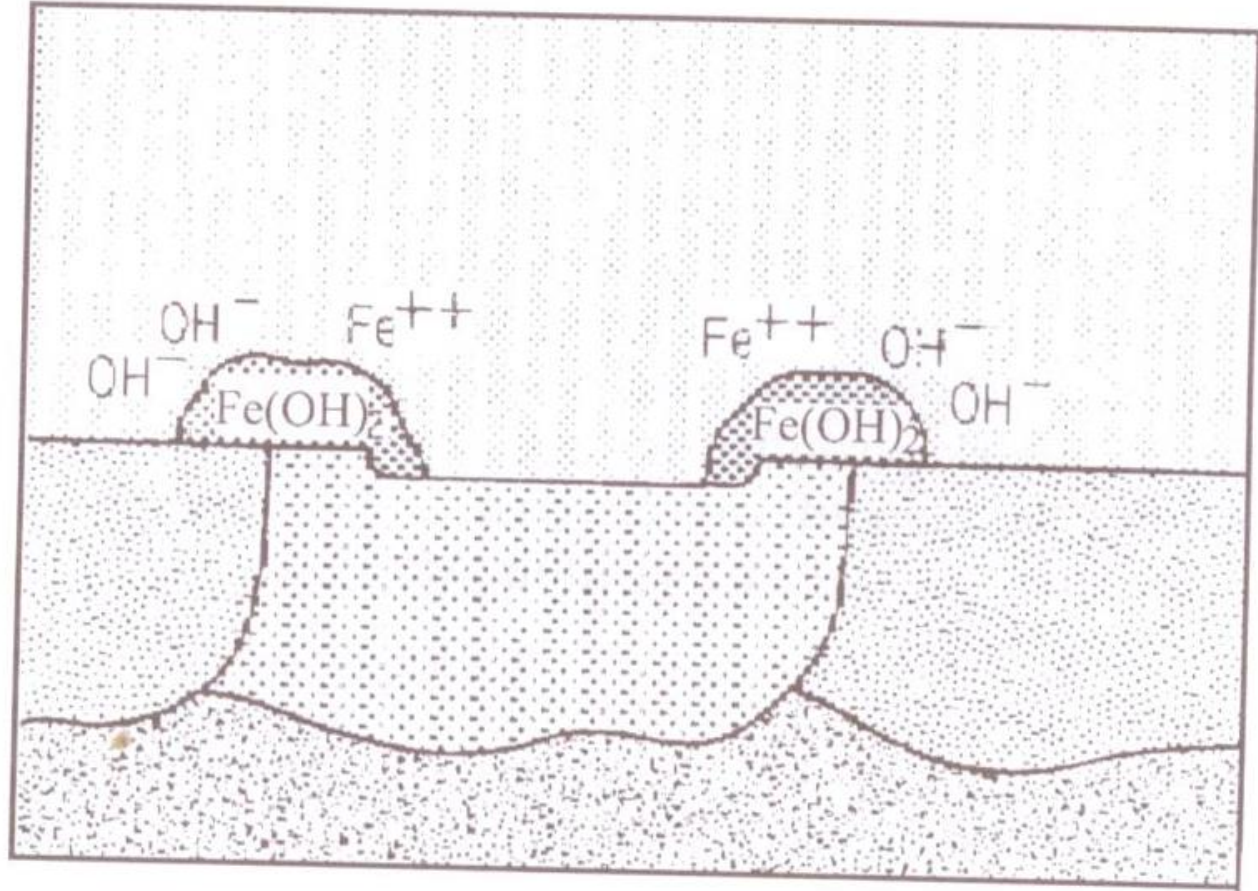
- Anot ve katotta meydana gelen reaksiyon ürünlerinin zaman zaman karşılaşp, yeni reaksiyonlara girmeleri sonucunda gözle görülebilir pek çok korozyon ürünü oluşabilir.
- Örneğin; su içerisindeki demirde katodik reaksiyon sonucunda oluşan hidroksil iyonları elektrolit içerisindeki anoda doğru hareket ederken, ters yönde hareket eden demir iyonlarıyla karşılaşrlar.
- Şekil 9.4 te oluşan demir (II) hidroksit hemen çözelti içerisindeki oksijenle birleşerek, demir pası olarak adlandırılan demir (III) hidroksit oluşturur.
- Bu pas, çözeltinin alkalitesine, oksijen oranına ve karıştırılmasına göre ya demir yüzeyinden uzakta, ya da korozyonun daha da ilerlemesini önleyecek uzaklıktaki bir konumda oluşur

Demirin korozyonunda, hücre reaksiyonunu oluşturan anodik ve katodik reaksiyonlar aşağıdaki gibi yazılabilir.

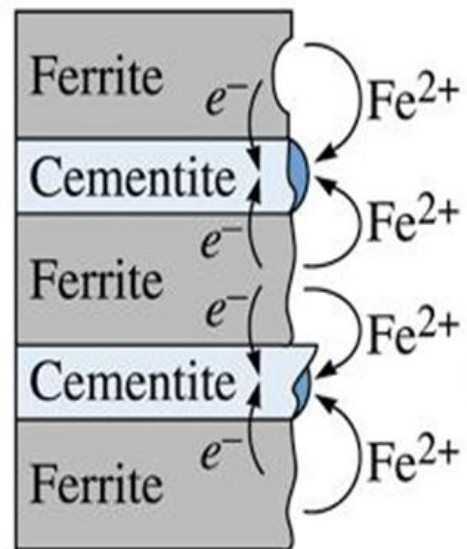


Hücre reaksiyonunun sol tarafında yer alan bileşenlerin enerjisi veya serbest enerjileri toplamı (ΔG_{sol}), sağ tarafındakilerin enerjisinden ($\Delta G_{\text{sağ}}$) fazla ise reaksiyon soldan sağa kendiliğinden gelişir ve sonuçta demir çözünerek, oksijen redüklenir. Bu olay, suyun yüksekten alçağa veya ısının sıcaktan soğuğa doğru doğal akışına benzer biçimde meydana gelir.

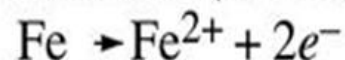
Hücre reaksiyonunun iki tarafı arasındaki enerji farkı korozyon hücresinin enerjisini verir ve bu enerjinin değeri negatiftir. Bu durum, aşağıda formül yardımıyla gösterilebilir.



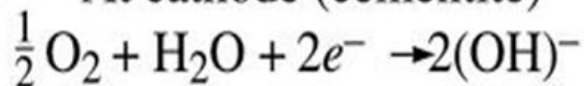
Şekil 9.4 Demirin paslanmasında demir hidroksit oluşumu



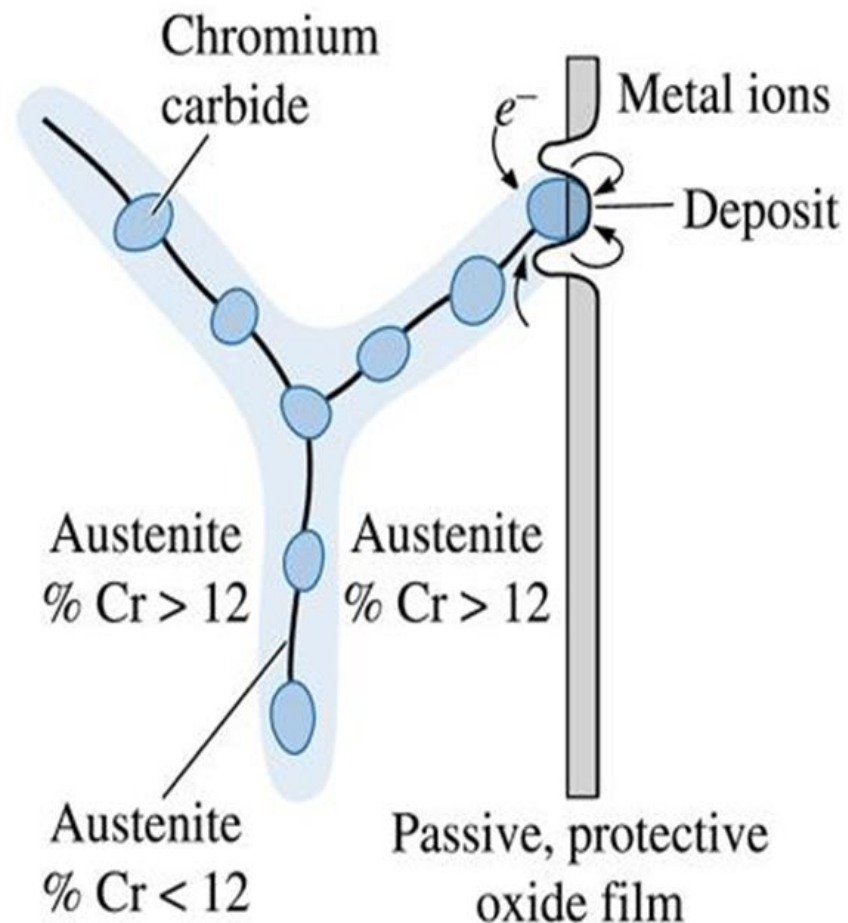
At anode (ferrite)



At cathode (cementite)



(a)



(b)

Example of microgalvanic cells in two-phase alloys: (a) In steel, ferrite is anodic to cementite. (b) In austenitic stainless steel, precipitation of chromium carbide makes the low Cr austenite in the grain boundaries anodic.

$$\Delta G_{\text{kor}} = \Delta G_{\text{sağ}} - \Delta G_{\text{sol}} \quad (\Delta G_{\text{sol}} > \Delta G_{\text{sağ}})$$

Enerji farkı ($\Delta E_{\text{hücre}}$) ;

$$\Delta E_{\text{hücre}} = \frac{-\Delta G_{\text{kor}}}{n.F} \quad \text{şeklinde yazılabilir.}$$

Bu bağıntıdaki n korozyon hücresinde alınıp verilen elektron sayısını gösterir, F ise Faraday sabitidir.

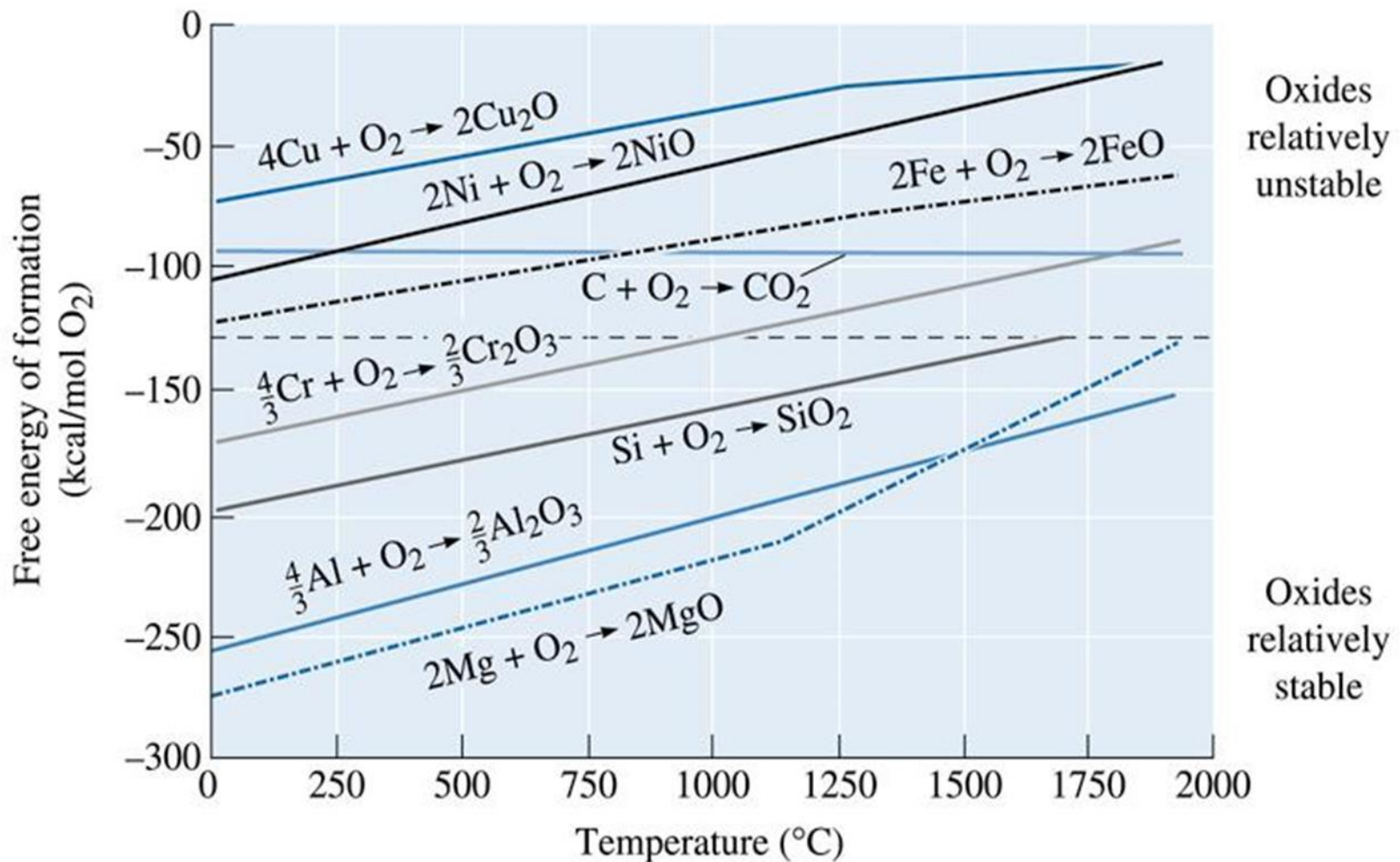


Figure 22.16 The standard free energy of formation of selected oxides as a function of temperature. A large negative free energy indicates a more stable oxide.

- Korozyon hücrelerine ait enerjinin veya hücre potansiyelinin bir kısmı anodik reaksiyonun, bir kısmı katodik reaksiyonun belirli bir hızla gelişmesi için, bir bölümü de sistemin direncini yenmek için harcanır.
- Sistemin direnci ne kadar yüksek ise harcanacak enerji de o kadar fazla olur.
- Toplam enerjiden anodik ve katodik reaksiyonlara harcanan pay azalır.
- Korozyon yavaşlar.
- Korozyon hızının bu şekilde azaltılması uygulamada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.
- Anodik ve katodik reaksiyonların enerji ve gerilim farkları da benzer şekilde hesaplanabilir.
- Redüksiyon olarak yazılan reaksiyonların hesap yöntemiyle bulunan potansiyel farkları en yüksek pozitiften (en asil) en düşük negatife (en aktif) doğru sıralanarak metallerin «elektromotif kuvvet serisi» elde edilir.
- Metallerin elektromotif kuvvet serisi Tablo 9.1 de verilmiştir.

Tablo 9.1 Metallerin elektromotif kuvvet serisi

Elektrot reaksiyonu	Standart elektrot potansiyeli	Elektrot reaksiyonu	Standart elektrot potansiyeli
$K = K^+ \pm e$	-2,922	$Co = Co^{++} + 2e^-$	-0,277
$Ca = Ca^{++} \pm 2e$	-2,87	$Ni = Ni^{++} + 2e^-$	-0,250
$Na = Na^+ \pm e$	-2,712	$Sn = Sn^{++} + 2e^-$	-0,136
$Mg = Mg^{++} \pm 2e$	-2,34	$Pb = Pb^{++} + 2e^-$	-0,126
$Be = Be^{++} \pm 2e$	-1,70	$1/1 H_2 = H^+ + e^-$	-0,000
$Al = Al^{3+} \pm 3e$	-1,67	$Cu = Cu^{++} + 2e^-$	0,345
$Mn = Mn^{++} \pm 2e$	-1,05	$Cu = Cu^+ + e^-$	0,522
$Zn = Zn^{++} \pm 2e$	-0,762	$Ag = Ag^+ + e^-$	0,800
$Cr = Cr^{3+} \pm 3e$	-0,71	$Pd = Pd^{++} + 2e^-$	0,83
$Ga = Ga^{3+} \pm 3e$	-0,42	$Hg = Hg^{++} + 2e^-$	0,854
$Fe = Fe^{++} \pm 2e$	-0,440	$Pt = Pt^{++} + 2e^-$	1,2
$Cd = Cd^{++} \pm 2e$	-0,402	$Au = Au^{3+} + 3e^-$	1,42
$In = In^{3+} \pm 3e$	-0,340	$Au = Au^+ + e^-$	1,68
$Ti = Ti^+ \pm e$	-0,336		

Söz konusu seride artı (+) yönde veya asil olan bir metalin ile eksi (-) yönde yani bunun üstünde yer alan başka bir metalle temas etmesi durumunda , (+) yöndeki metalin yüzeyinde redüksiyon reaksiyonu meydana gelir ve (-) yöndeki metal ise korozyona uğrar. Ancak , teorik olarak mümkün olan bu olay pratikte meydana gelmeyebilir. Bu nedenle metallerin hesapla bulunan teorik potansiyelleri yerine kullanıldıkları ortamda, örneğin deniz suyunda veya toprak altında ölçülerek bulunan potansiyelleri sıralamaya tabi tutulur. Bu şekilde elde edilen seriye "galvanik seri " adı verilir. Bu seriler uygulamadaki korozyon tahminlerinde daha gerçekçi sonuçlar verir. Tablo 9.2'de deniz suyu ve toprak altında yapılan ölçümlerle elde edilmiş iki galvanik seri verilmektedir.

Tablo 9.2 Galvanik seri

A-Deniz Suyunda

- (-) Aktif : Magnezyum
: Çinko
: Alüminyum
: Kadmiyum
: Duralümin
: Dökme demir
: Yüksek nikelli dökme demir
: 18/8 Paslanmaz çelik (aktif)
: Kurşun-kalay lehimleri
: Kurşun
: Kalay
: Nikel (aktif)
: Prinçler
: Bakır
: Bronzlar
: Gümüş lehim
: Nikel (pasif)
: 18/8 Paslanmaz çelik
: Gümüş
: Titanyum
: Grafit
: Altın
: Platin

(+) Asil

B- Toprak Altında

- (-) Aktif : Magnezyum
: Çinko
: Alüminyum
: Temiz yumuşak çelik
: Paslı yumuşak çelik
: Dökme demir
: Kurşun
: Yumuşak çelik (betonda)
: Bakır, pirinç ve bronzlar
: Yüksek silisli dökme demir
: Karbon, kok, grafit

(+) Asil

Not: Deniz suyunun pH değeri 8,1 – 8,3, toprağın pH değeri ise 5 - 8 arasında yer almaktadır.

9.4 Korozyon Türleri

Metal ve alaşımlarda değişik korozyon türlerine rastlanır. Bu malzemelerde görülen belli başlı korozyon türleri; homojen korozyon, galvanik korozyon, çukurcuk korozyonu, aralık korozyonu, taneler arası korozyon ve gerilmeli korozyon şeklinde sıralanabilir. Bu korozyon türleri aşağıda kısaca açıklanmaktadır.

9.4.1 Homojen Dağılımlı Korozyon

En yaygın görülen bir korozyon türü olup, metal yüzeyinde çok sayıda olan ve birbirine yakın konumda bulunan mikroanot ve mikrokatot bölgeleri arasındaki elektrokimyasal etki ile meydana gelir. Katot ve anot bölgelerinin sürekli yer değiştirmeleri nedeniyle metal yüzeyi homojen olarak korozyona uğrar ve korozyon hızının hemen hemen her yerde sabit olduğu kabul edilir. Bu tür korozyon genelde atmosfere açık yerlerde veya homojen ortamlarda bulunan alaşımsız çelikler, az

alaşımli çelikler, çinko, galvanizli çelikler ve belirli ölçüde de bakır ve bakır alaşımlarında görülür. Homojen dağılimli korozyon diğer korozyon türlerinden daha fazla metal kaybına yol açar. Ancak, bu korozyonun hızı basit deneylerle belirlenebildiğinden korozyon ortamına bırakılan parçaların mrlarına ilişkin tahminlerde bulunulabilir. Bu nedenle homojen dağılimli korozyondan fazla korkulmaz. Bu korozyon yüzey kaplama, katodik koruma veya korozyon önleyici madde kullanmak suretiyle kontrol edilebilir.

Galvanik Korozyon

- Bu tip korozyon, korozyon ortamında birbirine temas eden farklı türden metal veya alaşımların temas yüzeylerinde meydana gelir.
- Bu korozyonda aktif metalde korozyon hızlanırken, daha soy olan metallerin korozyonu yavaşlar veya tamamen önlenir.
- Örneğin; deniz suyu ortamında pirinç malzemelerde temas eden çelik vidalarda veya bir su ısıtıcısındaki bakır ve çelik boruların bağlantı yerlerinde bu tür korozyon meydana gelir.
- Bir çelik parça ile temasta olan magnezyum metalinde meydana gelen galvanik korozyon şekil 9.5 de görülmektedir.



Şekil 9.5 Çelik malzemeyi çevreleyen magnezyum metalinde meydana gelen galvanik korozyonun görünümü

9.4.3 Çukurcuk Korozyonu

H₂O
↓
ClO₂ a

Metal malzeme yüzeyinin çok dar bölgelerinde çukurcuk (pit) oluşumuna neden olan bir korozyon türüdür. Korozyon ile oluşan çukurcukların büyüklüğü ve sıklığı malzeme ve ortama göre değişir. Çukurcuk korozyonu sonucunda meydana gelen toplam malzeme kaybı, homojen dağılımlı korozyon sonucunda meydana gelen malzeme kaybından çok daha azdır. Ancak, çukurcuk korozyonuna uğrayan parçalar kısa zamanda delinerek kullanılmaz hale gelebilirler. Ayrıca, çukurcukların diplerinde meydana gelen gerilme yığılması malzemenin çatlamasına yol açabilir. Metal

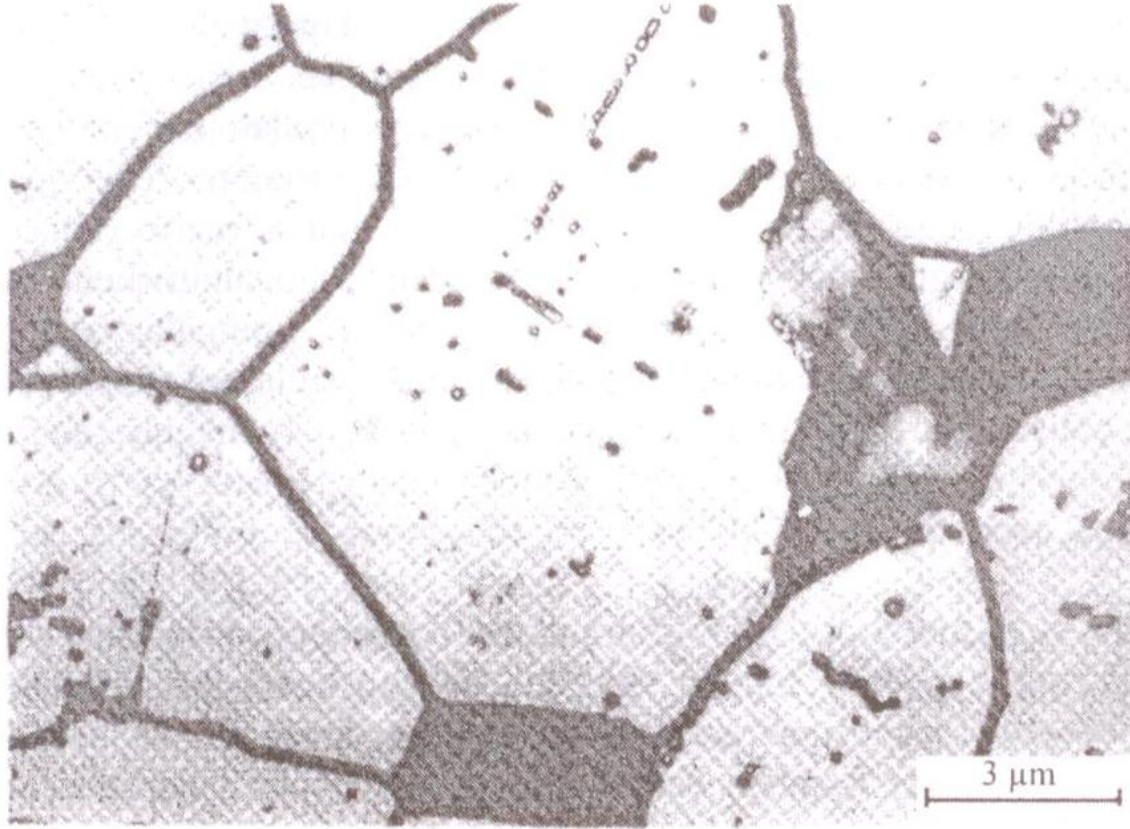
malzemelerde bozunuma yol açması, yaygın olması ve kontrolünün zor olması gibi nedenlerden dolayı çukurcuk korozyonu en tehlikeli korozyon türlerinden biri olarak kabul edilir. Çukurcuk korozyonu genellikle klor ve brom iyonları içeren nötr ortamlarda görülür. Sodyum klorür ve oksijen bakımından zengin olan deniz suyu çukurcuk korozyonu için en uygun ortamı oluşturur. Örneğin; deniz suyuna bırakılan paslanmaz çelikler kısa zamanda çukurcuk korozyonuna maruz kalarak bozunuma uğrarlar. Ortamın durgun olması çukurcuk korozyonunu hızlandırırken, hareketli olması bu korozyonu yavaşlatır. Şöyle ki; deniz suyunun pompalanmasında kullanılan paslanmaz çelikten yapılmış parçalar sürekli çalışma koşullarında korozyona tam direnç gösterirken, çalışma durdurulduktan sonra çok çabuk korozyona uğraralar.

9.4.4 Aralık Korozyonu

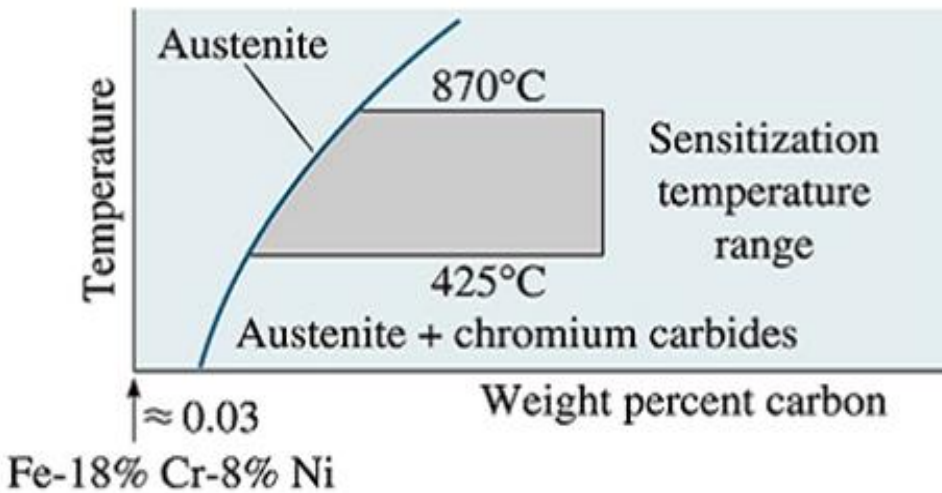
Malzeme veya malzemelerden üretilen çeşitli sistemlerde bulunan dar aralık veya bölgelerde meydana gelen korozyon türüdür. Aralığı oluşturan eleman veya parçaların her iksinin de metal olması gerekmez. Parçalardan biri lastik veya cam olabilir. Bu korozyon; malzemelerde bulunan çatlaklarda kir ve tufal tabakalarının altında veya makine parçalarının montajında giderilmeyen dar bölge ve aralıkların içinde başlar. Göz önünde bulunmayan bölgelerde meydana geldiği için kolayca farkedilmeyebilir. Bu korozyon, aralık içerisindeki elektrolitte oksijenin az olması nedeniyle meydana gelir. Bu korozyonda elektrolit kılcallık etkisi ile aralığın içine girer. Korozyon, aralığın içinde ve dışında oksijen reaksiyonu ile başlar ve aralığın içindeki oksijeni tamamen tüketir. Aralığın dışı hava ile temasta olduğundan burada bulunan elektrolit oksijen bakımından daha zengindir. Ancak, elektrolit aralığın hava almasını yani oksijenin aralığa girmesini engeller. Bu durumda elektrolit içerisindeki oksijen oranında farklılık meydana gelir. Aralık dışında kalan bölge oksijeni bol olduğundan katot, aralık içinde kalan bölge ise oksijeni az olduğundan anot görevi yapar. Bu nedenle söz konusu aralık korozyona uğrar.

9.4.5 Taneler Arası Korozyon

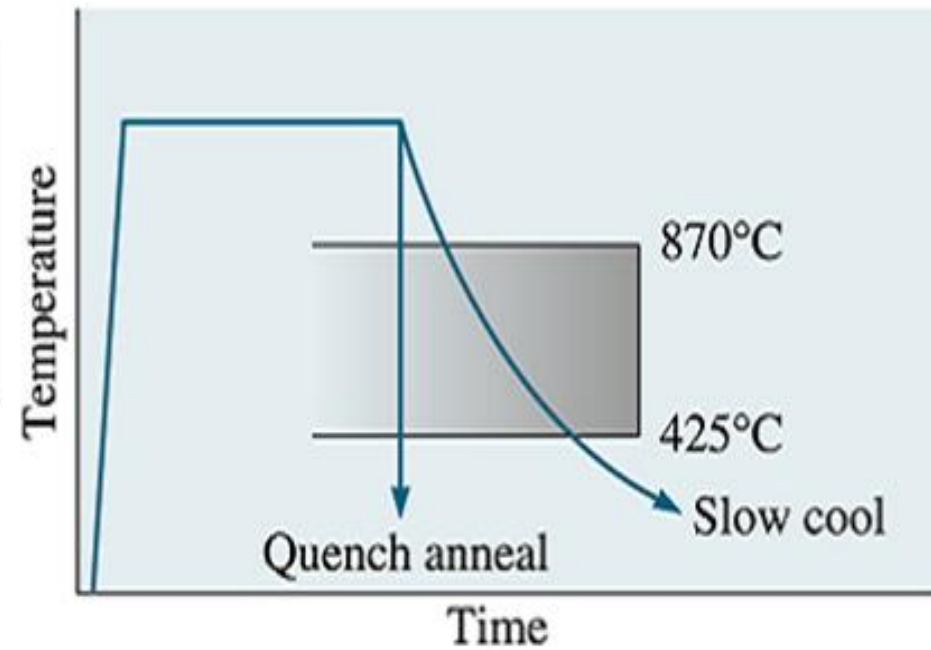
Korozyon olayının malzemenin tane sınırlarına yakın bölgelerinde yoğunlaşması sonucunda ortaya çıkan bir bozunma türüdür. Bu korozyon, metal veya alaşımların tane sınırlarıyla diğer bölgeleri arasında bir gerilim farkının meydana gelmesi durumunda ortaya çıkar. Bu tip korozyon, bir katı çözelti içerisinde bir fazın çökmesi sonucunda meydana gelir. Tane sınırlarındaki çökelmenin hızlı olması nedeniyle tane sınırlarına yakın bölgeler çökeltiyi oluşturan element bakımından fakirleşir. Bu durum tane sınırları ile diğer bölgeler arasında bir gerilim farkı oluşturur. Bunun sonucunda tane sınırları tercihli olarak korozyona uğrar. Bu tip korozyon daha çok ostenitik paslanmaz çelikler ve alüminyum-bakır alaşımlarında görülür. Bu korozyon sonucunda taneler bütünlük ve şekillerini korurken, taneler arasındaki bağ bozunuma uğrar. Örneğin; taneler arası korozyona uğrayan ostenitik paslanmaz çeliği elle ezerek toz haline getirmek mümkündür. Kaynar durumdaki sülfat-sülfürik asit çözeltisinde tutulan bir paslanmaz çelikte meydana gelen taneler arası korozyon şekil 9.6'da görülmektedir.



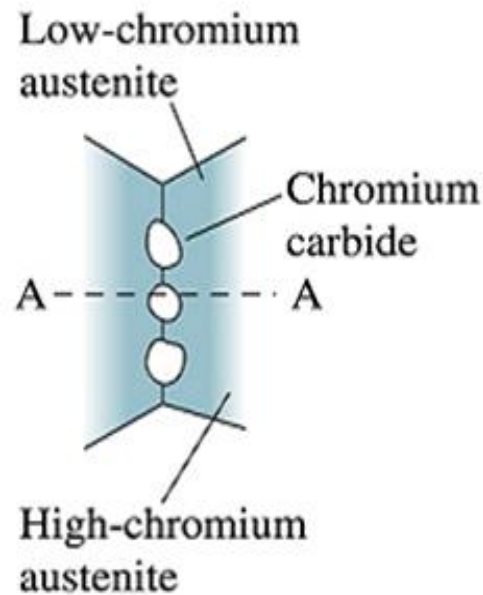
Şekil 9.6 Kaynar durumdaki sülfat-sülfürik asit çözeltisinde tutulan bir paslanmaz çelikte meydana gelen taneler arası korozyonun görünümü



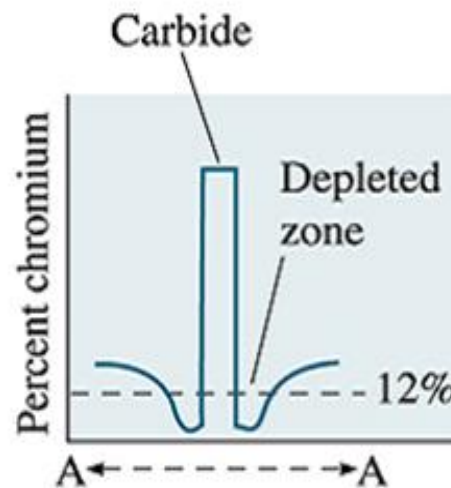
(a)



(c)



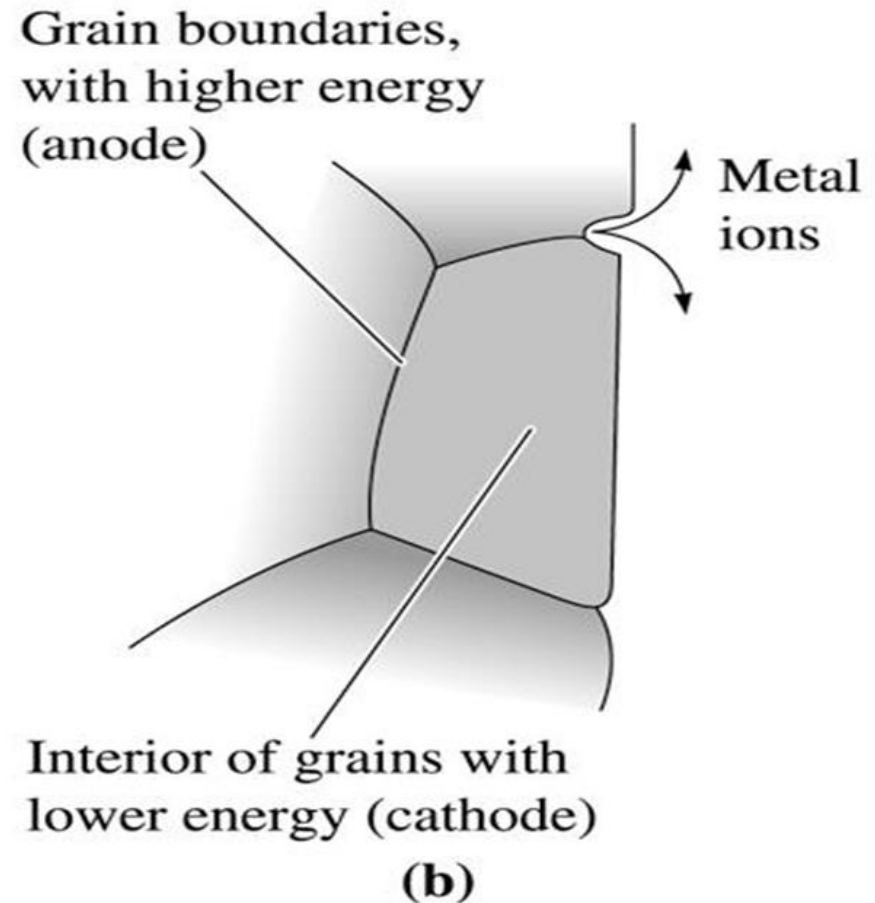
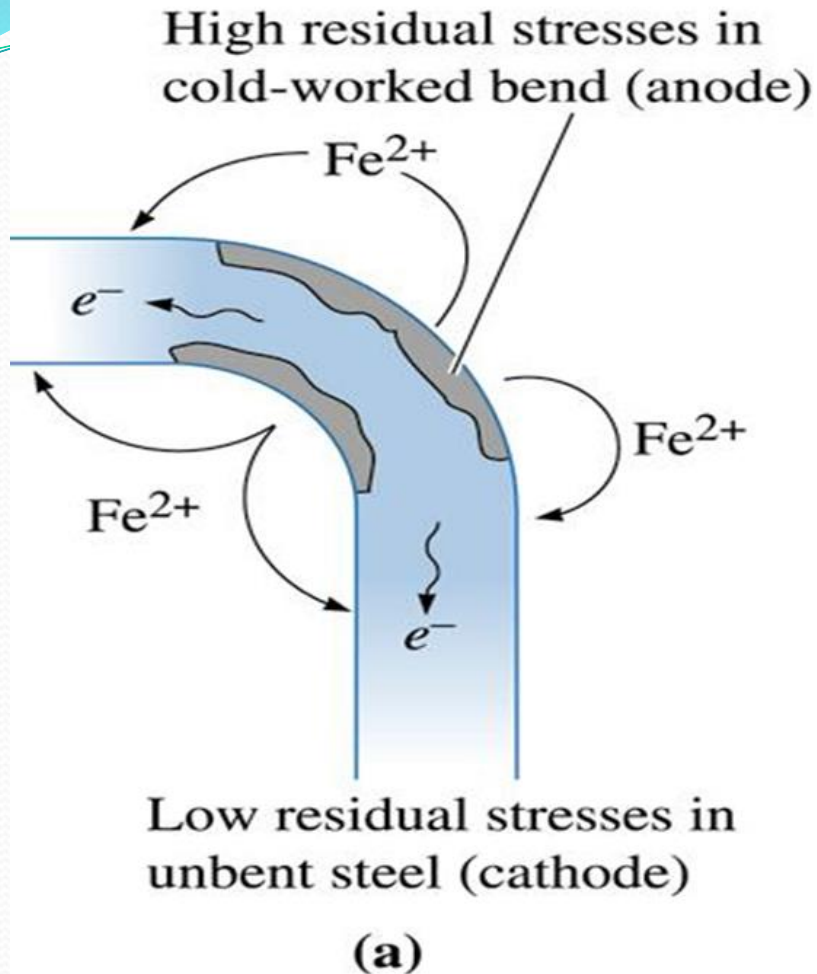
(b)



(a) Intergranular corrosion takes place in austenitic stainless steel. (b) Slow cooling permits chromium carbides to precipitate at grain boundaries. (c) A quench anneal to dissolve the carbides may prevent intergranular corrosion.

9.4.6 Gerilmeli Korozyon

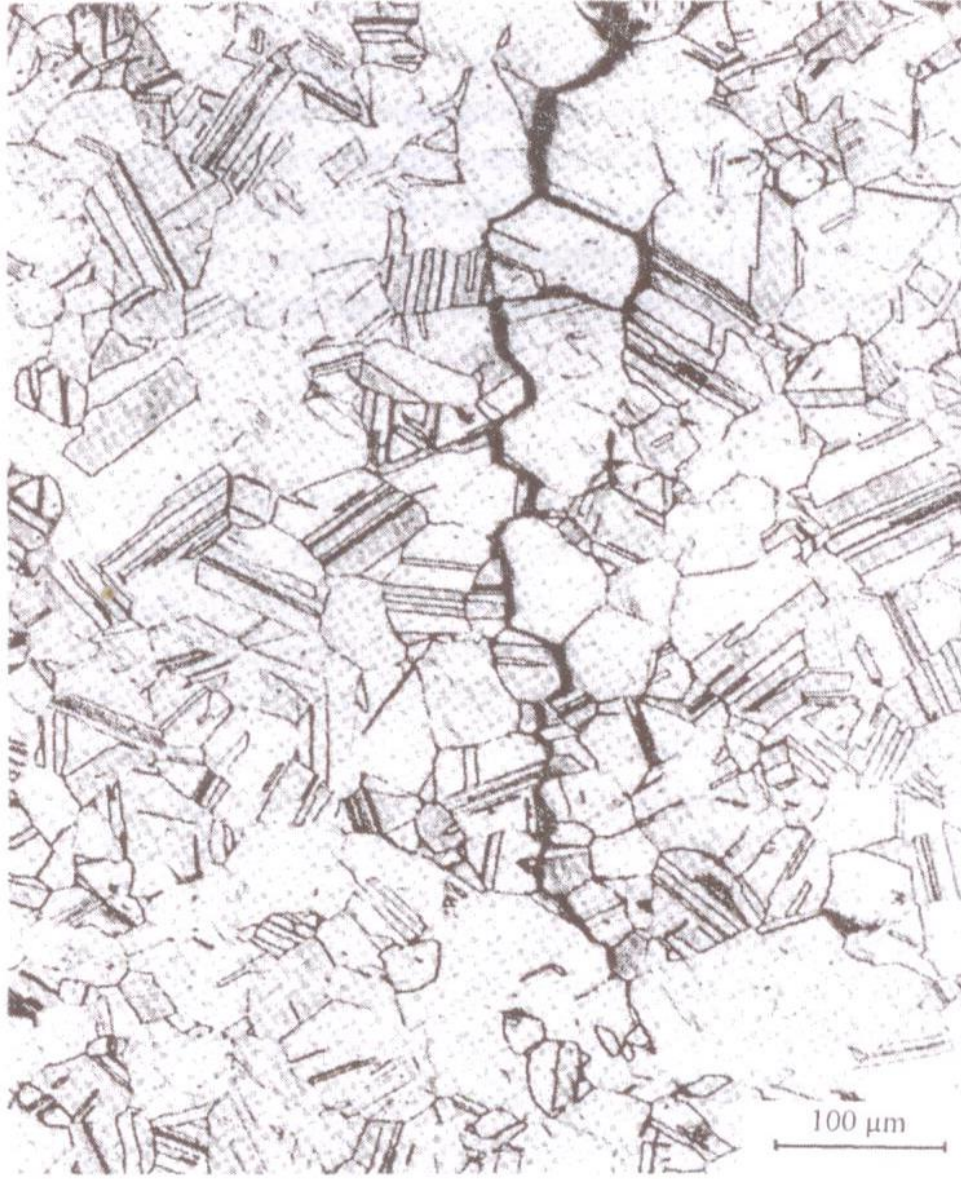
Gerilmeli korozyon, gerilme ve korozyon etkisiyle metal malzemelerde meydana gelen bozunma olarak tanımlanabilir. Bu korozyon tane sınırlarında çatlak oluşturarak, malzemelerin dayanımını azaltır. Bozunma parça yüzeyinde bulunan çatlaklarda veya gerilme yığılmasına yol açan diğer geometrik düzgünsüzlüklerde başlar. Gerilmeli korozyonun en belirgin özelliği, kimyasal ve mekanik etkilerin birbirini destekler nitelikte olmasıdır. Gerilmeli korozyon, korozif ortamda bulunan korozyona duyarlı malzemelerde çekme gerilmesi etkisiyle çatlak oluşması ve ilerlemesi şeklinde meydana gelen bir olaydır. Pirinç malzemedede meydana gelen gerilmeli korozyon çatlağı Şekil 9.7’de görülmektedir. Oluşan çatlaklar hem gerilme, hem de korozyonun etkisiyle belirli hızlarda malzemenin içine doğru ilerler. Parçanın kesiti uygulanan yükü taşıyamayacak duruma geldiğinde ani kopma meydana gelir



Examples of stress cells. (a) Cold work required to bend a steel bar introduces high residual stresses at the bend, which then is anodic and corrodes. (b) Because grain boundaries have a high energy, they are anodic and corrode.

Korozyonun Önlenmesi

- Korozyonu önlemek veya korunmak için bir çok yöntem geliştirilmiştir.
- Bu yöntemlerden bazıları;
 - a) Saf metal kullanımı
 - b) Alaşım elementi katma
 - c) Isıl işlem
 - d) Uygun tasarım
 - e) Katodik koruma
 - f) Korozyon önleyicisi (inhibitör) kullanımı
 - g) Yüzey kaplama şeklinde sıralanabilir. Söz konusu yöntemler aşağıda kısaca açıklanmaktadır.



Şekil 9.7 Pirinç malzemedede meydana gelen gerilmeli korozyon çatlağının görünümü

Saf Metal Kullanımı

- Çoğu uygulamalarda saf metal kullanarak, homojen olmayan kısımlar en aza indirilir ve böylece çukurcuk korozyonu büyük ölçüde engellenir.
- Böylece parçanın veya elemanın korozyona karşı direnci artırılır.

9.5.2 Alaşım Elementi Katma

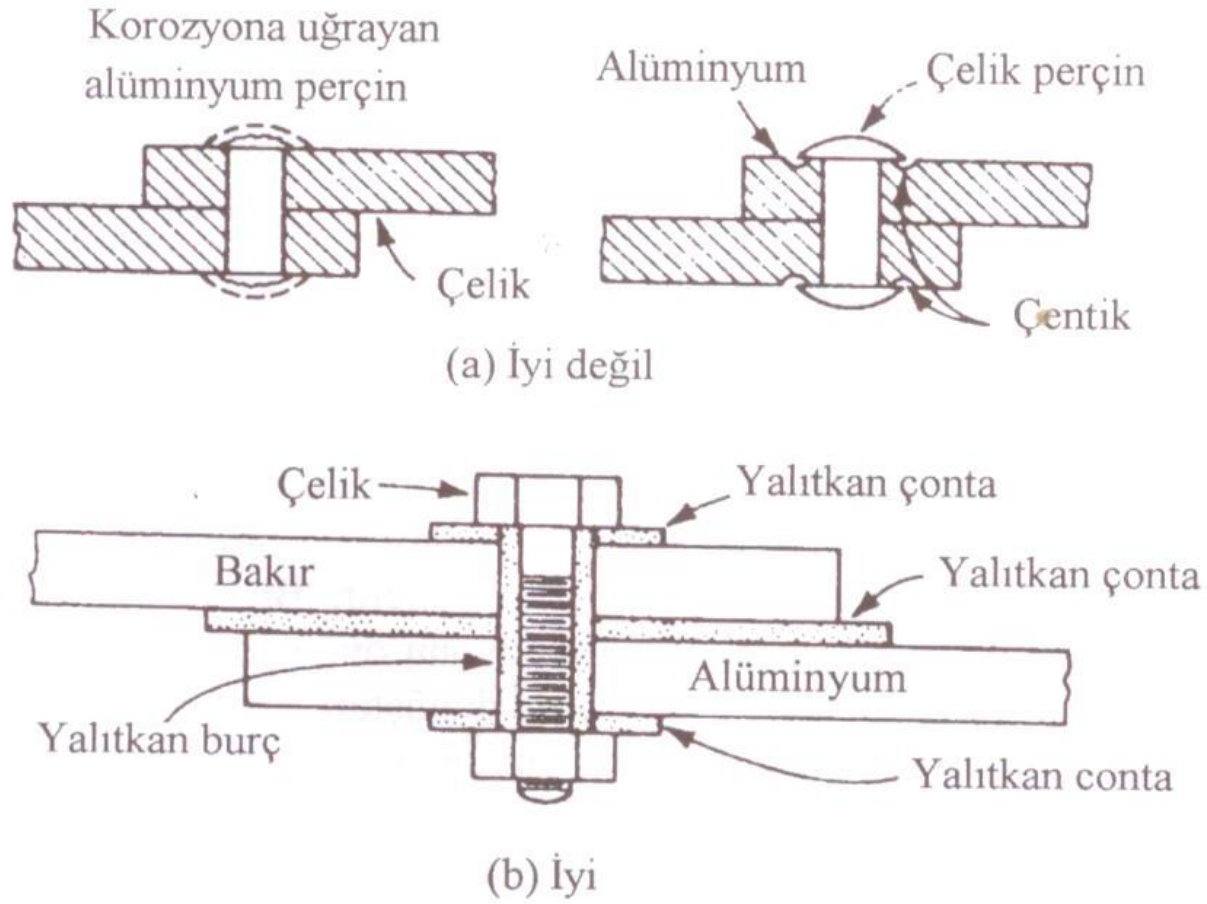
Alaşım elementi katmak suretiyle bazı metallerin korozyon direnci artırılabilir. Örneğin, ostenitik paslanmaz çelikler 880 ile 1380 °C arasındaki sıcaklıklardan soğutulduğuunda tane sınırlarında krom karbürler çökelir. Bu ökelme, çeliği taneler arası korozyona duyarlı hale getirir. Bu tür korozyonu önlemek için ya karbon oranını düşürmek, ya da karbürleri daha kararlı bir şekle dönüştürmek gerekir. Karbürleri daha kararlı bir duruma dönüştürmek için çeliğe titanyum ve kolombiyum katılır. Karbona karşı ilgileri yüksek olan bu elementler, yüksek sıcaklıkta ostenit fazı içinde çözünmeyen daha kararlı karbürler oluştururlar. Bunun sonucunda, krom ile birleşmesi için çok az karbon kalır ve elik stabilize edimiş olur. Bazı alaşım elementleri malzemenin yüzeyinde gözeneksiz oksit filmleri oluşturarak veya oluşmasına yardım ederek malzemenin korozyon direncini arttıırırlar. Örneğin; bakır alaşımlarına katılan mangan ve alüminyum, paslanmaz çeliğe katılan molibden ve alüminyuma katılan magnezyum bu malzemelerin korozyon dirençlerini artırır.

Isıl İşlem

- Döküm parçaların çoğunda segregasyon meydana gelir.
- Bu parçalara homojenizasyon, çözündürme veya stabilizasyon gibi ısı işlemler uygulamak suretiyle iç yapıları homojen hale getirilir.
- Korozyon dirençleri artırılır.
- Gerilmeli korozyona duyarlı olan metal ve alaşımların korozyon dirençlerini artırmak için de soğuk şekillendirmeden sonra gerilme gideme işlemleri yaygın olarak uygulanır.

9.5.4 Uygun Tasarım

Parçanın korozyon ortamıyla temasını en aza indirmek için uygun tasarım yapılmalıdır. Elektromotif seride birbirine uzak olan elementler arasında temastan kaçınılmalıdır. Eğer bu başırlamazsa, galvanik korozyonu önlemek için plastik veya kauçuk kullanılarak metal malzemelerin teması önlenmelidir. Şekil 9.8 a'da benzer olmayan metallerin birleşmesi durumunda oluşan iki galvanik korozyon olayı görölmektedir. Alüminyum, çeliğe göre daha anot olduğundan çelik levhaları birleştirmek için kullanılan alüminyum perçinlerin korozyona uğramaları beklenebilir. Eğer alüminyum levhaları birleştirmek için çelik perçinler kullanılırsa, alüminyum levhada oluşan galvanik korozyon perçinlerin gevşemesine veya işlevini yapamaz hale gelmesine neden olabilir. Metal levhalarla perçin ve civatanın temasta olduğu bölgeyi, yumuşak ve yalıtkan bir malzeme ile ayırarak teması önlemek veya temas eden yüzeylere önce çinko kromat daha sonra alüminyum boya sürmek suretiyle bu tür korozyon önlenabilir. Civata gibi birleştiricilerin temas noktaları plastik veya metal olmayan manşon (bilezik), pul ve sızdırmazlık rondelaları gibi parçalar ile yalıtılabilir, Şekil 9.8 b.

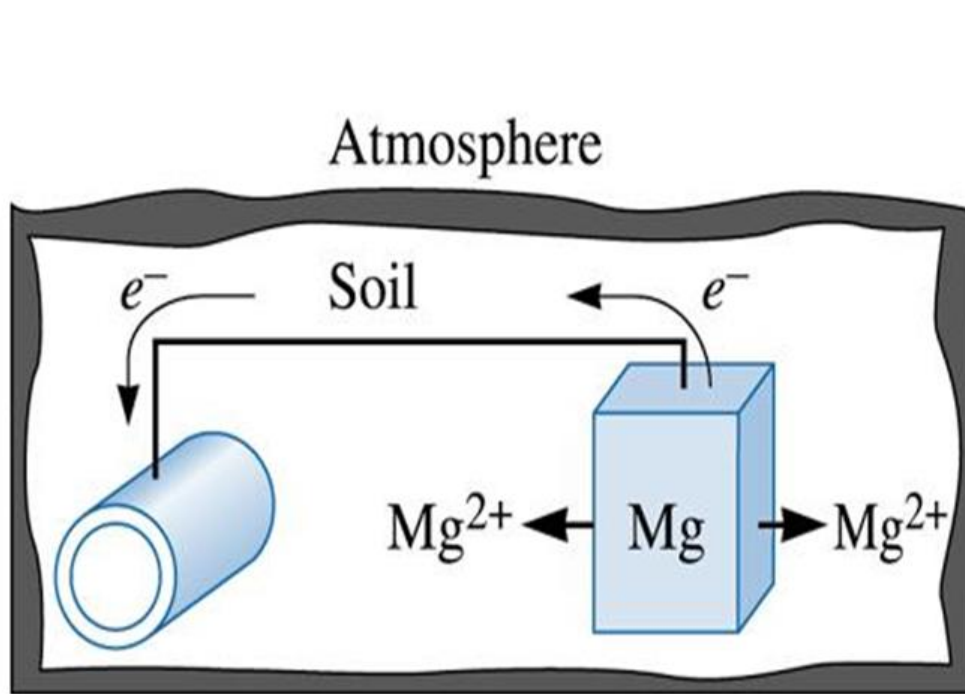


Şekil 9.8 Birleştirilen iki metalin korozyonunu azaltmak için yapılan tasarım; (a) çelik levhaları birleştiren alüminyum perçinlerin veya çelik perçinlerle birleştirilen alüminyum levhaların korozyonu, (b) alüminyum ve bakır levhalar ile çelik civata arasında izolasyon malzemelerinin kullanımı

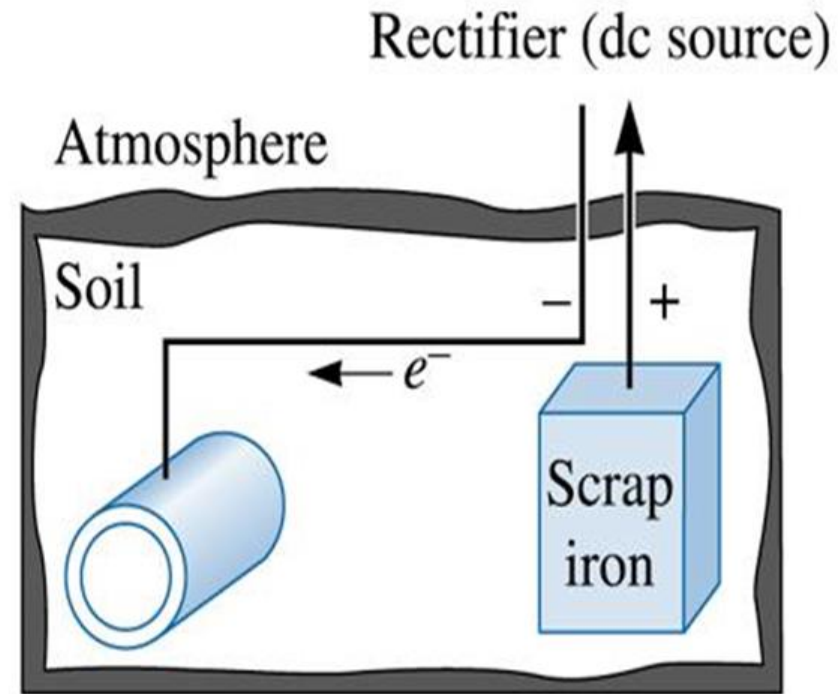
Çatlaklar, hücre korozyonunun önemli kaynağını oluşturur. Şekil 9.9 a'da gösterildiği gibi, çatlaklar daha çok ara yüzeylerde oluşur. Civataya ne kadar döndürme momenti uygulanırsa uygulansın, çözelti yavaş yavaş nüfuz ettiğinden bu çatlakların oluşumunu önlemek çok zordur. Parçaları mekanik birleştiricilerle değil, kaynakla birleştirmek veya birbirine paralel olan yüzeyler arasına yalıtkan conta yerleştirmek suretiyle söz konusu çatlakların oluşumu önlenabilir, Şekil 9.9 b.

Katodik Koruma

- Katodik koruma normal olarak, elektriksel temas durumunda korozyona uğrayan metalin galvanik seride kendisinden daha yukarıda yer alan metal ile birleştirilmesi sonucunda sağlanır
- Katodik korumada, korozyondan korunmak istenilen metal katot yapılarak galvanik bir pil oluşturulur.
- Bu tür koruma sağlamak için, genelde çinko ve magnezyum kullanılır.
- Bazı durumlarda bir gerilim kaynağı aracılığı ile koruyucu akım elde edilir.
- Bu durumda anot karbon, grafit veya platin gibi koruyucu malzemeden oluşur.
- Yer altındaki borular, gemi gövdeleri ve buhar kazanları gibi yapılar bu yöntemle korunurlar.
- Yer altındaki boruların korunması için anotlar borudan 2,4-3,0 m uzağa gömülür. Anotların herbiri kollektör kabloya bağlanır ve bu da boru hattına lehimlenir.
- Akım anottan toprağa gönderilerek boru hattında toplanır ve kollektör kablo vasıtasıyla anoda geri döner.
- Gemilerin katodik yöntemle korunması için dümen veya pervane bölgesinde tekneye çinko ve magnezyum anotlar bağlanır.
- Ev ve endüstriyel su ısıtıcılarında ve yüksek su tanklarında katodik koruma için yaygın olarak magnezyum anotlar kullanılır.

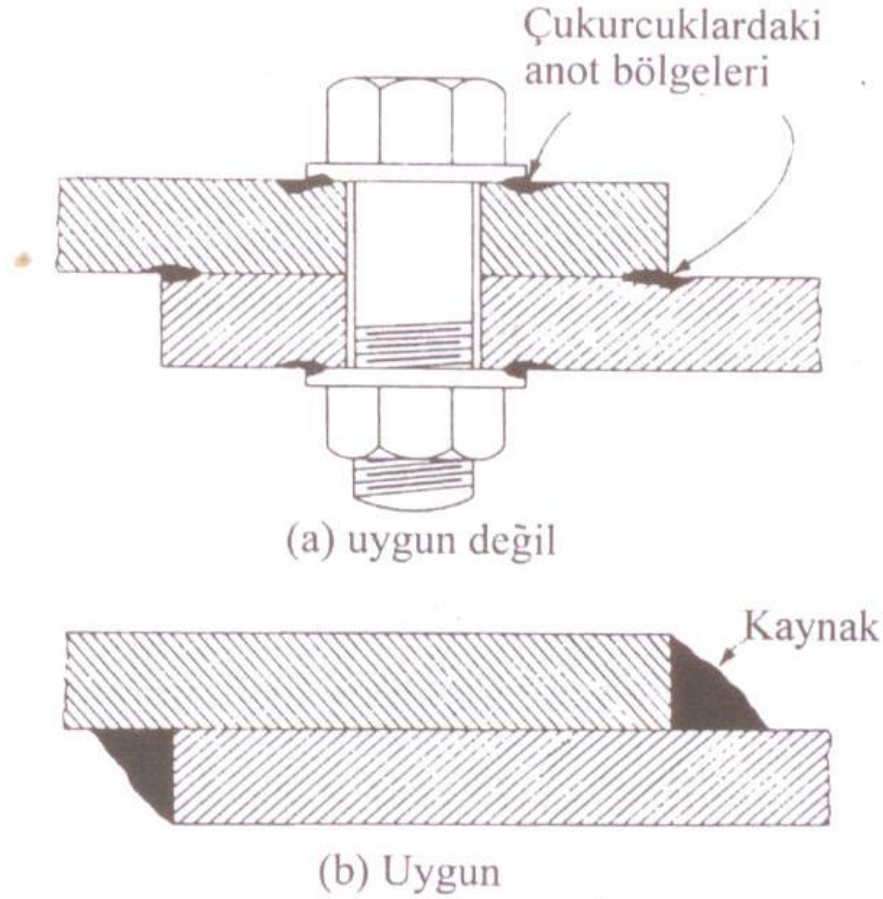


(a)



(b)

Cathodic protection of a buried steel pipeline: (a) A sacrificial magnesium anode assures that the galvanic cell makes the pipeline the cathode. (b) An impressed voltage between a scrap iron auxiliary anode and the pipeline assures that the pipeline is the cathode.



Şekil 9.9 (a) Civatalı bağlama nedeniyle levhalar arasında oluşan korozyon çatlağı ve (b) korozyonun önlenmesi için tavsiye edilen kaynak bağlantısı

Korozyon Önleyici (İnhibitör) Kullanımı

- Korozyon önleyicileri, korozif etkiyi azaltmak veya önlemek için korozyon ortamına katılan maddelerdir.
- Çoğu durumlarda metal yüzeyinde koruyucu bir tabaka oluşturarak korozyonu önlerler.
- Otomobil radyatörlerinde kullanılan antrifriz karışımının içine veya ısıtma sisteminde kullanılan suyun içerisine inhibitör katılır.
- Örneğin; korozyon ortamına oksit yapıcı maddeler katılarak alüminyum, krom ve mangan gibi metallerin yüzeylerinde oksit filmleri oluşturulur ve böylece bu metallerin korozyondan korunması sağlanır.

9.5.7 Yüzey Kaplama

Yüzey kaplamaları; metal kaplamalar ve metal olmayan kaplamalar olmak üzere iki gruba ayrılabilir.

9.5.7.1 Metal Kaplamalar

Metal kaplamalar sıcak daldırma, elektrokaplama, difüzyon ve mekanik kaplama gibi yöntemlerle yapılır. Pratikte korozyona karşı en çok çinko ya da alüminyum kaplama kullanılır. Sıvı metale daldırma yöntemi, esas olarak çeliğin çinko, kalay, kadmiyum, alüminyum veya kurşun ile kaplanması için uygulanır ve bu yöntemin çok geniş uygulama alanı vardır.

Galvanizasyon olarak bilinen çinko kaplama, daha çok çelik malzemelere uygulanır. Atmosfere açık ortamda kullanılan çatı malzemeleri, levhalar, tel ve tel ürünleri, çelik sacdan üretilen malzemeler, borular, buhar kazanları ve yapı çelikleri genelde çinko kaplanır. Çeliğin ısıya ve korozyona karşı dayanımını artırmak için de alüminyum kaplama kullanılır. Çinko kaplama yerine bazen kadmiyum kaplama kullanılır, ancak bu kaplama atmosfere açık ortamlarda çinko kaplama kadar iyi sonuç vermez. Bazı makina parçalarının veya çeşitli aletlerin korozyon ve aşınma dirençlerini artırmak ve görünümünü iyileştirmek için de krom kaplama yapılır. Krom kaplama daha çok otomobil parçalarına, su tesisatlarına, metal eşyalara ve çeşitli aletlere uygulanır. Nikel kaplamalar esas olarak krom, gümüş, altın ve rodyum kaplamaların altında bir tabaka olarak kullanılır. Nikel korozyona karşı dayanıklıdır, ancak atmosferden etkilenecek matlaşır. Bakır kaplama, özellikle çinko esaslı dökümlerde, nikel ve krom kaplamaların altında kullanılır.

Metal Olmayan Kaplamalar

- Boya ve organik maddeler içeren metal olmayana diğer kaplamalar, esas olarak parça yüzeylerinin korunması ve görünümlerinin iyileştirilmesi için kullanılır.
- Boya, malzeme yüzeyinde koruyucu bir film oluşturur. Bu film çatlamadığı veya soyulmadığı sürece metal malzemeyi korur.
- Metal malzemenin içerisinde bulundukları ortamlarla reaksiyona girmeleri sonucunda da yüzeylerinde toz veya oksit filmi oluşur.
- Bu filmler koruyucu kaplama görevi yaparlar