

Vocabulário

Coalescência - Junção de partículas que encontram-se separadas. Aglutinação.

Hidrólise - Decomposição de um sal que fixa os elementos da água para se desdobrar em duas ou mais substâncias. É a operação inversa da neutralização, isto é, a reação de um ácido com uma base dando um sal e água.

Carbonato - Sal derivado do ácido carbônico H₂CO₃. Pode ser neutro ou ácido, conforme a substituição do hidrogênio ácido for total (dois) ou parcial (um). Os carbonatos ácidos também são chamados de bicarbonatos.

Hidrocarbonetos - Substâncias químicas compostas apenas de hidrogênio e carbono. Apresentam-se na forma líquida, com grande peso molecular. Na forma sólida o peso molecular é ainda maior.

Carbonatação - Transformação química na qual minerais são alterados para carbonatos, devido ao ácido carbônico.

Vinila (resina) - Resina sintética formada pela polimerização de substâncias químicas. De forma particular são referências o cloreto de polivinila (PVC) e o acetato de polivinila (PVA).

Densidade de corrente - A corrente por unidade de área (geométrica) da superfície do eletrodo (no caso a armadura) usualmente expressa em Ampere/m². A magnitude da corrente de corrosão é uma medida direta da taxa de corrosão. Sua densidade de corrente de corrosão de 1mA/m² equivale a uma oxidação ou dissolução média da superfície do aço de 1,16mm por ano.

Recalque diferencial - Uma forma de movimento diferencial causado especificamente pelo recalque do solo suporte.

Fluência ou creep - Deformação gradual dependente do tempo, devido a manutenção do carregamento.

Acrílico - Resinas resultantes da polimerização de derivados do ácido acrílico incluindo os ésteres do ácido acrílico, ácido metacrílico, acrilonitrila e seus copolímeros.

Íons - Ácidos, bases e sais (eletrólitos) quando dissolvidos em certos solventes (como a água, por exemplo) estarão mais ou menos dissociados em unidades ou partes de moléculas carregadas eletricamente chamadas "íons". Íons carregam cargas de eletricidade e, conseqüentemente, apresentam diferentes propriedades dos radicais não carregados.

Estireno - Monômero polimérico termoplástico do qual se faz plásticos. Normalmente é copolimerizado com outros monômeros. Um exemplo é o elastômero termoplástico estireno butadieno.

Meu Problema

Os íons cloretos

PERGUNTA

Estamos projetando um grande hotel, no litoral sul de São Paulo, que irá ficar de frente para o mar. Diversas normas estabelecem valores variados para o teor máximo de íons cloretos. Por exemplo o ACI318 permite um máximo de 0,10% de íons cloretos (solúveis em água) por peso de cimento para proteção contra a corrosão. Como deveria proceder para assegurar que não estarei excedendo este limite?

Eng^a Maria Luiza Castro e Silva - SP

RESPOSTA

Os íons cloretos, quando em meio aquoso, constituem-se num fator importantíssimo para o desenvolvimento da corrosão no concreto armado, já que impedem ou destroem a formação de filmes de óxidos e, conseqüentemente, favorecem a redução do oxigênio na superfície do metal. Lembre-se de que para haver um processo de oxidação (corrosão) é necessário que haja um processo simultâneo de redução. Os íons halogêneos, de um modo geral (fluor, cloro, bromo e iodo), têm enorme tendência em formar substâncias salinas ao combinarem com elementos eletropositivos como o Na, quando em contato com óxidos protetores como o que existe na superfície das armaduras, dispersando-a sob a forma coloidal e tornando-a permeável. Estes íons podem ser intencionalmente introduzidos no concreto através de aceleradores de pega e endurecimento, da água de amassamento e dos agregados. Podem penetrar também através da maresia do ambiente marinho como é o seu caso. Existe uma diferença entre os cloretos solúveis em água, encontrados dentro do concreto na forma de cloretos "livres", isto é, na forma de íons na água dos poros do concreto ou como cloretos quimicamente "combinados", fazendo parte das fases hidratadas da matriz do concreto. Os primeiros tipos são os realmente perigosos e agressivos às armaduras. A soma dos livres e combinados é denominada

de cloretos "totais". Estima-se que os cloretos solúveis em água sejam de 1/2 a 3/4 dos totais. A norma ACI sugere que cada ingrediente do concreto seja testado

corrosão em um concreto com pH 13,2. Se o pH baixar para 11,6 a corrosão é iniciada apenas com 71ppm de íons cloretos. O fato é que poder-se-á ter corrosão

Cálculo do teor de íons cloretos (Cl⁻) tirados de amostras na central da concreteira (hipotético)

Ingrediente	Quantidades no traço (kg/m ³)	Cl ⁻ total por peso do material	Cálculo	Cl ⁻ total em kg
Cimento	350	0,004%	0,00004 (350)	0,014
Areia	700	0,009%	0,00009 (700)	0,063
Brita	1062	0,001%	0,00001 (1062)	0,010
Água	166	750ppm	0,000750 (166)	0,124

Cl⁻ total em kg/m³ = 0,211

Cl⁻ total, % por peso de cimento $\frac{0,211}{350} = 0,0006$

separadamente para a determinação dos cloretos totais. Logo, se o teor de cloretos totais calculado do concreto ficar abaixo do limite dado para os cloretos solúveis em água, não necessitaremos de testes adicionais. Se der acima do limite, haverá necessidade de recalcular usando os ingredientes separadamente ou testar o concreto para a existência de cloretos solúveis em água. Dos materiais que compõem o concreto, na maioria das vezes, a água é efetivamente a que mais contribui para a maioria dos íons cloretos. No exemplo dado acima demonstramos como se calcula o teor de íons cloretos. Repare que o valor encontrado no exemplo citado (hipotético) fica longe do valor do ACI e da norma brasileira que é 0,025%. Com relação à água, suponhamos que obtenha no teste de laboratório 100mg de íons cloretos por litro, o que para um fator água/cimento de 0,45 corresponderá apenas 0,005% de íons cloretos por peso de cimento. Por outro lado, a concentração de íons cloretos necessários para promover corrosão, entre outros fatores, é muito afetada pelo pH do concreto. Demonstra-se que 8.000ppm de íons cloretos inicia um processo de

mesmo em concretos tremendamente alcalinos, basta apenas ter íons cloretos circulando. Estes íons não são consumidos no processo de corrosão, apenas atuam como catalizadores do processo, indefinidamente. Para o caso de sua estrutura que irá ficar de frente com o mar, é interessante relatar que os mecanismos de transporte que fazem os íons adentrarem e se movimentarem dentro do concreto são por absorção de soluções aquosas ricas em íons cloro, provenientes da névoa salina e é função da porosidade do concreto, permitindo o acesso para o interior do mesmo. Uma vez dentro do concreto, a movimentação é por difusão iônica em meio aquoso, onde o teor de umidade é maior, motivado pelos gradientes de concentração iônica existentes. Estas diferenças nas concentrações dos íons suscitam esse movimento em busca de um equilíbrio. Finalmente, pela migração iônica, já que os íons cloretos são cargas elétricas negativas e, portanto, sujeitas à ação dos campos elétricos gerados pela corrente elétrica do processo de corrosão, que é eletroquímico.