

UTILIZAÇÃO DE ANODOS GALVÂNICOS PARA A PROTEÇÃO CATÓDICA DE ARMADURAS DE REFORÇO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Luiz Paulo Gomes

Diretor / Empresa: IEC-Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda.
LPgomes@iecengenharia.com.br

Abstract

Concrete while new and in good conditions has high pH and high electrical resistivity. These features provide excellent corrosion protection for the reinforcing steel rebars. Over time, concrete can absorb water, CO₂, chlorides and other pollutants. This contamination reduces the pH and electrical resistivity of the concrete.

When this happens the concrete turns into an excellent electrolyte, allowing the operation of the corrosion cells. To protect the rebars against corrosion an important solution is the use of galvanic anodes, specially developed for this purpose. Anodes can be installed with exposed rebars (during construction and during structural recovery services) or without the need to break the structure to expose the rebars.

Resumo

O concreto enquanto novo e em bom estado possui pH elevado e alta resistividade elétrica. Essas características conferem excelente proteção contra a corrosão para as ferragens de reforço nele embutidas. Com o passar do tempo o concreto pode absorver água, CO₂, cloretos e outros poluentes. Essa contaminação reduz o pH e a resistividade elétrica do concreto.

Quando isso acontece o concreto se transforma em um excelente eletrólito, permitindo o funcionamento das pilhas de corrosão. Para proteger as ferragens contra a corrosão uma solução importante consiste na utilização de anodos galvânicos, desenvolvidos especialmente para essa finalidade. Os anodos podem ser instalados com as armaduras de aço expostas (durante a construção e durante os serviços de recuperação estrutural) ou sem a necessidade de quebrar o concreto para deixar as ferragens aparentes.

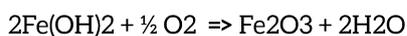
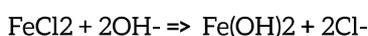
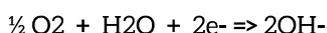
Palavras-chave: Ensaios Cíclicos de Corrosão em Pinturas

Como as ferragens se corroem

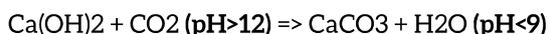
A absorção de água, cloretos, CO₂ e outros poluentes é muito comum de acontecer, sendo a principal causa de deterioração das obras de concreto.

A água, os cloretos e os poluentes de um modo geral diminuem a resistividade elétrica do concreto, permitindo que as pilhas de corrosão funcionem com facilidade.

As equações de corrosão, nesses casos, são bastante conhecidas:



Já a absorção de CO₂ provoca a carbonatação do concreto, diminuindo o pH e despassivando o aço, de acordo com a equação abaixo, também muito conhecida:



O produto de corrosão formado ocupa um volume muito maior que a massa de ferragem corroída e o concreto estoura, permitindo a entrada de mais água, cloretos, CO₂ e poluentes, alimentando o processo de corrosão.

As fotos a seguir são bastante ilustrativas. Todos nós estamos acostumados a observar essa

situação em pontes, viadutos e edificações de um modo geral.

Como proteger as ferragens

Para proteger as ferragens contra a corrosão uma solução importante consiste na utilização de anodos galvânicos de liga de zinco de alto potencial, fabricados especialmente para essa finalidade.

Esses anodos foram desenvolvidos pela Vector-Corrosion Technologies, que utiliza um encapsulamento especial com argamassa apropriada de pH elevado, com a finalidade de mantê-los permanente ativados dentro do concreto.

Experiências práticas mostram que os anodos de zinco, quando utilizados diretamente em contato com o concreto, sem o encapsulamento, ficam passivados em pouco tempo, deixam de funcionar corretamente e não fornecem proteção adequada às armaduras. Por esse motivo os anodos nunca devem ser instalados diretamente em contato com concreto, sem esse encapsulamento, sob pena de tornarem-se imprestáveis.

O núcleo de cada anodo é fundido com uma alma de arame recozido, para permitir que sejam amarrados nas ferragens com facilidade. Esses anodos podem ser fabricados em vários tipos, formatos e tamanhos, dependendo da aplicação que se deseja.

Veja alguns exemplos:



Figuras 1 e 2: Fotos de ferragens corroídas, situações comuns de serem observadas em pontes, viadutos e edificações.



Figura 3: Três formatos diferentes de anodos para a instalação em armaduras. Existem outros modelos, um para cada tipo de aplicação.

Quando instalar os anodos

Os anodos galvânicos podem ser instalados em três situações diferentes:

- Em estruturas novas, durante a construção e antes da concretagem.
- Durante os trabalhos de recuperação estrutural, com as ferragens aparentes.
- Sem a necessidade de quebrar o concreto para expor as ferragens.

Instalação dos anodos galvânicos em obras novas

Veja a seguir alguns exemplos de instalação dos anodos galvânicos em estruturas novas, durante a armação das ferragens e antes da concretagem.

Figuras 4, 5 e 6: Anodos de proteção catódica instalados durante a armação das ferragens e antes da concretagem.



Instalação dos anodos galvânicos durante as atividades de recuperação estrutural

Nos serviços de recuperação estrutural, a interface entre o concreto antigo e o novo concreto de recuperação adiciona pilhas importantes de corrosão às ferragens. A instalação de anodos galvânicos nessas regiões é de fundamental importância para evitar novos e ainda mais severos problemas de danos por corrosão. Devemos sempre aproveitar que as ferragens estão expostas e instalar os anodos de proteção catódica, com facilidade e baixo custo, antes da concretagem dos locais recuperados. Assim sendo, podemos afirmar com segurança que não existe nenhuma justificativa, nem técnica e nem econômica, para que esse procedimento não seja adotado durante as atividades de recuperação estrutural.

Veja essas fotos da instalação dos anodos durante os serviços de recuperação estrutural e verifique como é simples adotar esse procedimento.

Figuras 8, 9 e 10 e 11: Anodos de proteção catódica sendo instalados durante os serviços de recuperação estrutural.





Instalação dos anodos galvânicos sem que as ferragens estejam aparentes

Os anodos também podem ser instalados sem que as ferragens estejam expostas e sem a necessidade de quebrar o concreto. Isso acontece, com muita frequência, em colunas, vigas, pilares e paredes, onde são diagnosticados problemas de corrosão mediante medições dos potenciais da armadura em relação ao concreto, o chamado potencial de corrosão. Nesses casos são feitos furos na estrutura de concreto para a instalação de anodos cilíndricos, especialmente desenvolvidos para essas aplicações. O cabo elétrico do anodo é ligado eletricamente à ferragem com uma técnica especial, sem a necessidade de expor o aço.

Veja os exemplos abaixo.

Figuras 12, 13 e 14: Anodos de proteção catódica sendo instalados sem que as ferragens estejam expostas, em locais onde foram detectados problemas de corrosão. Repare que os anodos para essas aplicações são cilíndricos, para que sejam introduzidos com facilidade nos furos feitos com essa finalidade.





Proteção catódica por corrente impressa

Para o caso de grandes estruturas o sistema de proteção catódica mais indicado pode ser o sistema do tipo por corrente impressa, onde são utilizados anodos inertes especiais alimentados por um ou mais retificadores de corrente.

A definição do método mais indicado de proteção catódica (galvânica ou por corrente impressa) depende de um estudo criterioso onde são analisadas as vantagens técnicas e econômicas de cada método para uma determinada estrutura de concreto.

Medições dos potenciais de corrosão das ferragens

Para a avaliação e estudo de corrosão das ferragens de uma determinada estrutura de concreto utilizamos sempre a análise dos potenciais ferragem em relação ao concreto (potenciais de corrosão), medidas com o auxílio de um voltímetro de alta impedância e um eletrodo de referência de Cu/CuSO₄, de acordo com a Norma ASTM C876-15 (Standard Test Method for Corrosion Potentials Uncoated Reinforced Steel in Concrete).

Nesses casos, as seguintes situações podem ocorrer:

- Potencial mais negativo que -350mV (alto risco de corrosão, corrosão ativa)
- Potencial entre -350mV e -200mV (médio risco de corrosão, corrosão moderada)

- Potencial menos negativo que -200mV (baixo risco de corrosão, ferragem passivada)

Figura 15: Medição do potencial da armadura de aço em relação ao concreto (potencial de corrosão). Com essas medições podemos diagnosticar os problemas de corrosão nas ferragens, sem a necessidade de quebrar o concreto e expor as armaduras para inspeção visual.



Normas técnicas

Além da Norma ASTM C 876-15, as seguintes normas e standards são utilizadas para a aplicação de proteção catódica em estruturas de concreto:

- Norma ISO12696:2016 (Cathodic Protection of Steel in Concrete)
- Standard NACE SP0187-2017 (Design for Corrosion Control of Reinforcing Steel in Concrete)
- Standard NACE SP0112-2017 (Corrosion Management of Atmospheric Exposed Reinforced Concrete Structures)
- Standard NACE SP0290-2007 (Impressed Current Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures)
- Standard NACE SP0408 (Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Buried or Submerged Concrete Structures).

Procedimento recomendado

O procedimento que temos utilizado com frequência e que recomendamos adotar para o estudo, projeto, fornecimento e instalação do

sistema de proteção catódica em estruturas de concreto é o seguinte:

Primeira Etapa: análise dos desenhos, inspeção visual, medições dos potenciais das ferragens e demais medições de campo.

Segunda Etapa: análise das informações de campo e elaboração do projeto de proteção catódica, com definição do tipo de proteção a ser utilizado (galvânico ou corrente impressa), especificação dos materiais, desenhos e instruções de instalação.

Terceira Etapa: fornecimento dos materiais e instalação dos anodos, incluindo os Certificados de Garantia.

Conclusões

Os problemas de corrosão em estruturas de concreto são bastante frequentes e precisam ser estudados com muito cuidado, sendo importante que sejam diagnosticados corretamente.

A utilização de proteção catódica com o uso de anodos galvânicos (proteção catódica galvânica) ou, em situações especiais, com anodos inertes e retificadores de corrente (proteção catódica por corrente impressa) é a uma solução importante, que nos permite garantir resultados confiáveis ao longo dos anos.

A instalação de proteção catódica pode sempre ser complementada com outros métodos de proteção contra a corrosão, como a utilização de concretos especiais, injeção de polímeros, pintura, revestimento e galvanização das armaduras, mas é a única solução que pode ser utilizada isoladamente com segurança e total garantia, sem a utilização de qualquer outra medida de proteção.

A instalação de anodos galvânicos é sempre recomendada em todas as atividades de recuperação estrutural e de extrema importância para evitar a continuidade dos processos corrosivos em estruturas de concreto de um modo geral, antes mesmo que os primeiros sinais de deterioração comecem a aparecer.

Nessas situações as medições dos potenciais de corrosão são de extrema importância para o estudo e elaboração de um diagnóstico preciso.

Referências

Gomes, Luiz Paulo, **How to Preserve Concrete Structures With Galvanic Anodes for Cathodic Protection**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 27, October 2018.

Gomes, Luiz Paulo, **Come Preservare Le Structure in Cemento Con Gli Anodi Galvanici Di Protezione Catodica**, Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 27, October 2018, Edição Italiana.

Gomes, Luiz Paulo, **Cómo Mantener las Estructuras de Hormigón Con Ánodos Galvânicos de Protection Catódica**, Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 11, Agosto 2018, Edição para a América Latina.

Gomes, Luiz Paulo, **The Importance for Cathodic Protection for the Modern World**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 28, December 2018.

Gomes, Luiz Paulo, **L'importanza Della Protezione Catodica Per Il Mondo Moderno**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 28, December 2018, Edição Italiana

Gomes, Luiz Paulo, **Protecting Underground Pipelines Against Corrosion and Electrical Interference**. Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 26, June 2018.

Gomes, Luiz Paulo, **La Protezione Delle Condotte Interrate Dalla Corrosione e Dalle Interferenze Elettriche**, Artigo Técnico publicado na revista IPCM - PROTECTIVE COATINGS, Edição No. 26, June 2018, Edição Italiana..

Gomes, Luiz Paulo, **Sistemas de Proteção Catódica**, livro publicado pela IEC-INSTALAÇÕES E ENGENHARIA DE CORROSÃO LTDA, 1970.