



De 17/07/2024 a 20/07/2024
Fortaleza, Ceará.
DOI: 10.5281/zenodo.13172299

Congresso Brasileiro de Patologia das Construções

APLICAÇÕES PRÁTICAS DE ANODOS GALVÂNICOS DE PROTEÇÃO CATÓDICA NA REABILITAÇÃO DE ESTRUTURAS DE CONCRETO

Luiz Paulo Gomes
LPgomes@iecengenharia.com.br
Diretor Técnico IEC, Rio de Janeiro, Brasil

RESUMO

Os anodos galvânicos de proteção catódica, também conhecidos como anodos galvashield, são utilizados para a proteção contra a corrosão de armaduras de estruturas de concreto, durante os serviços de reabilitação ou durante a construção de obras novas, em especial as influenciadas por cloretos. O conhecimento das principais características e aplicações dos anodos é muito importante para que o projetista possa definir a melhor solução para cada situação em particular, com eficiência e baixo custo. A finalidade do presente trabalho é justamente mostrar um resumo prático e objetivo dos principais tipos e modelos disponíveis e suas respectivas aplicações.

Palavras-chave: concreto, reabilitação, corrosão, anodos, proteção catódica .

ABSTRACT

Cathodic protection galvanic anodes, also known as galvashield anodes, are used to protect against corrosion of reinforcement of concrete structures, during rehabilitation services or during the construction of new works, especially those influenced by the action of chlorides. The knowledge of the main characteristics and applications of the anodes is very important so that the designer can define the best solution for each particular situation, efficiently and cost-effectively. The purpose of this paper is precisely to show a practical and objective summary of the main types and models available and their respective applications.

Keywords: concrete, rehabilitation, corrosion, anodes, cathodic protection.

1. INTRODUÇÃO

Os anodos galvânicos de proteção catódica ou anodos galvashield, utilizados para a proteção contra a corrosão de armaduras de estruturas de concreto, começaram a ser utilizados intensamente na década de 90. No início esses anodos eram utilizados somente durante os serviços de reabilitação de estruturas influenciadas por cloretos, sendo que, mais recentemente e com base nos excelentes resultados obtidos, os anodos passaram a ser utilizados também em estruturas novas, em fase de construção, como prevenção da corrosão (WHITMORE et al, 2021)..

A finalidade dos anodos é modificar suavemente o potencial das armaduras em relação ao concreto, de modo a eliminar o funcionamento das pilhas de corrosão causadas por cloretos, gás carbônico, água, oxigênio e outros poluentes, conforme mostrado nos diagramas Potencial x pH, também conhecidos como Diagramas de Pourbaix (POURBAIX, NACE, 1974).

Esses diagramas apresentam formatos diferentes para estruturas carbonatadas ou contaminadas por cloretos e mostram que a utilização dos anodos de proteção catódica consiste, na prática, na maneira mais eficiente e confiável de evitar a corrosão, qualquer que sejam os níveis de carbonatação e os teores de cloretos presentes no concreto.

A Figura 1 mostra exemplos de problemas de corrosão em estacas e estruturas de um píer de atracação de navios, situação muito comum de ocorrer em estruturas contaminadas por cloretos. Os reparos e a reabilitação dessas estruturas, para serem eficientes e definitivos, precisam ser feitos com o auxílio de anodos galvânicos de proteção catódica (WHITMORE et al, 2009).

Figura 1 – Problemas de corrosão em píer de atracação de navios



Fonte: o autor

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Proteção catódica é um dos métodos mais importantes de proteção contra a corrosão de instalações de aço enterradas, submersas ou embutidas no concreto. A técnica consiste em modificar suavemente o potencial do aço de modo a mantê-lo imune à ação das pilhas de corrosão e para esse objetivo utilizam-se anodos galvânicos (proteção catódica galvânica) ou anodos inertes (proteção catódica por corrente impressa), esses últimos ligados a um retificador de corrente. Os anodos galvânicos são peças de zinco com alta pureza, encapsuladas em argamassa com pH igual ou superior a 14 (para permanecerem ativos durante toda a sua vida útil) e fundidos em arames de aço

(para serem simplesmente amarrados às armaduras). Os anodos de zinco para estruturas de concreto são utilizados para a proteção contra a corrosão causada por carbonatação ou cloretos, durante a construção de obras novas ou por ocasião dos serviços de reabilitação de estruturas existentes e podem ser dimensionados para a vida útil desejada, que pode variar de 20 a 50 anos ou mais (GOMES, 2020).

3. METODOLOGIA

Para serem eficientes, mantidos permanentemente ativados dentro do concreto e para que possam ser instalados com facilidade, os anodos devem ser fabricados com zinco de pureza superior a 99,9%, encapsulados com argamassa de pH igual ou superior a 14 e fornecidos com arame de aço não galvanizado para que possam ser amarrados às armaduras. Esses anodos devem ser fabricados conforme ASTM B418 e não podem conter sulfatos adicionados, cloretos, brometos e outros componentes prejudiciais às armaduras de aço (NACE SP0216, 2016).

O dimensionamento dos anodos depende da área da armadura a ser protegida, do tipo de contaminação (carbonatação ou cloretos), do tipo de estrutura (nova ou com corrosão ativa) e da vida útil desejada (IEC, 2020).

4. SELEÇÃO DOS ANODOS

Para a seleção correta do tipo de anodo mais indicado para cada aplicação em particular apresenta-se abaixo as principais características de cada um deles.

4.1 Anodos Galvashield N

Os anodos Galvashield N são peças delgadas de zinco de alta pureza, utilizados na prevenção de corrosão por cloretos ou carbonatação em estruturas em fase de construção. Conforme mostrado na Figura 2 esses anodos são simplesmente amarrados às armaduras durante a construção e antes da concretagem.

Figura 2 – Instalação de anodos galvashield N (peças brancas) durante a construção de novas estruturas de concreto.



Fonte: Vector Corrosion Technologies

4.2 Anodos Galvânicos Galvashield XP

Os anodos Galvashield XP são anodos maiores, com massa anódica de zinco de alta pureza que podem variar entre 60 gramas a 330 gramas, utilizados para a prevenção de corrosão em estruturas novas e para os serviços de reabilitação de estruturas já corroídas por cloretos ou carbonatação. A Figura 3 mostra serviços de reabilitação onde os anodos foram instalados junto à interface para prevenir o conhecido efeito halo (halo effect). Como se sabe, o efeito halo consiste na aceleração da atividade de corrosão no concreto adjacente a uma área de reparo, devido à diferença de potencial entre as duas regiões. Essa diferença de potencial é causada pela variação de resistividade elétrica, pH e concentração de cloretos entre o concreto novo e o concreto circundante, contaminado por cloretos (SERGI et al, 2000).

Figura 3 – Instalação de anodos galvashield XP (peças brancas) durante os serviços de reabilitação.



Fonte: Vector Corrosion Technologies

4.3 Anodos Galvânicos Galvashield DAS

Os anodos DAS são anodos de zinco de alta pureza, desenhados para facilitar a instalação e prover uma boa distribuição de corrente de proteção catódica para as armaduras. Esses anodos são utilizados para novas construções e para serviços de reabilitação, principalmente nos locais com maiores densidade de aço e altos teores de cloretos, conforme mostrado nas Figuras 3 e 4. São anodos longos de seção reta circular, com comprimento de um metro ou mais e massa anódica de 0,89 kg/m ou 2,45 kg/m.

Figura 4 – Instalação de anodos galvashield DAS (peças verdes) durante a construção de obras novas



Fonte: Vector Corrosion Technologies

Figura 5 – Instalação de Anodos Galvashield DAS (peças verdes), durante os serviços de reabilitação de estruturas de concreto contaminadas por cloretos.



Fonte: Vector Corrosion Technologies

4.4 Anodos Galvânicos Galvashield DAS Montados em Jaquetas (Reabilitação de Estacas e Pilares de Concreto)

Trata-se dos mesmos anodos galvashield DAS, agora instalados com o auxílio de jaquetas de PVC ou fibra de vidro, para a proteção de estacas de aço no mar (zonas submersas, zonas de variação de marés, zonas de respingo e zonas aéreas) e para proteção de pilares de concreto fora do mar, conforme mostrado nas Figuras 5 e 6. As jaquetas não possuem função estrutural ou de vedação e são utilizadas simplesmente para facilitar a fixação dos anodos .

Figura 6 – Instalação de anodos galvashield DAS com o auxílio de jaquetas durante os serviços de reabilitação de estacas de concreto no mar.



Fonte: Vector Corrosion Technologies

Figura 7 – Instalação de anodos galvashield DAS com o auxílio de jaquetas durante os serviços de reabilitação de pilares de concreto fora do mar.



Fonte: o autor

4.5 Anodos Galvânicos Galvashield CC

Os anodos CC possuem o formato cilíndrico, do tipo bastão e são apropriados para serem embutidos em pequenos furos no concreto, durante os serviços de reabilitação e nos locais onde a corrosão ainda não aflorou mas já está ativa. Para essa verificação analisa-se o resultado das medições dos potenciais das armaduras em relação ao concreto (ASTM C876-15, 2015.). Os anodos são ligados às armaduras com o auxílio de conectores elétricos apropriados, conforme Figura 7.

Figura 8 – Instalação de anodos galvashield CC em pequenos furos no concreto, nos locais onde a corrosão ainda não aflorou mas já está ativa.



Fonte: Vector Corrosion Technologies

4.6 Anodos Galvânicos Galvashield SM-DAS

Esses anodos foram desenvolvidos especialmente para serem facilmente instalados sobre a superfície, sem a necessidade de furar ou quebrar o concreto. As peças são distribuídas sobre a superfície da estrutura e são utilizadas para fornecer proteção integral ou somente para cobrir seções específicas com alto risco de corrosão, em especial nos locais contaminados por cloretos, conforme mostrado na Figura 8.

Figura 9 – Instalação dos anodos galvashield SM-DAS



Fonte: Vector Corrosion Technologies

5. CONCLUSÕES

A instalação de anodos galvânicos (proteção catódica galvânica) é a maneira mais segura e econômica para garantir proteção contra a corrosão de armaduras de estruturas de concreto durante os serviços de reabilitação, qualquer que seja o risco de corrosão, teores de cloretos, nível de carbonatação e vida útil desejada.

Em muitas situações essa é a única solução capaz de trazer resultados confiáveis e permanentes, razão pela qual deve ser sempre considerada, não somente nos serviços de reabilitação, mas também no projeto e construção de novas obras (FHWA-RD-01-096, 2001).

6. REFERÊNCIAS

WHITMORE, D.; GEORGE, J. **Long-Term Monitoring Provides Data Required to Predict Performance and Perform Intelligent Design of Galvanic Corrosion Control System for Reinforced Concrete Structures**, Corrosion Conference & Expo, 2021.

POURBAIX, M. **Atlas of Electrochemical Equilibrium in Aqueous Solutions**. National Association of Corrosion Engineers (NACE), Houston, Texas, 648 p., 1974.

WHITMORE, D.W.; BALL, J.C. **Galvanic Protection for Reinforced Concrete Bridge Structures: Case Studies and Performance Assessment**". Australasian Corrosion Conference, 2009.

GOMES, LP. **Corrosão e Proteção Catódica de Armaduras de Aço**. Artigo Técnico publicado na Revista IBRACON - Concreto e Construções, Edição 100, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM B418: **Standard Specification for Cast and Wrought Galvanic Zinc Anodes**.

NACE-NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS. NACE SP0216: **Sacrificial Cathodic Protection of Reinforcing Steel in Atmospherically Exposed Concrete Structures**, 2016.

IEC-INSTALAÇÕES E ENGENHARIA DE CORROSÃO. **Livro Sistemas de Proteção Catódica**, Segunda Edição, Editora Interciência, 376p., 2020.

SERGI, G.; PAGE, C.L. **Sacrificial Anodes for Cathodic Prevention of Reinforcing Steel Around Patch Repairs Applied to Chloride-Contaminated Concrete**. European Federation of Corrosion Publications (UK), 2000.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM C876-15: **Standard Test Method for Corrosion Potentials Uncoated Reinforced Steel in Concrete**, 2015.

FHWA-FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION. FHWA-RD-01-096: **Research and Development, Long-Term Effectiveness of Cathodic Protection Systems on Highway Structures**, 2001.