

Corrosão & Proteção

ABRACO
Associação Brasileira de Corrosão

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão



Ano 10
Nº 46
Mar/Abr 2013

APORTE
EDITORIAL

ENTREVISTA

***Domingos Manfredi
Naveiro, diretor do
Instituto Nacional de
Tecnologia – INT***

PROTEÇÃO CATÓDICA

**TECNOLOGIA REQUER
MAIOR DIVULGAÇÃO**



tecnofink



20 anos de TecnoFink, constante busca em inovar e renovar, até na logomarca!

Máquina MONTI
Tecnologia em tratamento de superfície
"Jato Verde com Cerdas"



Solução em tratamento de superfície com ferramenta portátil pneumática ou elétrica
BRISTLE BLASTER
Industrial

montibrasil.com

TAPEGLASS
BANDAGEM INDUSTRIAL



Kit de bandagem industrial para reparo e reforço em tubulações

tapeglass.com

Proteja flanges e válvulas contra corrosão por até 30 anos.
Oxifree é removível e reutilizável

OXIFREE
METAL PROTECTION



Fácil remoção

oxifree.com

 **tecnofink** tecnofink.com

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification



SISTEMA DE QUALIDADE CERTIFICADO
ISO 9001:2000
SERVIÇOS DE GESTÃO DE QUALIDADE
COMERCIALIZAÇÃO DE PRODUTOS



A revista **Corrosão & Proteção** é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968. ISSN 0100-1485

Av. Venezuela, 27, Cj. 412
Rio de Janeiro – RJ – CEP 20081-311
Fone: (21) 2516-1962/Fax: (21) 2233-2892
www.abraco.org.br

Diretoria Executiva – Biênio 2013/2014

Presidente
Eng. Rosileia Montovani – Jotun Brasil

Vice-presidente
Dra. Denise Souza de Freitas – INT

Diretores
Aécio Castelo Branco Teixeira – QUÍMICA UNIÃO
Eng. Aldo Cordeiro Dutra
Cesar Carlos de Souza – WEG TINTAS
M.Sc. Gutemberg de Souza Pimenta – CENPES
Isidoro Barbiero – SMARTCOAT
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite
Dra. Simone Louise Delarue Cezar Brasil

Conselho Científico
M.Sc. Djalma Ribeiro da Silva – UFRN
M.Sc. Elaine Dalledone Kenny – LACTEC
M.Sc. Hélio Alves de Souza Júnior
Dra. Idalina Vieira Aoki – USP
Dra. Iêda Nadja S. Montenegro – NUTEQ
Eng. João Hipólito de Lima Oliver – PETROBRÁS/TRANSPETRO
Dr. José Antonio da C. P. Gomes – COPPE
Dr. Luís Frederico P. Dick – UFRGS
M.Sc. Neusvaldo Lira de Almeida – IPT
Dra. Olga Baptista Ferraz – INT
Dr. Pedro de Lima Neto – UFC
Dr. Ricardo Pereira Nogueira – Univ. Grenoble – França
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ

Conselho Editorial
Eng. Aldo Cordeiro Dutra – INMETRO
Dra. Célia A. L. dos Santos – IPT
Dra. Denise Souza de Freitas – INT
Dr. Ladimir José de Carvalho – UFRJ
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC
Dra. Simone Louise D. C. Brasil – UFRJ/EQ
Simone Maciel – ABRACO
Dra. Zehbour Panossian – IPT

Revisão Técnica
Dra. Zehbour Panossian (Supervisão geral) – IPT
Dra. Célia A. L. dos Santos (Coordenadora) – IPT
M.Sc. Anna Ramus Moreira – IPT
M.Sc. Sérgio Eduardo Abud Filho – IPT
M.Sc. Sidney Oswaldo Pagotto Jr. – IPT

Redação e Publicidade
Aporte Editorial Ltda.
Rua Emboaçava, 93
São Paulo – SP – 03124-010
Fone/Fax: (11) 2028-0900
aporte.editorial@uol.com.br



Diretores
João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

Editor
Alberto Sarmento Paz – Vogal Comunicações
redacao@vogalcom.com.br

Repórter
Carlos Sbarai

Projeto Gráfico/Edição
Intacta Design – julio@intactadesign.com

Gráfica
Ar Fernandez

Esta edição será distribuída em junho de 2013.

As opiniões dos artigos assinados não refletem a posição da revista. Fica proibida sob a pena da lei a reprodução total ou parcial das matérias e imagens publicadas sem a prévia autorização da editora responsável.



4

Editorial

Coteq: atualização tecnológica

5

Boas-vindas

6

Entrevista

INT concentra esforços em Pesquisa e Desenvolvimento

9

Abraco Informa

11

Cursos

12

Proteção Catódica

Tecnologia respeita ambiente e cresce

18

Notícias de Mercado

34

Opinião

Em busca do equilíbrio

Adilson Munin



Artigos Técnicos

20

Revisando conceitos: corrosão em frestas – Parte 2

Por Cristiane Vargas Pecequillo e Zehbour Panossian

30

Pré-revestimento de conversão à base de hexafluorzirconato

Por Juliana dos A. Moraes, Jane Zoppas Ferreira e Alvaro Meneguzzi

Coteq: atualização tecnológica

A REALIZAÇÃO DE EVENTOS TÉCNICOS MERECE DESTAQUE POR ABRIR OPORTUNIDADE DE GRANDE TROCA de experiências entre os profissionais e acesso a informações qualificadas. A décima segunda edição da Coteq – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos, que será realizada entre os dias 18 e 21 de junho, em Porto de Galinhas (PE), é um exemplo dessa mobilização em torno da necessária atualização tecnológica entre os que se dedicam ao setor.

Apesar de muito conhecida, vale ressaltar: a Coteq figura hoje entre os principais eventos da indústria pesada no Brasil e o mais importante na área de tecnologia de equipamentos. Essa posição foi alcançada a partir de um esforço das entidades que, ao longo do tempo, organizaram o evento no sentido de apresentar estudos e casos práticos de inovações tecnológicas e montar um programa técnico-comercial que é de grande atrativo para os visitantes profissionais.

Nesta Coteq 2013, por exemplo, estão programados sete eventos paralelos e oito minicursos, reunindo mais de 40 palestrantes, com apresentação de aproximadamente 200 trabalhos técnicos nas áreas de petróleo, gás, biocombustíveis, ensaios não destrutivos e inspeção e corrosão, para atender a demanda por atualização tecnológica dos mais de dois mil profissionais, entre engenheiros, técnicos e acadêmicos do Brasil e do exterior, aguardados em Porto de Galinhas, um público 20 % superior a da edição de 2011.

Nesta parceria com a Abendi (Associação Brasileira de Ensaios Não Destrutivos e Inspeção) e com o IBP (Instituto Brasileiro do Petróleo, Gás e Biocombustíveis), coube à ABRACO a responsabilidade pela avaliação dos trabalhos referentes ao estudo da corrosão e pela formatação da grade de apresentação dos trabalhos aprovados.

Um dos momentos mais aguardados é a conferência de abertura cujo tema será “A importância da tecnologia de equipamentos para a exploração e produção de petróleo – o desafio brasileiro”, ministrada por Marcos Isaac Assayag, gerente executivo do Centro de Pesquisas da Petrobras. Entre os eventos paralelos, destaque para o Conbrascorr (Congresso Brasileiro de Corrosão) que vai apresentar as inovações relacionadas à corrosão e à proteção. Também estão programados seminários e importantes reuniões técnicas internacionais, como a que será realizada com o SC 09 da ISO.

Feira de Exposições – Outro momento importante da Coteq 2013 é a 8ª Expoequip – Exposição de Tecnologia de Equipamentos para Corrosão & Pintura, END e Inspeção de Equipamentos, montada no Enotel Resort & Spa entre os dias 18 e 21 de junho, das 10 h às 19 h, que contará com mais de 60 expositores. Dessa forma, além de atualização tecnológica qualificada, o visitante pode ter contato mais direto com fabricantes do setor, ampliando seus conhecimentos em produtos e serviços.

A próxima edição da **Revista Corrosão & Proteção** apresentará uma matéria especial sobre a Coteq 2013.

Boa leitura

Os editores

“A Coteq – Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos – figura hoje entre os principais eventos da indústria pesada no Brasil e o mais importante em tecnologia de equipamentos”

A ABRACO dá as boas-vindas às novas empresas associadas

Consuplan

A Consuplan Consultoria e Planejamento Ltda. com sede em Vitória (ES) e filial em São Mateus (ES), está focada na linha de Consultoria, Inspeção e Manutenção Industrial, atua nos setores Siderúrgicos, Mineração, Civil e Oil & Gás. Os principais serviços oferecidos pela empresa são o Monitoramento e Análise de Corrosão Interna de Dutos e Linhas, Inspeção em Estrutura e Tubulações, Manutenção e Montagem Eletromecânica, Inspeção e Manutenção em Sistema de Descarga Atmosférica – SPDA e Medição de Espessura em Correias Transportadora, Estrutura e Tubulação.

Mais informações: www.consuplan-es.com



Metalcoating

A Metalcoating Revestimentos Ltda. é especializada na aplicação de revestimentos customizados para proteção anticorrosiva. Líder em tecnologia e inovação, foi a primeira empresa do setor de revestimentos anticorrosivos no Brasil a possuir as três normas mais importantes do sistema de gestão: ISO 9001:2008 | ISO 14001:2004 | OHSAS18001-2007. O portfólio da empresa compreende na aplicação interna e/ou externa de: Poliamida 11/12, Polietileno, FBE e Fluoropolímeros.

Mais informações: www.metalcoating.com.br



Prezioso-Technilor

O grupo Prezioso-Technilor é voltado à manutenção industrial, com especialização em revestimentos anticorrosivos. Oferece também uma gama de outros serviços: impermeabilização, proteção passiva contra incêndio, isolamento industrial, soluções de acesso (andaimes e alpinismo industrial) e ensaios não-destrutivos (END). Com presença marcante na Europa, África Ocidental e do Sul, no Magrebe, no Médio Oriente e no Brasil, o grupo atende aos mais diversos segmentos: Petróleo e Gás; Energia; Construção Naval; Indústrias e Infraestruturas. Os desempenhos e habilidades dos nossos colaboradores são especialmente reconhecidos em situações complexas e difíceis tais como: campanhas offshore, indústria nuclear, locais remotos e de difícil acesso; sempre em conformidade com o alto padrão de QSMS.

Mais informações: www.prezioso.com.br



Seleqta

A Seleqta Laboratório Químico Ltda. é uma empresa voltada à prestação de serviço com especialização em análises por meio de Laboratório Químico de Ensaios, com ênfase em de Higiene Ocupacional, ensaios de Corrosão, avaliando o revestimento de Pintura, Zincagem, etc., e ministração de Cursos: Fosfatização, Corrosão e Gestão de Produtos Químicos.

Mais informações: seleqta.labor@yahoo.com.br



Ultrablast Lassarat

A Ultrablast Serviços e Projetos Ltda. conta com uma equipe de especialistas com elevada experiência no setor e grande conhecimento em projetos Petrobras, facilitando assim a implementação de processos de preparação de superfície e pintura.

A experiência de mais de 60 anos do Grupo Lassarat, a elevada especialização do nosso corpo técnico no Brasil e o desempenho único de nossos equipamentos assegura a excelência do nosso trabalho.

Mais informações: www.ultrablast.com.br





Domingos M.
Naveiro

INT *concentra* esforços em Pesquisa e Desenvolvimento

Uma das mais importantes instituições nacionais de pesquisa, o INT atua no estudo do controle da corrosão com três laboratórios de alta tecnologia

Por Alberto Paz

Atual Diretor do Instituto Nacional de Tecnologia – INT, órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), Domingos Manfredi Naveiro é engenheiro mecânico formado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com especialização, mestrado e doutorado em Engenharia de Produção (COPPE/UFRJ). Atuou em P&D de empresas de grande porte e esteve à frente da Divisão de Desenho Industrial do INT até 2007, quando assumiu a direção do INT, tradicionalíssima instituição fundada em 1921, com o desafio de consolidá-la como uma referência nacional na pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a inovação. Naveiro recebeu a **Revista Corrosão & Proteção** para abordar essa decisão estratégica e outros pontos relevantes na atuação da instituição, como sua função certificadora e ações desenvolvimento no âmbito dos seus três laboratórios de corrosão.

Em linhas gerais, quais os objetivos e metas do INT?

Naveiro – O Instituto Nacional de Tecnologia é um órgão vinculado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), que tem como objetivo central transferir co-

hecimento e promover a inovação, por meio da pesquisa tecnológica, dando as bases para o desenvolvimento sustentável do nosso país. Atuando hoje em áreas estratégicas, temos a meta de, até o início da próxima década, sermos reconhecidos como referência nacional em pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a inovação.

Quais as principais ações em curso para atender a meta de ser referência nacional de pesquisa e desenvolvimento tecnológico para a inovação?

Naveiro – A participação no programa piloto da Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Industrial (Embrapii), iniciativa conjunta do MCTI com a Confederação Nacional das Indústrias (CNI), colocou o INT numa posição estratégica para estimular a inovação nas empresas. Participamos também de outras ações estratégicas do Governo Federal de apoio ao desenvolvimento tecnológico, como o Sibratec (Sistema Brasileiro de Tecnologia), liderando as redes de Serviços Tecnológicos nas áreas de Biocombustíveis e de Produtos para a Saúde, que concentram o suporte laboratorial para melhorar a qualidade desses produtos no país, e atuando como órgão executor da Rede de Extensão Tecnológica no Rio de Janeiro, oferecendo consultoria tecnológica a

micro e pequenas empresas nos setores naval, de construção civil (cerâmicas vermelhas e rochas ornamentais), moda (confecção, calçados e jóias) e alimentos e bebidas. Temos também projetos de envergadura que são realizados em conjunto com grandes empresas, como Petrobras, Brasken, Vallourec & Mannesmann do Brasil, Mahle Metal Leve, Elekeiroz, Oxiteno, Vale, e parcerias governamentais nas áreas de Saúde, Defesa e Energia, visando apoio ao desenvolvimento tecnológico dos respectivos complexos industriais. Somando-se a tudo isso a característica politécnica do Instituto e o corpo funcional altamente capacitado, com 79 doutores, 98 mestres e 135 especialistas, em diferentes áreas de conhecimento, creio que temos uma boa perspectiva para melhor atender as demandas das indústrias e consolidarmos o INT como referência em desenvolvimento tecnológico e inovação.

Qual a estrutura do INT em termos de laboratórios e quais são suas principais áreas de atuação?

Naveiro – Temos atualmente áreas estratégicas que norteiam nossa atuação: Petróleo/Gás e Petroquímica, Energias Renováveis, Complexo Industrial da Saúde, Química Verde, Tecnologias Sociais e Complexo Industrial de Defesa. A

partir dessa definição, buscamos a interação entre as áreas técnicas que compreendem: Corrosão e Degradação, Catálise e Processos Químicos, Desenho Industrial, Energia, Engenharia de Avaliação, Gestão da Produção, Informação e Prospecção Tecnológicas, Processamento e Caracterização de Materiais e Química Analítica. A infraestrutura inclui 20 laboratórios que são referências nacionais em suas áreas de atuação, tendo um sistema da qualidade único acreditado pelo Inmetro.

Como se dá a relação do INT com o MCTI em termos de orientação de pesquisas e atendimento às demandas de P&D das empresas?

Naveiro – O foco de atuação do INT é alinhado com planos e programas estratégicos do Governo Federal, principalmente a Estratégia Nacional em Ciência, Tecnologia e Inovação, implementada pelo MCTI para o período 2012-2015. Além desta orientação, a produção tecnológica do Instituto tem relação com os planos de outros Ministérios, como os programas em Energia do MME; o Programa Mais Saúde, do MS; e o Programa Brasil Maior, do MDIC. Nossos temas visam claramente o melhor aproveitamento dos recursos nacionais e a orientação para a eficiência e competitividade da economia brasileira. Em outra vertente, usando a prospecção tecnológica e a expertise do seu corpo funcional, o INT amplia sua atuação junto ao governo e especialmente ao MCTI, não só contribuindo para a execução, mas gerando subsídios para a formulação de Políticas e Programas de C,T&I.

Quais as principais diretrizes que regem a atuação do INT?

Naveiro – Além das diretrizes governamentais, temos em curso

um Processo de Gestão da Estratégia, em que monitoramos, analisamos e corrigimos nossas ações de forma a melhor atingir as metas do nosso mapa corporativo. Dentre as principais orientações desse processo, encontra-se a perspectiva do cliente, constituída pela meta de ser parceiro preferencial da indústria na busca pela competitividade.

Como o INT, como órgão certificador, está estruturado para atender a demanda de certificação, e quais as principais áreas atendidas?

Naveiro – Este é um serviço importante, pois atende a demandas da sociedade para a avaliação da conformidade de produtos, especialmente daqueles que podem apresentar riscos à saúde e a segurança do consumidor ou ao meio ambiente. Esses são os casos que levam à certificação compulsória, exigida pelo governo. Foi assim, por exemplo, no episódio recente dos implantes mamários. Em vista de inúmeros problemas que vinham acontecendo com este tipo de produto, a Agência de Vigilância Sanitária (Anvisa) manifestou a necessidade de controlar a qualidade desse tipo de produto, requisitando o suporte técnico do INT, com quem mantém uma parceria de mais de 20 anos na análise de produtos médico-hospitalares. Acreditado pelo Inmetro, o INT certifica compulsoriamente preservativos masculinos, luvas cirúrgicas e de procedimentos; e na linha de segurança, capacetes para motociclistas, embalagens para álcool e fósforos de segurança. O Instituto atesta ainda a conformidade de itens de certificação não compulsória, como produtos orgânicos e cachaça, que neste caso recebem um selo de qualidade, capaz de abrir perspectivas para inserção em mercados mais exigentes, especialmente

no exterior. Além dos produtos certificados, o instituto avalia a qualidade de outros produtos e materiais, através de ensaios rigorosos, como acontece com os implantes ortopédicos, onde há estudos importantes de falhas e corrosão sob tensão, e com os aços especiais, com ensaios que simulam as condições adversas encontradas nos poços de petróleo.

O Instituto tem interagido com a ABRACO na certificação de mão de obra. Como acontece esse trabalho?

Naveiro – É uma parceria importante, que preencheu uma lacuna que havia na indústria por mais inspetores de pintura qualificados. O INT passou a qualificar esses profissionais, ampliando o alcance da certificação oferecida pela ABRACO, que garante a qualidade e segurança das obras de pintura industrial inspecionadas por esses profissionais nos diversos setores industriais que dependem desse rigoroso controle. O treinamento é feito pela ABRACO e o INT realiza os exames de qualificação, cabendo à associação certificar os aprovados, seguindo os requisitos do Sistema Nacional de Qualidade e Certificação. O êxito da iniciativa está levando a associação a novas negociações com nossa Divisão de Corrosão e Degradação para definir uma nova qualificação em proteção catódica, que é outra demanda importante que existe atualmente na área de dutos.

Como o INT atua na área de Corrosão (DCOR)? Qual a estrutura, serviços prestados e pesquisas em desenvolvimento.

Naveiro – A Divisão de Corrosão e Degradação dispõe de três laboratórios – de Corrosão e Proteção (Lacor); de Ensaios de H_2S , CO_2 e Corrosividade (LaH_2S); e de Biocorrosão e Biodegradação ($La-bio$) –, equipados para realizar

com excelência estudos variados de processos de corrosão e de proteção anticorrosiva, além de ensaios normalizados, testes comparativos e estudos de falhas por corrosão. O Lacor atende a diversos setores da indústria, principalmente com atividades de pesquisa e desenvolvimento, sendo o único laboratório de corrosão do país acreditado pelo Inmetro.

Já o LaH₂S surgiu para atender novas demandas do setor de Óleo & Gás, como o Labio, que hoje atende também a outros setores. Além dos equipamentos específicos dos laboratórios, a DCOR ainda compartilha com outras áreas do INT a infraestrutura do Centro de Caracterização em Nanotecnologia (Cenano), onde dispõe de espectroscopia fotoeletrônica por raios-X (XPS), microscópios eletrônicos de varredura (MEV – FEG) e de transmissão, capazes de analisar processos de corrosão em escalas nanométricas.

Os laboratórios de corrosão são usados para prestar quais serviços?

Naveiro – O Lacor, atualmente, está mais voltado para a pesquisa tecnológica, apoiando inclusive um projeto da Embrapii na área de energia. Presta ainda serviços diversos de avaliação da corrosão e proteção anticorrosiva de metais, incluindo o desenvolvimento de metodologias de avaliação para o setor de exploração de óleo e gás. O laboratório também exerce liderança da rede de Biocombustíveis do Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), realizando estudos sobre corrosão e degradação de materiais em contato com o biodiesel e suas misturas com biocombustíveis de nova geração.

O LaH₂S realiza estudos e homologação de aços para uso em exploração e transporte de óleo e gás, na presença de H₂S e CO₂. Atende principalmente à Petrobras, que deu importante insumo

à sua infraestrutura, mas também a várias empresas e fornecedores da área de petróleo no Brasil. O laboratório avalia e pesquisa materiais, revestimentos, inibidores, sequestrantes de H₂S, produtos químicos usados na exploração e produção de óleo e gás.

Já o Labio realiza estudos de corrosão associada a micro-organismos nos setores de Óleo & Gás, águas industriais, de minérios e estuda a biodegradação voltada para a preservação de acervos históricos. Em parceria com a Petrobras, dispõe também de uma área de biologia molecular, que apoia suas atividades.

Além dos recursos diretos do governo, o INT tem outras fontes de recursos? Quais e qual a destinação dessas entradas?

Naveiro – Um terço do nosso investimento vem do orçamento da União e dois terços da captação de recursos em projetos junto a empresas e agências de fomento. Os recursos são destinados a atividades de pesquisa e desenvolvimento, serviços tecnológicos, modernização da infraestrutura, e capacitação, incluindo implementação de novos laboratórios e o custeio da instituição.

Quais os resultados do programa de empresas incubadoras desenvolvido pelo INT e porque a instituição atua nesta área?

Naveiro – Além do apoio direto à inovação, que damos no caso de projetos de P&D em parceria com empresas e nos atendimentos por meio da Embrapii, a atividade de incubação é uma das vertentes que encontramos para fomentar a transferência de tecnologias para a sociedade. Atuando desde setembro de 1999, a Incubadora do INT estimula a formação de empresas voltadas ao desenvolvimento de tecnologias

inovadoras, priorizando produtos e pesquisas gerados no Instituto ou que se relacionem com nossas áreas de atuação.

Já graduamos dez empresas e atualmente abrigamos outras quatro. No INT, elas dispõem de estrutura de funcionamento e recebem orientações para a elaboração e desenvolvimento dos seus planos de negócio, tendo um período de incubação de três anos, prorrogável por mais um ano.

Como o INT atua em parceria com outras instituições ou associações, como a ABRACO. E qual a importância dessas ações em conjunto para o desenvolvimento tecnológico para a inovação?

Naveiro – O INT hoje participa de muitos fóruns e associações, que tem um papel fundamental de articular diversos segmentos em torno de sua principal missão, que é promover a inovação no país. Por sua característica de demandar o encadeamento de vários atores da sociedade, a inovação precisa desse debate constante, que ocorre justamente no ambiente associativo. Assim, hoje integramos conselhos de entidades como a Abipti, Anpei, CNPq, Firjan, Fiesp, Redetec, e participamos da diretoria de associações importantes ligadas ao desenvolvimento científico e tecnológico em nossas áreas de competência, como a ABRACO, por meio da chefe do Lacor, Denise Souza de Freitas, e a ABM, através da tecnóloga Ieda Caminha, da área de Materiais e Produtos. A atuação em redes norteia também os grandes projetos nacionais que integramos hoje, como a Embrapii e o Sistema Brasileiro de Tecnologia (Sibratec), no qual o INT lidera a Rede de Extensão Tecnológica do Rio de Janeiro e as redes temáticas de Biocombustíveis e de Produtos para o Complexo Industrial da Saúde.

CB-43 tem novo Superintendente

Em fevereiro deste ano, o ex-presidente da ABRACO, Pedro Paulo Barbosa Leite, assumiu a Superintendência do Comitê Brasileiro de Corrosão – CB-43, organismo responsável por toda a normalização técnica no país na área de corrosão, fornecendo a base necessária para o desenvolvimento tecnológico nacional em corrosão e proteção anticorrosiva.

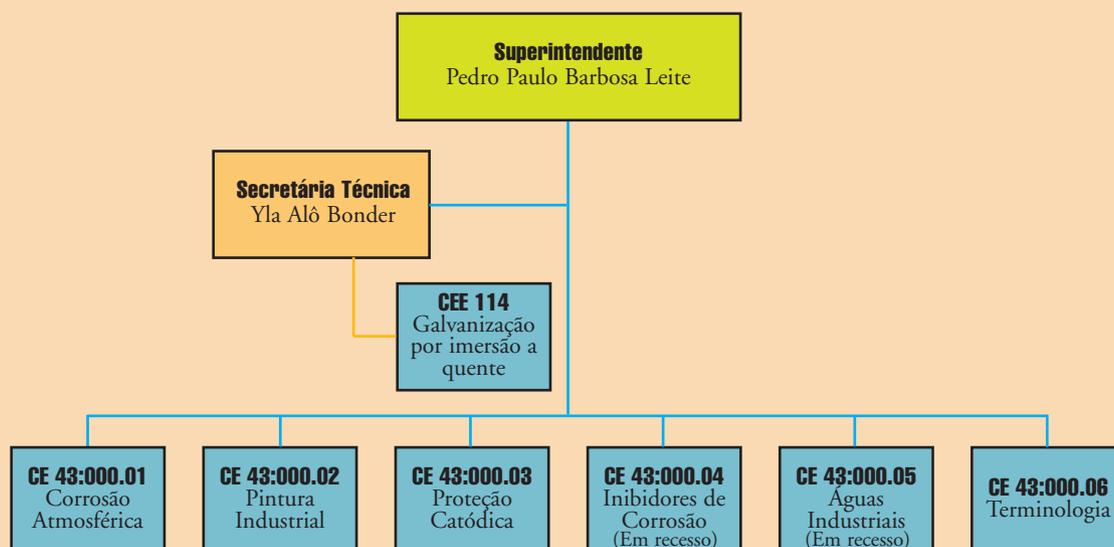
Com larga experiência na área de Normalização, Pedro Leite participa desde 1990 da Comissão de Estudo de Pintura Industrial da ABRACO e da SC 14 Pintura Industrial e Revestimento Anticorrosivos da Petrobras e foi membro do Conselho Deliberativo da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT no período de 2005 a 2012. Engenheiro mecânico e advogado, Pedro Leite ingressou na Petrobras em 1984, na Refinaria Duque de Caxias (REDUC), onde atuou nas áreas de Garantia da Qualidade nos Contratos de Manutenção, Auditorias da Qualidade e Fiscalização de Contratos. Em 1998, transferiu-se para a Engenharia da Petrobras onde atuou na área de Normalização Técnica e Docência, nos segmentos de Pintura Industrial e Normalização Técnica na Universidade Petrobras, ABRACO, IBP e Senai. Também é professor de Organização e Normas da Fundação Apoio à Escola Técnica, e foi Coordenador de Normalização Técnica na Petrobras no período de 2005 a 2012.

No campo associativo, no período de 2005 a 2010 exerceu os cargos de Vice Presidente, Presidente da Diretoria Executiva e Presidente do Conselho Deliberativo da ABRACO. Atualmente trabalha na Petrobras/ETM-CORP/ST/SEQUI-ETCM/ EMCIE na área de revestimentos anticorrosivos.



Pedro Paulo Barbosa Leite, Superintendente do Comitê Brasileiro de Corrosão – CB-43

Estrutura do Comitê Brasileiro de Corrosão – CB-43



Entrevista

A seguir, entrevista exclusiva concedida à Revista Corrosão & Proteção em que ele analisa o papel desempenhado pelo CB-43 no cenário atual e os desafios de sua gestão.

Entendendo a importância do CB-43 ser mantido por uma instituição do porte e relevância da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, comente sobre a relação funcional existente entre ambas as entidades.

Leite – A ABRACO no final dos anos 80 mantinha um convênio com o Comitê Brasileiro de Mineração e Metalurgia – CB-01 da ABNT, para elaboração de normas brasileiras na área de Pintura Industrial. Mas foi em 1999 que o Presidente em exercício da ABRACO, Eng. Laerce de Paula Nunes, propôs a ABNT a criação do CB-43, que estava perfeitamente dentro dos objetivos estatutários da ABRACO, cujo objetivo consiste em congrega pessoas, empresas, universidades e institutos de pesquisas que se preocupem com o estudo da corrosão e sua prevenção.

As Comissões de Estudo do CB-43 são formadas por técnicos, voluntários, que “emprestam” seu expertise para elaboração das normas técnicas, pois entendem o valor da normalização para o desenvolvimento tecnológico nacional. Partindo dessa premissa, como o Sr. avalia esse trabalho?

Leite – Realmente trata-se de um trabalho voluntário, mas, no final, com a publicação da norma técnica todos saem ganhando, o consumidor ganha, pois com a norma técnica terá uma garantia do produto ou serviço quanto à qualidade, custo e segurança. Já o empresariado terá condições de fornecer um produto com custo competitivo dentro do padrão de qualidade que o acompanha, uma vez que dificilmente alguém comprará algum item que não esteja em conformidade com uma norma técnica.

Tendo assumido recentemente a Superintendência do CB-43 e contando com seu conhecimento prévio na área de normalização, como avalia o trabalho que vem sendo desenvolvido pelo comitê?

Leite – Ao longo desses anos, trabalhando com normalização técnica, vejo cada vez mais as empresas participando das Comissões de Estudo, pois entendem os benefícios advindos da norma técnica. Só para exemplificar, cito o projeto de norma “Critérios para a Qualificação e Certificação de Pintores, Jatistas e Hidrojatistas”. Em apenas três reuniões a Comissão de Estudo de Pintura Industrial conseguiu fazer a análise crítica e enviar para consulta pública um texto base que foi proposto pela ABRACO, Petrobras e Senai. Certamente se não houvesse o esforço e dedicação dos membros da Comissão de Estudo isto não seria possível. Não podemos também nos esquecer da recente incorporação da CEE-114 – Galvanização por Imersão a Quente no CB-43 Corrosão, após negociação com o Conselho Técnico da ABNT, cujas reuniões são realizadas na sede do ICZ – Instituto de Metais não Ferrosos, com suporte da ABRACO.

Em sua opinião, devemos utilizar somente normas técnicas brasileiras para contratação de serviços e aquisição de produtos?

Leite – Não necessariamente. Devemos sempre optar pela utilização de uma norma internacional ISO ou IEC, que são documentos aceitos pela OMC – Organização Mundial do Comércio, em caso de documentos conflitantes. A norma brasileira deve ser feita apenas no caso de inexistência de uma norma internacional sobre o assunto ou para complementar uma norma internacional que não atende algum assunto específico do Brasil.

Qual o plano de trabalho traçado pelo CB-43 e quais as metas que desejam alcançar durante esta gestão?

Leite – Gostaria de destacar aqui quatro pontos:

1. Primeiramente, devemos fazer uma análise crítica do acervo das Comissões de Estudos;
2. Após essa análise, identificar se existem normas brasileiras obsoletas ou que podem ser substituídas por normas internacionais;
3. Em seguida, verter as normas ISO de interesse das Comissões de Estudos para o português, transformando-as em normas NBR ISO;
4. E, por último, revisar as normas brasileiras não contempladas pelas normas ISO.

Calendário 2013 – De Junho a Novembro

CURSOS	HORAS	JUNHO	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO
<i>Pintura Industrial</i>							
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ	88		8 a 19	12 a 23	9 a 20	21/10 a 1/11	
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ ¹	88		13/7 a 28/9, exceto 27/7				
Inspetor N1 – São Paulo / SP	88					14 a 25	
Inspetor N1 – Sorocaba / SP	88	4/5 a 20/7, exceto 1/6					
Inspetor N1 – Salvador / BA	88					28/10 a 8/11	
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ ²	8			24			
Inspetor N1 – Recife / PE	88	3 a 14					
Inspetor N1 – Rio Grande / RS	88				23/9 a 4/10		
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ ³	40				2 a 6		
Inspetor N1 – São Paulo / SP ³	40		1 a 5				
Inspetor N2 – Rio de Janeiro / RJ ⁴	40	3 a 8					
<i>Pintor e Encarregado de Pintura Ind.</i>							
Pintor e Encarregado de Pint. Ind.	40	10 a 14				7 a 11	

¹ Turma somente aos sábados

³ Curso Intensivo

Mais informações: cursos@abraco.org.br – eventos@abraco.org.br

² Revisão de Aulas Práticas

⁴ Nível 2 e IMO/PSPC

Atenção: Calendário sujeito a alterações

ISMOS⁴ International Symposium on Applied Microbiology and Molecular Biology in Oil Systems

RIO DE JANEIRO

August 25-28, 2013 | www.ismos-4.org

Poster Abstract Submission Deadline: May 31, 2013

There will be simultaneous translation:

English / Portuguese / English



Dear Colleague,

We hope you are planning to join ISMOS-4: The 4th International Symposium on Applied Microbiology and Molecular Biology in Oil Systems.

ISMOS-4 will take place in Rio de Janeiro on August 25-28th, 2013.

This conference explores the application of emerging microbial and molecular biology tools to a wide range of hydrocarbon resource environments.

Come and experience the largest molecular biology event for the oil and gas industry in Rio de Janeiro, Brazil's dynamic petroleum capital.

Organization



Support



Gold Sponsor



Microbial Control
Putting you in control.



We make it visible.

Discount rate before June 7, 2013.

Guarantee your place in ISMOS-4.

Tecnologia *requer* maior divulgação

Dentre as várias tecnologias anticorrosivas, a Proteção Catódica tem se destacado por ser cada vez mais implementada como medida eficiente nas aplicações para as quais é indicada

Por Alberto Paz

A técnica de controle da corrosão, denominada Proteção Catódica, consiste em transformar a estrutura que se deseja proteger contra a corrosão em um grande catodo de uma célula eletroquímica. Para isto, é necessário criar uma área anódica artificial onde as reações de oxidação irão atuar, proporcionando a ocorrência somente de reações de redução

sobre a estrutura. Como a perda de material por corrosão se dá devido às reações de oxidação, o material fica imune ao desgaste. Segundo Laerce de Paula Nunes, especialista em Proteção Catódica, esta é a única técnica que de fato assegura imunidade total ao material. Na proteção catódica, há um fluxo de corrente contínua, no sentido convencional, da área anódica para catódica, que é denominada corrente de proteção. “Esta corrente de proteção pode ser injetada na estrutura por dois métodos: sistemas galvânicos, que se utilizam do princípio da pilha galvânica ou os chamados sistemas por corrente impressa, que geram a corrente a partir de uma fonte externa de corrente contínua”, ensina Nunes.

A técnica de proteção catódica somente pode ser aplicada em





Laerce de Paula Nunes, gerente da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão

meios condutores e contínuos, como nas estruturas enterradas ou nas submersas. Em hipótese alguma, pode ser utilizada em estruturas aéreas, pois o ar é um dielétrico e não permite o fluxo da corrente contínua, necessária à proteção, entre a área anódica e a catódica. "Embora o uso dessa tecnologia seja consagrada em todo o mundo, apenas as empresas de petróleo, gás e produtos perigosos a emprega de forma extensiva, pois o mercado ainda padece do desconhecimento crônico acerca da importância e dos benefícios, inclusive econômicos, da proteção contra a corrosão. Certamente, com a gradual conscientização coletiva dos riscos da corrosão, esta técnica se tornará mais utilizada", pondera Nunes.

Ainda sobre sua empregabilidade, a proteção catódica, em princípio, se aplica a todas as empresas detentoras de, por exemplo, dutos, tanques de armazenamento, navios e embarcações, instalações portuárias, instalações *offshore*, permutadores de calor e torres de linhas de transmissão, entretanto, é na área de dutos onde se encontra o maior número de aplicações. "Sua grande vantagem em relação a todas as outras técnicas é o fato de ser a única aplicação que confere imunidade ao material. De modo geral, ela não compete com outras técnicas e,

sim, atua de forma complementar", explica Nunes.

Economia e meio ambiente

Em geral, a proteção catódica, quando aplicada em combinação com revestimentos, apresenta excelente relação custo-benefício, especialmente com os revestimentos de alta eficiência que se dispõe atualmente. "Pode-se dizer, com toda certeza, que é uma das técnicas, empregadas no combate à corrosão, de menor custo", afirma Nunes.

Pode-se dizer que um dos grandes benefícios dessa tecnologia relaciona-se à preservação ambiental, pois se não fosse a utilização da proteção catódica, seria praticamente impossível operar as instalações hoje existentes, especialmente os gasodutos e oleodutos, sem gerar danos ao meio ambiente. Esta é a razão pela qual atualmente se dá tanta ênfase ao investimento contínuo para o desenvolvimento dessa aplicação.

Segundo Nunes, o número de aplicações dessa técnica em países mais desenvolvidos é maior que no Brasil simplesmente porque possuem uma infraestrutura maior. "Entretanto, em termos de conhecimento e domínio da técnica nós estamos no mesmo patamar desses países. Temos empresas tecnicamente capacitadas, materiais e conhecimento compatíveis com os centros mais avançados do mundo", esclarece.

O especialista dá como exemplo de evolução na aplicação da tecnologia, o monitoramento e controle à distância. "Hoje, o acompanhamento dos sistemas de proteção de grandes estruturas, especialmente dutos, tornou-se muito prática pelos avanços da telecomunicação e da informática. Um responsável técnico pelos sistemas de proteção catódica de uma empresa operadora de dutos pode ter acesso aos parâmetros de qualquer sistema a qualquer instante e de qualquer lugar do mundo. E essa tecnologia está disponível no Brasil", enfatiza.

Nunes reconhece, porém, que a aplicação da proteção catódica tem condições de ser ampliada muito mais. "Um ponto que considero falho é a falta de divulgação do tema, como forma de aumentar a conscientização dos profissionais e das empresas. Nesse aspecto, considero o trabalho da ABRACO muito importante, pois atua como propagadora do conhecimento e das técnicas de proteção anticorrosivas", comenta.

Outro ponto ressaltado por Nunes refere-se à questão da qualificação e formação da mão de obra. "No Brasil, a mão de obra especializada foi treinada pelas próprias empresas, em alguns momentos com a participação da ABRACO. Enquanto os processos de qualificação e certificação estão em estágio avançado em outros países, no Brasil eles ainda estão em fase de desenvolvimento. A ABRACO está concentrando todos os esforços para que eles possam tornar-se realidade no Brasil ainda neste ano."

Painel de usuários

Para ampliar o debate em torno da utilização da proteção catódica, a **Revista Corrosão & Proteção** consultou profissionais envolvidos com essa tecnologia para comentar sobre sua aplicação nas empresas em que atuam. Acompanhe.

Diogo S. Menezes B. Maia

Profissional com mais de 12 anos de experiência em proteção catódica de dutos enterrados, o engenheiro Diogo S. Menezes B. Maia



*Diogo S. Menezes B. Maia,
engenheiro de manutenção, Comgás*

iniciou suas atividades na área em 2001 e desde 2007 está na Comgás como Engenheiro de Manutenção, na área de Proteção Catódica. É presidente do PPCI – Comissão de Interferências Elétricas do Estado de São Paulo – e membro do CB-43 ABNT/ABRACO. É formado em Engenharia Elétrica e possui MBA em Gestão de Negócios,

Inovação e Projetos pela FIA – Fundação Instituto de Administração. Ele comenta o uso da tecnologia na Comgás.

“A Comgás possui atualmente em sua área de concessão mais de 9.600 km de gasodutos para distribuição de gás, dos quais cerca de 2.000 km são de tubulações de aço. Para estes de 2.000 km, utiliza-se da proteção catódica para proteção, com o emprego de revestimento protetor e de proteção catódica por corrente impressa.

A proteção catódica é utilizada pela empresa desde o início da utilização de tubos de aço pela companhia, ou seja, há mais de 30 anos. A principal vantagem traduz-se na conservação dos ativos ao longo do tempo, o que garante a continuidade operacional das instalações com segurança. O maior desafio está na mitigação e controle das interferências elétricas entre os sistemas das diferentes empresas que fornecem serviços de *utilities*, ou seja, aquelas que operam dutos de transporte ou de distribuição com sistemas de proteção catódica (caso da Comgás), as que operam sistemas de tração eletrificados (trem e metrô) e as de transmissão/distribuição de energia elétrica. Garantir o controle destas interferências possui relação íntima com a continuidade operacional das instalações, pois uma interferência deste tipo poderia provocar vazamentos por corrosão num curto espaço de tempo.

O custo da corrosão é algo preocupante para todas as empresas, a proteção catódica contribui para reduzir gastos. Sem proteção catódica efetiva um duto de aço enterrado sofreria corrosões eletroquímicas em toda a sua extensão, e num espaço estimado de 6 a 8

Referência em Pintura, Montagem e Manutenção Industrial



A **BLASPINT** é uma empresa especializada em serviços de manutenção e pintura em refinarias e terminais de petróleo, com destaque para as unidades pertencentes à Petrobras e suas subsidiárias.

A empresa se destaca na fabricação, montagem e manutenção de tanques, esferas e tubulações, com atividades de hidrojateamento, jateamento, pintura e caldeiraria.

Na busca pela melhoria contínua do desempenho, a **BLASPINT** implantou o Sistema Integrado de Gestão para seguir diretrizes de qualidade, segurança, cuidados ambientais e saúde do trabalhador, recebendo assim o título de empresa certificada.

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



WWW.BLASPINT.COM.BR

BLASPINT
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampos - SP | CEP 12246-000

Av. Alfredo Ignácio Nogueira Penido, 255 | sl 1713, Ed. Le Classique, Jd. Aquarius
Tel.: (12) 3911-2555 | sjcampos@blaspin.com.br

Caçapava - SP | CEP 12285-810

Rod. João do Amaral Gurgel, 1501
Telefax: (12) 3654-4040 | blaspin@blaspin.com.br

anos o primeiro furo por corrosão surgiria. A partir deste instante, sucessivos furos ocorreriam ao longo do tempo devido ao comprometimento de toda a estrutura pelas corrosões que ocorreram até então. Além disso, um duto de aço enterrado sob influência de interferências elétricas sem controle poderia sofrer furos por corrosão eletrolítica num curto espaço de tempo, o que provocaria vazamentos e comprometeria a continuidade operacional. Num duto com sistema de proteção catódica efetiva desde a sua instalação a ocorrência de corrosões eletroquímicas e eletrolíticas são interrompidas, o que se traduz no aumento da vida útil da estrutura. Nossa experiência, com dutos com mais de 30 anos em operação, é indicativa dos benefícios da aplicação da proteção catódica.

O grande desafio da proteção catódica está na mitigação/controlado das interferências elétricas entre os diferentes sistemas das empresas que fornecem serviços de *utilities*, e devido à rapidez que corrosões poderiam ocorrer é preciso garantir a rápida implantação das medidas mitigadoras necessárias. Para garantir este item e a tomada de decisão no menor prazo possível, existe desde 2008, o PPCI – Comissão de Interferências Elétricas do Estado de São Paulo.

As empresas participantes do PPCI são operadoras de dutos enterrados com sistema de proteção catódica ativo (Comgás, Transpetro/Petrobras, TBG, Sabesp e Quattor), operadoras de sistemas de tração de eletrificados (CPTM e Metro- SP), de linhas de transmissão/ distribuição de energia elétrica (CTEEP, CPFL e Eletropaulo), além de instituições de pesquisa (ABRACO e IPT).”



*João Paulo Klausing Gervásio,
consultor da Petrobras*

João Paulo Klausing Gervásio

Consultor em Proteção Catódica na Petrobras, onde trabalha desde 2006 no setor de Engenharia de Dutos Terrestres, João Paulo Klausing Gervásio é graduado em Engenharia Industrial pelo CEFET-MG e tem pós-graduação Lato Sensu em Engenharia de Dutos pela PUC-

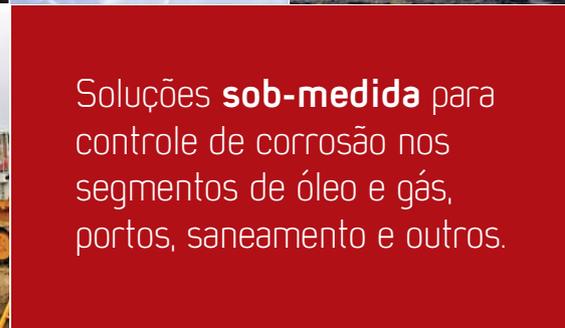
○ Proteção catódica ○ Projetos turn-key ○ Inspeção



UMA VISÃO **INOVADORA** PARA O MERCADO DE CORROSÃO.

Soluções completas e inteligentes, com avançados sistemas de simulação numérica e de acordo com as mais exigentes normas técnicas nacionais e internacionais.

WWW.TECNOCORR.COM.BR





*Wilson Gil Castinheiras Junior,
coordenador da Transpetro*

RJ (2008). Entre suas principais atividades na empresa estão a atuação em projeto e assistência técnica de proteção catódica, em projetos de desenvolvimento tecnológico e na elaboração de normas técnicas Petrobras, ABNT e ISO. Acompanhe seus comentários sobre a tecnologia.

“A proteção catódica é uma técnica barata e muito eficiente,

que atua geralmente em conjunto com revestimentos orgânicos, amplamente utilizada na Petrobras. Os primeiros projetos implantados na companhia que tenho conhecimento são da década de 1960. Entre eles, cito a proteção das estacas metálicas do píer do Terminal de São Sebastião e o primeiro duto a possuir proteção catódica no Brasil, o Oleoduto Rio-Belo Horizonte (Orbel).

Apesar dos avanços tecnológicos alcançados na fabricação e aplicação dos revestimentos, estes não são infalíveis. Entre as principais estruturas protegidas por esta prática, estão dutos terrestres e submarinos, tanques, navios e plataformas.

Hoje em dia para muitas situações é impensável não utilizar a proteção catódica. Alguns exemplos:

1. Em dutos terrestres, a proteção catódica previne a corrosão eletrolítica causada por interferências elétricas de sistemas de transporte eletrificados (como trens e metrô) e sistemas de transmissão de energia elétrica em alta tensão;
2. Em dutos submarinos, eventualmente o revestimento é danificado durante o lançamento e a proteção catódica é que protege o duto nesta situação;
3. A pintura do casco de navios sofre muito desgaste com o atrito com a água do mar. Com o passar do tempo, a proteção catódica é que garante a integridade do casco;
4. A porção submersa de jaquetas de plataformas geralmente não são pintadas e protegidas somente por proteção catódica.

Não é novidade que os gastos com manutenção corretiva de equipamentos corroídos são muito maiores do que a prevenção da corrosão. A aplicação da proteção catódica é a garantia adicional que a estrutura metálica protegida estará isenta dos problemas da oxidação. Geralmente, o custo de um sistema de proteção catódica é inferior a 1 % do valor total da estrutura a ser protegida. É um custo muito baixo pelo benefício que ela proporciona.

A proteção catódica é muito importante também no prolongamento da vida útil de equipamentos. Um duto ou uma plataforma projetados para operar por 30 anos, por exemplo, podem ter sua vida útil estendida graças à proteção catódica que garantiu a integridade destes. Eventualmente uma renovação no sistema de proteção catódica é necessária.

O maior problema na área é o desconhecimento das pessoas sobre o assunto. Muitos dos problemas relacionados à proteção catódica poderiam ser facilmente evitados com um mínimo de informação sobre a atividade. Pensando nisso, está sendo implantada a qualificação e certificação dos profissionais de proteção catódica.”

Wilson Gil Castinheiras Junior

Engenheiro da Coordenadoria de Dutos da Transpetro, Wilson Gil Castinheiras Junior, contribui com seu conhecimento sobre o assunto. Formado em Engenharia Elétrica pela PUC-RJ e concursado pela Petrobras, onde trabalhou entre 1977 e 2009, iniciou sua atuação na área de proteção catódica nos anos de 1980.

“Na Petrobras, a proteção catódica é utilizada como prevenção da corrosão de dutos terrestres e submarinos, tanques de armazenamento, plataformas de exploração e pro-



PRESSERV DO BRASIL

Trabalhamos para preservar os bens duráveis de nossos clientes, aumentando a vida útil dos mesmos e garantindo maior retorno no investimento.

Consultoria em projetos de preservação de equipamentos, máquinas, tubulações e estruturas metálicas.

Oferecemos soluções inteligentes no controle da corrosão.

Embalagens especiais para transporte e armazenagem de máquinas e equipamentos.

Venda e distribuição dos produtos da linha Cortec VpCl no Brasil.

Tel.: (27) 3022-0887

www.presservbrasil.com.br

dução, embarcações, estacas metálicas de píeres, trocadores de calor e equipamentos submarinos.

A história da proteção catódica data dos primórdios do século XIX, a partir dos estudos iniciados pelo cientista Sir Humphrey Davy, que, em 1823, foi comissionado pelo almirantado britânico para estudar uma solução para os problemas de corrosão na chaparia de cobre que revestia o casco de madeira dos navios de guerra de Sua Majestade. No Brasil, o emprego da proteção catódica em escala industrial data da década de 1960, com o crescimento da Petrobras.

Basicamente, as consequências da corrosão são: a diminuição das reservas naturais, a aparência desagradável dos objetos, equipamentos e instalações, as paradas não programadas, os lucros cessantes, os danos ao meio ambiente e os riscos à segurança pessoal. Com o uso da proteção catódica, podemos, em resumo, evitar as perdas econômicas, de segurança e, principalmente, de imagem pública da empresa.

A proteção é uma técnica de combate à corrosão de instalações metálicas enterradas ou submersas, bastante empregada no mundo e de custo reduzido, se comparado ao valor dessas instalações. Ela constitui-se, também, em uma importante ferramenta na preservação do meio ambiente e ampliação da vida útil das instalações.”

Agradecimento

Gostaríamos de agradecer ao Laerce de Paula Nunes, ex-presidente da Associação Brasileira de Corrosão – ABRACO, por sua colaboração neste artigo, sem a qual não teria sido possível alcançar

o nível auferido de excelência técnica. Desde 2005, atuando como gerente de projetos da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão, Nunes é formado em engenharia metalúrgica, com especialização em engenharia de equipamentos. Sua trajetória profissional contempla 25 anos na Petrobras, além do exercício do magistério e de uma série de consultorias em diversas instituições, como o Instituto Brasileiro de Petróleo – IBP, o NTT Treinamento Avançado, a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos – Abramam, e a Associação Brasileira de Ensaio Não Destrutivos e Inspeção – Abendi. A larga experiência amalhada ao longo desses anos na área permitiu-lhe também escrever diversos livros técnicos publicados com sucesso e reconhecimento de seus leitores.

SMARTCOAT

Tecnologia em hidrojateamento e preocupação com meio ambiente.

Somos especializados em revestimentos, com técnicas modernas para preparação de superfície por hidrojateamento e aplicação de tintas anticorrosivas, minimizando os resíduos e os danos ambientais. Atuamos na manutenção de plataformas marítimas e navios de petróleo.



SMARTCOAT
Engenharia em Revestimentos Ltda



Taubaté:

Rua Duque de Caxias, nº 331, sala 711
Centro - Taubaté-SP | Cep: 12.020-050
TEL: +55 (12) 3635-1447
smartcoat@smartcoat.com.br

Macaé:

Rodovia Amaral Peixoto, Nº 4885, Km 183,5
Barreto - Macaé-RJ | Cep: 27.965-250
TEL: +55 (22) 2757-9500
macae@smartcoat.com.br

www.smartcoat.com.br

WS investe em Centro de Treinamento

A WS Equipamentos investiu em um centro de treinamento moderno, voltado à capacitação dos profissionais da cadeia de pintura. Localizado na sede da empresa em Americana, com uma sala com capacidade de receber 32 pessoas por período de treinamento e um Showroom dividido em cinco estandes, sendo um para cada segmento de mercado em que a WS atua.

Constatando a carência de profissionais qualificados no mercado para operarem com equipamentos cada vez mais sofisticados, a WS oferece treinamento e aperfeiçoamento necessários para a operação dos mais modernos equipamentos, aliado às mais avançadas técnicas, tendo como objetivo propiciar ao mercado o



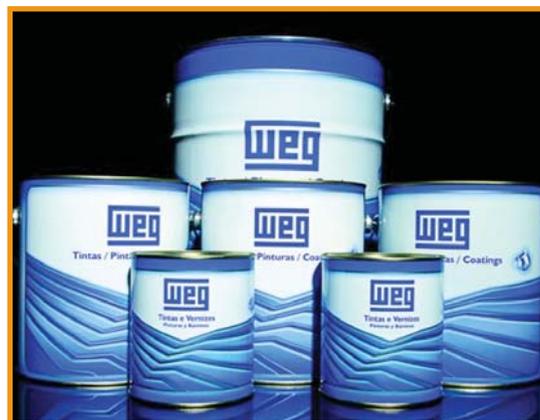
acompanhamento da crescente e contínua evolução tecnológica do setor.

Mais informações: www.wsequipamentos.com.br

WEG aumenta família de revestimentos anticorrosivos

Com um produto de baixíssimo teor de solventes, combinando a resina Epóxi Novolac e à agentes anticorrosivos, a WEG Tintas oferece um produto de altíssima performance exclusivo no mercado, o WEGPOXI BLOCK HPP 402 Alumínio. Sua alta aderência permite a aplicação sobre tratamento manual/mecânico de tintas envelhecidas e fortemente aderidas.

A combinação da resina com os agentes anticorrosivos oferece maior proteção catódica e maior impermeabilidade, além de estabilidade térmica e maior resistência química. O novo revestimento é ideal para pintura de manutenção em equipamentos sujeitos à condições de extrema agressividade, como máquinas e equipamentos das indústrias de papel e celulose; química e petro-



química; açúcar e etanol entre outras.

Mais informações: www.weg.net/br

Errata

As fotos e referências registradas abaixo foram publicadas de forma equivocada nas páginas 14 e 15 da edição de nº 45, janeiro/fevereiro de 2013, da **Revista Corrosão & Proteção**.

- foto de Hélio Sartori – Petrobras – SEQUI-ETCM como sendo a de Isidoro Barbiero – diretor da SmartCoat
- legenda da foto de Reinaldo Richter – Diretor Superintendente da WEG Tintas como sendo de Sandro de Oliveira – chefe do setor de marketing da Weg Tintas.
- depoimento de Reinaldo Richter – Diretor Superintendente da WEG Tintas como sendo de Sandro de Oliveira – chefe do setor de marketing da Weg Tintas.



*Reinaldo Richter –
diretor superintendente
da WEG Tintas*



*Isidoro Barbiero,
diretor da SmartCoat*

A versão digital corrigida da edição já encontra-se disponível para download no site da associação: www.abraco.org.br.

Revestimentos anticorrosivos de alto desempenho

O Grupo RUST & RESINAR oferece serviços e produtos para aplicações de sistemas de revestimentos anticorrosivos no Brasil e em alguns países do Mercosul. Contando com uma infinidade de produtos que podem compor mais de 70 sistemas de revestimentos diferentes, dependendo de cada necessidade, a Resinar Materiais Compostos produz e atende todo este mercado.

Dependendo da região e da prática utilizada por algumas lojas que já atendem pessoalmente e diretamente seus clientes, inclusive com outros produtos para fins diversos, a comercialização regional através de revendedores é atrativa, primeiro para o cliente, que já é atendido com outros produtos, e segundo para o próprio lojista, que aumenta a possibilidade de negócios.

O Grupo RUST & RESINAR possui *know-how* técnico no combate à corrosão, onde projeta, desenvolve e aplica sistemas de revestimentos anticorrosivos de alto desempenho.

Uma equipe comercial com larga experiência no combate à corrosão, está à sua inteira disposição para colaborar, a fim de oferecer revestimentos anticorrosivos que agreguem valor ao seu negócio.

Mais informações: vendas@resinar.com.br

AkzoNobel na Brasil Offshore

Unidade de negócios especializada em Tintas em Pó e com fábrica em São Roque (SP), marca sua estreia no evento, unindo-se a outras duas unidades da companhia. A AkzoNobel ganha reforço em sua participação na Brasil *Offshore* deste ano: a unidade *Powder Coatings*, dona das marcas Resicoat e Interpon, passa a integrar o time que representará a multinacional no evento com início dia 11 de junho, em Macaé (RJ). Além de *Powder*, as outras unidades são *Marine, Protective & Coatings* (marca International) e *Surface Chemistry*. Juntas, pretendem mostrar toda a força da empresa que é especialista em tintas e revestimentos e uma das principais fabricantes de especialidades químicas do mundo.

Mais informações: www.akzonobel.com/br/

Distribuidor Autorizado:



Completa Linha de equipamento para Pintura e Inspeção



Recuperadora de Solvente



Lixamento sem pó



Kit Bresle



Medidor de Camada Seca



Airspray



Airless



Pente de Medição



Airless Bicomponente Automático



SSPC SP11

www.wsequipamentos.com.br

(19) 3469.9889 - ws@wsequipamentos.com.br - Americana - SP

Revisando *conceitos*: corrosão em frestas – Parte 2

Reviewing concepts: crevice corrosion – Part 2



Por Cristiane
Vargas Pecequillo



Zebbour Panossian

Resumo

A corrosão em frestas consiste em uma das formas de ataque mais incidente e menos reconhecida. Este tipo de corrosão localizada é um problema que em geral envolve os metais passiváveis e, portanto, materiais relativamente resistentes à corrosão, como, por exemplo, aços inoxidáveis, titânio e alumínio. Por esta razão, a corrosão em frestas é frequentemente negligenciada, levando a falhas prematuras de estruturas e equipamentos, algumas vezes com consequências catastróficas. Este tipo de corrosão também ocorre com metais ferrosos e outras ligas menos resistentes à corrosão, expostos a ambientes altamente oxidantes ou passivantes. Em todos os casos, a ocorrência deste problema limita-se a frestas muito estreitas que são formadas quando são utilizadas gaxetas, parafusos e arruelas, estando presente também em juntas sobrepostas e depósitos de superfície (deposição de areia, produtos de corrosão permeáveis, incrustações marinhas e outros sólidos), além de outras heterogeneidades superficiais, como trincas, borrifos de solda e outros defeitos metalúrgicos^(1, 2).

Para explorar mais amplamente este assunto, serão apresentados três artigos de revisão bibliográfica cada qual abordando os seguintes tópicos:

- I. Definição, causas e mecanismos;
- II. Fatores influenciadores na resistência à corrosão em frestas;
- III. Prevenção, controle e ensaios de verificação da susceptibili-

dade à corrosão em frestas.

O presente trabalho apresentará os principais fatores influenciadores da corrosão em frestas.

Abstract

Crevice corrosion is one of the most common and less recognized forms of attack on metals. This type of localized corrosion is a problem that usually involves passive metals and therefore relatively corrosion-resistant materials, for example, stainless steels, titanium and aluminum. For this reason, crevice corrosion is often ignored, leading to premature failure of structures and equipment, sometimes with catastrophic consequences. This type of corrosion occurs also with less corrosion resistant alloys exposed to highly oxidizing or passivating environments. In all cases, the occurrence of this problem is confined to very narrow gaps (crevices) which are formed when using gaskets, bolts and washers. Narrow gaps are also present in lap joints and beneath surface deposits, such as sand, porous corrosion products, barnacles and other surface heterogeneities such as cracks, spray welding and other metallurgical defects^(1, 2).

To explore this subject more largely, three papers of literature review will be presented covering the following topics:

- I. Definition, causes and mechanisms;*
 - II. Influencing factors on the resistance to crevice corrosion;*
 - III. Prevention, control and techniques for measuring the tendency for crevice corrosion.*
- This paper presents the main*

influencing factors for crevice corrosion.

Fatores influenciadores na resistência à corrosão em frestas

São muitos os fatores que exercem influência na resistência à corrosão em frestas dos metais e ligas passiváveis. Entre estes fatores, é interessante citar a composição da liga (níquel, cromo, molibdênio, nitrogênio etc.), a microestrutura (inclusões, segundas fases, heterogeneidades na estrutura etc.), a geometria das frestas, a formação de pares galvânicos, a relação de área cátodo/anodo e os tratamentos de superfície. Em relação aos meios, são fatores influenciadores a temperatura, a velocidade relativa metal/meio, a presença de cloro, de ozônio, de íons cloreto, de gás sulfídrico (H₂S), como também as variações que ocorrem se a água do mar é natural ou sintética. A seguir, tais fatores influenciadores serão discutidos com mais detalhes.

Efeitos das composições das ligas

A resistência à corrosão localizada (corrosão por pite e em frestas) dos aços inoxidáveis é extremamente dependente de sua composição química. Geralmente, os aços inoxidáveis duplex são pelo menos tão resistentes quanto os aços inoxidáveis austeníticos de mesmo teor de cromo e de molibdênio. Na prática, os modernos aços inoxidáveis duplex são muito mais resistentes, particularmente em mei-

os contendo cloreto, devido à adição de nitrogênio como elemento de liga. É fato que os elementos cromo, molibdênio e nitrogênio aumentam a resistência à corrosão por pite das ligas Fe-Ni-Cr. O efeito destes elementos pode ser quantificado por meio de um parâmetro empírico denominado número equivalente de resistência à corrosão por pite (PREn – *Number of Pitting Resistance Equivalent*), definido geralmente pela seguinte equação:

$$\text{PREn} = \%Cr + 3,3 (\%Mo) + k (\%N) \quad (\text{eq. 1})$$

onde o k é um número entre 10 e 30, sendo frequentemente mais utilizado o valor igual a 16⁽³⁾.

Embora este parâmetro tenha algumas limitações por incluir somente três elementos de liga, ele oferece um modo rápido e eficiente para se estimar a resistência à corrosão por pites dos aços inoxidáveis.

A maior desvantagem na utilização deste parâmetro, que é baseado somente na composição química dos materiais, é que ele não considera os efeitos decorrentes de alterações na microestrutura das ligas (provocadas por algum processo metalúrgico, como a soldagem) sobre a quebra da camada passiva ocasionada pela corrosão por pite ou em frestas⁽⁴⁾.

A composição química das ligas também exerce influência na CCT (*Critical Crevice Temperature*), parâmetro considerado importante para a corrosão em frestas. Segundo a norma ASTM G 48⁽⁵⁾, a CCT consiste na temperatura mínima na qual ocorre o ataque em frestas com profundidade de pelo menos 0,025 mm, sob os dispositivos formadores de frestas empregados. A equação que determina a temperatura de início do ensaio para os aços inoxidáveis é diferente da equação para as ligas a

base de níquel. Para as ligas a base de níquel (CCT_{Ni}), a equação considera os teores de cromo, molibdênio, nióbio e tungstênio:

$$\text{CCT}_{\text{Ni}} = (1,5 \times \%Cr) + (1,9 \times \%Mo) + (4,9 \times \%Nb) + (8,6 \times \%W) - 36,2 \quad (\text{eq. 2})$$

enquanto que, para os aços inoxidáveis (CCT_{Al}), a equação considera os teores de cromo, molibdênio e nitrogênio:

$$\text{CCT}_{\text{Al}} = (3,2 \times \%Cr) + (7,6 \times \%Mo) + (10,5 \times \%N) - 81,0 \quad (\text{eq. 3})$$

A seguir, serão discutidas as particularidades de cada um dos seguintes aços inoxidáveis: austeníticos, ferríticos e dúplex, no que se refere à corrosão em frestas.

Aços inoxidáveis austeníticos

No caso dos aços inoxidáveis austeníticos, o aumento do teor dos principais elementos de liga (níquel e cromo), aumenta a resistência à corrosão em frestas destas ligas. O aumento do teor de cromo é benéfico devido ao fato de tal elemento aumentar a passividade das ligas austeníticas, tornando mais difícil a quebra da camada passiva dentro das frestas. Entretanto, conforme já mencionado, a hidrólise dos íons crômicos produz um pH igual a 1,6, fazendo com que tais íons sejam apontados como os responsáveis pela acidificação que acontece nas frestas dos aços inoxidáveis.

Dentre os demais elementos de liga encontrados nos aços inoxidáveis, o molibdênio exerce a maior influência na melhoria da resistência à corrosão em frestas. De acordo com Sedriks⁽⁴⁾, diversas publicações atestam para este fato, independentemente se o ensaio aplicado para a avaliação da resistência foi

eletroquímico⁽⁶⁾, de imersão em cloreto férrico^(7, 8, 9) ou em água do mar natural^(6, 8, 9).

Nos aços inoxidáveis ao molibdênio, o nitrogênio é benéfico à resistência à corrosão em frestas. Neste tipo de aço, a adição de silício aumenta a resistência destas ligas à corrosão em frestas em água do mar⁽¹⁰⁾.

No caso do cobre, comparando diversas ligas comerciais, foi observado que seu efeito depende das condições de superfície das mesmas⁽¹¹⁾. Teores de cobre entre 1,6 % e 3,3 % parecem aumentar a resistência à iniciação da corrosão em frestas de superfícies laminadas em água do mar natural. Entretanto, quando ocorre a remoção do filme superficial formado durante a laminação, por exemplo, com o lixamento da superfície ou por meio de operações de usinagem ou corte (de bordas), o cobre promove a iniciação ou a propagação da corrosão em frestas.

Aços inoxidáveis ferríticos

Para os aços inoxidáveis ferríticos, o aumento dos teores de cromo e de molibdênio acarreta aumento da resistência à corrosão em frestas. No caso das ligas de alta pureza em soluções acidificadas de cloreto férrico, mantendo-se constante o teor de molibdênio em 2 % e aumentando do teor de cromo de 20 % para 28 % ocorre o aumento progressivo da temperatura na qual se tem o início do ataque em frestas. Com relação ao molibdênio, aumentando seu teor de 0 % para 5 % e mantendo-se constante o teor de cromo em 25 %, também foi observado o aumento da referida temperatura.

Os aços inoxidáveis superferíticos, com elevados teores de cromo e de molibdênio, apresentam elevada resistência à corrosão em frestas em água do mar. Entretanto, eles não devem ser utilizados em situações nas quais

ocorre a formação de frestas com um material menos resistente, como, por exemplo, o aço inoxidável austenítico AISI 316. O ataque da fresta, que tem início no aço AISI 316, gera elevada acidez que, por fim, destrói a camada passiva dos aços superferríticos.

Adições de nitrogênio podem causar corrosão intergranular nos aços inoxidáveis superferríticos se % C + % N > 0,025 %. Portanto, o nitrogênio não é utilizado como elemento de liga.

Em relação ao níquel, este parece não ter influência na resistência à corrosão em frestas dos aços inoxidáveis superferríticos.

Pequenas adições de paládio e de ródio à liga Fe-28,5Cr-4,0Mo, mostraram-se prejudiciais à resistência à corrosão em frestas em solução de cloreto férrico a 50 °C⁽¹²⁾.

Aços inoxidáveis dúplex

No caso dos aços inoxidáveis dúplex há variações significantes na resistência à corrosão em frestas. O aumento dos teores de molibdênio e de nitrogênio resulta na obtenção de maiores temperaturas críticas de fresta (CCT). O efeito benéfico do nitrogênio deve-se ao fato de que ele tanto melhora a resistência à corrosão da fase austenita como reduz a partição do cromo, permitindo manter um maior teor de cromo na austenita⁽⁸⁾.

Efeitos da microestrutura

Em relação à microestrutura das ligas metálicas, as inclusões, fases secundárias e heterogeneidades estruturais podem facilitar a corrosão em frestas. Deste modo, inclusões de sulfeto de manganês, fases alfa (α), sigma (γ) e chi (χ), regiões empobrecidas em cromo ao redor de precipitados de carbeto e nitreto e heterogeneidades introduzidas por processos de soldagem e de fundição são prejudiciais à resis-

tência à corrosão em frestas.

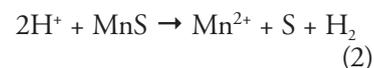
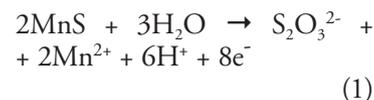
São poucas as avaliações dos efeitos da microestrutura sobre a corrosão em frestas. Os limitados estudos existentes suportam a ideia de que as características microestruturais que são prejudiciais à resistência à corrosão por pites, também o são para a resistência à corrosão em frestas.

O ataque preferencial de inclusões de sulfeto de manganês consiste em um dos mecanismos propostos para o processo de iniciação da corrosão em frestas^(13, 14, 15). Segundo Eklund⁽¹³⁾, as inclusões de sulfeto de manganês podem ser locais propícios para o início da corrosão em frestas em aços inoxidáveis, pois as mesmas não são bons condutores eletrônicos, podendo ser polarizadas até atingir o potencial assumido pelo metal passivo. Neste potencial, os sulfetos não são estáveis termodinamicamente e tendem a dissolver-se ao longo da interface metal-inclusão, gerando íons $S_2O_3^{2-}$. Como resultado, tem-se o aparecimento de pequenas ranhuras (frestas). Como as inclusões de sulfeto de manganês estão presentes no metal fundido, quando ele se solidifica, nenhuma camada de óxido se forma na interface entre os sulfetos e o metal solidificado. Portanto, quando os sulfetos se dissolvem, uma nova superfície do metal é exposta ao meio corrosivo.

De acordo com Eklund⁽¹³⁾, as inclusões de sulfeto presentes nos aços inoxidáveis de seu trabalho apresentaram, além do manganês, ferro e cromo em solução sólida. Por este motivo, a composição química da solução ao redor da microárea exposta da superfície do metal é diferente da composição química do seio da solução. Ao se dissolverem, as inclusões de sulfeto liberam íons de manganês, ferro e cromo, que sofrem hidrólise e também participam de reações complexas com o oxigênio residual, água e

os íons Cl^- que migraram para dentro das ranhuras (frestas).

A quebra da camada passiva do aço inoxidável dentro da fresta ocorre pela ação combinada dos íons $S_2O_3^{2-}$ e dos íons Cl^- (provenientes da solução corrosiva), quando a concentração destes atinge um valor crítico. As prováveis reações são^(14, 15):



Após a quebra da camada passiva, a dissolução do metal aumenta e a subsequente hidrólise dos íons de cromo causa a queda do valor do pH. Com isto, os íons metálicos provenientes da dissolução da matriz entram na solução e o potencial cai drasticamente, permanecendo baixo enquanto o metal dissolve. Se as condições geométricas das frestas não forem favoráveis à reposição de solução, a hidrólise dos íons metálicos provenientes da matriz manterá o ataque corrosivo.

As fases sigma (γ) e chi (χ) têm mostrado serem prejudiciais à resistência à corrosão dos aços inoxidáveis ferrítico, dúplex e austenítico^(16, 17).

De acordo com o trabalho de Dundas e Bond⁽¹⁸⁾, quando os aços inoxidáveis dúplex com alto teor de nitrogênio, fundidos e posteriormente recozidos, são imersos em água do mar natural, a ocorrência da precipitação de nitretos de cromo pode favorecer a ocorrência da corrosão em frestas, já que a vizinhança destes nitretos fica empobrecida em cromo. O ataque acontece nos contornos de grão entre as fases austenita e ferrita, onde estão localizados estes nitretos. Algum ataque também pode ser verificado quando ocorre a precipitação

dentro dos grãos de ferrita. No mesmo estudo, um aço inoxidável dúplex forjado de baixo nitrogênio (0,10 % N) apresentou somente ataque superficial nos contornos de grão. A menor resistência à corrosão em frestas dos aços inoxidáveis fundidos é decorrente de sua temperatura de recozimento (1135 °C, contra 1000 °C – 1050 °C dos materiais forjados). Quanto maior a temperatura, qualquer nitreto de cromo presente na liga poderá se dissolver e precipitar novamente durante o resfriamento nos grãos de ferrita e/ou nos contornos de grão austenita-ferrita, com formação simultânea de zonas empobrecidas em cromo ao redor dos nitretos ⁽¹⁸⁾. A precipitação dos nitretos de cromo nos contornos entre grãos de austenita não é esperada devido à alta solubilidade do nitrogênio na austenita ⁽¹⁸⁾.

Em relação aos processos de soldagem, como, por exemplo, o processo TIG (ou *Gas Tungsten Arc Welding – GTAW*), o trabalho de Garner ⁽⁷⁾ mostrou que após submeter diversos aços inoxidáveis a este processo, foram geradas pequenas mudanças microestruturais. Estas alterações mostraram-se prejudiciais à resistência a corrosão em frestas, de acordo com os resultados obtidos em ensaio de determinação da temperatura crítica de fresta (CCT) em solução de cloreto férrico, segundo a norma ASTM G 48, método B ⁽⁵⁾. As diferenças observadas na CCT entre os materiais soldados e os não-soldados podem ser atribuídas à segregação de elementos de liga na microestrutura da região de fusão da solda ou à formação de precipitados na zona afetada pelo calor. Estas mudanças podem ser eliminadas ou pela seleção correta do metal de adição da solda ou por tratamento térmico de recozimento de recristalização ⁽⁷⁾.

Por fim, segundo Handa,

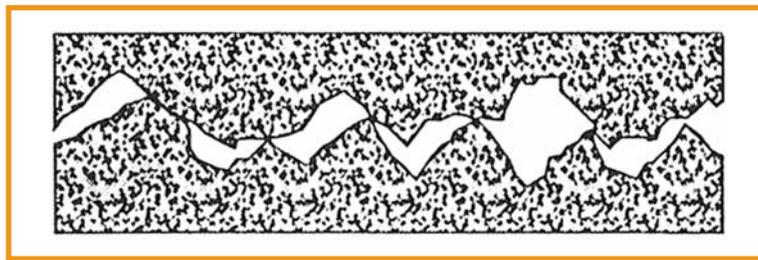


Figura 1 – Fresta formada devido ao contato entre superfícies ásperas ⁽⁴⁾

Miyata e Takazawa ⁽¹⁹⁾, a martensita formada pela conformação a frio do aço inoxidável AISI 304 é prejudicial à resistência à corrosão em frestas em soluções diluídas de cloreto (entre 20 ppm e 200 ppm), a temperatura ambiente.

Efeitos do meio ambiente

Presença de biofilmes

Segundo Dexter e Gao ⁽²⁰⁾, a presença de um biofilme marinho no aço inoxidável pode estimular a corrosão localizada de duas maneiras. Primeiro, o biofilme dá início à corrosão por meio da formação de células de aeração diferencial e segundo, determina um aumento da velocidade da reação de redução catódica. Em algumas ligas metálicas, o biofilme pode ocasionar o início da corrosão em frestas, decorrente do deslocamento do potencial para a região ativa. Entretanto, sobre metais passivos, o biofilme promove o deslocamento do potencial de corrosão na direção dos potenciais positivos (mais nobres). Portanto, tanto em água do mar clorada como não clorada, a corrosão localizada é sempre uma ameaça para a integridade de estruturas submersas, fabricadas com ligas suscetíveis ao ataque em frestas.

Temperatura

Em soluções utilizadas em ensaios de laboratório (portanto, sem a presença de biofilmes ou animais marinhos), como, por exemplo, uma solução de cloreto férrico, a temperatura é o princi-

pal fator acelerador da corrosão em frestas. Segundo o trabalho de Ujiro e colaboradores ⁽²¹⁾, no qual foi estudado um aço inoxidável austenítico e outro ferrítico, a velocidade da corrosão em frestas aumentou linearmente com a temperatura. A velocidade da corrosão do aço inoxidável austenítico aumentou mais rápido do que a do ferrítico. Quanto à temperatura de iniciação da corrosão em frestas, ela foi menor para o aço inoxidável austenítico.

Na água do mar natural, onde a presença de um biofilme pode acelerar a corrosão em frestas por facilitar reações catódicas, a dependência deste tipo de corrosão com a temperatura é mais complexa ⁽²²⁾. Os resultados obtidos por Wallén ⁽²²⁾ mostraram que a profundidade do ataque da corrosão em frestas no aço inoxidável AISI 316 em água do mar natural é maior após três meses de ensaio a 25 °C do que após seis meses de ensaio a 70 °C. Tal fato foi interpretado como resultado da atividade do biofilme a 25 °C, que promoveu a aceleração da corrosão em frestas, enquanto a 70 °C isto não aconteceu, pois o biofilme, a esta temperatura, estava inativo.

A temperatura na qual o biofilme perde sua atividade depende da localização geográfica da água do mar considerada nos estudos. No trabalho de Holthe, Bardal e Gartland ⁽²³⁾, os biofilmes formados na água do mar da cidade de Trondheim, Noruega cessaram sua atividade entre 24 °C e 32 °C, enquanto no estudo de

Mollica e colaboradores ⁽²⁴⁾, os biofilmes formados na água do mar da cidade de Gênova, Itália, não perderam completamente sua atividade até aproximadamente 40 °C. Como decorrência destes resultados, pode-se inferir que, à medida que a temperatura da água do mar aumenta, a velocidade da corrosão em frestas sofre inicialmente um aumento para depois diminuir. Isto acontece após a água do mar atingir uma temperatura máxima, sendo esta menor do que a temperatura na qual o biofilme cessa sua atividade.

A influência da temperatura e o efeito de várias bactérias em água do mar natural, na corrosão em frestas de aços inoxidáveis ao molibdênio foram discutidos por Mollica e colaboradores ⁽²⁴⁾. Segundo estes autores, o aumento da temperatura de 25 °C para 40 °C provoca alteração tanto na iniciação, como também, na propagação da corrosão em frestas por meio da diminuição da velocidade de redução do oxigênio, associada à diminuição do crescimento de bactérias aeróbicas nas áreas catódicas adjacentes. Espécies sulfurosas também podem estar presentes em alguns sedimentos marinhos, levando a condições anaeróbicas sob organismos marinhos, como, por exemplo, cracas, que também podem ser responsáveis por um ataque localizado da corrosão. Evidentemente, o biofilme marinho exerce um papel importante na corrosão em frestas dos aços inoxidáveis em água do mar, influenciando tanto no mecanismo como na cinética do processo de corrosão em questão.

Velocidade

Nas soluções onde a corrosão em frestas é governada pela reação catódica de redução do oxigênio ($O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$), o aumento da velocidade da solução na superfície ex-

terna à fresta determina o aumento da velocidade da corrosão em frestas, já que a agitação da água fornece um maior suprimento de oxigênio em comparação à água parada. Estudos realizados com selos confeccionados em aço inoxidável AISI 304 ⁽²⁵⁾ mostraram que a água do mar a uma velocidade de 0,15 m/s promoveu um maior ataque em frestas do que se estivesse parada. Em outro estudo, utilizando o aço inoxidável AISI 316 e dispositivos formadores de frestas em acrílico, com diversas razões de área catodo:anodo, também houve um maior ataque em frestas para a condição com agitação ⁽²⁶⁾.

Em relação às frestas formadas entre depósitos de animais marinhos (como, por exemplo, cracas) e os aços inoxidáveis, o aumento da velocidade da água do mar pode ser benéfico por dificultar a aderência destes animais sobre a superfície dos aços ⁽²⁷⁾. A praticidade da utilização da velocidade como forma de prevenir a corrosão em frestas é questionável, pois, a partir do momento em que a agitação é interrompida, permitindo o desenvolvimento de cracas, a sua retomada não removerá a aglomeração de animais formada ⁽⁴⁾.

Cloro e ozônio

O cloro ou o hipoclorito são biocidas tradicionalmente utilizados na água do mar para eliminar ou minimizar o aparecimento de incrustações. Entretanto, o cloro, o hipoclorito e as incrustações, aumentam o potencial de corrosão na direção dos potenciais positivos (mais nobres), fornecendo ao sistema reações catódicas adicionais. Numa situação onde uma fresta está presente, muito provavelmente, o favorecimento da ocorrência de reações catódicas irá facilitar a corrosão em frestas. Medidas da temperatura crí-

tica de fresta (CCT) em função do potencial indicaram que, tanto as incrustações quanto a cloração facilitaram a corrosão em frestas, sendo a cloração mais prejudicial do que a presença de incrustações ⁽²⁸⁾. Alguns autores sugerem que, quando os aços inoxidáveis forem utilizados em água do mar clorada, é preferível que a cloração seja intermitente (por exemplo, 1 ppm de cloro residual por 30 min/d) ao invés de contínua. Este procedimento visa minimizar a possibilidade de ocorrência da corrosão em frestas, uma vez que o aumento do potencial de corrosão devido à cloração não é instantâneo ^(22, 28).

Para o caso das ligas a base de níquel (muito resistentes à corrosão em frestas, como, por exemplo, a liga Inconel[®] 625), teores de cloro entre 85 ppm e 90 ppm na água do mar causam extensivo ataque em frestas. Nos casos da água do mar contendo 1 ppm de cloro ou não-clorada, o grau de ataque é comparável, sendo muito menor do que o observado para maiores teores de cloro ⁽²⁹⁾.

No caso do ozônio, este também pode ser utilizado como um biocida. No entanto, de acordo com Sedriks ⁽⁴⁾, têm-se disponíveis poucos trabalhos a respeito do efeito da ozonização na corrosão em frestas dos aços inoxidáveis.

De acordo com o trabalho de Wyllie, Brown e Duquette ⁽³⁰⁾, um corpo de prova do aço inoxidável AISI 304 com frestas (formadas por meio de um dispositivo de Teflon[®] (politetrafluoretileno – TFE ou PTFE)) apresentou, após 30 dias de ensaio em água do mar ozonizada, menor densidade de pites nas frestas em comparação ao ensaio com água do mar aerada. No entanto, para a água do mar ozonizada, os pites apresentaram-se bem mais profundos.

Íons cloreto

A camada passiva protetora, presente sobre a superfície de metais passiváveis pode romper localmente quando em contato com águas contendo cloretos, determinando ataque localizado. Tal ataque é particularmente severo em frestas formadas sob depósitos ou biofilmes, entre superfícies sobrepostas e sob gaxetas. Taxas de corrosão de milímetros por mês têm sido registradas em frestas existentes em ambientes marinhos ⁽¹⁾. O aumento da concentração de cloretos de uma solução geralmente facilita a corrosão em frestas. No trabalho de Wallén, Bergqvist e Olsson ⁽³¹⁾ foi realizado um ensaio no qual a resistência ao início da corrosão em frestas de alguns aços inoxidáveis foi avaliada em relação à concentração de íons cloreto em solução. Os autores observaram que, para a máxima concentração de cloreto de sódio utilizada no ensaio (3 %), só o aço inoxidável AISI 304 apresentou corrosão em frestas. No entanto, os outros aços inoxidáveis avaliados, como o aço inoxidável AISI 316, apresentaram este tipo de corrosão em água do mar natural. Segundo os autores, a diferença, entre os resultados obtidos nos ensaios em laboratório e nos ensaios realizados com água do mar natural, pode estar relacionada com a presença de biofilmes na água do mar. Tais biofilmes facilitam a ocorrência de reações catódicas, favorecendo a corrosão em frestas ⁽³¹⁾.

No caso dos aços inoxidáveis menos resistentes à corrosão em frestas, como, por exemplo, os aços inoxidáveis AISI 304 e AISI 316, estes podem ser utilizados de modo seguro em soluções cujas concentrações de cloreto sejam menores do que 100 ppm e menores do que 300 ppm, respectivamente ^(32, 33). Entretanto, se for permitida a presença de

uma pequena quantidade de ataque em frestas, o aço inoxidável AISI 304 poderá ser utilizado em soluções com até 200 ppm de cloreto, à temperatura ambiente. No caso do aço inoxidável AISI 316, a concentração se cloreto sobe para até 300 ppm, considerando também soluções à temperatura ambiente ^(33, 34).

As concentrações de cloreto, para as quais um aço inoxidável não apresentaria corrosão em frestas, podem ser afetadas pela presença de sulfato. O sulfato presente nas soluções pode agir como um inibidor da corrosão em frestas, aumentando a concentração de cloreto tolerável para um determinado aço inoxidável ⁽³³⁾.

Tipos de água do mar

Gallagher, Malpas e Shone ⁽³⁵⁾ determinaram a profundidade e a área de ataque decorrente da corrosão em frestas de alguns aços inoxidáveis ensaiados em três tipos de água do mar: sintética, coletada e natural ⁽³⁵⁾. A água do mar sintética foi aerada e mantida sob circulação entre 20 °C e 25 °C, enquanto a água do mar coletada foi retirada do mar da Irlanda e mantida sob as mesmas condições da água do mar sintética. Já a exposição dos corpos de prova à água do mar natural foi realizada na cidade de Holyhead, no Reino Unido, entre 7 °C e 10 °C. Em todos os corpos de prova foram utilizados dispositivos formadores de frestas e a duração dos ensaios para cada tipo de água foi de 100 dias. Segundo os autores, os resultados mostraram que o ataque decorrente da corrosão em frestas foi muito menos severo na água do mar sintética, mesmo com sua temperatura relativamente elevada (quando comparada à água do mar natural), tendo sido este ataque observado somente em alguns

dos aços inoxidáveis ensaiados, como o aço inoxidável AISI 316L. Na água do mar natural, apesar da sua temperatura ser significativamente baixa, foi observado o ataque da maioria dos aços inoxidáveis ensaiados e, no caso da água do mar coletada, os aços inoxidáveis apresentaram um comportamento intermediário. Neste caso, os aços inoxidáveis que sofreram ataque apresentaram uma maior profundidade de ataque em comparação à água do mar natural devido à diferença de temperatura entre as mesmas.

Nestes ensaios, a natureza mais agressiva da água do mar natural, em comparação à água do mar sintética, foi atribuída à presença de biofilmes (bactérias mais algas) sobre a superfície dos aços inoxidáveis.

De acordo com Gallagher, Malpas e Shone ⁽³⁵⁾, estes biofilmes provocaram a elevação dos potenciais de corrosão destes aços para potenciais mais nobres (potenciais estes próximos ou acima dos potenciais de pite de cada tipo de aço), dando origem à iniciação da corrosão em frestas. Para situações onde a água do mar natural foi submetida aos processos de cloração ou esterilização por meio de luz ultravioleta ou onde foi realizada a limpeza mecânica da superfície dos corpos de prova, ocorreu uma diminuição dos potenciais de corrosão dos aços inoxidáveis ensaiados. Em relação aos aços inoxidáveis que foram ensaiados na água do mar sintética, os potenciais de corrosão obtidos foram cerca de centenas de milivolts menores dos que os obtidos na água do mar natural.

Sulfeto de hidrogênio

Segundo Betts e Boulton ⁽¹⁾, diversos estudos mostraram que a corrosão em frestas pode se iniciar facilmente em meios contendo sulfeto de hidrogênio

(H₂S), mas somente na presença de cloretos. Por isto, no setor de extração de petróleo onde são comuns meios cloretados contendo H₂S, frequentemente, ocorrem paradas não programadas, com consequente perda de produção, devido à corrosão em frestas em juntas rosqueadas ou em flanges. Geralmente, as ligas selecionadas para aplicações nas indústrias de óleo e gás são resistentes à corrosão por pite ou à corrosão sob tensão, sendo ignorada a possibilidade de danos causados pela corrosão em frestas⁽¹⁾.

Azuma e colaboradores⁽³⁶⁾, em seu estudo a respeito da corrosão em frestas dos aços inoxidáveis dúplex com 22 % Cr e do aço inoxidável austenítico AISI 316, imersos em solução 2,5 % de NaCl, verificaram que o processo de corrosão era acelerado pelo aumento da pressão parcial de H₂S, pelo aumento da temperatura, pela diminuição do pH e pela adição de enxofre elementar à solução. Os autores observaram que a corrosão em frestas poderia ocorrer de forma diferente dependendo da pressão parcial do H₂S. Para baixas pressões parciais de H₂S, a corrosão ocorria dentro da fresta, enquanto a pressões mais elevadas, a corrosão era observada na entrada da fresta. No mesmo trabalho, Azuma e colaboradores⁽³⁶⁾ realizaram ensaios em autoclave com duração de 336 horas (14 dias) utilizando uma solução 3,5 % de NaCl a 80 °C, com e sem 0,5 % de ácido acético e com e sem 1 g/L de enxofre elementar, a várias pressões parciais de H₂S. Tais ensaios revelaram que a corrosão em frestas no aço inoxidável AISI 316 ocorreu para todas as condições dos ensaios descritos anteriormente. Para o aço inoxidável dúplex AISI F51 ensaiado, a corrosão em frestas e o aparecimento de pites ocorreram somente na pre-

sença do enxofre elementar. Baseando-se nos resultados de seus trabalhos, os autores concluíram que, a corrosão em frestas é acelerada pelo aumento da pressão parcial H₂S, pelo aumento da temperatura, pela diminuição do pH e pela adição do enxofre elementar⁽³⁶⁾.

Dawoud, Vanweele e Szklar-ska-Smialowska⁽³⁷⁾ estudaram a corrosão em frestas de dois aços inoxidáveis martensíticos em soluções com diferentes concentrações de cloreto de sódio, com e sem a adição de H₂S, para pH igual a 7,0 e igual a 4,2. Na presença de H₂S, a corrosão em frestas ocorreu na região ativa de potenciais, do lado de fora da entrada da fresta. Os autores acreditam que, numa solução saturada de H₂S e cloreto de sódio, estabelece-se um par galvânico entre a superfície do metal em contato com a solução da fresta, a qual é pobre em H₂S (catodo), e a superfície do metal externa à fresta que está em contato com a solução saturada em H₂S (anodo). Como resultado, a borda da fresta sofre corrosão.

Denpo e Ogawa⁽³⁸⁾ estudaram a corrosão em frestas numa série de aços inoxidáveis austeníticos altamente ligados, em meios acres (solução de NaCl a 3 %, contendo H₂S a 60 °C). O estudo mostrou que, em casos onde há suprimento contínuo de H₂S no interior da fresta, a corrosão na fresta ocorrerá muito mais rapidamente do que em água do mar. Após o consumo de H₂S dentro da fresta, ocorre uma diminuição significativa da propagação da corrosão na fresta. Na verdade, o processo de corrosão em frestas é inibido devido ao fato de que a reação catódica de redução do enxofre elementar ($S + 2e^- \rightarrow 2S^-$) gera potenciais de eletrodo menos positivos do que os potenciais associados à redução de oxigênio e, portanto, não são capazes de sustentar o

processo de corrosão em frestas. Denpo e Ogawa⁽³⁸⁾ observaram ainda que o tempo de iniciação da corrosão em frestas em meios contendo H₂S aumentava com a adição de cromo, níquel e molibdênio nas ligas estudadas.

Efeito do par galvânico

Sabe-se que o acoplamento de um aço inoxidável susceptível à corrosão em frestas a uma liga metálica menos nobre promove a proteção catódica do aço inoxidável. De maneira similar, o acoplamento deste aço a ligas metálicas mais nobres resulta na aceleração do seu processo de corrosão em frestas, devido à formação de uma área catódica, com o aço inoxidável atuando como anodo. Shone e Gallagher⁽³⁹⁾ estudaram a resistência à corrosão em frestas em água do mar de diversos aços inoxidáveis e outras ligas metálicas. Os resultados obtidos mostraram que as ligas susceptíveis à corrosão em frestas apresentaram um maior ataque quando acopladas a ligas mais nobres. No entanto, as ligas que não eram susceptíveis à corrosão em frestas permaneceram resistentes quando em contato com ligas mais nobres.

Influência da geometria da fresta

Como já visto, a corrosão em frestas é uma forma de corrosão localizada que pode ocorrer dentro de frestas, onde uma solução corrosiva fica estagnada. Para ser considerada como um sítio de corrosão, a fresta deve ser grande o suficiente para permitir o acesso do meio corrosivo e, pequena o suficiente, para evitar a saída da solução. Consequentemente, a corrosão em frestas não é observada em grandes fendas ou chanfros, onde é fácil a circulação do meio corrosivo. Contudo, ainda não existem regras práticas sobre as dimensões de frestas que possam ser consideradas como pro-

missores sítios de corrosão. A corrosão em frestas é frequentemente observada em frestas com aberturas bem estreitas. Entretanto, é difícil quantificar o quão estreita é uma fresta, já que as dimensões de sua abertura são influenciadas pela aspereza das superfícies das peças em contato, resultando num amplo espectro de “aberturas” de frestas. As dimensões das aberturas das frestas também são influenciadas pelo grau de deformação, ou seja, para os materiais dúcteis, as superfícies ásperas em contato apenas se deformarão e, no caso dos materiais frágeis, ao se aplicar uma tensão de deformação, poderá ocorrer a fratura das superfícies ásperas em contato, produzindo também um espectro de aberturas, como ilustrado na Figura 1 ⁽⁴⁾.

Deste modo, modelos matemáticos têm sido utilizados para estudar variações no processo de corrosão decorrentes da geometria das frestas. O modelamento matemático utilizado por Watson e Postlethwaite ⁽⁴⁰⁾ mostra que, para geometrias de frestas do tipo apresentado na Figura 1, as frestas mais estreitas (ou microfrestas) podem iniciar a corrosão, enquanto o restante das frestas permanece passivo. Outro modelo matemático admitia uma fresta hipotética, com largura e profundidade uniformes ⁽⁴¹⁾. Baseando-se neste modelo, Sedriks ⁽⁴²⁾ conclui em seu trabalho que frestas com aberturas bem estreitas e grandes profundidades favorecem o início do processo de corrosão em frestas.

Oldfield e Sutton ⁽⁴³⁾ desenvolveram classificações para uma variedade de metais em água do mar, por meio de uma técnica de modelamento matemático. Segundo os autores, seu modelo pode fornecer informações a respeito da possibilidade da ocorrência ou não da corrosão

em frestas num dado meio, como também, até que concentração de cloretos do meio em questão, os aços inoxidáveis podem resistir. Os resultados obtidos por meio do modelamento matemático (considerando uma fresta de 5 mm de profundidade e o efeito da dimensão de sua abertura sobre o processo de iniciação da corrosão) mostraram que as ligas de elevado teor de níquel e os aços inoxidáveis austeníticos de elevado teor de molibdênio (6 % Mo) são resistentes à corrosão em frestas. Já os aços austeníticos contendo menos molibdênio, como os aços AISI 304 e AISI 316, são mais susceptíveis a este tipo de corrosão. Independentemente da classificação da liga, o risco de iniciação da corrosão em frestas é muito maior em água do mar tratada com cloro.

Relação catodo/anodo

De acordo com Ellis e LaQue ⁽⁴⁴⁾, quando os aços inoxidáveis expostos em água do mar estão sujeitos à formação de frestas, a diminuição da área da fresta ou o aumento da área do material fora da fresta resulta em um aumento da área atacada. Em geral, a área dentro da fresta é considerada anódica e a área fora da fresta, catódica. O conceito da influência da relação de área catodo/anodo para a corrosão em frestas é a mesma das células galvânicas com metais dissimilares ⁽⁴⁵⁾. Neste tipo de célula, uma razão de área desfavorável consiste de uma grande área referente ao catodo e uma pequena área de anodo. Para um dado fluxo de corrente que atravessa esta célula, a densidade de corrente é maior para um eletrodo pequeno do que para um eletrodo grande. Consequentemente, um anodo pequeno terá uma densidade de corrente maior e, portanto, uma

maior taxa de corrosão em relação a um anodo grande.

Tratamentos de superfície

Oldfield ⁽⁴⁶⁾ estudando o mecanismo de corrosão em frestas em aços inoxidáveis em água do mar verificou a grande influência da rugosidade superficial e do pré-tratamento (mecânico ou eletroquímico) na resistência à iniciação da corrosão em frestas. Oldfield observou que uma superfície decapada em ácido é mais resistente do que superfícies lixadas ⁽⁴⁶⁾.

Como discutido anteriormente, de acordo com a Figura 1, peças cuja aspereza de suas superfícies promove o contato entre as mesmas, há um amplo espectro de “aberturas” de frestas e o modelamento matemático mostrou que as frestas mais estreitas (ou microfrestas) podem iniciar a corrosão. Com isto, considerando superfícies preparadas por meio de lixamento mecânico, pode-se provar que, independentemente da grana da lixa utilizada, sempre haverá uma quantidade suficiente de microfrestas; portanto, a corrosão em frestas não tende a variar muito com a grana da lixa utilizada no acabamento superficial das peças. Como exemplo, pode-se citar o estudo realizado por Kain ⁽⁴⁷⁾, onde ensaios de corrosão em frestas realizados no aço inoxidável AISI 316 em água do mar natural mostraram um nível comparável de ataque para as superfícies preparadas por meio de lixamento com lixa de grana 60 e de grana 600.

Em relação às superfícies preparadas por meio de dissolução eletroquímica, Kain ⁽⁴⁷⁾ verificou que, dentre diversos tipos de acabamento superficial ensaiados, o eletropolimento produziu superfícies que apresentaram menor intensidade da corrosão em frestas do que as superfícies lixadas.

Os tratamentos de decapa-

gem e de passivação removem da superfície inclusões de sulfeto de manganês, que conforme já mencionado, atuam como sítios para a iniciação da corrosão em frestas. A decapagem também demonstrou melhorar a resistência à corrosão em frestas por meio da remoção de camadas empobrecidas em cromo que podem se formar durante o tratamento térmico de recozimento a altas temperaturas⁽⁴⁸⁾.

Referências Bibliográficas

- 1 BETTS, A. J.; BOULTON, L. H. *Crevice corrosion: review of mechanisms, modelling and mitigation. British Corrosion Journal*, v. 28, n. 4, p. 279-295, 1993.
- 2 PANOSSIAN, Z. *Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas. 1. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1993. 2 v. v.1, cap. 6. 280 p.*
- 3 NILSSON, J. O. *Super duplex stainless steels. Materials Science and Technology*, v. 8, p. 685-700, Aug. 1992.
- 4 SEDRIKS, A. J. *Corrosion of stainless steels. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1996. 1 v. cap. 5. 437 p.*
- 5 ASTM – AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2003 (Reapproved 2009). G 48: *Standard Test Methods for Pitting and Crevice Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution. Pennsylvania.* 11 p.
- 6 ROWLANDS, J. C. *Crevice corrosion of stainless steels and nickel alloys under marine conditions. British Corrosion Journal*, v. 11, n. 4, p. 195-198, 1976.
- 7 GARNER, A. *Crevice corrosion of stainless steels in sea water: correlation of field data with laboratory ferric chloride tests. Corrosion, Houston*, v. 37, n. 3, p. 178-184, Mar. 1981.
- 8 BOND, A. P.; DUNDAS, H. J. *Resistance of stainless steels to crevice corrosion in seawater. Materials Performance*, v. 23, n. 7, p. 39-43, July 1984.
- 9 BRIGHAM, R. J. *The initiation of crevice corrosion on stainless steels. Materials Performance*, v. 24, n. 12, p. 44-48, Dec. 1985.
- 10 DEGERBECK, J. *Corrosion of stainless steels in seawater. Chemical and Process Engineering*, p. 47-50, Dec. 1971.
- 11 STREICHER, M. A. *Analysis of crevice corrosion data from two sea water exposure tests on stainless alloys. Materials Performance*, v. 22, n. 5, p. 37-50, May 1983.
- 12 STREICHER, M. A. *Alloying stainless steels with the platinum metals – increased resistance to corrosion in acids. Platinum Metals Review*, v. 21, n. 2, p. 51-55, 1977.
- 13 EKLUND, G. S. *On the initiation of crevice corrosion on stainless steel. Journal of Electrochemical Society*, v. 123, n. 2, p. 170-173, Feb. 1976.
- 14 LOTT, S. E.; ALKIRE, R. C. *The role of inclusions on initiation of crevice corrosion of stainless steel: I. Experimental studies. Journal of Electrochemical Society*, v. 136, n. 4, p. 973-979, Apr. 1989.
- 15 ALKIRE, R. C.; LOTT, S. E. *The role of inclusions on initiation of crevice corrosion of stainless steel: II. Theoretical studies. Journal of Electrochemical Society*, v. 136, n. 11, p. 3256-3262, Nov. 1989.
- 16 PESSALL, N.; NURMINEN, J. I. *Development of ferritic stainless steels for use in desalination plants. Corrosion, Houston*, v. 30, n. 11, p. 381-392, Nov. 1974.
- 17 LINDSAY, P. B. *Effect of heat treatment on the corrosion resistance of high-alloy stainless steel and nickel-base alloys. Materials Performance*, v. 25, n. 12, p. 23-29, Dec. 1986.
- 18 DUNDAS, J. J.; BOND, A. P. *Corrosion resistance of stainless steels in seawater. Materials Performance*, p. 54-59, Oct. 1985.
- 19 HANDA, T.; MIYATA, Y.; TAKAZAWA, H. *Effect of cold-working on the crevice corrosion of austenitic stainless steels. In: 12th International Corrosion Congress, 1993, Houston. Proceedings. Houston: NACE International, 1993. p. 1986-1996.*
- 20 DEXTER, S. C.; GAO, G. Y. *Effect of seawater biofilms on corrosion potential and oxygen reduction of stainless steel. Corrosion, Houston*, v. 44, n. 10, p. 717-723, Oct. 1988.
- 21 UJIRO, T.; YOSHIOKA, K.; HASHIMOTO, O.; KAWASAKI, T.; FUYUKI, S.; AMANO, S. *Development of high-alloy stainless steels with corrosion resistance to seawater environment. In: International Conference on Stainless Steels, 1991, Tokyo. Proceedings... Tokyo: Iron and Steel Institute of Japan, 1991. p. 86-92.*
- 22 WALLÉN, B. *Some factors affecting stainless steel corrosion in seawater. Avesta Corrosion Management, ACOM Report n° 4-1990, Avesta AB, Avesta, Sweden, 1990.*
- 23 HOLTHER, R.; BARDAL, E.; GARTLAND, P. O. *Time dependence of cathodic properties of materials in seawater. Materials Performance*, v. 28, n. 6, p. 16-23, June 1989.
- 24 MOLLICA, A.; TREVIS, A.; TRAVERSO, E.; VENTURA, G.; DE CAROLIS, G.; DELLEPIANE, R. *Crevice corrosion resistance of stainless steel in natural seawater in the temperature range of 25 to 40 C. Corrosion, Houston*, v. 44, n. 4, p. 194-198, Apr. 1988.
- 25 PETERSON, M. H.; LENNOX JR, T. J.; GROOVER, R. E. *A study of crevice corrosion in type 304 stainless steel. Materials Protection*, p. 23-26, Jan. 1970.
- 26 OLDFIELD, J. W.; LEE, T. S.; KAIN, R. M. *The role of oxygen reduction and hydrogen evolution in crevice corrosion of stainless steels. In: Conference on Corrosion Chemistry Within Pits, Crevices and Cracks, 1984, Teddington. Proceedings... Teddington: National Physical Laboratory, 1984. p. 89-104.*
- 27 EASHWAR, M.; SUBRAMANIAN, G.; CHANDRASEKARAN, P.; BALAKRISHNAN, K. *Mechanism for barnacle-induced crevice corrosion in stainless steel. Corrosion, Houston*, v. 48, n. 7, p. 608-612, July. 1992.
- 28 HAGENFELDT, P. *Stainless steels in*

- chlorinated waters. In: *Corrosion in Sea Water Systems*. Chichester: A. D. Mercer, ed., Ellis Horwood Ltd., 1990. cap. 7. p. 76-91.
- 29 KLEIN, P. A.; FERRARA, R. J.; KAIN, R. M. *Crevice corrosion of nickel-chromium-molybdenum alloys in natural and chlorinated seawater*. In: *NACE Corrosion/89, 1989, New Orleans. Proceedings New Orleans: NACE International*, 1989. p. 112/1-112/17.
- 30 WYLLIE II, W. E.; BROWN, B. E.; DUQUETTE, D. J. *Ozone in sea water – Part I: Chemistry – Part II: Corrosion of metals*. In: *NACE Corrosion/95, 1995, Houston. Proceedings Houston: NACE International*, 1995. p. 269/1-269/18.
- 31 WALLÉN, B.; BERGQVIST, A.; OLSSON, J. *Testing of three highly alloyed stainless steels according to the MTI corrosion tests. Avesta Corrosion Management, ACOM Report n° 4-1991, Avesta AB, Avesta, Sweden, 1991*.
- 32 KAIN, R. M.; OLDFIELD, J. W. *Crevice corrosion behaviour of stainless steels in chloride and sulfate containing waters*. In: *NACE Corrosion/90, 1990, Las Vegas. Proceedings Las Vegas: NACE International*, 1990. p. 384/1-384/17.
- 33 OLDFIELD, J. W.; KAIN, R. M. *Prediction of crevice corrosion resistance of stainless steels in aqueous environments – a corrosion engineering guide*. In: *12th International Corrosion Congress, 1993, Houston. Proceedings... Houston: NACE International, 1993. p. 1876-1900*.
- 34 KAIN, R. M.; TUTHILL, A. H.; HOXIE, E. C. *The resistance of types 304 and 316 stainless steels to crevice corrosion in natural waters*. *Journal of Materials for Energy Systems*, v. 5, n. 4, p. 205-211, Mar. 1984.
- 35 GALLAGHER, P.; MALPAS, R. E.; SHONE, E. B. *Corrosion of stainless steels in natural, transported, and artificial seawaters*. *British Corrosion Journal*, v. 23, n. 4, p. 229-233, 1988.
- 36 AZUMA, S.; TSUGE, H.; KUDO, T.; MOROISHI, T. *Crevice corrosion of duplex stainless steel in simulated sour gas environments*. *Corrosion, Houston*, v. 45, n. 3, p. 235-242, Mar. 1989.
- 37 DAWOUD, U. M.; VANWEELE, S. F.; SZKLARSKA-SMIALOWSKA, Z. *The effect of H₂S on the crevice corrosion of AISI 410 and CA6NM stainless steels in 3,5 % NaCl solutions*. *Corrosion Science*, v. 33, n. 2, p. 295-306, 1992.
- 38 DENPO, K.; OGAWA, H. *Crevice corrosion of corrosion-resistant alloys in sour environments*. *Corrosion, Houston*, v. 47, n. 8, p. 592-597, Aug. 1991.
- 39 SHONE, E. B.; GALLAGHER, P. *Galvanic compatibility of selected high alloy stainless steels in seawater*. In: *Corrosion in Sea Water Systems*. Chichester: A. D. Mercer, ed., Ellis Horwood Ltd., 1990. cap. 4. p. 40-49.
- 40 WATSON, M. K.; POSTLETHWAITE, J. *Numerical simulation of crevice corrosion: the effect of the crevice gap profile*. *Corrosion Science*, v. 32, n. 11, p. 1253-1262, 1991.
- 41 OLDFIELD, J. W.; SUTTON, W. H. *Crevice corrosion of stainless steels: I. A Mathematical Model*. *British Corrosion Journal*, v. 13, n. 1, p. 13-22, 1978a.
- 42 SEDRIKS, A. J. *Corrosion resistance of austenitic Fe-Cr-Ni-Mo alloys in marine environments*. *International Metals Reviews*, v. 27, n. 6, p. 321-353, 1982.
- 43 OLDFIELD, J. W.; SUTTON, W. H. *Crevice corrosion of stainless steels: II. Experimental studies*. *British Corrosion Journal*, v. 13, n. 3, p. 104-111, 1978b.
- 44 ELLIS, O. B.; LaQUE, F. L. *Area effects in crevice corrosion*. *Corrosion, Houston*, v. 7, n. 11, p. 362-364, Dec. 1951.
- 45 LaQUE, F. L. *Crevice Corrosion*. In: *Marine Corrosion – Causes and Prevention*. New York: Wiley, 1975. cap. 5. p. 164-176.
- 46 OLDFIELD, J. W. *Crevice corrosion of stainless steels in seawater*. *Avesta Corrosion Management, ACOM Report n° 1-1988, Avesta AB, Avesta, Sweden, 1988*.
- 47 KAIN, R. M. *Effects of surface finish on the crevice corrosion resistance of stainless steels in seawater and related environments*. In: *NACE Corrosion/90, 1991, Cincinnati. Proceedings Cincinnati: NACE International, 1991. p. 508/1-508/21*.
- 48 GRUBB, J. F. *Pickling and surface chromium-depletion of corrosion-resistant alloys*. In: *International Conference on Stainless Steels, 1991, Tokyo. Proceedings Tokyo: Iron and Steel Institute of Japan, 1991. p. 944-951*.

Cristiane Vargas Pecequilo

Mestre em Engenharia Metalúrgica pela Escola Politécnica da USP (2008).
Pesquisadora assistente do IPT.

Zebbour Panossian

Doutora em Ciências, Diretora de Inovação do IPT.

Contato com a autora:
vargas@ipt.br

Pré-revestimento de conversão à base de *hexafluorzirconato*

Hexafluorzirconium conversion coating



Juliana dos A. Moraes



Jane Zoppas Ferreira



Alvaro Meneguzzi

Resumo

O tratamento à base de hexafluorzirconato é o pré-revestimento de conversão química que forma uma fina camada de óxido de zircônio nas superfícies metálicas.

Utilizado atualmente em processos fabris de linha branca e automotivos, o hexafluorzirconato é um substituto ecologicamente viável em alguns dos processos de fosfatização e cromatização tradicionais.

Este revestimento aumenta a resistência à corrosão dos metais quando associado à pintura e o seu desempenho pode ser melhorado controlando fatores no processo de conversão, o que diminuiu o tempo de imersão das peças e aumenta a deposição do revestimento.

Abstract

The treatment based on hexafluorizirconic which is used in the manufacturing processes of home appliances and automotive, is a chemical coating conversion that forms a thin layer of zirconium oxide on metal surfaces.

Hexafluorizirconic is a sustainable and environmental friendly substitute of traditional phosphating and chromating process.

This coating increases the corrosion resistance of metals when combined with painting and its performance can be improved by controlling factors in the conversion process, which reduced the time of immersion of the parts and increases the deposition of the coating.

Introdução

O desempenho dos revestimentos orgânicos, em geral, está associado à aplicação de um pré-tratamento, o qual modifica a superfície do metal adequando-o ao tratamento final. Dentre os tratamentos mais utilizados estão os processos à base de fosfato, que atribui à superfície excelente interface metal-tinta. O desenvolvimento da indústria automobilística iniciou a criação de processos mais amigáveis ambientalmente, já que o lodo é intrínseco da reação de fosfatização e não pode ser evitado, levando ao desenvolvimento de processos com resíduos de fácil tratamento e reuso. Além disso, a alta concentração de fosfatos nos efluentes pode causar a eutrofização das águas.

Este revestimento é um destes produtos, desenvolvido a partir de compostos químicos à base de hexafluorzirconato. A camada do pré-revestimento é obtida a partir da reação de conversão na superfície do substrato metálico precipitando um filme fino composto de óxido de zircônio, em escala nanométrica ^(1, 2).

Estudos anteriores mostraram que o revestimento possui comportamento diferenciado para o aço carbono SAE 1006 ⁽³⁾. Ao iniciar a deposição do revestimento, a solução ácida de conversão ataca a superfície do metal, o que é observado pela medida de potencial em circuito aberto em que se altera o potencial do substrato.

Este trabalho faz um estudo eletroquímico do revestimento à

base de ácido hexafluorzircônio sobre o aço carbono SAE 1006 a fim de visualizar a diferença da qualidade do revestimento alterando fatores como pH da solução de conversão, tempo de imersão do processo e ativação ácida da superfície antes da aplicação do revestimento.

Metodologia

Foram realizados dois processos para obtenção da camada: no primeiro, processo convencional, a amostra era submersa diretamente em solução de conversão e, no segundo, a amostra passava por uma etapa de ativação ácida antes da submersão em solução de conversão. O estudo da influência do pH na formação da camada foi realizado em ambos os processos.

A solução de tratamento foi preparada na concentração de $0,86 \text{ g.L}^{-1} \text{ H}_2\text{F}_6\text{Zr}$ em água deionizada. O pH da solução foi ajustado a 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 e $5,0 \pm 0,1$ com solução de hidróxido de sódio.

Foram utilizadas chapas de aço carbono AISI 1006, com dimensões de (1 x 50 x 100) mm e tratadas da seguinte forma:

- lavagem com desengraxante alcalino a 85 °C por 5 minutos, seguido de lavagem com jatos de água deionizada;
- ativação ácida com ácido clorídrico 1,5 % durante 30 s (apenas para o segundo processo).
- imersão em solução de conversão através do método *dip coating* por 180 segundos, a temperatura ambiente.
- enxágue com água deionizada

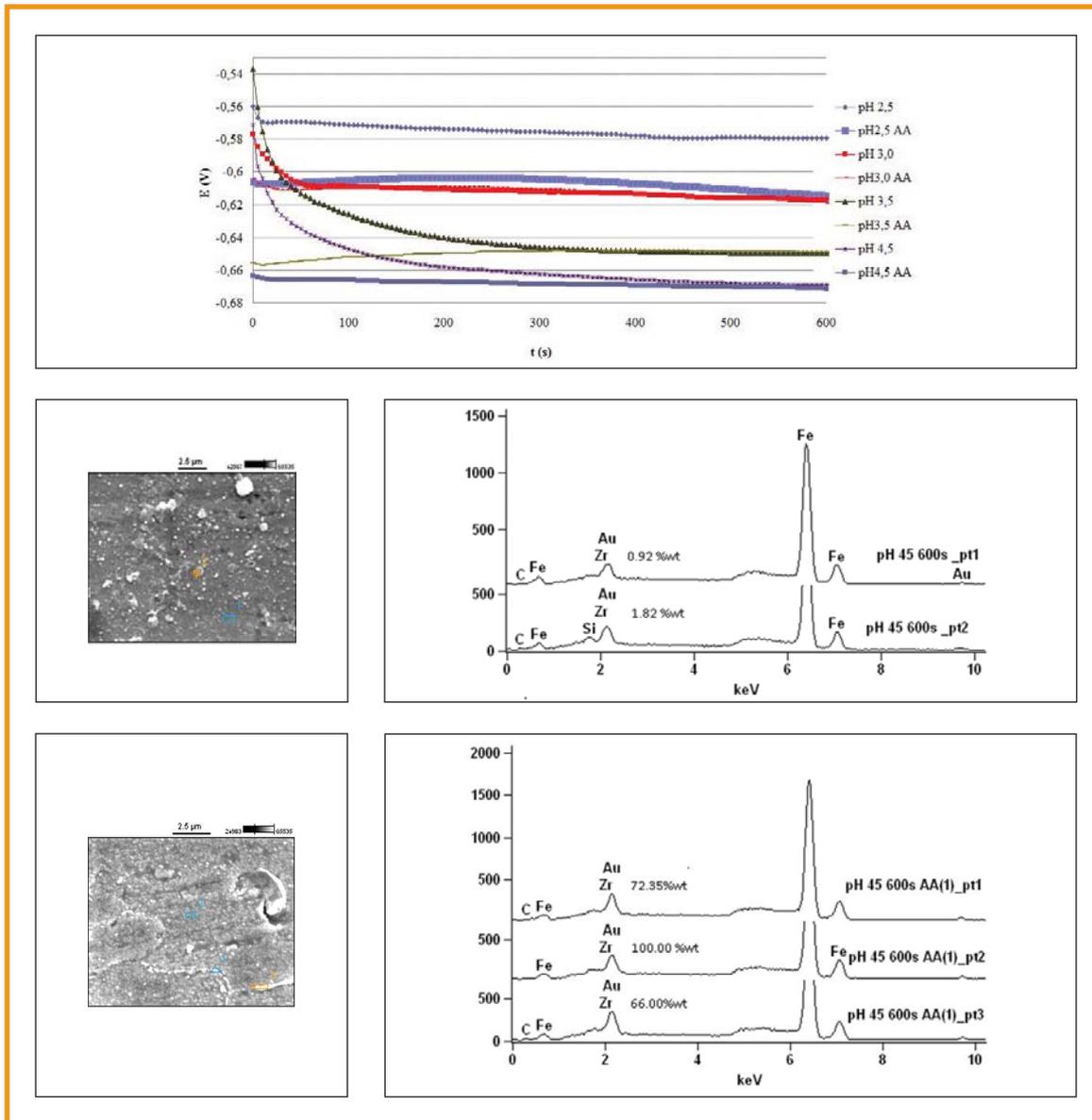


Figura 1 – Medida de potencial em circuito aberto do aço SAE 1006 durante o processo de conversão de camada no sistema sem ativação e com ativação (AA). Imagens de MEV/EDS correspondentes a 600 s no ensaio eletroquímico em solução de conversão com pH 4,5: a. sem ativação; b. com ativação ácida

e secagem a 110 ° C por 5 minutos.

- pintura de uma parte das chapas com tinta esmalte sintética.

As medidas eletroquímicas foram feitas utilizando um potenciostato AUTOLAB PGSTAT 302 e uma célula eletroquímica de três eletrodos, com um eletrodo de referência de prata/cloreto de prata (Ag/AgCl), um eletrodo de platina e a chapa de aço revestida como eletrodo de trabalho com 1 cm de diâmetro. O

momento inicial do ensaio era considerado quando uma amostra era colocada em contato com a solução de conversão. Eram registrados, então, o potencial de circuito aberto e os diagramas de impedância para diferentes tempos de imersão. As medidas de EIE foram feitas com 10 mV de perturbação, varrendo frequências de 100 kHz até 1 Hz.

Micrografias de MEV com emissão de energia dispersiva (EDS) foram feitas com energia do feixe de elétrons de 10 keV.

Deve-se levar em conta que os espectros de EDS devem ser considerados como análises semi-quantitativas, pois são sempre afetados pelo sinal de fundo da matriz.

Para a medida do grau de migração subcutânea foi realizado um corte na peça pintada com tinta esmalte sintética comercial, de acordo com a norma NBR MB 787-74 e a amostra foi introduzida em câmara de névoa salina durante 100 horas.

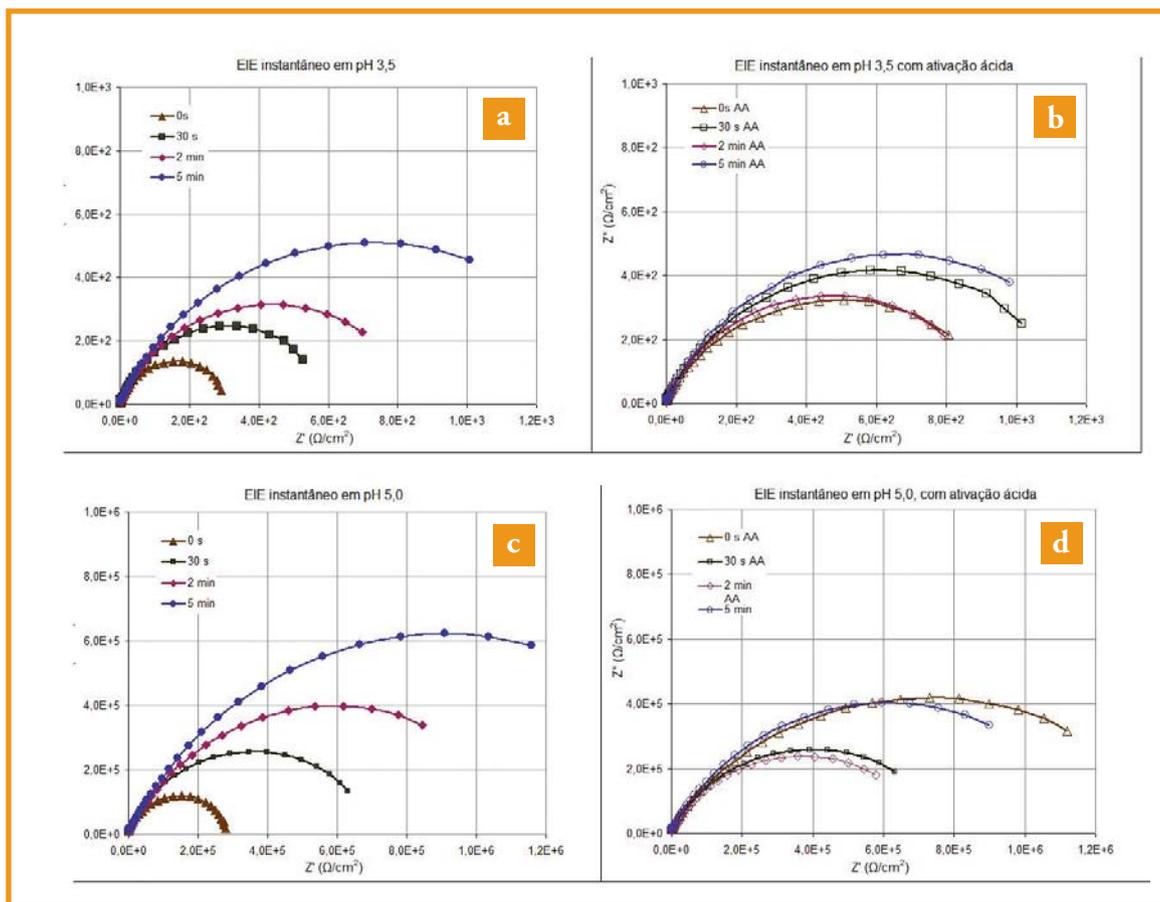


Figura 2 – Medidas de EIE durante a conversão da camada em solução com pH 3,5: a. sem ativação; b. com ativação; em solução com pH 5,0: c. sem ativação; d. com ativação

Resultados e discussão

A variação do potencial de circuito aberto durante o processo de conversão em diferentes valores de pH está apresentada na Figura 1. A notação (AA) corresponde ao processo com ativação ácida. O momento inicial de deposição acaba sendo o mais importante para a deposição do revestimento de conversão, pois a superfície do metal é preparada para que ocorra a deposição da camada na superfície do metal.

O potencial atingido pela camada de conversão se torna mais negativo para maiores valores de pH. Ou seja, quanto mais alcalina a solução, mais negativo o potencial correspondente à camada de conversão.

As amostras que sofreram a ativação ácida desenvolvem potenciais mais negativos, independente do pH. Isto ocorre porque

a ativação ácida tem a função inicial de atacar a superfície do metal iniciando imediatamente a reação de deposição da camada.

A Figura 1 (a) e a Figura 1 (b) mostram as imagens de MEV/EDS da amostra de aço carbono imersas em solução de conversão com pH 5,0 com e sem ativação (AA) da superfície.

O nível de detecção de zircônio é maior com o aumento do pH da solução e consideravelmente superior nas amostras onde a deposição ocorreu sobre a chapa que sofreu ativação ácida.

A primeira medida de impedância foi tomada no instante em que a chapa de aço era mergulhada na solução de conversão. O primeiro instante de contato foi denominado '0 s', depois 30 segundos e seguido de medidas de 1 em 1 minuto.

Os resultados mostram o

comportamento da resistência eletroquímica do filme durante a própria formação e está apresentado no gráfico da Figura 2.

A Figura 2 mostra o aumento da resistência eletroquímica com o decorrer do processo de conversão, para ambos os valores de pH de solução, indicando um crescimento da camada.

A impedância do filme formado em solução de conversão mais ácida, de pH 3,5, (Figura 2 a e b) é menor que aquela obtida em solução de conversão com pH 5,0 (Figura 2 c e d) para as mesmas condições.

A ativação ácida da superfície do aço, portanto, apresenta medidas de impedâncias maiores em intervalos de tempos mais curtos, desde '0 s', independente do pH da solução.

A avaliação do ensaio de migração subcutânea nas amostras

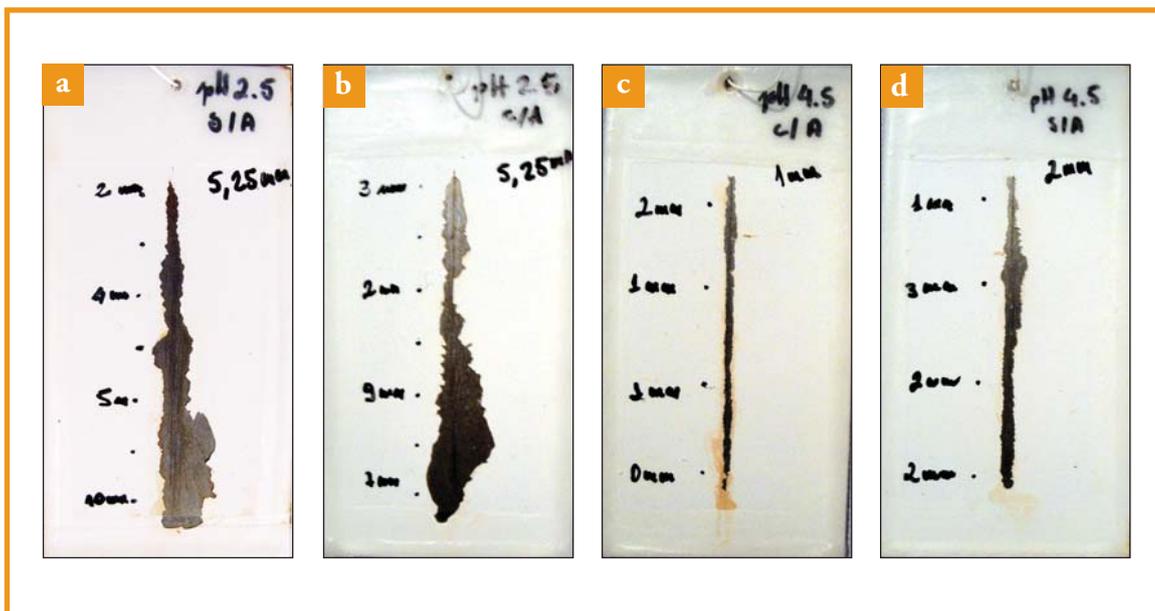


Figura 3 – Imagens de migração após 100 horas de exposição à névoa salina para amostras em solução de conversão com pH 2,5: a. sem ativação; b. com ativação; em solução de conversão com pH 4,5: c. sem ativação; d. com ativação

tratadas com revestimento de conversão à base de hexafluor-zirconato, com pintura posterior, está apresentada na Figura 3. Os valores indicam o destacamento (em mm) do revestimento a partir do corte previamente feito no painel, após 100 horas de exposição dos corpos de prova à névoa salina. Para amostras com pH 2,5 sem e com ativação (3 a e b) o valor de migração foi o mesmo, 5,25 mm. Para as amostras cuja conversão ocorreu em pH 4,5 a migração foi inferior (3 c) e observa-se que a ativação da superfície do aço antes da conversão (3 d) produz camadas com maior aderência à película da tinta. Esse resultado evidencia a influência do pH da solução de conversão e da ativação da superfície antes da conversão.

Conclusões

Os resultados de microscopia mostram um aumento considerável na concentração de zircônio na superfície do aço quando este sofre ativação ácida, o que facilita a reação para a formação da camada convertida. Nos ensaios eletroquímicos, é

possível distinguir diferentes comportamentos para a variação do pH, sendo que filmes obtidos em soluções mais alcalinas são mais resistentes, apesar de apresentarem potenciais mais negativos. A ativação ácida da superfície antes da conversão confere maior resistência ao filme formado. O benefício da ativação ácida foi confirmado nos ensaios de migração após exposição em névoa salina, onde a amostra ativada, com camada de conversão em pH 4,5 apresentou o menor valor de migração.

Referências bibliográficas

1. Lunder et al, 2004, LUNDER, O., SIMENSEN, C., YU, Y., NISANCIOGLU, K., *Surface and Coatings Technology*. v.184, p. 278–29, 2004.
2. Andreatta et al, 2007 ANDREATTA E, TURCO A., GRAEVE I., TERRYRN H., FEDRIZZI L., *Surface & Coatings Technology*. v: 201, p. 7668–7685. 2007.
3. MORAES, J. *Estudo do comportamento do revestimento de conversão à base de zircônio e zircônio/titânio sobre aço carbono*. 2010. *Dissertação (Mestrado em Ciências dos Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade*

Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

Juliana dos Anjos Moraes

Eng. Química/UFPA-PA, Mestre em Engenharia pelo PPG3EM/UFRGS e Doutoranda em Engenharia pelo PPG3EM/UFRGS e Universitat Politècnica de València (Espanha). Pesquisadora doutoranda no Lab. de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais – LACOR/DEMAT da UFRGS.

Jane Zoppas Ferreira

Bel em Química/UFRGS com Mestrado pelo PPG3EM/UFRGS e Doutorado em Eletroquímica pela Université Pierre et Marie Curie (França). Professor do Depto. de Materiais e PPGE3EM/UFRGS e é Pesquisador no Laboratório de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais – LACOR/DEMAT da UFRGS.

Álvaro Meneguzzi

Eng. Químico/PUC-RS, Mestre e Doutor em Engenharia pelo PPG3EM/UFRGS e Pós-Doutorado pela Universidad Politècnica de Catalunya (Espanha). Professor do Depto. de Materiais e PPGE3EM/UFRGS e é Pesquisador no Lab. de Corrosão, Proteção e Reciclagem de Materiais – LACOR/DEMAT da UFRGS.



Adilson Munin

Em *busca* do equilíbrio

Produtos, bens e serviços deverão ser adequados às novas exigências de ecoeficiência, sustentabilidade e meio ambiente mediante a regulamentação de cada setor da cadeia produtiva

Se a pergunta inicial é: existe um equilíbrio entre Qualidade, Sustentabilidade e Ecoeficiência? A resposta é bastante simples: Não! Ou melhor, ainda não. Na verdade o que existe hoje ainda é um desejo de solucionar as equações que possam resultar em um equilíbrio estável entre estes fatores.

Já podemos sentir, ainda que aquém do ideal, a preocupação quanto aos aspectos de conscientização frente à preservação do meio ambiente e a procura por soluções ecologicamente viáveis, isto é, o aproveitamento dos recursos existentes, sejam eles naturais (renováveis), dos vários tipos de energia, como a elétrica, solar e eólica, como também dos recursos artificiais (recicláveis e reciclados) pois, certamente, tais iniciativas quando adotadas corretamente farão uma diferença significativa neste balanço.

A adequação dos produtos, bens e serviços frente às novas exigências de ecoeficiência, sustentabilidade e meio ambiente deve passar por uma avaliação através de um minucioso estudo no sentido de que especificações sejam criadas, ou seja, normas regulamentadoras que sejam adequadas a cada setor da cadeia produtiva para que parâmetros possam ser estabelecidos, mensurados e melhorados continuamente.

Somente após a obtenção de um histórico de metas e resultados, sendo alcançados por diversos produtos de cada segmento é

que poderemos refinar e estreitar tais parâmetros. Os benefícios obtidos com esta adequação serão observados a médio e longo prazos, porém, seguramente, serão resultados importantes na busca pelo equilíbrio da equação, com as variáveis de sustentabilidade e qualidade devidamente solucionadas. E estes benefícios terão impacto direto nos seguintes aspectos:

- Proteção do meio ambiente, dos trabalhadores e consumidores
- Utilização racional dos recursos disponíveis na manufatura de bens e na prestação de serviços
- Utilização racional dos diversos tipos de energia e também da água
- Extensão da vida útil dos produtos
- Diminuição dos impactos frente às novas legislações
- Expansão dos mercados de atuação
- Promoção de uma imagem positiva das empresas

Além das vantagens mencionadas, é notório que, numa tendência quase natural, os produtos concebidos com estes pré-requisitos terão um desempenho diferenciado atendendo aos aspectos ecológicos, de qualidade e de sustentabilidade. Estes serão fatores decisivos no momento da definição pela opção mais viável.

Embora estes benefícios sejam reais e notórios, somente serão alcançados mediante um procedimento de organização social em todos os níveis, com o propósito da perpetuação do ser humano através do equilíbrio social e da preservação ambiental, de forma que se possa garantir que, cada vez mais, cada indivíduo faça a utilização dos recursos existentes da forma mais eficiente possível.

Concluindo, estamos chegando ao patamar de uma transição de suma importância quando falamos ou pensamos naquilo que passa a ter realmente importância, isto é, o tripé sustentabilidade, qualidade e ecoeficiência, que será assegurado pela habilidade em combinar desempenho econômico e ambiental e uso racional das matérias-primas e energia, minimizando os riscos de acidentes e melhorando a relação das organizações com as partes interessadas.

Devemos lembrar que as ações de gerações passadas resultaram diretamente na nossa qualidade de vida atual, tenham sido elas boas ou ruins, e que a extensão de nossas ações nos dias de hoje impactarão diretamente as gerações futuras. Essa conscientização deve ser o nosso principal objetivo enquanto estivermos presentes neste planeta.

Adilson Munin

Gerente Comercial para o Mercado Industrial da Viapol, especializada em soluções para a impermeabilização e proteção das obras da construção

Empresas associadas à ABRACO

A ABRACO espera estreitar ainda mais as parcerias com as empresas, para que os avanços tecnológicos e o estudo da corrosão sejam compartilhados com a comunidade técnico-empresarial do setor. Traga também sua empresa para nosso quadro de associadas.

ADVANCE TINTAS E VERNIZES LTDA.

www.advancetintas.com.br

AIR PRODUCTS BRASIL

www.airproducts.com

AKZO NOBEL LTDA - DIVISÃO COATINGS

www.akzonobel.com/international/

ALCLARE REVEST. E PINTURAS LTDA.

www.alclare.com.br

API SERVIÇOS ESPECIALIZADOS EM DUTOS LTDA.

apidutos@hotmail.com

AXSON COATINGS

www.axson.com

BLASPINT MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

www.blaspint.com.br

B BOSCH GALVANIZAÇÃO DO BRASIL LTDA.

www.bbosch.com.br

CBSI – COMP. BRAS. DE SERV. DE INFRAESTRUTURA

www.cbsiservicos.com.br

CEPEL - CENTRO PESQ. ENERGIA ELÉTRICA

www.cepel.br

CIA. METROPOLITANO S. PAULO - METRÔ

www.metro.sp.gov.br

CONFAB TUBOS S/A

www.confab.com.br

CONSULPLAN CONS. E PLANEJAMENTO LTDA.

www.consulplan-es.com

D. F. OYARZABAL

oyarza@hotmail.com

DETEN QUÍMICA S/A

www.deten.com.br

EGD ENGENHARIA

www.egdengenharia.com.br

ELETRONUCLEAR S/A

www.eletronuclear.gov.br

ENGE CORR ENGENHARIA LTDA.

www.engecorr.ind.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

www.firstfischer.com.br

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

www.furnas.com.br

G P NIQUEL DURO LTDA.

www.grupogp.com.br

HENKEL LTDA.

www.henkel.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.

www.hita.com.br

IEC INSTALAÇÕES E ENG^a DE CORROSÃO LTDA.

www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE

www.mackenzie.com.br

INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

www.int.gov.br

ITAGUÁ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN

qualidade@icnavais.com

JOTUN BRASIL IMP. EXP. E IND. DE TINTAS LTDA.

www.jotun.com

MANGELS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA.

www.mangels.com.br

MARIA A. C. PONCIANO – ME

www.gsimacae.com.br

MAX EVOLUTION LTDA.

www.maxpinturas.com.br

METALCOATING REVESTIMENTOS LTDA.

www.metalcoating.com.br

MORKEN BRA. COM. E SERV. DE DUTOS E INST. LTDA.

www.morkenbrasil.com.br

MUSTANG PLURON QUÍMICA LTDA.

www.mustangpluron.com

NOF METAL COATINGS SOUTH AMERICA

www.nofmetalcoatings.com

NOVA COATING TECNOLOGIA, COM. SERV. LTDA.

www.novacoating.com.br

OPEMACS SERVIÇOS TÉCNICOS LTDA.

www.opemacs.com.br

PETROBRAS S/A - CENPES

www.petrobras.com.br

PETROBRAS TRANSPORTES S/A - TRANSPETRO

www.transpetro.com.br

PINTURAS YPIRANGA

www.pinturasypiranga.com.br

POLIFLUOR IND. E COM. DE PLÁSTICOS LTDA.

www.polifluor.com.br

PORTCROM INDUSTRIAL E COMERCIAL LTDA.

www.portcrom.com.br

PPG IND. DO BRASIL TINTAS E VERNIZES

www.ppgpmc.com.br

PPL MANUTENÇÃO E SERVIÇOS LTDA.

www.pplmanutencao.com.br

PRESSERV DO BRASIL LTDA.

www.presservbrasil.com.br

PREZIOSO DO BRASIL SERV. IND. LTDA.

www.prezioso.com.br

PROMAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

www.promarpintura.com.br

QUÍMICA INDUSTRIAL UNIÃO LTDA.

www.tintasjumbo.com.br

RENNER HERMANN S/A

www.rennercoatings.com

RESINAR MATERIAIS COMPOSTOS

www.resinar.com.br

REVESTIMENTOS E PINTURAS BERNARDI LTDA.

bernardi@pinturasbernardi.com.br

RUST ENGENHARIA LTDA.

www.rust.com.br

SACOR SIDEROTÉCNICA S/A

www.sacor.com.br

SELEQTA LABORATÓRIO QUÍMICO LTDA.

seleqta.labor@yahoo.com.br

SHERWIN WILLIAMS DO BRASIL - DIV. SUMARÉ

www.sherwinwilliams.com.br

SMARTCOAT – ENG. EM REVESTIMENTOS LTDA.

www.smartcoat.com.br

SOFT METAIS LTDA.

www.softmetais.com.br

TBG - TRANSP. BRAS. GASODUTO BOLÍVIA-BRASIL

www.tbq.com.br

TECHNIQUES SURFACES DO BRASIL LTDA.

www.tsdobrasil.srv.br

TECNOFINK LTDA.

www.tecnofink.com

TECNO QUÍMICA S/A.

www.reflex.com.br

TINÔCO ANTICORROSÃO LTDA.

www.tinocoanticorrosao.com.br

ULTRABLAST SERVIÇOS E PROJETOS LTDA.

www.ultrablast.com.br

UTC ENGENHARIA S.A.

www.utc.com.br

VCI BRASIL IND. E COM. DE EMBALAGENS LTDA.

www.vcibrasil.com.br

VECTOR LAB. DE ANÁLISES DE ÁGUA E CORR. LTDA.

zilda@vector-tecnologia.com.br

WEG TINTAS

www.weg.net

W&S SAURA LTDA.

www.wsequipamentos.com.br

ZERUST PREVENÇÃO DE CORROSÃO LTDA.

www.zerust.com.br

ZINCOLIGAS IND. E COM. LTDA.

www.zincoligas.com.br

Mais informações: Tel. (21) 2516-1962
www.abraco.org.br

SUPERSELAGEM PARA ANODIZAÇÃO DO ALUMÍNIO E DE SUAS LIGAS

LL - Hard Superseal 2S

Superproteção para perfis e lâminas

- ★ Altíssimo desempenho anticorrosivo
- ★ Proteção eficiente contra a ação de compostos alcalinos
- ★ Excelente aplicação em perfis e lâminas voltados à construção civil (proteção contra a deterioração ao contato com o concreto, cal, cimento ou com produtos de limpeza alcalinos)
- ★ Testes na indústria automotiva comprovam seu excepcional desempenho como revestimento de selagem anódica contra compostos alcalinos (Volkswagen TL 212 e outros)
- ★ Selagem a quente, a frio ou à média temperatura.

Lançamento Mundial



Tecnologia italiana



ITALTECNO
DO BRASIL LTDA.

Av. Angélica 672 • 4º andar
01228-000 • São Paulo • SP
Tel.: (11) 3825-7022
escrit@italtecno.com.br
www.italtecno.com.br