



MECANISMOS DA CORROSÃO

Professor Ruy Alexandre Generoso

MECANISMOS DA CORROSÃO

De acordo com o meio corrosivo e o material, podem ser apresentados diferentes mecanismos. Os principais são:

MECANISMO QUÍMICO

MECANISMO ELETROQUÍMICO

MECANISMO QUÍMICO

Há reações químicas diretas entre o material metálico, ou não metálico, e o meio corrosivo, não havendo geração de corrente elétrica. Sendo os casos mais comuns:

- Corrosão de material metálico, em temperaturas elevadas, por gases ou vapores e em ausência de umidade (corrosão seca)**
- Corrosão em solventes orgânicos isentos de água**
- Corrosão de materiais não-metálicos**
- Reação com o oxigênio (oxidação seca)**
- Formação de compostos químicos**

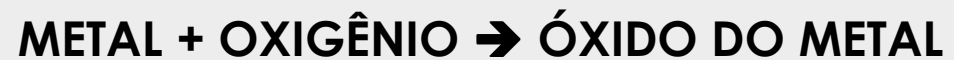
EXEMPLOS DE MECANISMO QUÍMICO

- **Ataque de metais, como níquel (Ni), por monóxido de carbono (CO) com formação de carbonila de níquel Ni(CO)₄**
- **Ataque de metais, como ferro (Fe), alumínio (Al) e cobre (Cu), por cloro (Cl) em temperaturas elevadas, com formação de cloretos**
- **Ataque de metais por solventes orgânicos, na ausência de água**
- **Ataque de borracha, por Ozônio (O₃), havendo oxidação da borracha com perda da elasticidade**
- **Deterioração do concreto por sulfato (SO₄²⁻)**

MECANISMO QUÍMICO – Oxidação Seca

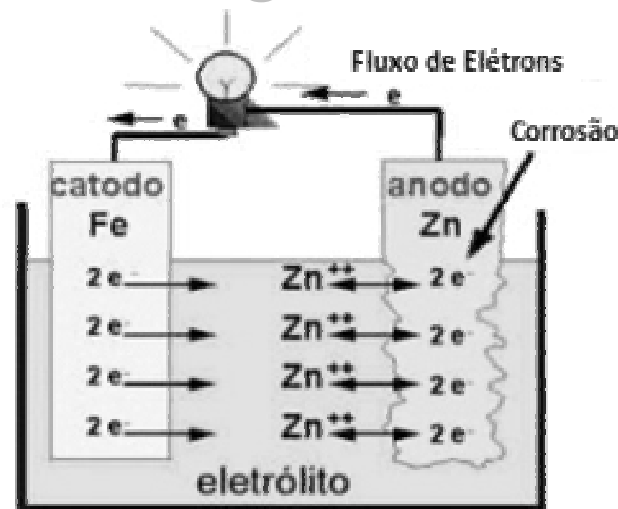
A oxidação ao ar seco não se constitui corrosão eletroquímica porque não há eletrólito (solução aquosa para permitir o movimento dos íons).

Reação genérica da oxidação seca:



CORROSÃO ELETROQUÍMICA

O processo de corrosão eletroquímica é devido ao fluxo de elétrons, que se desloca de uma área da superfície metálica para a outra. Esse movimento de elétrons é devido a diferença de potencial, de natureza eletroquímica, que se estabelece entre as regiões.



CORROSÃO ELETROQUÍMICA

As reações que ocorrem na corrosão eletroquímica envolvem transferência de elétrons. Portanto, são reações anódicas e catódicas (reações de Oxidação e Redução)

A corrosão eletroquímica envolve a presença de uma solução que permite o movimento dos íons.

MECANISMO ELETROQUÍMICO

Principais Mecanismos:

- Corrosão em água ou soluções aquosas
- Corrosão atmosférica
- Corrosão no solo
- Corrosão em sais fundidos

MECANISMO ELETROQUÍMICO

Tipos de Pilhas ou Células Eletroquímicas

- a)** Pilha de corrosão formada por materiais de natureza química diferente;
- b)** Pilha de corrosão formada pelo mesmo material, mas de eletrólitos de concentração diferente;
- c)** Pilha de corrosão formada pelo mesmo material e mesmo eletrólito, porém com teores de gases dissolvidos diferente;
- d)** Pilha de corrosão em temperaturas diferente.

PILHA DE CORROSÃO:

Materiais de natureza química diferente

- Também conhecida como **corrosão galvânica**
- A diferença de potencial que leva à corrosão eletroquímica é devido ao contato de dois materiais de natureza química diferente em presença de um eletrólito

Exemplo: *Uma peça de Cobre e outra de Ferro em contato com a água salgada. O Ferro tem maior tendência de se oxidar que o Cobre, então o Ferro sofrerá corrosão intensa.*

PILHA DE CORROSÃO:

Materiais de natureza química diferente

Meios de prevenção contra corrosão galvânica:

- Evitar contato metal-metal → coloca-se entre os mesmos um material não-condutor (isolante);
- Usar Inibidores → Usado principalmente em equipamentos químicos onde haja líquido agressivo.

PILHA DE CORROSÃO:

Mesmo material e eletrólitos de concentração diferente

Dependendo das condições de trabalho, funcionará como:

- **ÂNODO:** o material que tiver imerso na solução diluída;
- **CÁTODO:** o material que tiver imerso na solução mais concentrada.

PILHA DE CORROSÃO:

Mesmo material e eletrólito, porém com teores de gases dissolvidos diferentes

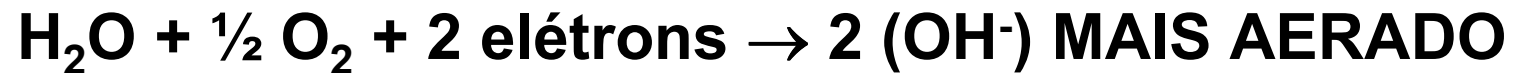
É também chamada de corrosão por aeração diferenciada.

Observa-se que quando o oxigênio do ar tem acesso à superfície úmida do metal a corrosão aumenta, sendo **MAIS INTENSA NA PARTE COM DEFICIÊNCIA EM OXIGÊNIO.**

PILHA DE CORROSÃO:

Mesmo material e eletrólito, porém com teores de gases dissolvidos diferentes

No cátodo:



Os elétrons para a redução da água vêm das áreas deficientes em oxigênio.

No ânodo:

Ocorre a oxidação do material nas áreas menos aeradas.

PILHA DE CORROSÃO:

Mesmo material e eletrólito, porém com teores de gases dissolvidos diferentes

- Sujeiras, trincas, fissuras, etc. atuam como focos para a corrosão (levando à corrosão localizada) porque são regiões menos aeradas.
- O acúmulo de sujeiras, óxidos (ferrugem) dificultam a passagem de Oxigênio agravando a corrosão.

PILHA DE CORROSÃO:

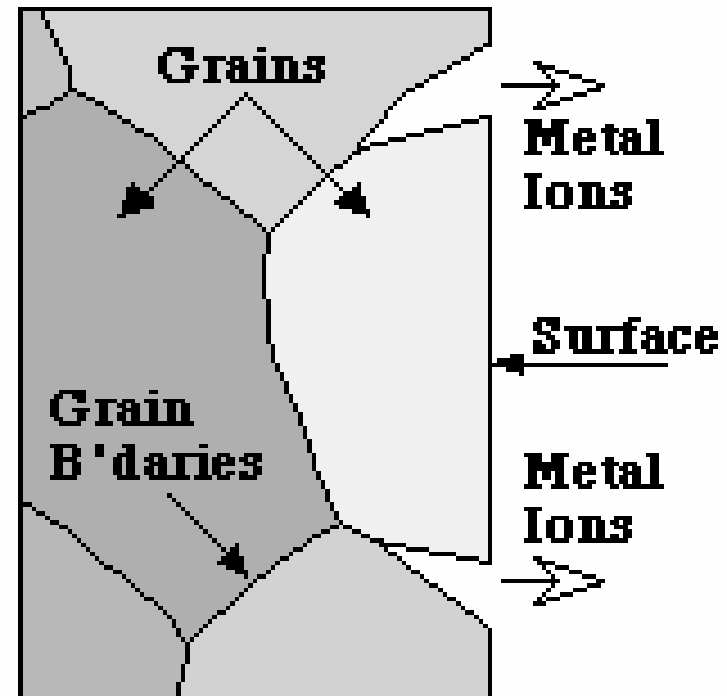
Diferentes temperaturas

- Em geral, o aumento da temperatura aumenta a velocidade de corrosão, porque aumenta a difusão.
- Por outro lado, a temperatura também pode diminuir a velocidade de corrosão através da eliminação de gases, como O_2 por exemplo.

EFEITOS DA MICROESTRUTURA

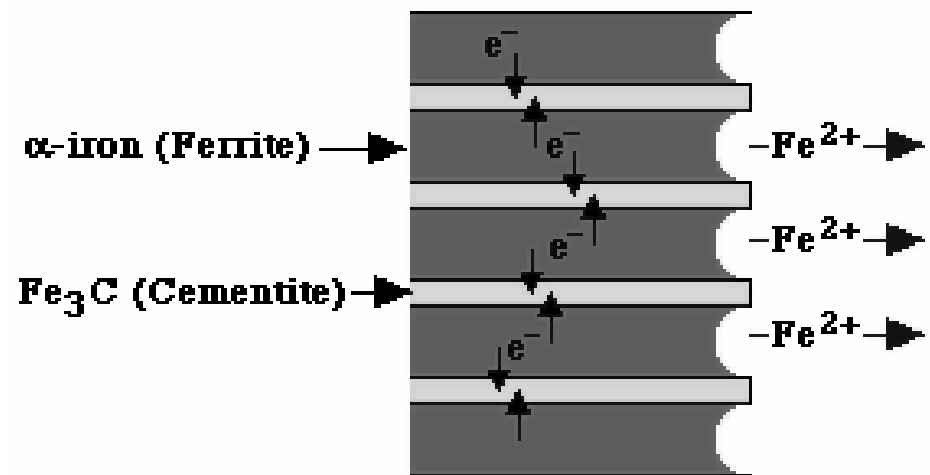
Corrosão Intergranular

O **contorno de grão** funciona como região anódica, devido ao grande número de discordâncias presentes nessa região.



EFEITOS DA MICROESTRUTURA

A presença de diferentes **fases** no material, leva a diferentes f.e.m e com isso, na presença de meios líquidos, pode ocorrer corrosão preferencial de uma dessas fases.



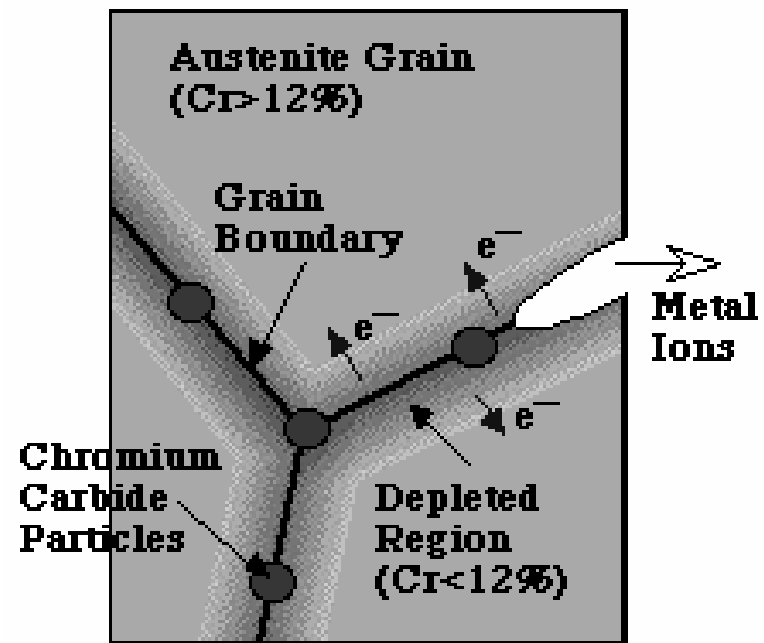
EFEITOS DA MICROESTRUTURA

Diferenças

composicionais levam a diferentes potenciais químicos e com isso, na presença de meios líquidos, pode ocorrer corrosão localizada.

Ocorre em soldas de inox (sensitização ou "*weld decay*")

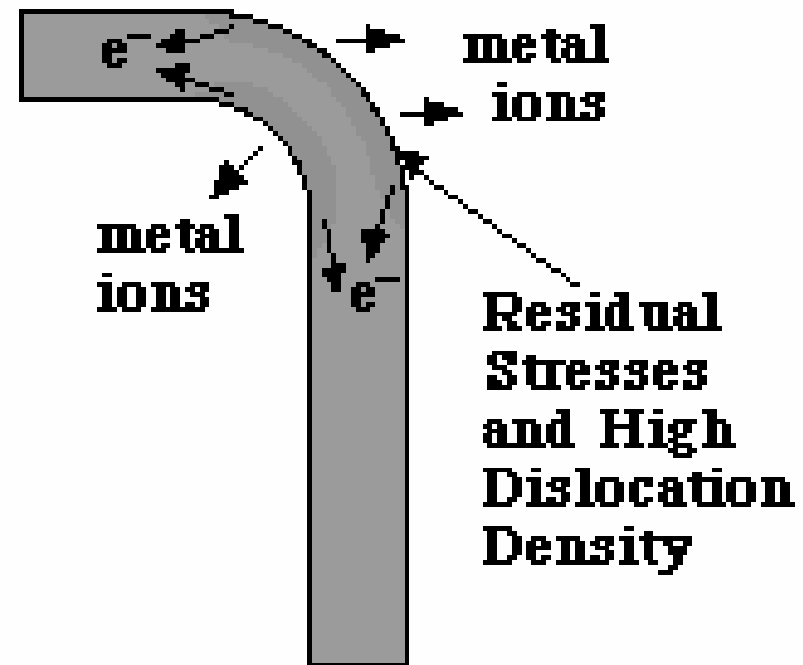
Exemplo: Corrosão intergranular no Aço inox



EFEITO DE FORÇAS MECÂNICAS

A presença de tensões leva a diferentes f.e.m e, na presença de meios líquidos, pode ocorrer corrosão localizada.

A região tensionada tem um maior número de discordâncias, e o material fica mais reativo.



Ex.: região de solda, dobras, etc.

EFEITOS DA MICROESTRUTURA

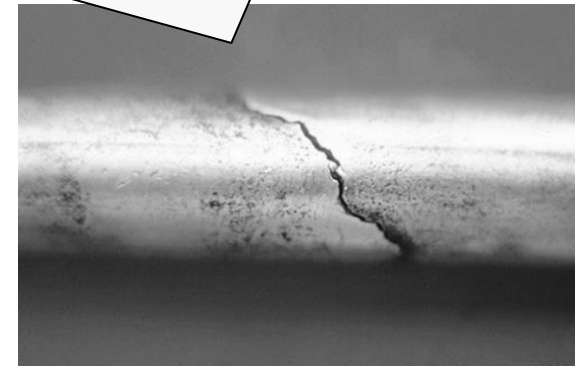
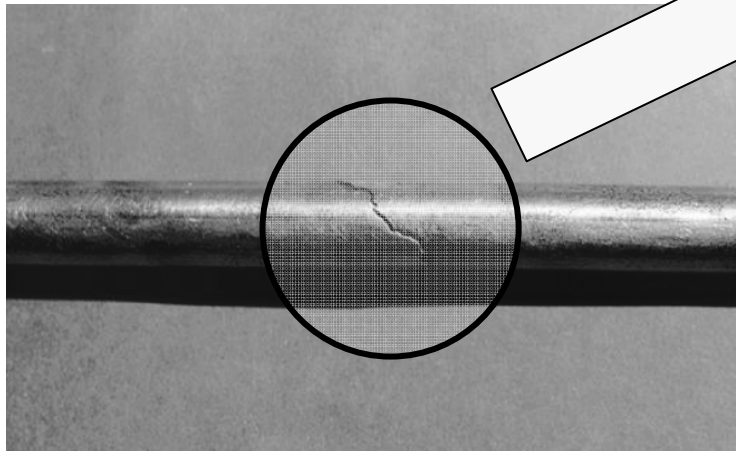
EXEMPLOS DE CORROSÃO SOB TENSÃO



Trecho de tubo de aço inoxidável AISI 304 com corrosão sob tensão fraturante em meio de cloreto

EFEITOS DA MICROESTRUTURA

EXEMPLOS DE CORROSÃO SOB TENSÃO



Trecho de tubo de aço inoxidável AISI 304 com corrosão sob tensão fraturante em meio de cloreto

EFEITOS DA MICROESTRUTURA

- **Trincas, cavidades ou poros** também funcionam como regiões anódicas.
- Ou **corrosão em frestas**: regiões com baixa circulação de líquido (estagnação de fluido) e baixa aeração. O O_2 é consumido, havendo a liberação de H^+ e Cl^- , que são corrosivos, mesmo para materiais normalmente passivados.
- Formas de evitar: evitar juntas rebitadas ou parafusadas, preferir juntas soldadas.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

PRINCIPAIS MEIOS:

- Pinturas ou vernizes
- Recobrimento do metal com outro metal mais resistente à corrosão (não galvânica)
- Recobrimento com um metal menos resistente à corrosão (galvanização)
- Proteção eletrolítica ou proteção catódica

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Pinturas ou Vernizes

Separa o metal do meio.

Características da pintura sobre corrosão:

- **Ação anti-corrosiva:** “*primers*” e tintas anti-corrosivas (a base de zinco);
- **Aderência:** fundamental para evitar a propagação da corrosão, caso a pintura seja riscada, a corrosão fica restrita ao risco e não se propaga sob a camada de tinta;
- **Flexibilidade:** para caso de dobramentos, flexões e mesmo para as contrações e dilatações devido à variação da temperatura;
- **Impermeabilidade:** evitar que vapor d’água, oxigênio e outros gases corrosivos permeiem através da pintura ate o metal.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Recobrimento do Metal com outro Metal
mais Resistente à Corrosão

Separa o metal do meio;

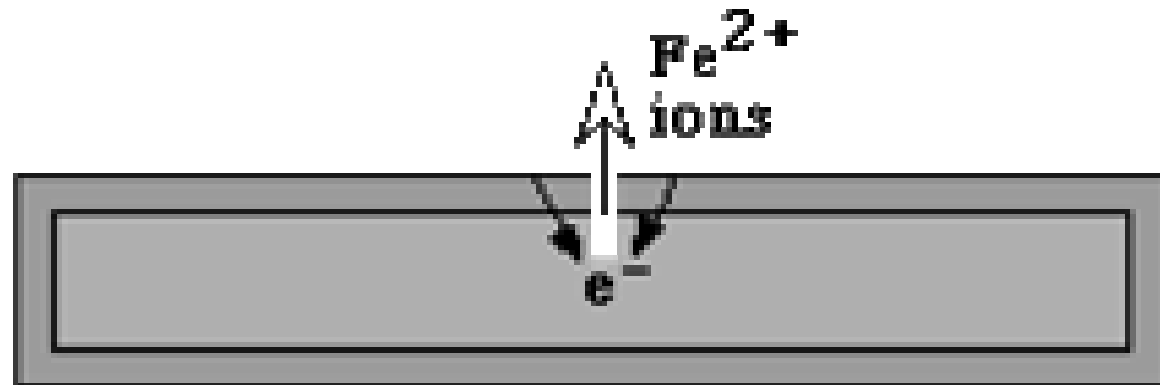
Ex.: Cromagem, folhas de flandres, Niquelagem, revestimento de arames com Cobre, etc.;

Dependendo do revestimento e do material revestido, pode haver formação de uma pilha de corrosão quando houver rompimento do revestimento em algum ponto, acelerando a corrosão.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

PROTEÇÃO NÃO-GALVÂNICA

Folha de flandes \Rightarrow Estanho - Ferro (Sn-Fe)



Tin Coating on Steel (Tinplate)

Folhas de flandes: São folhas finas de aço revestidas com estanho que são usadas na fabricação de latas para a indústria alimentícia. O estanho atua como ânodo somente até haver rompimento da camada protetora em algum ponto. Depois de rompido, atua como cátodo, fazendo então que o aço atue como ânodo, corroendo-se

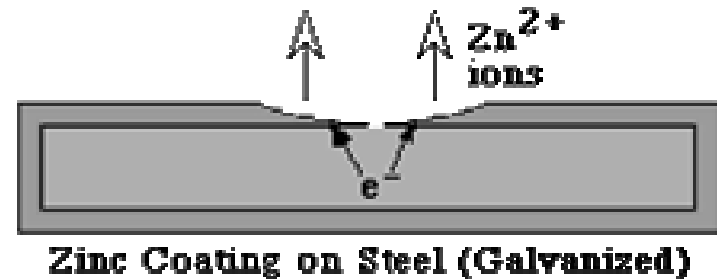
PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Recobrimento do Metal com outro Metal
menos Resistente à Corrosão

PROTEÇÃO GALVÂNICA

Separa o metal do meio

Ex.: Recobrimento do aço com Zinco;



O Zinco é mais suscetível à corrosão que o Ferro, então enquanto houver Zinco, o aço ou ferro estará protegido.

Como a área recoberta de Zn é grande, a corrosão é bem lenta na camada de Zn.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Proteção Eletrolítica ou Proteção Catódica

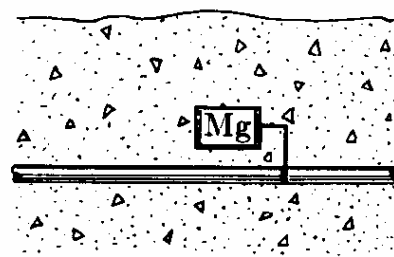
Utiliza-se o processo de formação de pares metálicos (**um é de sacrifício**), que consiste em unir-se intimamente o metal a ser protegido com o metal protetor, o qual deve apresentar uma maior tendência de sofrer corrosão.



PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

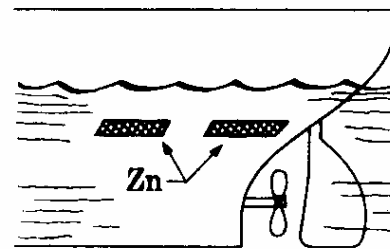
Formação de Pares Metálicos

É muito comum usar ânodos de sacrifícios em tubulações de ferro ou aço em subsolo e em navios e tanques.



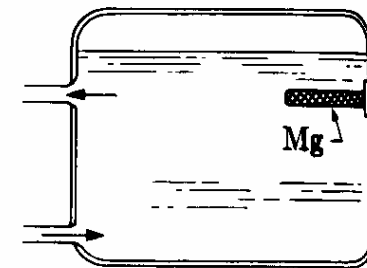
Cano subterrâneo

(a)



Navio

(b)



Tanque de água

(c)

Fig. 12-28. Ânodos de sacrifício. (a) Placas de magnésio enterradas ao longo de um oleoduto. (b) Placas de zinco em casco de navio (b) Barra de magnésio em um tanque industrial de água quente. Todos esses ânodos de sacrifício podem ser facilmente substituídos.

PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

Ânodos de Sacrifício mais Comuns para Ferro e Aço

- Zinco (Zn)
- Alumínio (Al)
- Magnésio (Mg)

