
Copyright 2018, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Denominações dos defeitos encontrados em superfícies pintadas e galvanizadas submetidas a ensaios acelerados de corrosão

Taís Sabedot Pertile^a, Tanara Dariva Beux^b, Eliena Jonko Birriel^c

Abstract

The evaluation of corrosion processes under controlled conditions through accelerated corrosion tests are standard techniques for evaluating the performance of different metallic materials, with or without coating. In this work, rectangular specimens, some of painted carbon steel and others of electrolytically galvanized steel, were submitted to neutral saline mist exposure, exposure to acetic saline mist and exposure to saturated humid atmosphere. The specimens were visually inspected in predetermined cycles. The classifications and expressions used to represent the changes identified in the visual analysis vary according to the standards, procedures or documents consulted. In this context, the objective of this work is to present the macroscopic morphology of some defects commonly found during inspection of test specimens, such as wrinkling, cracking, displacement, blistering and demerging of the original surface coloration. In this way, we intend to contribute to the definition of denominations that represent the defects found in painted and galvanized surfaces.

Keywords: corrosion, accelerated corrosion tests.

Resumo

A avaliação dos processos de corrosão em condições controladas, através de ensaios acelerados de corrosão, são técnicas usuais para avaliar o desempenho de diferentes materiais metálicos, com ou sem revestimento. Neste trabalho, corpos de prova retangulares, alguns de aço carbono pintado e outros de aço galvanizado eletroliticamente, foram submetidos aos ensaios de exposição à névoa salina neutra, exposição a névoa salina acética e exposição a atmosfera úmida saturada. Os corpos de prova foram inspecionados visualmente em ciclos pré-determinados. As classificações e expressões adotadas para representar as alterações identificadas na análise visual variam conforme as normas, procedimentos ou documentos consultados. Neste contexto, o objetivo deste trabalho é apresentar a morfologia macroscópica de alguns defeitos comumente encontrados durante a inspeção de corpos de prova, como enrugamento, craqueamento, deslocamento, empolamento e desmerecimento da coloração

^a Doutoranda, Engenheira Química, Laboratório de Corrosão e Proteção Superficial - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UCS)

^b Mestranda, Engenheira Química - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UCS)

^c Doutora, Professora, Laboratório de Corrosão e Proteção Superficial - UNIVERSIDADE DE CAXIAS DO SUL (UCS)

original da superfície. Desta forma, pretende-se contribuir para a definição de denominações que representem os defeitos encontrados em superfícies pintadas e galvanizadas.

Palavras-chave: corrosão, ensaios acelerados de corrosão.

Introdução

A avaliação dos processos de corrosão em condições controladas, através de ensaios acelerados de corrosão, são maneiras usuais para avaliar o desempenho de materiais, a qualidade de revestimentos orgânicos e metálicos, a prevenção e controle da corrosão.

O Laboratório de Corrosão e Proteção Superficial (LCOR) da Universidade de Caxias do Sul realiza ensaios acelerados de corrosão, sendo acreditado pela Coordenação Geral de Acreditação (Cgcre) do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), bem como reconhecido pela Rede Metrológica – RS na Norma NBR ISO/IEC 17025:2005. As metodologias são aplicadas às amostras que podem ser revestidas por algum tipo de proteção, tais como revestimentos orgânicos em geral (tintas em pó, tintas líquidas, vernizes), revestimentos metálicos (zincagem, cromagem, niquelagem, etc.) e também peças com pré-tratamentos como fosfatização, silanos, nanotecnologia, entre outros.

Para avaliar o avanço da corrosão, corpos de prova são submetidos a diferentes tipos de ensaios, que simulam ambientes específicos, todos em condições controladas: névoa salina neutra, névoa salina acética, atmosférica úmida saturada entre outros.

Os corpos de prova são expostos aos diferentes meios agressivos e avaliados quanto ao desempenho à corrosão em ciclos pré-determinados, geralmente a cada 24 horas. Após cada ciclo de ensaio, estes são inspecionados visualmente e avaliados quanto a alterações visuais em relação à condição inicial. Se defeitos/alterações são verificados, os resultados são reportados no relatório de ensaio, de acordo com os critérios estabelecidos pelo laboratório.

Interpretar resultados encontrados em diferentes laboratórios nem sempre é uma tarefa fácil, pois os termos para as classificações e expressões adotadas para representar as alterações identificadas nas análises visuais variam. Neste sentido, este trabalho apresenta alguns defeitos comumente encontrados durante a inspeção dos corpos de prova. Desta forma, pretende-se contribuir para a definição de denominações que representem os defeitos encontrados em superfícies pintadas e galvanizadas.

Metodologia

Para a execução dos ensaios acelerados de corrosão foram preparados corpos de prova, todos com substrato de aço carbono. Alguns foram pintados com pintura líquida nas cores branca, verde, cinza e preto. Outros corpos de prova sofreram somente a aplicação de verniz. Também foram utilizados corpos de prova galvanizados eletroliticamente, com posterior aplicação de selante ou passivador. Os corpos de prova possuíam dimensões de 100 x 150 mm ou 100 x 30 mm.

Os ensaios de exposição à névoa salina, exposição à névoa salina acética e exposição à atmosfera úmida saturada foram conduzidos em câmaras da marca BASS, modelos USX-6000, USP-01 e UK-Mpi-01, respectivamente.

A execução dos ensaios foi baseada em normas, abaixo descritas:

a) ensaio de exposição à névoa salina neutra, baseado nas normas ASTM B117-16 (1) e ASTM NBR 8094:1983 (2). Os corpos de prova são introduzidos em uma câmara que simula uma atmosfera marinha. A névoa salina é produzida a partir de uma solução líquida de 5% de cloreto de sódio (NaCl P.A.), com pH controlado na faixa de 6,5 até 7,2 e temperatura de 35 ± 2 °C. Este método de ensaio proporciona um ambiente corrosivo controlado que tem sido utilizado para se obter informações quanto a resistência à corrosão de uma determinada amostra. A correlação e/ou a extrapolação do desempenho de uma amostra em relação à corrosão com base na exposição ao ambiente produzido por este método raramente são aplicáveis e nem sempre são previsíveis.

b) ensaio de exposição à névoa salina acética de acordo com a norma ISO 9227:2017(E) (3). Os corpos de prova são introduzidos em uma câmara que simula uma atmosfera marinha, porém com pH ajustado com ácido acético (C₂H₄O₂ P.A.) na faixa de 2,9 e 3,3. A concentração da solução e a temperatura de ensaio são idênticas ao ensaio de névoa salina neutra;

c) ensaio de exposição à atmosfera úmida saturada, segundo ASTM D2247-15 (4). Os corpos de prova são introduzidos em uma câmara que simula uma atmosfera com umidade relativa de 100%. A temperatura do ensaio é controlada em 38 ± 2 °C. Utilizou-se água deionizada com condutividade elétrica máxima de 5 µS/cm.

Nos corpos de prova pintados submetidos aos ensaios de névoa salina neutra e em alguns expostos ao ensaio de atmosfera úmida saturada, foram confeccionadas incisões em forma de “X” ou “I”, conforme a norma ASTM D1654-08(2016) (5). Este procedimento tem por objetivo verificar a extensão da corrosão, formação de bolhas e perda de aderência ao longo da incisão destas amostras.

Após os processos de pintura ou galvanização, as amostras foram manuseadas com luvas. As bordas e furações foram protegidas com cera de abelha. Foi realizada uma avaliação visual quanto às características iniciais das amostras. Ao final dos períodos de exposição estabelecidos, conforme a Tabela 1, para cada ensaio foram realizadas novas avaliações visuais para registro dos defeitos apresentados por cada uma das amostras. Em todas as avaliações foram realizados registros fotográficos.

Tabela 1 – Tempos de exposição para cada tipo de ensaio

| Ensaio | Tempo de exposição (h) |
|--------------------------|------------------------|
| Névoa Salina Neutra | 504 |
| Névoa Salina Acética | 48 |
| Atmosfera Úmida Saturada | 240 |

Foram registradas as alterações visuais perceptíveis a olho nu, com visão desarmada, ou seja, sem o uso de lentes de aumento.

Resultados e discussão

Nos Quadros 1, 2 e 3 são apresentados os resultados das morfologias macroscópicas das amostras submetidas aos ensaios acelerados de corrosão, contemplando os aspectos visuais iniciais e finais, bem como a descrição dos defeitos apresentados por cada uma das amostras.

Quadro 1 – Aspecto visual inicial e final da amostra submetida ao ensaio de névoa salina neutra durante 504 horas

| Aspecto visual inicial | Aspecto visual final | Defeito apresentado |
|--|---|---|
|  <p>Amostra com aplicação de tinta líquida na cor cinza.</p> |  <p>Amostra com aplicação de tinta líquida na cor cinza.</p> | <p>Empolamento grau dois médio denso (2MD): Aparecimento de bolhas na em torno da incisão, resultantes da perda de aderência do revestimento. Nesta amostra também se observou corrosão vermelha com escorrimento de produto de corrosão vermelha na incisão.</p> |
|  <p>Amostra com aplicação de tinta líquida na cor branca.</p> |  <p>Amostra com aplicação de tinta líquida na cor branca.</p> | <p>Empolamento grau quatro médio denso (4MD): Aparecimento de bolhas em torno da incisão e na superfície, resultantes da perda de aderência do revestimento. Nesta amostra também se observou corrosão vermelha abundante com acúmulo e escorrimento evidente de produto de corrosão vermelha na incisão e superfície.</p> |



Amostra com aplicação de tinta líquida na cor verde.



Amostra com aplicação de tinta líquida na cor verde.

Empolamento grau dois pouco (2F) em torno da incisão e grau seis pouco (6F) na superfície:

Aparecimento de bolhas em torno da incisão e na superfície, resultantes da perda de aderência do revestimento.

Nesta amostra também se observou corrosão vermelha com escorrimento de produto de corrosão vermelha na incisão.

A formação de bolhas é um fenômeno peculiar que ocorre em superfícies pintadas. Com o intuito de padronizar a classificação das bolhas quanto ao tamanho e frequência de empolamento revelado em esquemas de pintura, utilizou-se a norma ASTM D 714-02(2017) (6). A metodologia é baseada na análise visual a olho nu através da comparação das bolhas existentes na amostra com os padrões visuais apresentados nessas normas. Somente as bolhas são classificadas como empolamento.

Quadro 2 – Aspecto visual inicial e final da amostra submetida ao ensaio de névoa salina acética durante 48 horas

| Aspecto visual inicial | Aspecto visual final | Defeito apresentado |
|--|--|---|
| <p>Amostra galvanizada eletroliticamente e posterior aplicação de selante.</p> | <p>Amostra galvanizada eletroliticamente e posterior aplicação de selante.</p> | <p>Desmerecimento da coloração original da superfície: caracteriza-se pelo desbotamento ou perda da coloração original do revestimento, em toda a superfície ou em algumas regiões isoladas.</p> |



Amostra galvanizada eletroliticamente e posterior aplicação de passivador.

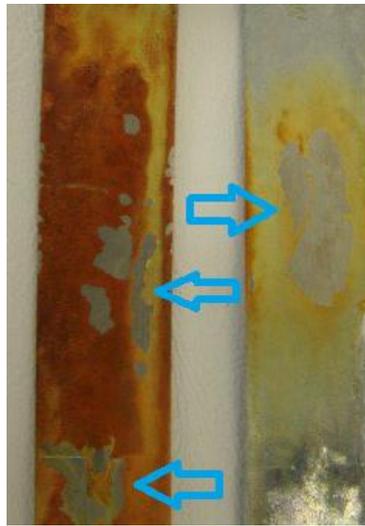


Amostra galvanizada eletroliticamente e posterior aplicação de passivador.

Surgimento de manchas furta cor:
manchas sem cor definida, observando-se diferentes colorações dependendo da incidência da luz na superfície da amostra.



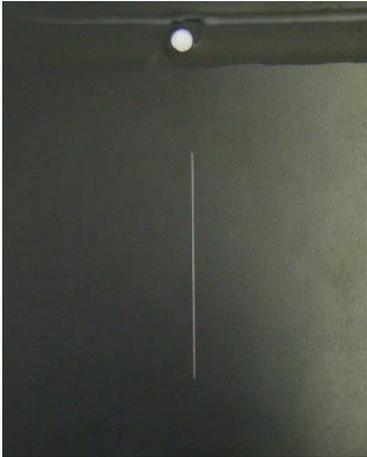
Amostra galvanizada eletroliticamente.



Amostra galvanizada eletroliticamente.

Desplacamento do revestimento expondo o substrato metálico:
durante as etapas de lavagem e secagem da amostra, observou-se desprendimento do revestimento metálico da região central das duas amostras. Ocorre pela perda total de aderência entre o revestimento e o substrato.

Quadro 3 – Aspecto visual inicial e final da amostra submetida ao ensaio de atmosfera úmida saturada durante 240 horas

| Aspecto visual inicial | Aspecto visual final | Defeito apresentado |
|---|---|---|
|  <p data-bbox="260 981 619 1048">Amostra com aplicação de verniz incolor.</p> |  <p data-bbox="643 981 1031 1048">Amostra com aplicação de verniz incolor.</p> | <p data-bbox="1035 622 1394 898">Enrugamento: desenvolvimento de rugas na superfície, podendo apresentar-se em regiões isoladas ou em grande parte da superfície da amostra. Nesta amostra também se observou surgimento de tonalidade branca do revestimento.</p> |
|  <p data-bbox="252 1529 619 1588">Amostra com aplicação de tinta líquida na cor preta.</p> |  <p data-bbox="643 1529 1031 1588">Amostra com aplicação de tinta líquida na cor preta.</p> | <p data-bbox="1035 1111 1394 1518">Deslocamento do revestimento expondo o substrato metálico: perda total de aderência entre o revestimento e o substrato, durante as etapas de lavagem e secagem da amostra, na parte superior próxima à incisão. Nesta amostra também se observou corrosão vermelha com escorrimento de produto de corrosão vermelha na incisão e na superfície.</p> |



Amostra com aplicação de tinta líquida na cor preta.

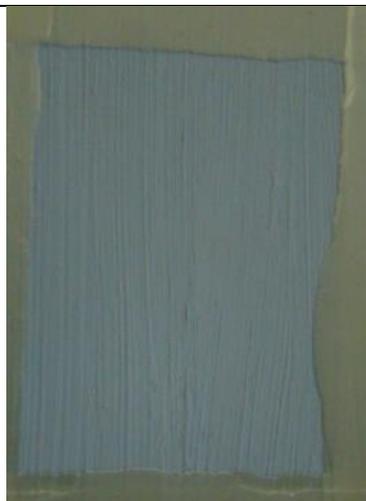


Amostra com aplicação de tinta líquida na cor preta.

Esbranquiçamento evidente de praticamente todo o revestimento:

Esbranquiçamento, embranquecimento ou branqueamento é uma característica apresentada por alguns revestimentos, quando estes apresentam tonalidade branca.

Ocorre comumente em vernizes.



Amostra com aplicação de tinta líquida na cor cinza clara.



Amostra com aplicação de tinta líquida na cor cinza clara.

Aspecto de craqueamento de praticamente todo o revestimento:

aspecto de textura do tipo “couro de jacaré”. A superfície apresenta fendas ou fissuras profundas, com exposição do substrato.

Nesta amostra também se observou esbranquiçamento e deslocamento do revestimento, bem como alguns pontos de tonalidade avermelha na superfície.

Conclusões

Com o intuito de verificar a resistência de revestimentos metálicos e orgânicos, utilizam-se testes, nos quais as amostras são colocadas em câmaras fechadas contendo vapores de solução de cloreto de sódio (ensaios de névoa salina neutra e névoa salina acética) ou somente vapor d'água (câmara de atmosfera úmida saturada). Estas câmaras simulam ambientes agressivos que aceleram o processo de corrosão. Os testes são orientados por normas ASTM, ABNT, ISO dentre outras, sendo utilizadas as soluções e concentrações descritas em cada norma.

Neste trabalho amostras pintadas e galvanizadas foram submetidas aos ensaios de névoa salina neutra, névoa salina acética e atmosfera úmida saturada. Após o período estipulado de exposição de cada amostra nos referidos testes, pode-se observar diferentes defeitos apresentados por estas amostras, tais como: empolamento, desmerecimento da coloração original, manchas furta cor, deslocamento, enrugamento, esbranquiçamento e craqueamento.

Como as avaliações das amostras submetidas aos ensaios de corrosão acelerados são feitas visualmente, buscou-se definir uma denominação para alguns defeitos comumente observados neste tipo de amostra. Essas denominações foram baseadas em algumas normas e na experiência prática em laboratório. Para facilitar a visualização e entendimento, foram adicionados registros fotográficos para cada um dos defeitos. Desta forma, foi possível contribuir para a definição e nomenclatura na descrição de alguns defeitos apontados neste trabalho.

Referências bibliográficas

(1) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM B 117: Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus. West Conshohocken, 2016.

(2) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8094: Material metálico revestido e não revestido: corrosão por exposição à névoa salina, com modificações na pureza do sal. Rio de Janeiro, 1983.

(3) INTERNACIONAL STANDARD. ISO 9227: Corrosion tests in artificial atmospheres – Salt spray tests. Geneva, 2017.

(4) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 2247: Standard Practice for Testing Water Resistance of Coatings in 100% Relative Humidity. West Conshohocken, 2015.

(5) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D1654: *Standard Test Method for Evaluation of Painted or Coated Specimens Subjected to Corrosive Environments*. West Conshohocken, 2016.

(6) AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 714-02: Standard

T
e
s
t

M
e
t
h
o
d

f
o
r

E
v
a
l
u
a
t
i
o
n