

| 3. Corrosão – Mecanismos, Prevenção e Teste |   |
|---|---|
| GalvInfoNote                                | <b>Corrosão Eletrolítica/Galvânica em Chapas Galvanizadas (incluindo Aresta de Corte)</b> |
| <b>3.6</b>                                  |   |
|   | Rev1. 0jan 2013   |

## Corrosão/Proteção Galvânica

As reações de corrosão exigem quatro componentes: um anodo, um catodo, um circuito elétrico e um eletrólito. A corrosão galvânica é a corrosão que acontece quando dois metais distintos com potenciais distintos são colocados em contato elétrico em um eletrólito. A diferença que existe no potencial elétrico entre os metais distintos serve como força propulsora para que a corrente elétrica circule pelo eletrólito. Esta corrente resulta na corrosão de um dos metais. Quanto maior a diferença entre potenciais, maior a probabilidade de corrosão galvânica. A corrosão galvânica somente causa a deterioração de um dos metais. O metal menos resistente e ativo se torna um local de corrosão anódica. O metal mais forte e inerte é catódico e fica protegido.

O eletrólito é quase sempre um meio aquoso que conduz eletricidade. Pode ser qualquer tipo de umidade que esteja em contato com os dois metais, incluindo condensados, orvalhos, chuvas, massas de água (enchentes, etc.), resíduos úmidos em contato com os dois metais, umidade no solo, etc.

*Quando o zinco e o aço estão em contato na presença de um eletrólito, uma corrente passará do aço para o zinco, que se torna uma região anódica produtora de elétrons<sup>1</sup> enquanto que o aço se torna uma região catódica e consome os elétrons, impedindo que ele se combine com o oxigênio e forme ferrugem. O revestimento de zinco também funciona como uma barreira, protegendo ainda mais o aço.*

Consulte a GalvInfoNote 3.1 para mais informações sobre proteção galvânica e de barreira do aço pelo zinco a razão pela qual um metal ativo, como o zinco, possui um índice de corrosão atmosférica tão baixo, quando comparado com os índices do ferro e do aço.

## Corrosão Eletrolítica

O fato de o zinco proteger galvanicamente o aço e o ferro é um acontecimento fortuito na batalha incessante do ser humano contra a corrosão. Ele prolonga a vida de componentes de aço em razões de 10 a 100. Pares galvânicos também são o princípio que faz com que todas as baterias produzam correntes elétricas. No entanto, em muitas situações os pares galvânicos podem causar problemas. O termo por vezes utilizado para descrever este resultado negativo é "corrosão eletrolítica". Até mesmo um pequeno pedaço de zinco pode ser consumido muito rapidamente quando conectado eletricamente a um pedaço maior de aço na presença de um eletrólito, devido ao alto índice de fluxo de elétrons do zinco para o aço.

Devido ao fato de o cobre ser muito mais inerte que o zinco, este último pode corroer muito rapidamente num par eletrolítico destes dois metais (Consulte Tabela 1). Em certas situações, eles nem precisam estar em contato elétrico. Quando um metal inerte, como o cobre, corrói e se dissolve ligeiramente em água que depois transborda para um metal menos inerte, como o zinco, o cobre vai reagir com o zinco e substituí-lo em um par eletrolítico. As situações de 'contato' e 'transbordamento' estão ilustradas na Imagem 1. Em locais onde tubos de cobre passam pela armação galvanizada de aparelhos de ar condicionado, a corrosão é severa, mas ela é menor em locais onde a água condensada com cobre pinga sobre partes da armação que não estão em contato com os tubos.



- Imagem 1. Corrosão Galvânica (Eletrolítica) em aparelho de ar condicionado

## Corrosão Galvânica/Eletrolítica do Zinco na Atmosfera

Com exceção do alumínio e do magnésio, a corrosão do zinco aumenta ao ser eletricamente ligado a outros metais comuns. Dependendo do metal ao qual está ligado e do tipo de atmosfera, a corrosão galvânica pode ser até 5 vezes maior do que o índice normal de corrosão do zinco em áreas rurais e até 3 vezes maior do que em ambientes marinhos. O índice de corrosão do zinco diminui quando ele se liga ao alumínio em atmosferas urbanas e marinhas e ao magnésio em todas as atmosferas<sup>2</sup>. O zinco e o alumínio são materiais compatíveis galvanicamente em ambientes atmosféricos. Isto é, quando estes dois metais estão em contato direto, haverá muito pouca corrosão galvânica resultante deste par, em qualquer um dos metais em união<sup>3</sup>.

A tabela 14 mostra a corrosão galvânica do zinco pareado com diferentes metais. Dentre eles, o aço macio age como o material catódico mais eficiente, em grande parte devido à volumosa corrosão, que pode absorver poluentes e reter umidade, resultando no aparecimento de um eletrólito agressivo de boa condutividade.

- Tabela 1 Índice de corrosão galvânica do zinco pareado com outros metais comerciais comuns em diferentes atmosferas ( $\mu\text{m}/\text{y}$ )

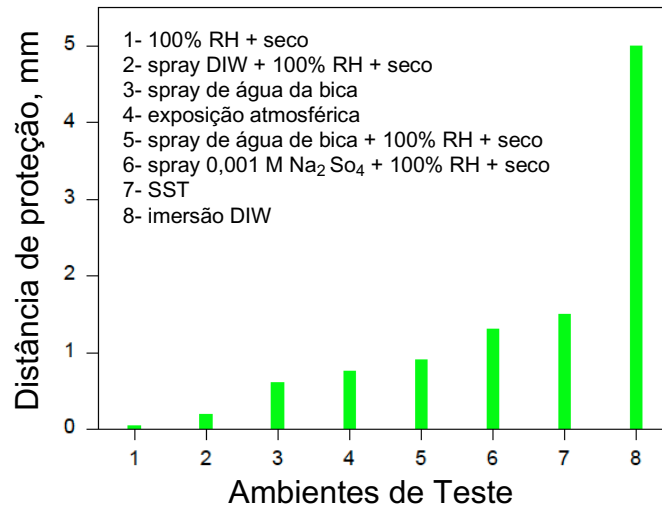
| Liga                       | Rural | Urbana | Marinha |
|----------------------------|-------|--------|---------|
| Zinco livremente expandido | 0,5   | 2,4    | 1,3     |
| Aço doce                   | 3,0   | 3,3    | 3,9     |
| Aço inoxidável             | 1,1   | 1,8    | 2,0     |
| Cobre                      | 2,2   | 2,0    | 3,2     |
| Chumbo                     | 1,6   | 2,4    | 3,4     |
| Níquel                     | 1,5   | 1,9    | 2,8     |
| Alumínio                   | 0,4   | 1,1    | 1,1     |
| Alumínio anódico           | 0,9   | 1,9    | 1,0     |
| Estanho                    | 1,0   | 2,6    | 2,4     |
| Cromo                      | 0,7   | 1,4    | 1,9     |
| Magnésio                   | 0,02  | 0,04   | 1,1     |

## Corrosão em Arestas de Corte

A corrosão galvânica de aço galvanizado ocorre em áreas nas quais o aço abaixo do zinco se encontra exposto, como arestas de corte, goivas ou arranhões. Nestas áreas, o aço exposto é catodicamente protegido enquanto o revestimento de zinco ao redor é galvanicamente corroído. No entanto, na maioria dos casos, a quantidade de revestimento perdido por conta da corrosão galvânica, quando comparada à corrosão normal, é pequena, pois as áreas de aço expostas são geralmente muito pequenas para causar corrosão significativa da superfície de zinco, que é relativamente bem maior. Como resultado, o índice de corrosão atmosférica, incluindo corrosão normal e galvânica, de um revestimento de zinco é normalmente muito parecido ao do zinco desligado. Quanto maior a razão entre o anodo (zinco) e o catodo (aço), melhor será a proteção oferecida, já que existe um fornecimento suficiente de elétrons para evitar a oxidação do catodo.

Qual é a quantidade de aço exposto protegido pelo zinco adjacente, isto é, qual a distância de proteção oferecida pelo zinco? A distância de proteção (PD) é essencialmente determinada pela queda de potencial na direção lateral no eletrólito resultante do fluxo de corrente do zinco para o aço<sup>5</sup>. A distância de proteção exata de um dado conjunto geométrico depende do ambiente específico, como mostrado na Figura 1, enquanto a Figura 2 é um esquema do fenômeno de distância de proteção. A distância de proteção aumenta à medida que a condutividade e a viscosidade do eletrólito aumentam. Observe que a ação galvânica entre o zinco e o aço sob exposição atmosférica se estende somente por uma distância muito curta.

## Distância de Proteção



- Figura 1 Distância de proteção do zinco no aço em vários ambientes.



- Figura 2 Esquema de distância de proteção do zinco no aço

A habilidade de um revestimento de zinco em proteger aço exposto numa aresta de corte está na Figura 3<sup>6</sup>.

A aresta de uma chapa com 1 mm de espessura permanece essencialmente livre de ferrugem após 6 meses de exposição atmosférica, enquanto uma amostra de uma chapa com 2.3 mm de espessura que exhibe ferrugem após 2 semanas, apresenta ferrugem mais severa no centro da espessura após 3 meses e, curiosamente, apresenta menos ferrugem depois de 6 meses. Esta aparente "auto-cura" é provavelmente resultante de produtos da corrosão do zinco, como complexos de carbonato de zinco, que limpam a camada de zinco e se aderem ao aço exposto, proporcionando proteção adicional durante o processo.

|                 | Espessura | Depois de 2 semanas | Depois de 3 meses | Depois de 6 meses |
|-----------------|-----------|---------------------|-------------------|-------------------|
| Aço Galvanizado | 1,0mm     |                     |                   |                   |
|                 | 2,3mm     |                     |                   |                   |

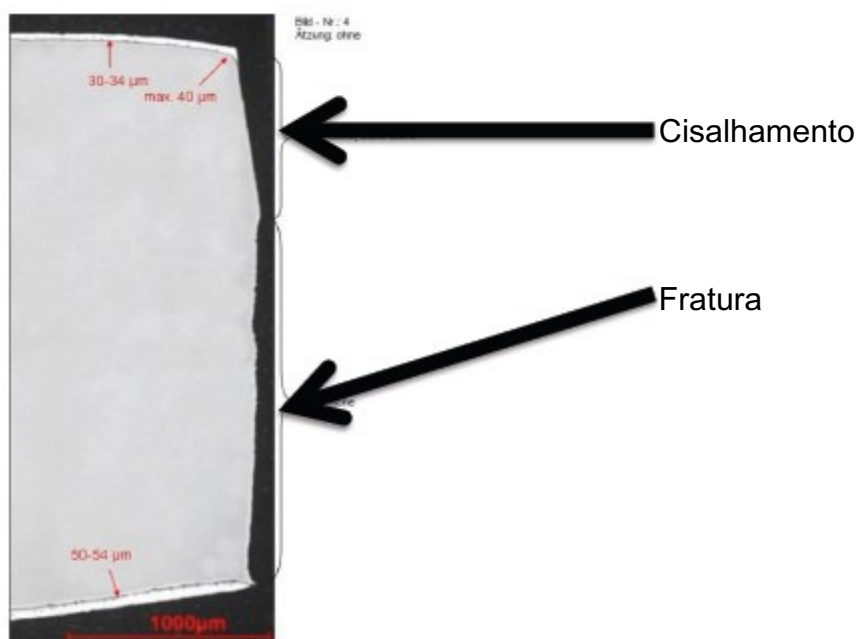
Aparência de arestas após teste de exposição atmosférica

- Figura 3 Corrosão de aresta de aço exposta de chapa com revestimento de 90/90 g/m após exposição atmosférica

## Tipos de Aresta em chapas galvanizadas

Se uma chapa continuamente galvanizada é utilizada em sua forma básica, com largura plena, a aresta de corte só aparece quando os comprimentos são cortados a partir de uma bobina. Na fabricação de peças menores, o aço é cortado em partes muito menores, que por sua vez criam muito mais arestas expostas.

O método mais comum de corte é o cisalhamento. É acompanhado pelo uso de lâminas retas, tesouras rotativas ou matrizes de recortes/furos. O cisalhamento da chapa de aço, quando feito adequadamente, produz uma face de corte que é quase perpendicular à superfície da chapa. Esta face de corte é formada por um terço de corte de cisalhamento e dois terços de fratura, com muito pouca ou nenhuma rebarba. A Imagem 2 mostra a configuração de uma boa aresta de corte por tesoura rotativa.



- Imagem 2: Aresta cortada por tesouras rotativas de chapa com revestimento de ~3mm mostrando as regiões de cisalhamento e fratura<sup>7</sup>.

Estudos demonstraram<sup>7</sup> que o cisalhamento de chapa galvanizada pode "espalhar" um pouco do zinco da superfície sobre a porção de 1/3 de cisalhamento da face de corte, embora o zinco não esteja evidente na Imagem 2. Embora a espessura do zinco que pode ser espalhado seja muito menor do que a que se encontra na superfície, se ele estiver presente, ele oferece uma proteção adicional que consegue manter a porção cisalhada da aresta livre de ferrugem por um período de tempo maior do que se ele não estivesse presente. Mesmo se houver um pouco de espalhamento de zinco, com sua massa reduzida, o nível de proteção

oferecido é pequeno e cosmético. O grosso da proteção galvânica da aresta se origina da grande massa de zinco próximo, na superfície da chapa.

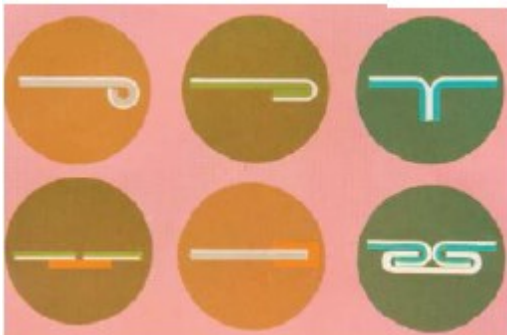
Se o cisalhamento não for bem feito e se a aresta tiver alguma rebarba saliente, esta protrusão normalmente se encontra longe do revestimento de zinco; portanto, pode ocorrer ferrugem rapidamente, resultando em uma aparência pobre e talvez até inaceitável.

#### Utilidade das arestas de corte

Embora os níveis de ferrugem em arestas de corte que ocorrem até nas chapas galvanizadas mais bem cortadas possam ser esteticamente inaceitável, tal corrosão não diminui a integridade estrutural do componente. Além disso, até que o zinco na superfície próxima à aresta de corte tenha sido consumido, o nível de ferrugem mudará muito pouco. Para chapas finas (< 1 mm), uma aresta de corte pode permanecer livre de ferrugem durante o tempo de vida do componente na maior parte dos ambientes. A Imagem 3 ilustra um componente galvanizado relativamente espesso com corrosão visível na aresta de corte, que provavelmente não vai piorar durante todo seu período de vida útil. Embora esta aresta não seja atraente, ela ainda é funcional.



Imagem 3 Ferrugem de aresta em um componente galvanizado



Para aplicações em que a estética é importante e as manchas de ferrugem de corrosão superficial seriam um problema, pode-se aplicar<sup>8</sup> um design estratégico. Isso está ilustrado na Figura 4, onde aparas, fitas adesivas ou flanges laminados podem ser usados para esconder as arestas.

- Figura 4 Designs para esconder arestas

## Resumo

É um grande benefício para a sociedade moderna o fato de que um metal eletroquimicamente ativo como o zinco possa oferecer proteção contra corrosão ao aço em longo prazo. Isso se dá por meio de uma proteção galvânica, que age como um revestimento de barreira. Embora as propriedades galvânicas do zinco possam proteger áreas expostas de aço, como arestas de corte, em aços galvanizados, elas também podem resultar numa rápida corrosão eletrolítica do zinco se ele entrar em contato com um metal mais inerte, como cobre, na presença de um eletrólito.

Copyright © 2013 - IZA

---

### Isenção de Responsabilidade:

Artigos, relatórios de pesquisas e dados técnicos são fornecidos apenas para fins informativos. Embora os editores esforcem-se para fornecer informações precisas e atuais, a Associação Internacional de Zinco não abona os resultados das pesquisas e informações relatadas neste comunicado e se isenta de toda e qualquer responsabilidade por danos resultantes da confiança nos resultados relatados ou outras informações contidas neste comunicado, incluindo, mas não limitando a, danos acidentais ou consequentes.

---

<sup>1</sup> Porter, Frank C., Corrosion Resistance of Zinc and Zinc Alloys, Marcel Dekker, Inc., New York, 1994, p. 84

<sup>2</sup> Zhang, X. Gregory, Corrosion and Electrochemistry of Zinc, Plenum Press, New York, 1996, p. 209

<sup>3</sup> Galvanic Compatibility of Galvanized Steel and Aluminum, Zhang, X.G., CSSBI, Technical Bulletin, Volume 2, Number 2, March 1999

<sup>4</sup> Zhang, 1996, Op. Cit., p. 210

<sup>5</sup> Zhang, 1996, Op. Cit., p. 213

<sup>6</sup> Zermout, Z., Richter, A., de Bruycker, e., Cut edge corrosion of metallic coated steel, Dusseldorf, 30-31 May 2006, Arcelor

<sup>7</sup> Andrew, T. O., Edge Protection by Zinc, Product Development Technical Digest, BSC, March, 1986

<sup>8</sup> Ibid