

Corrosão e Proteção

ABRACO
ASSOCIACÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão

A
APORTE
EDITORIAL

Ano 11
Nº 53
Ago/Set 2014

ENTREVISTA

*Nilo Martire Neto,
consultor na área
de pintura*

PREPARAÇÃO DE SUPERFÍCIE

CORROSÃO POR FALTA DE TRATAMENTO ADEQUADO



Linha completa de equipamentos de pintura e inspeção.

Preparação



Pintura



Inspeção



Centro de Treinamento



- Auditório
- Show Room
- Oficina de Manutenção
- Cabine de Pintura

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 Mantovani – 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 Emboacava, 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 outubro de 2014.

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

Desafios à vista

6

Entrevista

Prevenção e combate à corrosão na indústria automobilística

8

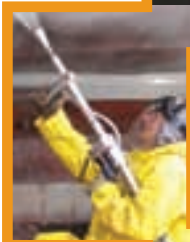
PREPARAÇÃO de Superfície

Corrosão por falta de tratamento adequado

34

Opinião

Como “sustentabilizar” o ROI
Roberta Valença



Artigos Técnicos

18

Avaliação da corrosão por frestas de diferentes ligas nobres para aplicação de poços injetores

Por Flávia Maciel F. Guedes, Eva Maria de Oliveira Paiva, Eduardo Gulló Muller Lopes e Cynthia de Azevedo Andrade

26

Inspecção para galvanização a fogo adequada

Por Paulo Silva Sobrinho

29

Obtenção de oxidação anódica de nanotubos de TiO₂ sobre Ti para aplicações biomédicas

Por Nilson Tadeu C. de Oliveira, Claudemiro Bolfarini e Julia Felipe Verdério

Desafios à vista

ESTAMOS EM RITMO DE ELEIÇÕES. ESTA EDIÇÃO DEVE CHEGAR ÀS MÃOS DOS LEITORES EM CIMA DA VOTAÇÃO de primeiro turno, com os preparativos (ao que tudo indica) para o segundo turno para presidente e vários governadores. Nosso editorial não é voltado à eleição em si, mas aos enormes desafios dessa nova classe dirigente (lembramos que, além dos cargos no Poder Executivo, também vamos renovar um terço do Senado e toda a Câmara dos Deputados, bem como nas assembleias legislativas estaduais).

O modelo atual de desonerações pontuais, incentivo ao crédito, entre outras medidas, se esgotou. O PIB e outros indicadores importantes estão estagnados, apesar de o governo ter lançado mão desse repertório. Admite-se entre os economistas que o Brasil tem potencial de crescimento na casa de 5 % por seguidos anos, mas isso não ocorre em função do atraso e/ou defasagem do país em diversos pontos, principalmente na infraestrutura que estrangula e impossibilita o escoamento da produção em condições adequadas.

Este grande desafio envolve pensar o país no longo prazo e, para tanto, atuar em reformas (política, tributária e previdenciária), estabelecer prioridades, planejar com afinco, estabelecer metas e, principalmente, concretizá-las. Tudo de forma transparente, dentro do “jogo” democrático e do estado de direito.

“A nova diretoria da ABRACO terá grandes desafios pela frente, como dar continuidade a todas as conquistas da entidade e depois avaliar e ampliar sua representatividade”

Apesar de parecer simples, temos a certeza de que não é. Adotar essas medidas requer comprometimento e compartilhamento de responsabilidades entre os Poderes Executivo, Legislativo e Judiciário e também com representantes da sociedade. E isso é recorrente em todas as democracias, um novo presidente sempre tem “cacife” maior junto ao Legislativo e mesmo junto à sociedade. Que então aproveite esse momento para lançar as bases de um governo voltado a reforçar as conquistas obtidas até aqui e investir em destravar as amarras que impedem o crescimento sustentável do Brasil.

Mais do que nunca, se faz necessário um amplo entendimento nacional em prol do futuro do Brasil. A cizânia político-partidária deve ser relativizada para que o Brasil e os brasileiros possam ter um horizonte harmonioso e condizente com as grandes riquezas que o País detém.

ABRACO – Também no final deste ano será definida a nova diretoria da ABRACO. Assim como nas eleições gerais, na ABRACO a nova gestão terá desafios importantes. Primeiro, dar continuidade a todas as conquistas da entidade até hoje; depois, avaliar e atuar para ampliar ainda mais a força e a representatividade da associação.

Uma entidade representativa tem que necessariamente se reinventar continuamente, sob o risco de se tornar sem utilidade para seus associados. Historicamente, a entidade vem se atualizando e, assim, mantendo sua importância e relevância.

Isso pode ser comprovado acompanhando-se a evolução, por exemplo, do INTERCORR, maior evento internacional sobre corrosão que se realiza no Brasil, que a cada ano consegue, apesar das inúmeras facilidades hoje existentes com as ferramentas *online*, reunir um número expressivo de pesquisadores, profissionais e empresas.

Outros pontos importantes são a atuação cada vez mais proativa da ABRACO na capacitação de profissionais que atuam no setor e o desenvolvimento de normas por meio do Comitê Brasileiro de Corrosão – CB-43 e da CEE 212 – Comissão de Estudo Especial de Mitigação de Interferências Elétricas.

E, ainda mais, para estar alinhada às demandas atuais e atender o associado com excelência presteza, a ABRACO tem feito uma série de aperfeiçoamentos administrativos e gerenciais. Enfim, o desafio é aprofundar cada vez mais as melhorias, com o objetivo de manter a entidade como referência nacional e internacional quando o assunto é proteção anticorrosiva.

Boa leitura!

Os editores

II SEMINÁRIO BRASILEIRO DE PINTURA ANTICORROSIVA

Devido ao grande sucesso da primeira edição do SBPA, solicitamos que antecipem suas inscrições, pois as vagas são limitadas.

Assegure a sua participação!



Local: Othon Rio Palace
Copacabana – RJ
Data: 16/12/2014



O II Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva tem como objetivo reunir especialistas e demais profissionais do segmento de pintura anticorrosiva para apresentação e discussão de temas de grande relevância técnica para todas as empresas brasileiras que utilizam esta técnica na proteção de equipamentos e estruturas metálicas em geral. Neste sentido, estão previstas apresentações, por especialistas renomados, de palestras referentes aos temas descritos a seguir, os quais poderão sofrer ligeiras alterações até a divulgação da programação final:

- Normas de tintas canceladas pela Petrobras – Alternativas técnicas;
- Fundamentos de *stripe coating* (demão de reforço) em pintura anticorrosiva;
- Perfil de rugosidade de superfícies de aço carbono X espessura de esquemas de pintura;
- Ensaio de aderência pelo método de resistência à tração (*pull off test*) – Discussão e considerações técnicas;
- Seleção de esquemas de pintura com base no desempenho anticorrosivo;
- Novas tecnologias de tintas antiincrustantes;
- Especificação técnica de esquemas de pintura – Fatores importantes a serem considerados;
- Desempenho anticorrosivo de esquemas de pintura com tintas de base aquosa – Estudo realizado e estágio atual;
- Problemas de campo em pintura anticorrosiva e
- Novos critérios para recertificação de inspetor de pintura, com base na ABNT NBR 15218:2014.

Mais informações: www.abraco-sbpa.com.br



Nilo Martire
Neto

Prevenção e *combate* à corrosão na indústria automobilística

Pesquisa e investimento levaram à indústria automobilística a apresentar para seus consumidores produtos que têm grande resistência à corrosão

Por Alberto Sarmento Paz

A indústria automobilística é um exemplo quando o assunto é proteção anticorrosiva. A evolução do conhecimento e os investimentos em novas tecnologias trouxeram para patamares mínimos o problema da corrosão nos automóveis. “A indústria automobilística estuda as formas de combate à corrosão em veículos desde a década de 1930 e mais detalhadamente a partir dos anos de 1960 quando o processo de eletrodeposição começou a ser utilizado em larga escala”, argumenta Nilo Martire Neto, Engenheiro Químico, com Mestrado em Administração de Negócios pela USP.

Nilo tem larga experiência no setor de tintas e vernizes. Por quatro décadas atuou em Pesquisas e Desenvolvimento, onde desenvolveu patente em Pintura por Eletrodeposição Catódica para tintas automotivas e industriais; setor de manufatura e qualidade, além de atendimento a clientes de tintas em toda a América Latina. Atuou também em empresas do segmento de serviços de pintura, automotiva e de equipamentos.

Nilo trabalhou em três das maiores multinacionais de tintas, DuPont, PPG e BASF ocupando diversos cargos como o de Gerente Técnico, Gerente de Negócios e Diretor Técnico e de Qualidade Total. Também desenvol-

veu trabalhos de Consultoria em empresas químicas, serviços de pintura, montadoras automotivas e atualmente dirige na ABB do Brasil o setor de robótica e automação para linhas de pintura.

Palestrante internacional, escreve regularmente artigos técnicos em revistas especializadas, tendo participado de inúmeros congressos nacionais e internacionais. Ganhou o prêmio Paint e Pintura em 2.000 como Personalidade do Ano em Pesquisas e desenvolvimento. Por seu vasto conhecimento técnico e relevância no cenário nacional de proteção automotivo, Nilo foi convidado para participar de entrevista sobre a questão da corrosão na indústria automobilística. Acompanhe.

De que forma a indústria automobilística eliminou a ação corrosiva das carrocerias dos veículos?

Nilo Martire – A indústria automobilística estuda as formas de combate à corrosão em veículos desde a década de 1930 e mais detalhadamente a partir dos anos de 1960 quando o processo de eletrodeposição começou a ser utilizado em larga escala. Este sistema de pintura, inicialmente através do processo anódico, cobria com um filme homogêneo toda a superfície metálica de uma carroceria, isolando-o parcialmente contra

agressores tais como sais, ácidos e umidade. Já em meados de 1970 desenvolveu-se o processo catódico que multiplicou em inúmeras vezes a proteção já obtida pelo sistema anódico. As espessuras do filme são infinitamente pequenas na ordem de 20 micras, obtendo-se resultados de resistência à corrosão que ultrapassam às 1.500 horas no teste de Salt Spray, por exemplo. Aliados à Cataforese as indústrias automotivas desenvolveram designs e sistemas de manufatura de veículos que favorecem a proteção contra a corrosão, além do uso quase que total de chapas de aço prétratadas, como as galvanizadas, além do uso de peças em alumínio e plástico.

Quem desenvolve as novas tecnologias, a indústria automobilística ou os fabricantes de tintas?

Martire – A corrosão é um processo natural impondo aos manufaturados voltar à suas matérias-primas no estado original de onde foram retirados. Assim, trata-se de uma tarefa impossível de ser vencida na sua totalidade, requerendo um trabalho intenso de toda a cadeia envolvida. As indústrias produtoras de aço, fabricantes de insumos, como prétratamento e tintas, além dos fabricantes de peças e de automóveis, formam grupos de trabalho cada vez mais estruturados com o objetivo de obter uma cons-

tante melhoria nas condições do filme aplicado afim de se desenvolver revestimentos mais atraentes e duráveis e, assim, alcançar as metas estabelecidas para a vida de um determinado material manufaturado. Os fabricantes de tintas combinam e manipulam centenas e até milhares de matérias-primas que estão em seu portfólio, sendo aqueles que dedicam grande parte dos recursos de P&D na busca das tais melhorias, algumas vezes ínfimas, porém fundamentais no combate à corrosão.

Quais as normas e legislações mais recentes que impactam e como elas modificaram ou estão modificando o mercado?

Martire – A indústria automobilística trabalha em grande parte desenvolvendo produtos globais e em alguns casos customizando-os para um certo segmento ou mercado. Os padrões de qualidade são praticamente iguais para todas as partes onde o produto é comercializado. As redes de fornecedores do setor seguem os padrões por elas estabelecidos e os fabricantes de tintas seguem também ao padrões internacionais. Procuram também eliminar ou nacionalizar as matérias-primas que não são aceitas pelas normas internacionais de uso industrial e de agressão ao meio ambiente mantendo competitividade. Posso assim assegurar que as tintas hoje utilizadas no Brasil seguem as mesmas exigências de qualidade que nos países mais avançados da Europa, Japão e Estados Unidos. Não é por acaso que o Brasil está dentro dos cinco maiores produtores de veículos e de tintas no mundo e os produtos nacionais, como sabemos, competem em igualdade de condições, dentro de suas categorias, com os importados.

Qual é a expectativa, em termos de tempo, para que os veículos não apresentem problemas de corrosão?

Martire – Cada fabricante de veículo, baseado em estudos e testes em campos de prova, estabelecem os limites de garantia para seus produtos. Mas se lembrarmos o que ocorria com os veículos no idos de 50 e 60 e fizermos uma analogia com a situação atual, onde na compra de um veículo usado pouco se dá de atenção para o estado da carroceria, podemos imaginar o salto quilométrico que foi dado em termos de tecnologia. Isto inclui a tinta original e também os sistemas de repintura de veículos avariados, onde a qualidade final e aparência são praticamente idênticas à original. Hoje se avalia muito mais os equipamentos auxiliares de um veículo do que se há corrosão ou reparo na lataria. É comum observarmos veículos rodando com mais de dez anos de vida, em perfeito estado de conservação.

Quais cuidados deveriam ser utilizados, por parte dos usuários, para prevenção da corrosão nos automóveis?

Martire – O veículo quando sai da montadora tem todas proteções necessárias para o seu uso. Eu particularmente não faço nenhum tipo de tratamento além daquele que está oficialmente aprovado pela montadora. No dia a dia, será importante manter a pintura limpa lavando-o com sabão neutro. Existem excelentes ceras de proteção, aplicadas durante e após a lavagem, que auxiliam a manutenção da pintura quando as condições de uso são muito agressivas. No momento atual de estiagem na região Sudeste, eu particularmente tenho evitado a lavagem rotineira do veículo, por questões de cidadania. A maresia, poeira, produtos ácidos oriundos da poluição, excrementos de pássaros e resinas das árvores que, quando impregnadas na pintura, podem causar sérios problemas, necessitando em muitos casos um polimento profundo no verniz de proteção afim de recuperar o brilho original.

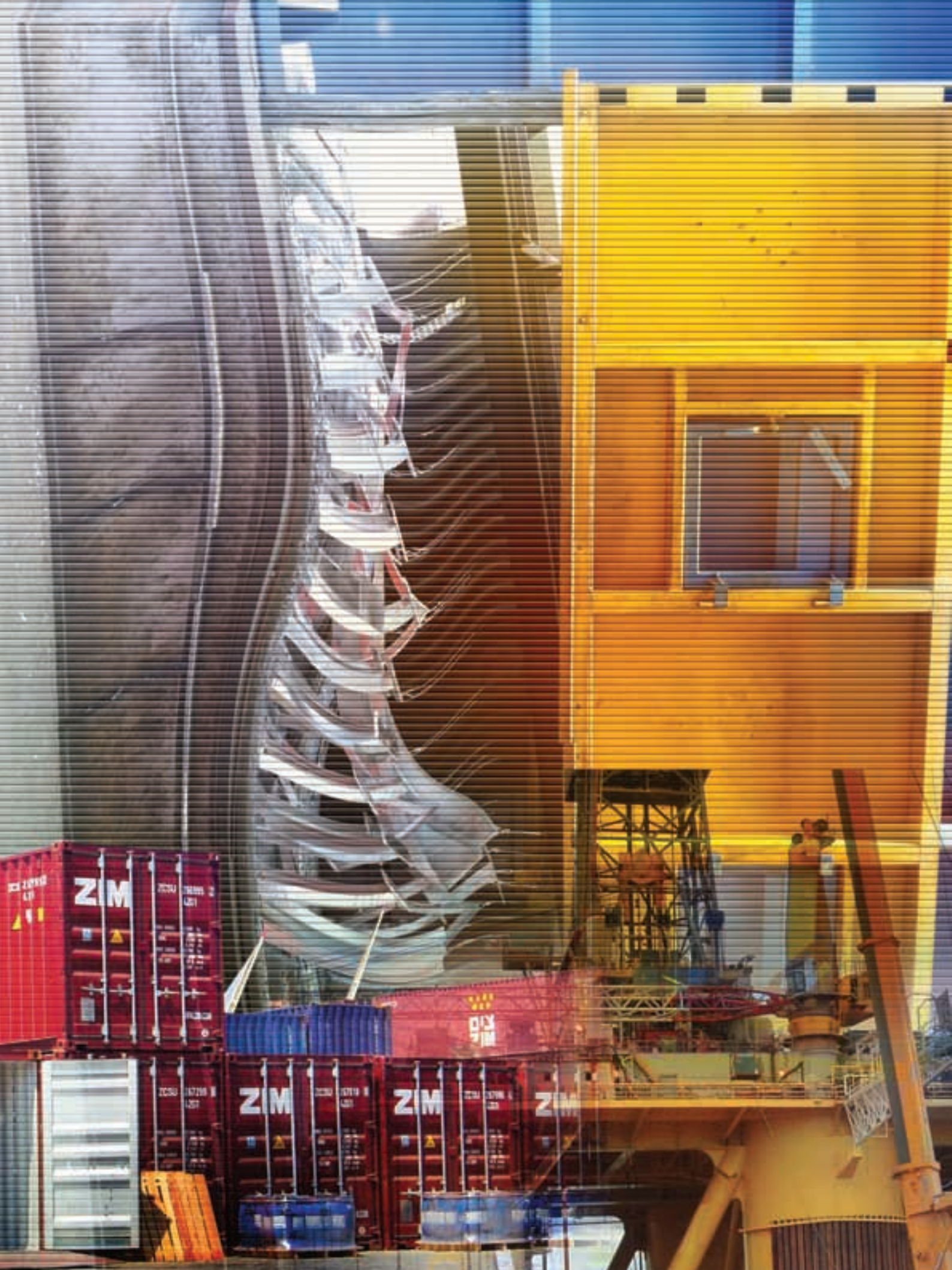
Qual a importância da preparação da superfície para pintura na indústria automobilística?

Martire – Quando focamos especificamente na corrosão a preparação de superfície é uma das técnicas que mais contribui para um bom resultado. O substrato que vem já preparado com superfície lisa e sem oxidação, além de oleamento específico para proteção e estampagem, depois de conformado segue para o estágio de desengraxe e passivação onde forma-se um filme de fosfatização ou, mais atualmente, filmes de conversão, que além de ajudarem no combate à corrosão formam uma base de adesão às camadas de tintas que atendem a proteção exigida. Aliás, após o tratamento químico, há ainda a camada de cataforese, um primer nivelante, uma base colorida e um verniz final resultando em espessura total de aproximadamente 110 micras.

Quais tintas apresentam melhor desempenho na prevenção e controle da corrosão?

Martire – O tema é muito abrangente, mas começando pelo sistema industrial, além da indispensável da correta preparação de superfície, os fundos anticorrosivos epóxi-catalizados com espessuras acima de 80 micras, temos também os inúmeros fundos industriais customizados, curados a estufa. Neste caso específico, o tipo de peça e processo de pintura são os que mais determinam o tipo de material. Os epóxi amínicos ou uretânicos, como é o caso da cataforese são os mais resistentes. Vale ressaltar que toda a vez que temos na formulação resinas epóxi, que têm boa resistência à umidade e química, não há boa resistência à radiação solar. Sendo assim para a completa proteção de um artefato, deve-se aplicar também sobre o fundo anticorrosivo uma tinta final de acabamento.

Contato com o entrevistado:
nilo.martire@uol.com.br



Corrosão por *falta* de tratamento adequado

Cerca de 65 % dos casos de falhas prematuras em revestimentos, com o aparecimento de corrosão e/ou empolamento, foram decorrentes de algum tipo de erro na preparação de superfície

Carlos Sbarai

A preparação de superfície é uma das etapas mais importantes, senão a mais importante, para que um revestimento proporcione uma boa proteção anticorrosiva ao substrato. “Trata-se de uma etapa que tem dois objetivos básicos, a saber: remover contaminantes da superfície e proporcionar condições adequadas para a aderência dos revestimentos. Entende-se por contaminantes quaisquer materiais capazes de afetar a durabilidade dos revestimentos como, por exemplo, sais solúveis em água, óleos e graxas, produtos de corrosão e pinturas velhas deterioradas. É importante ter-se em mente que, apesar do grande avanço tecnológico na indústria de tintas, não existe milagre na área de pintura anticorrosiva, ou seja, o desempenho é proporcional ao grau de limpeza da superfície. Cerca de 65 % dos casos de falhas prematuras em revestimentos, com o aparecimento de corrosão e/ou empolamento, foram decorrentes de algum tipo de erro na preparação de superfície”, revela o engenheiro químico, consultor e instrutor Fernando de Loureiro Fragata.

Com relação aos métodos de preparação de superfície utilizados na pintura industrial, principalmente quando o objetivo é proteção anticorrosiva de substratos de aço carbono, o jateamento abrasivo é dos mais importantes. Como explica Fragata, o tratamento, que consiste em projetar partículas a alta velocidade por meio de ar comprimido ou força centrífuga, é um processo altamente eficiente tanto na remoção de contaminantes visíveis quanto na formação de um perfil de rugosidade. Esta propriedade é fundamental para a aderência mecânica dos revestimentos aos substratos. Paralelamente, o hidrojateamento à alta ou superalta pressão representa um avanço tecnológico na área de preparação de superfície. Basicamente, a limpeza é feita por meio de água à alta pressão, (10.000 a 30.000) psi ou superalta pressão (> 30.000) psi (figura 1)”, comenta Fragata.

Ainda acrescenta que se trata de um método altamente eficaz na remoção de contaminantes visíveis (produtos de corrosão, pinturas velhas etc.) e invisíveis (sais solúveis em água). Estes últimos são, sem dúvida alguma, uns dos piores contaminantes de superfície. Além disso, o processo não gera pó, faíscas etc. Uma das desvantagens é que o hidrojateamento somente com água não proporciona rugosidade à superfície. Logo, só pode ser utilizado em serviços de manutenção em estruturas que já tenham sido jateadas.

“Para contornar o problema referente à rugosidade, foi desenvolvido um processo em que o hidrojateamento é feito em conjunto com um abrasivo comercial que não provoca silicose, conforme apresentado na figura 2. Neste caso, tem-se, ao final do tratamento, uma superfície completamente limpa, isenta de sais solúveis e com uma rugosidade suficiente para garantir boa aderência aos revestimentos por pintura”.

Outro tipo é o tratamento por meio de ferramentas mecânicas e/ou manuais: estes métodos de limpeza são utilizados em serviços de manutenção, nos casos em que, por razões técnicas ou operacionais, o jateamento abrasivo ou hidrojateamento não puderem ser aplicados. Estes métodos de limpeza não limpam completamente a superfície. No caso de superfícies oxidadas, sempre haverá a presença de óxidos aderidos à superfície, o que pode reduzir em muito a durabilidade da pintura. Se a corrosão ocorreu em atmosfera marinha e/ou industrial, a corrosão é ainda mais acelerada e intensa. Portanto, os métodos tradicionais que envolvem a utilização de escovas de aço, lixadeira, esmerilhadeira e pistola de agulhas são paliativos para os casos em que haja impedimento para a utilização de modalidades mais eficazes.

Fragata avalia que, dentre os graus de limpeza obtidos por meio de ferramentas mecânicas, é importante chamar a atenção daquele estabelecido na norma SSPC-SP 11. Este padrão de limpeza corresponde a uma condição em que a superfície do aço carbono tem que apresentar o metal desnudo (aspecto metálico) e com perfil de rugosidade mínimo de 25 µm. “Para tal, ferramentas mecânicas especiais têm que ser utilizadas, uma vez que as tradicionais tendem a polir o metal. No Brasil, a ferramenta denominada de máquina Monti (*Bristle Blasting*)



Fernando L. Fragata, engenheiro químico, consultor e instrutor

(veja a figura 3), tem sido a mais utilizada. Ela propicia à superfície o aspecto metálico especificado na norma SSPC, bem como a rugosidade mínima estabelecida (25 μm). Além disso, trata-se de uma ferra-

menta que propicia bom grau de limpeza nos cordões de solda e áreas adjacentes (veja figura 4)”, argumenta Fragata.

O tratamento de superfície por meio de métodos químicos de conversão é um dos mais utilizados em nível mundial. Neste sentido, a fosfatização é um dos métodos mais empregados para posterior aplicação de esquemas de pintura. No processo, a peça a ser pintada é submetida a várias etapas prévias de limpeza e tratamentos de condicionamento de superfície até a fosfatização propriamente dita. Desta forma, ocorre então a fosfatização da superfície metálica, onde o resultado final é a formação de uma camada de fosfato metálico (figura 5). Esta camada de fosfatização contribui substancialmente para a aderência da pintura, bem como para o aumento da durabilidade da proteção anticorrosiva. Estes tratamentos químicos de superfície estão presentes em vários segmentos do setor industrial como, por exemplo, automobilístico e linha branca.

“Convém ressaltar que tais tratamentos quando executados de forma adequada produzem resultados excelentes de proteção anticorrosiva. Entretanto, se forem realizados de forma errada os resultados são catastróficos. Logo, são métodos de limpeza que só devem ser feitos por profissionais e empresas que tenham experiência nesta área de preparação de superfície”, explica Fragata.



Cortesia Flow (acervo Fragata)

Figura 1 – Hidrojateamento à alta ou superalta pressão

Névoa salina

O gerente de treinamento técnico da Sumaré, Celso Gnecco, explica que como o nosso país tem uma costa marítima imensa, com mais de 9.000 km, a presença de névoa salina proveniente da arrebentação de ondas é comum nesta região, e deve ser considerada como fator crítico. “A concentração de sais na água do Oceano Atlântico é de cerca de 3,5 %, dos quais 85 % é de cloreto de sódio (NaCl). A importação de aço tem sido muito frequente e o tempo no porto antes do embarque, a viagem transoceânica e o tempo no porto após a chegada ao Brasil são longos e durante este período o aço fica exposto à deposição da névoa salina em suas superfícies. A presença de cloretos na superfície antes da pintura provoca o surgimento de bolhas na tinta quando esta é colocada em ambientes úmidos ou imersa em água”, pontua Gnecco.

Segundo a norma ISO 12944 parte 2, o ambiente costeiro e *off-shore* com alta salinidade é classificado como C5-M e como categoria de corrosividade muito alta marítima. Também a presença de sulfatos de metais, que ocorre em ambientes industriais, onde a queima de combustíveis como o ATE, BTE, BPF e óleo diesel produz SO₂ (anidrido sulfuroso ou dióxido de enxofre) que, combinado com a umidade do ar ambiente ou da queima do próprio combustível produz ácido sulfúrico, que por sua vez reage com os metais e produz sulfatos, sais que como os cloretos provocam o surgimento de bolhas na tinta se esta for aplicada sobre os sais sem a devida limpeza para a sua remoção. A norma ISO 12944 parte 2, o



Celso Gnecco, gerente de treinamento técnico da Sherwin Williams do Brasil

ambiente industrial com alta umidade e atmosfera agressiva, é classificado como C5-I e como categoria de corrosividade muito alta industrial. A perda de massa nestes dois ambientes, C5-M e C5-I, é estimado em >650 a 1500 g/m² de aço por ano.

Por estes motivos, relata

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



*Joaquim Pereira Quintela,
consultor técnico da Petrobras*

Gnecco, a detecção e a determinação do teor de sais nas superfícies antes da pintura são necessárias para que providências sejam tomadas para a eliminação ou a sua diminuição. “As falhas decorrentes da não eliminação destes contaminantes podem ser desastrosas para a longa duração dos equipamentos e estruturas. O limite tolerável de contaminantes solúveis em água na superfície varia de norma para norma e de empresa para empresa. Por exemplo, a norma *IMO Resolution MSC.215(82)* fala em, no máximo, 50 mg/m² de

cloreto de sódio (5 µg/cm²). A norma N-9 G da Petrobras fala em teor de cloretos de no máximo 7 µg/cm² em regiões atmosféricas e no máximo 3 µg/cm² em áreas imersas, enterradas ou submersas, determinadas segundo as normas ISO 8502-6 e ISO 8502-9, imediatamente antes da aplicação do *primer*”, revela Gnecco.

Nas normas ABNT NBR 7348:2007 e Norma NACE nº 5/SSPC-SP 12 são encontrados padrões chamados de SC ou NV que fixam limites aceitáveis de contaminantes não visíveis nas superfícies a serem pintadas que podem servir de referência para o especificador. A norma NACE No5/SSPC-SP 12 denomina estes níveis como sendo: NV-1, NV-2 e NV-3 e os valores são exatamente os mesmos. NV, segundo a norma NACE/SSPC, significa *Nonvisible Contamination*, ou seja, contaminantes não visíveis ou quase invisíveis.

A aplicação de sistemas de pintura sobre estes contaminantes pode provocar o defeito de bolhas por osmose. “Por estes motivos, a eliminação de contaminantes solúveis da superfície com providências simples como lavagem com água limpa e uso de uma escova de náilon antes de iniciar qualquer tratamento para preparação de superfície para pintura é fundamental”, comenta Gnecco.

Como evitar o dano?

Segundo o consultor técnico da Petrobras/Cenpes/PDP/TMEC, Joaquim Pereira Quintela, dizer que preparação de superfície é fundamental para proporcionar uma boa proteção anticorrosiva todo mundo sabe, o grande desafio é evitar o dano causado pela falta dessa proteção, até porque esse é um problema centenário. “Além disso, o fato gera um custo elevadíssimo. A exemplo da lixadeira, que, na minha opinião, é um grande erro, porque após pouco tempo depois da aplicação da tinta a corrosão reaparece. Por essa razão temos acabar com a lixadeira. Quando isso acontece tem que se fazer um reparo e é onde o custo torna-se muito elevado. Isso significa que temos que evitar essa ocorrência. Outro fator são as obras que utilizam o hidrojateamento, onde as máquinas são bem modernas, mas às vezes temos que fazer uma otimização desse trabalho, porque o tempo de conclusão do processo de hidrojateamento é muito maior, principalmente dependendo do tamanho da área de aplicação”, destaca Quintela.

Ainda, segundo Quintela, a área de revestimentos anticorrosivos é responsável por mais de 80 % dos gastos com proteção contra a corrosão. O que se impõe é uma abordagem mais tecnológica e menos conservadora na área. “Uma boa e simples ação do ponto de vista químico pode gerar grande economia quando comparada a uma metalurgia complexa. Também quero chamar a atenção para o fato de que nessa área há muitas pessoas acreditando que dominam o tema pintura, mas na verdade não estão devidamente preparadas. O profissional de pintura capacitado estabelece tais condições antecipadamente e apresenta soluções adequadas às necessidades do empreendimento. Seguir esse raciocínio e conduzir um trabalho em equipe são princípios básicos para a receita do sucesso”, esclarece Quintela.

Complexidade no descarte

Na opinião do engenheiro químico, Segehal Matsumoto, enquanto a areia era utilizada como principal abrasivo para o jateamento na pintura anticorrosiva, não houve mudanças durante décadas neste processo de preparação de superfície. “Durante o



Figura 2 – Hidrojateamento à alta pressão em conjunto com abrasivo



Figura 3 – Máquina Monti (Bristle Blaster), usada para obtenção do grau de limpeza SP 11



Segehal Matsumoto, engenheiro químico e instrutor

processo de jateamento abrasivo, a areia fragmentada em partículas menores que 5 μm , provoca a doença profissional conhecida como silicose, que é irreversível e pode provocar a morte. Devido a esta preocupação foi lançado na década de 80 o jateamento com abrasivo úmido (*slurryblasting*) usando um cabeçote úmido junto ao bico de

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.



WWW.BLASPINT.COM.BR

BLASPINT
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampes - SP - CEP 12246-000

Av. Alfredo Inácio Nogueira Pereira, 255 - Jd. 1773, Ed. Le Clézio, 12. Agulhas
Tel.: (12) 1911-2515 - sjcampes@blaspin.com.br

Cajapuru - SP - CEP 12285-810

Rod. João do Amaral Gorgel, 1501
Telefone: (12) 3634-4040 - blaspin@blaspin.com.br



*Adeval Antônio Meneghesso,
diretor superintendente da
Italtecno do Brasil*

jato que molhava o abrasivo antes de atingir a superfície. Este processo eliminava o pó causador da silicose, porém era um processo mais trabalhoso porque, além de difícil remoção da lama que se formava e se acumulava em superfícies horizontais, produzia também grande quantidade de resíduos para despejo”, explica Matsumoto.

Segundo Matsumoto, este foi o início da transformação

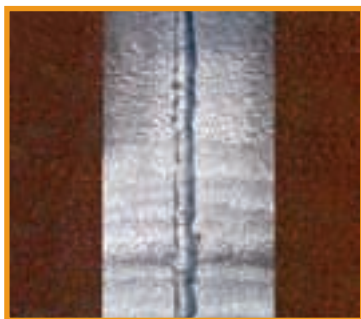


Figura 4 – Grau de limpeza SP 11 em cordão de solda e áreas adjacentes

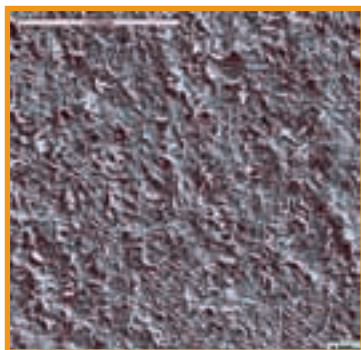


Figura 5 – Superfície de aço carbono fosfatizada

nos métodos de preparação de superfície com o lançamento do hidrojateamento a altíssima pressão, acima de 30.000 psi na década de 90 na Alemanha, país que proibiu o uso de abrasivo na preparação de superfície. Com isto, o mercado de preparação de superfície tomou um formato bem definido, com o lançamento da tinta tolerante a superfícies úmidas também na década de 90. Embora muitos países, inclusive os Estados Unidos, permitam o uso da areia como abrasivo, no Brasil, em 19 de outubro de 2004, foi assinada uma portaria proibindo o uso de areia nas atividades de jateamento abrasivo para preparação de superfície, fosqueamento de vidros e limpeza de peças metálicas em fundição.

Acrescenta Matsumoto que os abrasivos utilizados em obras novas são caros e não são utilizados em pintura de manutenção no campo em que o abrasivo é descartado após o uso. O grande problema é dar destino final ao resíduo deixado após o jateamento. “Em campo aberto, o abrasivo mais utilizado no Brasil é a escória do cobre que também é comumente usada em países como Cingapura, Japão, Estados Unidos e países da Europa. Atualmente muitos abrasivos que se intitulam ‘verdes’ estão entrando no mercado. O termo ‘verde’ se refere aos efeitos do abrasivo no meio ambiente. O importante é saber qual o impacto ao meio ambiente e se o recurso natural é sustentável para a escolha do melhor abrasivo do abrasivo no próximo projeto. O resíduo deixado pelo jateamento abrasivo em pintura de manutenção tem sido o grande problema para seu descarte. Compõe este resíduo, entre outros do abrasivo, a pintura e ferrugem removida da superfície”.

A complexidade é ainda maior nos casos em que a pintura existente contenha componentes tóxicos como, por exemplo, o pigmento zarcão (óxido de chumbo), na formulação. Assim como a escória do cobre, a escória da siderurgia do ferro também tem sido utilizada, bem como rocha basáltica triturada. “Em alguns lugares utilizam até garrafas de vidro triturados como abrasivo de jateamento”, conclui Matsumoto.

Mudança de mentalidade

Segundo o diretor superintendente da Italtecno do Brasil, Adeval Antônio Meneghesso, o pré-tratamento de superfície do alumínio no processo de anodização tem a finalidade de preparar a superfície do alumínio para o recebimento da camada de óxido (camada anódica) na superfície da peça de alumínio, conferindo um nível de resistência a intempéries compatível com o local de sua aplicação. “O pré-tratamento também tem a finalidade e a função de definir o nível do acabamento e da textura exigida na superfície do alumínio, visto que, a camada anódica é transparente e irá revelar todos os efeitos decorativos aplicados sobre a superfície do alumínio pelo pré-tratamento. O pré-tratamento da superfície do alumínio para o processo de pintura tem a finalidade exclusiva de preparar e garantir a limpeza, a remoção dos óxidos presentes na superfície do alumínio e a formação de uma camada de conversão nessa superfície para uma perfeita aderência da tinta aplicada com uma resistência à corrosão compatível com as exigências do mercado”, afirma Meneghesso.

Na visão de Meneghesso, já é possível notar uma clara mudança de atitude e de mentalidade nas empresas do setor de acabamento do alumínio. Nos últimos anos, houve uma convergência de fatores que promoveram o desenvolvimento do setor de acabamento de superfície do alumínio pelo investimento massivo em equipamen-

tos, processos, tratamento de efluentes e resíduos. Os níveis de exigência e fiscalização dos órgãos governamentais de proteção ao meio ambiente também estão contribuindo para essa mudança de mentalidade. “A indústria química, de forma geral, tem investido em novas tecnologias que reduzem drasticamente a agressão ao meio ambiente. O maior vilão no processo de pré-tratamento do alumínio é a formação da camada de conversão que é feita com o metal cromo, elemento extremamente poluente e agressivo ao meio ambiente e nocivo à saúde do ser humano, sendo classificado como elemento cancerígeno”, alerta Meneghesso.

Segundo Meneghesso, a Italtelco do Brasil desenvolveu um processo de nanotecnologia totalmente isento de cromo, produto neutro, não agressivo ao meio ambiente e aos seres humanos que produz uma camada de conversão colorida (único produto com essa característica no mercado mundial), que garante e atende a todas as exigências técnicas. Esse produto já é responsável por considerável parcela do pré-tratamento do alumínio para pintura. “Atualmente se percebe uma preocupação maior por parte dos produtores em atender as exigências de meio ambiente, todavia a insegurança característica dos novos processos, novos procedimentos e aumentos de custos que envolvem essas mudanças inibem a velocidade de implantação de novas tecnologias. O Brasil quando comparado com os países mais avançados como EUA, Canadá e os da Europa, está num estágio bastante inferior quanto à qualidade do acabamento como regra geral, porém se nota claramente um desejo e uma evolução rápida e constante na busca da melhoria da qualidade da pintura, pelos investimentos em equipamentos e processos de produção. A qualidade da durabilidade da pintura, garantida contra a corrosão, que nosso mercado segue as normas internacionais apresenta um padrão compatível com os grandes centros produtores”, comenta Meneghesso.

Para Antonio Carlos de Oliveira Sobrinho, especialista da indústria automobilística, as normas ambientais e as de segurança ocupacional influenciam bastante a escolha de novas tecnologias, mas avalia que, entre as atuais, a que mais impactou o mercado de tratamento de superfície, e fortemente interferiu nos novos desenvolvimentos das tintas foi a “Diretiva Europeia 2000/53/EC”, pois busca eliminar os metais pesados das tintas, forçando a busca de novas formulações para proteção anticorrosiva e na própria composição das cores, que partiram parcialmente para pigmentos orgânicos. “Penso que esta expectativa ainda fica como uma utopia, pois enquanto os veículos forem produzidos, predominantemente em aço, a preocupação com a corrosão se fará presente, mesmo com aplicação da nanotecnologia, que tem desenhado caminhos interessantes”, destaca Oliveira Sobrinho.

Ele destaca ainda a importância da preparação da superfície para pintura na indústria automobilística. “Eu diria que é tão importante, ou até mais que a qualidade da pintura final, pois uma pintura de boa qualidade aplicada sobre uma superfície com pré-tratamento inadequado irá deslocar rapidamente e expor o substrato. Tomando como exemplo superfícies de aço, 4 micrometros de camada de fosfato bem aplicado, é base ideal para



Antonio Carlos de Oliveira Sobrinho, especialista da indústria automobilística

suportar mais de 100 micrometros de tinta de boa qualidade, resguardando a beleza da superfície e protegendo contra a corrosão”, argumenta acrescentando que hoje, no Brasil, estão instaladas as melhores indústrias automobilísticas do mundo, com o que existe de mais moderno em instalações de

Proteção Garantida contra Corrosão, Abrasão e Ataque Químico.

Tanque de navio. Armazenamento de produtos químicos

QUIMATIC TAPMATIC

PLASTEEL CERÂMICO PINTÁVEL 3:1 AZUL

Agende uma visita técnica 11.3312-9999

Maior Fabricante de Especialidades Químicas
www.quimatic.com.br - quimatic@quimatic.com.br



Ronald Gama, químico industrial, coordenador de vendas da Steelcoat



Wanderley de Cicco Filho, químico industrial e vendedor técnico da SurTec do Brasil

pintura, com profissionais altamente treinados, as melhores empresas na produção de processos de pré-tratamento e na produção de tinta. “Assim temos o que há de melhor, inclusive com qualidade para exportar para qualquer país do mundo”, observa Oliveira Sobrinho.

Segundo Ronald Gama, químico industrial, coordenador de vendas da Steelcoat, a escolha do tratamento químico depende da finalidade e de qual o objetivo a ser alcançado e a eficiência dos revestimentos ou recobrimentos protetores do preparo da superfície receptora. “Uma superfície bem limpa, livre de ferrugem, graxa e sujidades são tidas como o melhor substrato a um bom recobrimento protetor ou decorativo. Pode-se então, dizer que esse recobrimento não é melhor do que a superfície à qual foi aplicado, e o seu desempenho é

função direta da limpeza e preparo da superfície a proteger”.

Gama avalia que se pode afirmar que não existe um tratamento preparatório de superfícies metálicas de caráter universal. São diversas as variáveis: o tipo do metal, fim a que se destinam, condições econômicas, além da quantidade e qualidade das impurezas ou sujidades a serem removidas. A principal finalidade do pré-tratamento, é melhorar e prolongar a vida útil do pós-tratamento.

Em sua opinião, a fosfatização aumenta a resistência da tinta agindo de duas formas, aumentando a aderência da tinta no metal e prevenindo a formação de corrosão subcutânea. “O aumento da aderência é causado pelo fato da afinidade química entre Camada de Fosfato/Metal e Camada de Fosfato/Tinta ser maior que a afinidade Metal/Tinta. Outro fator é o fato da superfície fosfatizada apresentar maior rugosidade e maior porosidade que a superfície do metal cru, o que conferirá uma maior retenção da tinta. Esta sinergia entre o pré-tratamento e a pintura aumenta a proteção à corrosão”, avalia Gama.

Para o químico industrial e vendedor técnico da SurTec do Brasil, Wanderley de Cicco Filho, uma das principais características do tratamento químico de superfícies e o grande benefício desse processo é aumentar a resistência à corrosão e aderência da camada de tinta. Ele comenta que na SurTec acredita-se que o termo “nanotecnologia” está sendo usado pelo mercado como ferramenta de *marketing* e não reflete a realidade e o conceito. “O que temos para oferecer ao mercado são processos que estão classificados no grupo da passivação com base em cromo trivalente, onde a SurTec é líder mundial. Esta tecnologia é a que melhor substitui os produtos com base em cromo hexavalente. Também temos o grupo da camada de conversão isenta de Cromo (*Cr-free*), com base em zircônio e polímeros. O desenvolvimento da aplicação destes processos está evoluindo bastante no Brasil, com foco em melhoria da produtividade e qualidade e consequentemente aquisições de novas linhas por parte dos aplicadores”, comenta Cicco Filho.

Ainda sobre a empresa, Cicco Filho esclarece que a SurTec norteia os desenvolvimentos tendo como princípio a elaboração de produtos amigáveis ao meio ambiente e sustentáveis, ofertando produtos com base em cromo trivalente por não ser tóxico e de fácil tratamento nos efluentes, assim como outros produtos sem cromo.

Linha Branca

Karla Freire, responsável por desenvolvimento de novos processos químicos da Electrolux, explica que a empresa atua de forma ativa no controle de qualidade dos seus processos e fornecedores, a fim de minimizar os riscos de qualidade para seus clientes. Com base nessa premissa, a Electrolux atua constantemente na melhoria dos acabamentos de seus produtos.

Neste campo, ela cita dois projetos recentes desenvolvidos com parceiros sobre novas tecnologias: o desenvolvimento de uma tinta em pó com efeito metalizado, utilizada em refrigeradores, *freezers*, lavadoras, fogões e micro-ondas da marca, desenvolvido com a PPG (parceira para tintas em pó) e quanto à sustentabilidade e condições ambientais (parceria com a Henkel).

Não há como estabelecer um tempo para que o produto não apresente corrosão, pois o processo de desgaste a que o produto é exposto não é um fator isolado, ele depende de fatores externos como temperatura, umidade relativa, agentes salinos, agentes químicos, agentes biológicos, entre outros. “As indústrias utilizam normas de referência

como ASTM B 117 para a realização de testes laboratoriais, que simulam condições ambientais agressivas na avaliação do comportamento das peças com pintura. Um dos testes mais conhecidos é o *Salt Spray*, em que corpos de prova são submetidos a um ensaio de 500 a 1000 horas, dependendo do substrato metálico, em uma névoa salina. A título de comparação, de acordo com o GENTIL, V. (1996), em condição ambiental em que se tem uma atmosfera industrial poluída, tem-se um potencial de agressividade à corrosão metálica até três vezes maiores, quando comparado à atmosfera marinha”, argumenta Karla.

Para Karla, a preparação da superfície é a primeira etapa para o sucesso do processo da pintura como um todo. Para o caso da Linha Branca, as chapas metálicas apresentam em geral dois tipos de impurezas que necessitam ser removidas no pré-tratamento: as impurezas oleosas e as impurezas de sujidades superficiais. Para isto, as peças são submetidas a uma limpeza com desengraxante alcalino. Após as peças estarem livres das impurezas, as mesmas passam pela etapa de enxágue e, posteriormente, por um conversor de camada, que tem por finalidade a formação de um filme inorgânico na superfície do substrato metálico para melhorar a resistência à corrosão e auxiliar na aderência da tinta no substrato na etapa final.

“Na Electrolux, desde 2007, utilizamos no pré-tratamento uma tecnologia chamada de *Nanoceramic*. Este processo trouxe para a empresa benefícios ambientais como redução no consumo de água e de energia, eliminação de borra no processo de pré-tratamento, e redução na geração de efluentes, pois se trabalha à temperatura ambiente. Na



Karla Regina Rattmann Freire, especialista em Novos Desenvolvimentos Químicos – Electrolux do Brasil S.A.

questão da aplicação final, utiliza-se o processo de pintura a pó eletrotática. Esta tecnologia nos garante uma aplicação uniforme e um melhor aspecto final visual. Além disso, é um processo de tecnologia limpa em que não são gerados efluentes e nem borras de tintas”, esclarece Karla.

Você já conhece um Jato sem o uso de Abrasivos?

com barra aceleradora

**MÁQUINA
MONTI
INDUSTRIAL**

Bristle Blaster®
Blasting Without Grit
“Jato com Cerdas”

Solução em tratamento de superfície com ferramenta portátil pneumática ou elétrica

Maquina Monti, a única ferramenta manual, elétrica ou pneumática, que substitui o Jato Abrasivo e tem o padrão similar ao SA 2,5 e SA 3. Aprovada para uso em áreas classificadas: (ATEX)

Solicite uma demonstração gratuita

tecnofink

Rua Santa Lúcia, 40 | Olhos D'Água Norte | Belo Horizonte MG
CEP 30390-560 | tecnofink@tecnofink.com
PABX: (31) 2112-4000 | Fax: (31) 2112-4012

ISO 9001
BUREAU VERITAS
Certification

ISO 9001:2008
SERVIÇOS DE LIMPEZA INDUSTRIAL
COMERCIALIZAÇÃO DE POLÍMEROS

tecnofink.com
montibrasil.com

Avaliação da *corrosão* por frestas de diferentes ligas nobres para aplicação de poços injetores

CRA crevice corrosion evaluation for injector wells equipment



Por Flávia
Maciel F. Guedes

Resumo

A maior parte dos reservatórios da Petrobras situados em águas profundas depende fortemente da injeção de água para seu desenvolvimento. Em algumas situações onde existem restrições técnicas ou econômicas à instalação de equipamentos de superfície para tratamento e injeção de água, a tecnologia de injeção submarina de água do mar minimamente tratada, pode ser uma alternativa para aumentar a cota de injeção sem impacto significativo nas facilidades de superfície existentes. No entanto, a presença de oxigênio dissolvido eleva a corrosividade do meio e restringe os materiais de construção do sistema submarino.

Além disso, se deve levar em consideração que no caso de poços injetores, os materiais próximos ao reservatório devem ser adequados à utilização em temperaturas mais elevadas, já que, em caso de parada de funcionamento das bombas injetoras, a água do mar injetada ficará estagnada no poço tendendo a alcançar temperaturas próximas à dos reservatórios que podem variar até valores bastante elevados. Ensaio de imersão e de polarização cíclica foram realizados para avaliação da susceptibilidade à corrosão por frestas em água do mar natural a 90 °C das ligas UNS N10276, UNS N06059, UNS N08825, UNS N08031, UNS N06625 e UNS S32750. As ligas UNS N10276 e UNS N06059 apresentaram as melhores performances nestas condições.

Abstract

Most Petrobras reservoirs located in deep water depends strongly on water injection for its development. In some situations where there are technical or economic constraints to the installation of surface equipments for water injection treatment, especially seawater filtration and deaeration equipments, can turn the project not feasible. In these cases, the technology of subsea raw seawater injection may be an alternative to increase the share of injection without significant impact on existing surface facilities. However, the presence of dissolved oxygen increases the corrosivity of the environment and restricts the materials of construction of the submarine system. Moreover, one must take into consideration that in the case of injection wells, the materials should be suitable for use at reservoir temperatures, since in case of injection pump shut in, the water injected will reach similar temperatures as the reservoir, which can vary until very high temperatures. Immersion and cyclic polarization lab tests were performed in order to ranking the susceptibility to crevice corrosion of alloys UNS N10276, UNS N06059, UNS N08825, UNS N08031, UNS N06625 e UNS S32750 to stagnant seawater at 90°C. Alloys UNS N10276 and N06059 presented the best performances to these conditions.

Introdução

Tradicionalmente, a represurização dos reservatórios marinhos é realizada pela injeção

de água do mar. Antes de ser injetada, a água do mar é des-saerada, filtrada e tratada com biocidas. Estes sistemas convencionais de tratamento e injeção de água em poços submarinos requerem, no entanto, a instalação de vários equipamentos nas plataformas de produção, havendo necessidade de grandes áreas disponíveis para sua implantação.

Em algumas situações onde existem restrições técnicas ou econômicas à instalação de equipamentos de superfície para o tratamento e a injeção de água do mar, a tecnologia de captação e injeção submarina de água do mar minimamente tratada (RWI – Raw Water Injection), pode ser uma alternativa para se aumentar a cota de injeção sem impactos significativos nas facilidades de superfície existentes. A implantação destes sistemas alternativos envolve, contudo, determinados desafios tecnológicos relacionados, principalmente, à especificação de materiais de construção, pois a alta corrosividade da água do mar contendo oxigênio dissolvido associada à alta pressão de injeção, alta temperatura do reservatório e à possibilidade de estagnação, limita, significativamente, os materiais disponíveis para sua construção. Os equipamentos de contenção de areia estão entre as instalações mais críticas, pois estão assentados diretamente no reservatório e, em geral, apresentam uma geometria propícia a ocorrência de corrosão por frestas.

TABELA 1 – COMPOSIÇÕES QUÍMICAS, EM PERCENTUAL EM PESO E PREN DOS MATERIAIS TESTADOS

N° UNS	Ni	Cr	Mo	N	Fe	Outros	PREN
S31600	10 - 14	16 - 18	2 - 3	–	Bal.	Mn max 2, P max 0,045, S max 0,03, Si 1,0	18
S32750	6,5	25	3,6	0,26	64,64	–	41,04
N06625	Min 58	20-23	8-10	–	Max 5	Al max 0,4, Co max 1, Ti max 0,4, Si max 0,5, Nb max 4,15	52,7
N08825	38 - 46	19,5-23,5	2,5-3,5	–	–	Al max 0,35, Mn max 0,35, Ti 1 – 1,7, S max 0,01	35,05
N06059	56 - 63	22 - 24	15 -16,5	–	Max 1,5	Co max 0,3, Mn max 0,5, S max 0,005, P max 0,015	75
N08031	31	27	6,5	0,2	–	–	51,6
N10276	57-59	14,5- 16,5	15-17	–	4-7	Co max 2,5, Mn max 1,0, S max 0,03, P max 0,04	68,3

* PREN = %Cr + 3,3 (%Mo + 0,5 x %W) + 16x%N



Figura 1 – (a) Suporte contendo os corpos-de-prova e seus respectivos dispositivos de frestas, (b) Detalhe da montagem do dispositivo de frestas no corpo de prova

No presente estudo, considera-se que a temperatura da água do mar injetada nas condições normais de injeção não ultrapassa 20 °C, e que no caso de parada de injeção a temperatura máxima a ser alcançada seria de 90 °C (temperatura do reservatório). Com base em dados da literatura técnica recente ^{1, 2, 3} e

nos limites de temperatura dos materiais metálicos citados na norma NORSOK M-001 ⁴, os materiais resistentes à corrosão por frestas na condição de parada de injeção, temperatura de reservatório de 90 °C, seriam as ligas C-2000, 59 e o titânio de grau 12. No entanto, buscando-se ampliar as alternativas de me-

talurgia, e evitar possíveis problemas de fornecimento destes materiais no prazo requerido para o projeto, outros materiais foram avaliados. Ensaio de imersão sob condições de estagnação e de polarização cíclica foram realizados para avaliação da susceptibilidade à corrosão por frestas em água do mar natural a 90 °C para as ligas UNS N10276, UNS N06059, UNS N08825, UNS N08031, UNS N06625 e UNS S32750.

Metodologia

A susceptibilidade à corrosão por frestas em água do mar aerada e aquecida a 90 °C foi avaliada a partir de ensaios de imersão e de polarização eletroquímica para diferentes ligas de níquel, sendo elas liga 825 (UNS N08825), liga 625 (UNS N06625), liga 31 (UNS N08031), liga 59 (UNS N06059) e hastelloy C-276



Figura 2 – Fotos do corpo de prova AISI 316, com aumento de 20x (foto da esquerda) e 10x (foto da direita), na lupa, após término da primeira etapa

TABELA 2 – RESULTADOS AO FINAL DE CADA ETAPA DOS ENSAIOS DE IMERSÃO EM ÁGUA DO MAR NATURAL A 90 °C

<i>Material</i>	<i>Etapa 1</i>	<i>Etapa 2</i>	<i>Etapa 3</i>
S31600	+, A	+, A	NA
S32750	+, A	+, B	(+), B
N06625	(+), B	(+), B	(+), B
N08825	+, A	+, A	(+), A
N06059	NA	0, B	0, B
N08031	NA	0, B	0, B
N10276	NA	NA	0, B

NA: não avaliado

0: ausência de corrosão por frestas (< 20 µm)

(+): leve ataque por frestas (pites na região da fresta)

+: corrosão por frestas

A: alta densidade de corrosão por pites

B: baixa densidade de corrosão por pites ($\leq 2,5 \times 10^3 \text{ /m}^2$ conforme norma ASTM G-46)



Figura 3 – Fotos do corpo de prova em liga 825, com aumento de 20x (foto da esquerda) e 10x (foto da direita), na lupa, após término da primeira etapa



Figura 4 – Fotos do corpo de prova em aço superduplex (25 %Cr), com aumento de 20x (foto da esquerda) e 10x (foto da direita), na lupa, após término da primeira etapa

(UNS N10276), também foi avaliado o aço inoxidável superduplex (SDSS – UNS S32750). Para referência, devido à sua reconhecida baixa resistência à corrosão em água do mar, inclui-se o aço inoxidável AISI 316 (UNS S31600) na matriz de testes. A

tabela 1 apresenta a composição química nominal e o número equivalente de resistência ao pite, PREN destes materiais, cujo número considera-se dar uma medida relativa da resistência de uma liga à corrosão localizada.

O teste de imersão foi reali-

zado em uma autoclave em Hastelloy C-276 com capacidade de 150 litros utilizando-se água do mar natural filtrada grosseiramente pressurizada com ar comprimido em 600 psi, de modo a se garantir a presença de oxigênio.

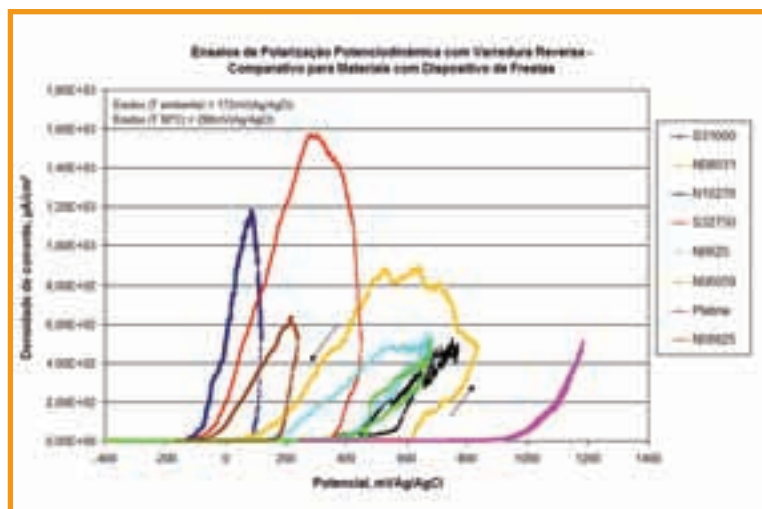


Figura 5 – Curvas potenciodinâmicas com varredura reversa obtidas para o AISI 316, superduplex, liga 825, liga 625, liga 59, hastelloy C-276, liga 31 e platina em água do mar natural a 90 °C

O teste de imersão para os materiais com os dispositivos de frestas foi realizado em três etapas consecutivas. Nas duas primeiras etapas, os corpos de prova foram imersos em água do mar por uma semana à temperatura ambiente (cerca de 25 °C), e então, eram aquecidos a 90 °C, sendo mantidos nesta temperatura por mais 30 dias. Na terceira etapa, os corpos de prova também ficaram inicialmente imersos por uma semana à temperatura ambiente antes de se aumentar a temperatura do sistema para 90 °C, no entanto, nesta terceira etapa, os corpos de prova foram mantidos a 90 °C por mais 60 dias. A cada etapa todo o inventário de água do mar era trocado e os materiais eram retirados para análise.

Todos os materiais foram tes-

tados em triplicata para cada etapa, no entanto, devido à quantidade reduzida de determinados materiais, especificamente para as ligas 31 e 59, somente foram retirados corpos de prova após a segunda e a terceira etapas, e no caso do Hastelloy C-276 somente foram retirados os corpos de prova em triplicata após a terceira etapa. A referência em aço inoxidável AISI 316 somente foi incluída nas duas primeiras etapas. Os corpos de prova utilizados nos ensaios tiveram suas superfícies preparadas de acordo com a norma ASTM G-48⁵. Cada dispositivo de frestas do tipo MCA (*Multiple Crevice Assemble*) foi fabricado em acetal de acordo com as dimensões descritas nesta mesma norma e o torque aplicado a cada um foi de 8,5 N.m. Cada conjunto de cor-

pos de prova de uma mesma etapa era fixado em suportes construídos em liga C-276 de modo a facilitar a retirada dos mesmos (Figuras 1a e 1b).

Após o término de cada etapa, um suporte era retirado para avaliação da superfície dos corpos de prova. Os corpos de prova eram, então, limpos e fotografados, sendo em seguida levados a lupa e ao microscópio ótico para avaliação mais detalhada da superfície, incluindo medida máxima de profundidade de pite, contagem dos pites e densidade de profundidade de frestas de acordo com ASTM G-46⁶.

Os ensaios eletroquímicos foram realizados com o mesmo tipo de corpo de prova com dispositivo de frestas apresentado na figura 1(b), porém foi feita uma rosca para fixar haste de contato elétrico, e respectivamente, um eletrodo Lazaran (Ag/AgCl) e um de platina, como referência e contra-eletrodo. Cada montagem em autoclave, continha apenas um corpo de prova que era deixado estabilizando a temperatura ambiente de um dia para o outro (por cerca de 20 h), e então, após alcançar-se a temperatura de 90 °C, deixava-se estabilizando o corpo de prova por mais duas horas antes de iniciar a polarização eletroquímica. Também foi avaliado o potencial redox da água do mar natural tanto na temperatura ambiente quanto à 90 °C utilizando-se um eletrodo de platina e como referência um eletrodo Lazaran.

A polarização potenciodinâmica com taxa de varredura de 0,1 mV/s era realizada até se alcançar uma densidade de corrente eletroquímica de aproximadamente 500 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$, e então, se procedia a varredura reversa (redução do potencial com a mesma taxa de varredura de 0,1 mV/s). Ao final de cada teste eletroquímico, observava-se

TABELA 3 – POTENCIAIS A CIRCUITO ABERTO (E_{CORR}) E DE FRESTAS OBTIDOS PARA OS MATERIAIS ENSAIADOS EM ÁGUA DO MAR A 90 °C

Número UNS	E_{corr} mV(Ag/AgCl)	E_{frestas} mV(Ag/AgCl)
S31600	-126,2	77,4
N6625	-172,4	364
N8825	-167,41	158,2
N08031	-119,49	613,2
N10276	-227,77	340
S32750	-150,38	339,2
Liga 59	-288,62	423,4

a região de fixação (rosca) e se havia ocorrido corrosão por frestas, em caso positivo, a curva de polarização obtida era descartada.

A partir deste ensaio obtinha-se o potencial de frestas, ou seja, o potencial no qual a densidade de corrente alcançava $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$, e com a varredura reversa obtinha-se o potencial de repassivação para cada material (também ao alcançar $10 \mu\text{A}/\text{cm}^2$), ou seja, o potencial no qual o filme passivo era restabelecido.

Resultados e discussão

Os resultados dos testes de imersão obtidos após a primeira etapa indicaram que o material de referência AISI 316 e a liga 825 foram os que apresentaram maior densidade de pites, assim como, apresentaram corrosão por frestas com profundidades máximas de, respectivamente, 0,158 mm e 0,024 mm (Figuras 2 e 3). Os demais materiais apresentaram pouquíssimos pites por unidade de área (da ordem de $2,5 \times 10^3/\text{m}^2$ conforme norma ASTM G 46-94), embora também tenha sido observada a ocorrência de corrosão por frestas no material superduplex nesta etapa, conforme apresentado na Figura 4.

A análise superficial dos materiais retirados após a segunda e a terceira etapas do teste de imersão, indicou que a liga 825 e o aço inoxidável superduplex, nesta ordem, foram os materiais que apresentaram maior densidade de pites, assim como, morfologia característica de corrosão por frestas. Os demais materiais apresentaram baixa densidade de pites apenas.

A Tabela 2 apresenta, de forma resumida, os resultados das análises de superfície dos materiais testados para cada etapa do ensaio de imersão em água do mar natural aquecida a 90°C . Foi considerada como corrosão por frestas, a corrosão ocorrida

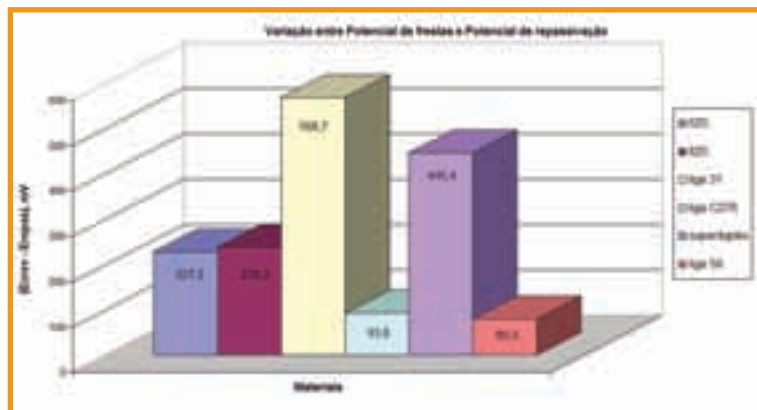


Figura 6 – Variação entre potencial de frestas e potencial de repassivação para os diferentes materiais testados

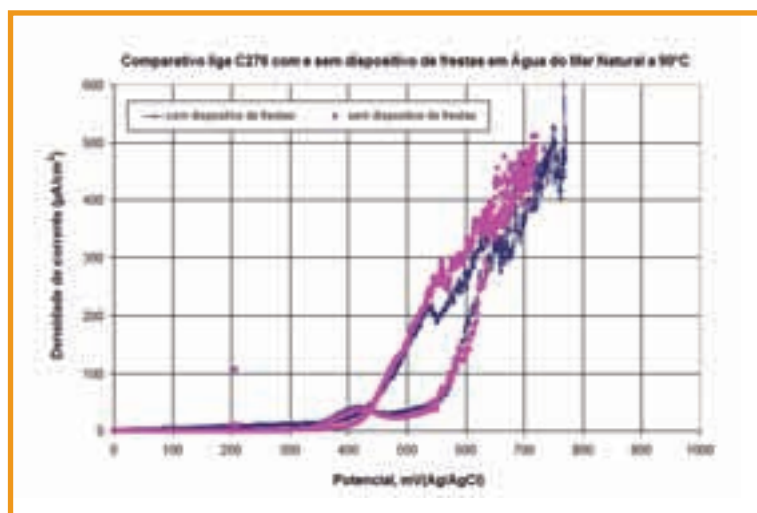


Figura 7 – Curvas de polarização potenciodinâmica com varredura reversa para a liga C-276 com e sem dispositivo de frestas em água do mar natural a 90°C

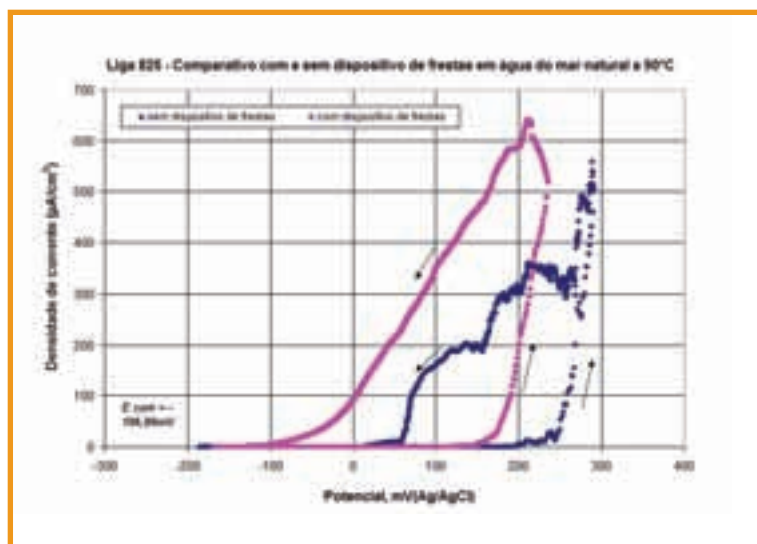


Figura 8 – Curvas de polarização potenciodinâmica com varredura reversa para a liga 825 com e sem dispositivo de frestas em água do mar natural a 90°C

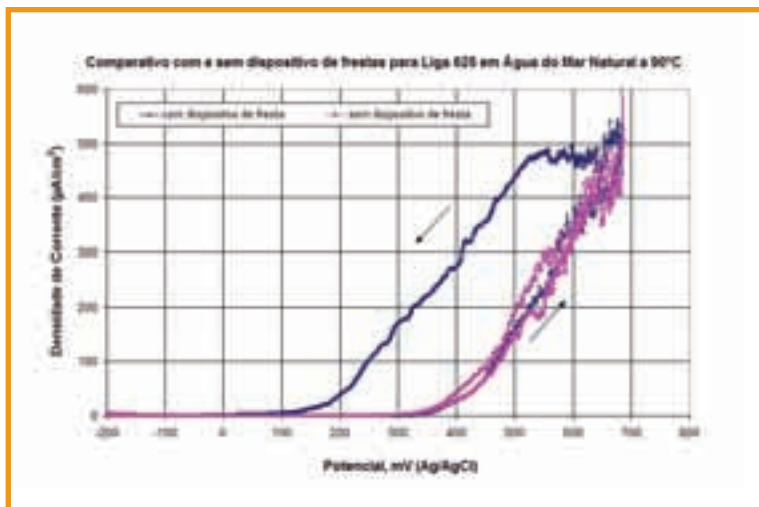


Figura 9 – Curvas de polarização potenciodinâmica com varredura reversa para a liga 625 com e sem dispositivo de frestas em água do mar natural a 90 °C

sob o dispositivo de frestas com profundidade de pelo menos 20 μm . Para avaliação da densidade de pites foram considerados todos os pites acima de 10 μm .

Embora não sejam exatamente correlatos entre si, os resultados dos testes de imersão se mostraram coerentes com o esperado quanto à susceptibilidade dos materiais à corrosão localizada em água do mar de acordo com os PRENs (tendência de que quanto maior o PREN maior a resistência à corrosão localizada).

O potencial redox da água do mar à temperatura ambiente foi de 172 mV(Ag/AgCl) aproximadamente e à 90 °C observou-se um aumento do potencial significativo, tendo alcançado 288 mV(Ag/AgCl).

A Figura 5 apresenta as curvas potenciodinâmicas com varredura reversa obtidas para os diferentes materiais avaliados, enquanto que na Tabela 3 encontram-se os valores dos potenciais de corrosão a circuito aberto (E_{corr}) e dos potenciais de frestas (E_{frestas}) extraídos destes ensaios eletroquímicos. Também foi realizada polarização potenciodinâmica para a platina, aplicando-se os mesmos parâmetros

de varredura. A ordem crescente de potencial de frestas obtida para os materiais testados é apresentada abaixo:

$\Rightarrow 316 < \text{liga } 825 < \text{Superduplex} < \text{liga } C276 < \text{liga } 625 < \text{liga } 59 < \text{liga } 31$

Observa-se nas curvas de polarização obtidas que para os materiais de maior PREN, liga C276 e liga 59, ocorre apenas uma pequena histerese, resultando em menores diferenças entre o potencial de frestas e de repassivação, e indicando que estes materiais não são susceptíveis à corrosão por frestas nestas condições. Para os demais materiais observa-se uma histerese significativamente maior.

A Figura 6 apresenta graficamente as diferenças entre o potencial de frestas e o potencial de repassivação obtidos para cada material. Embora a liga 31 apresente a maior diferença entre os potenciais de frestas e de repassivação, o seu potencial para iniciação da fresta é bastante elevado, da ordem de 600 mV(Ag/AgCl). Na literatura técnica^{7, 8} encontra-se referência sobre o enobrecimento do potencial a circuito aberto de ligas de níquel e de

aços inoxidáveis superduplex em água do mar natural a temperatura ambiente devido à formação de biofilmes sobre a superfície dos mesmos, chegando-se a valores entre 250 mV(Ag/AgCl) e 300 mV(Ag/AgCl). No caso, por exemplo, de poços injetores de água do mar, os equipamentos de poço estarão geralmente expostos a temperaturas mais baixas próximas a 20 °C, e somente no caso de parada de injeção, a temperatura dos equipamentos de poço em contato com o reservatório equalizariam suas temperaturas com as do reservatório.

Foram realizadas curvas de polarização potenciodinâmica com varredura reversa para alguns materiais e, também, para os materiais sem o dispositivo de frestas. Observa-se, na Figura 7, a similaridade entre as curvas de polarização obtidas para a liga C-276 com ou sem o dispositivo de frestas em água do mar natural a 90 °C, indicando não haver tendência à corrosão por frestas nestas condições. Para a liga 825, no gráfico comparativo apresentado na Figura 8, observa-se que o potencial de quebra do filme passivo e o potencial de pite ocorrem em potencial mais nobre que o potencial de frestas e que nestas condições de teste este material susceptível tanto à corrosão por frestas quanto por pites. Já no caso da liga 625, o comparativo entre as curvas de polarização obtidas com e sem dispositivo de frestas mostra que na ausência de dispositivo de frestas este material apresenta muito baixa histerese, não se mostrando susceptível a ocorrência de pites em água do mar natural a 90 °C, e que este comportamento muda ao se incluir a fresta, indicando que este material é passível à ocorrência de corrosão por frestas nestas condições.

Os resultados eletroquímicos corroboram, de modo geral, com os resultados dos testes de imersão

são obtidos a 90 °C. As ligas UNS N10276 e UNS N06059, valores de PREN, respectivamente de 68,3 e 75, apresentaram os melhores resultados tanto nos testes de imersão quanto nos de polarização eletroquímica, enquanto os piores resultados foram obtidos para a referência em aço inoxidável AISI 316, seguidos dos materiais UNS N08825 e UNS S32750. Os materiais UNS N08031 e UNS N06625, com valores de PREN próximos entre si, apresentaram comportamentos intermediários com vantagem para a liga 31 observada nos testes de imersão. Os resultados dos ensaios eletroquímicos corroboram com esta vantagem em função do elevado potencial de frestas necessário para iniciação da fresta obtido para este material, porém, conforme indicado pela grande histerese em sua curva de polarização com varredura reversa, após iniciado o processo de corrosão por frestas este material dificilmente reformará seu filme passivo, já que apresentou a maior diferença entre os potenciais de frestas e de repassivação entre os materiais avaliados. Com isso, levando-se em consideração, tanto os ensaios de imersão quanto os eletroquímicos, a ordem crescente de resistência à corrosão por frestas é apresentada a seguir: liga 825 < Superduplex < liga 625 < liga 31 < liga C276 < liga 59.

Para a aplicação dos materiais UNS N08031 e UNS N06625, sobretudo da liga UNS N06625, em sistemas de contenção de areia expostos a reservatórios com temperatura de 90 °C, deverá empregar sistemas de contenção que minimizem a geometria de frestas, de modo a mitigar o risco de redução da vida útil da instalação e de produção de areia devido à corrosão por frestas.

A água do mar é uma mistura complexa de sais inorgânicos (principalmente cloreto de só-

dio), gases dissolvidos (oxigênio), sólidos suspensos, matéria orgânica e organismos vivos, sendo difícil obter resultados representativos em laboratório, que reproduzam o aumento de potencial natural causado pela formação de biofilmes sobre a superfície dos materiais. No entanto, nas condições de temperatura do presente trabalho, ou seja, 90 °C, não são propícias à atividade microbiana, e somente nas condições normais de injeção de água do mar com temperaturas na faixa ideal à atividade microbiana é esperado um aumento dos potenciais dos materiais pela atividade microbiana. Porém, neste caso, as temperaturas são bem inferiores da ordem de 20 °C. Conforme dados da literatura os materiais com PREN superiores a 40, apresentam boa resistência à corrosão localizada (pite e frestas) na ausência da adição de oxidantes, tais como hipoclorito, utilizados como tratamento biocida ³.

Vale ressaltar que a geometria de frestas, incluindo o tipo de material do dispositivo, o torque aplicado, a profundidade da fresta, a rugosidade, entre outros parâmetros, interfere na susceptibilidade à corrosão por frestas dos materiais que formam filmes passivos.

Conclusões

Ensaio de imersão e de polarização potenciodinâmica com varredura reversa foram realizados para avaliação da susceptibilidade à corrosão por frestas em água do mar natural a 90 °C das ligas UNS N10276, UNS N06059, UNS N08825, UNS N08031, UNS N06625 e UNS S32750. Dispositivos de frestas do tipo MCA (*Multiple Crevice Assemble*) foram fabricados em acetal de acordo com as dimensões descritas na norma ASTM G-48 e o torque aplicado a cada um foi de 8,5 N.m. Os ensaios

de imersão sob condições de estagnação foram realizados em três etapas consecutivas com total troca do inventário de água do mar a cada etapa, totalizando 19 semanas.

Sob estas condições de teste, obteve-se a seguinte classificação em ordem de pior para a melhor performance dos materiais avaliados: UNS N08825 < UNS S32750 < UNS N06625 < UNS N08031 < UNS N10276 < UNS N06059. As ligas UNS N10276 e UNS N06059 foram as únicas que demonstraram resistência à ocorrência de corrosão por frestas em água do mar natural a 90 °C tanto a partir dos testes de imersão quanto dos testes eletroquímicos.

Os materiais UNS N08825 e UNS S32750 apresentaram corrosão por frestas significativa, não sendo apropriados para os equipamentos de fundo de poço sujeitos a altas temperaturas em caso de parada de injeção de água do mar, situação na qual as temperaturas podem alcançar 90 °C.

Os materiais UNS N08031 e UNS N06625 apresentaram comportamentos intermediários com vantagem para a liga 31 observada nos testes de imersão. O material UNS N06625 apresentou leve corrosão por frestas caracterizada pela ocorrência de pites com profundidade maior que 20 µm sob a região do dispositivo de frestas, o mesmo não foi observado para o material UNS N08031 nos testes de imersão, embora os ensaios eletroquímicos indiquem a possibilidade de ocorrência de corrosão por frestas em potenciais mais elevados.

Para a aplicação dos materiais UNS N08031 e UNS N06625, sobretudo da liga UNS N06625, em sistemas de contenção de areia expostos a reservatórios com temperatura de 90 °C, se deverá empregar equipamentos que minimizem a geometria de

frestas, de modo a mitigar o risco de redução da vida útil da instalação e de produção de areia devido à corrosão por frestas.

Referências bibliográficas

1. Pit, B., Huizinga, S. and Jong, J., "Materials and Corrosion Challenges with Raw Seawater Injection", NACE Corrosion 2005, paper n° 05106.
2. Crum, J. R., Hazeldine, P. and Shoemaker, L.E., "Evaluation of Materials for Seawater Plate Exchanger Applications", NACE Corrosion 2007, paper n° 07248.
3. Alves, H., Aberle, D. and Stenner, F., "Nickel Alloys and High Stainless Steels for Heat Exchangers and other Applications in Chlorinated Seawater", NACE Corrosion 2007, paper n° 07215.
4. Norsok Standard M-001, rev. 4, "Materials Selection", Agosto de 2004.
5. Norma ASTM G48 – 03, Standard Test Methods for Pitting and Crevice

Corrosion Resistance of Stainless Steels and Related Alloys by Use of Ferric Chloride Solution.

6. Norma ASTM G-46 – 94, Standard Guide for Examination and Evaluation of Pitting Corrosion.
7. F. J. Martin , E. J. Lemieux , W. E. O'Grady, and P. M. Natishan , "Long-term ennoblement studies on Ni-Cr-Mo alloys", NACE Corrosion 2006, paper n° 06305.
8. Stein Olsen, Perry Nice, Manuel Maligas and John Vivic, "Material Selection for Wellhead Equipment Exposed to Chlorinated and Natural Seawater", NACE Corrosion 1996, paper n° 80.

Flávia Maciel Fernandes Guedes

DSc., Engenheira de Processamento,
Petrobras

Eva Maria de Oliveira Paiva

Técnica Química de Petróleo, Petrobras

Eduardo Gullo Muller Lopes

Técnico Químico de Petróleo, Petrobras

Cynthia de Azevedo Andrade

MSc., Química de Petróleo, Petrobras

Contato com a autora:

flaviamaciel@petrobras.com.br

Este trabalho foi classificado em primeiro lugar pela melhor apresentação oral e recebeu o Prêmio Prof. Vicente Gentil no INTERCORR 2014, realizado em maio último em Fortaleza/CE.

Corrosão & Proteção

COBERTURA DO II SEMINÁRIO DE PINTURA ANTICORROSIVA

A próxima edição terá como tema da Matéria de Capa a cobertura jornalística do II Seminário de Pintura Anticorrosiva que será realizado pela ABRACO em dezembro. Apresentará os principais avanços tecnológicos registrados e contará com a participação dos renomados especialistas do setor que participarão do evento.

**Condições especiais a todas as empresas para veiculação de anúncios.
Empresas associadas Abraco com desconto excepcional de 50 %.**

Uma excelente oportunidade para divulgar marcas empresariais, produtos e serviços.

Assegure à sua empresa os mesmos benefícios já conquistados por outras líderes de mercado.

Saiba mais em www.abraco-sbpa.com.br.


APORTE
EDITORIAL

aporte.editorial@uol.com.br
Tel: (11) 2028-0900


ABRACO
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO
www.abraco.org.br
Tel: (21) 2516-1962



Inspeção para galvanização a fogo adequada

Inspection for adequate galvanizing by fire



Por Paulo Silva
Sobrinho

Resumo

Este artigo apresenta o processo de galvanização por imersão a quente como o mais eficiente para proteção do aço e ferro contra a corrosão. A abordagem principal é a forma como o produto deve ser enviado pelo fabricante ao galvanizador, de forma a garantir o acabamento ideal do galvanizado, assim como, seu projeto possa permitir que toda a superfície (interna e externa) tenha contato com o zinco liquefeito. Desta forma o artigo menciona o quanto é importante a verificação do acabamento do produto a ser galvanizado no recebimento da galvanizadora.

Abstract

This article presents the hot dip galvanizing process as the most efficient for protection of the steel and iron against the corrosion. The main boarding is the form as the product must be sent by the manufacturer to the galvanizer, of form to guarantee the ideal finishing of the galvanized one, as well as, its project can allow that all the surface (internal and external) has contact with liquefied zinc. In such a way the article mentions how much the verification of the finishing of the product to be galvanized in the act of receiving of the galvanizer is important.

Introdução

Entre os processos de proteção contra corrosão de peças de aço e de ferro fundido, a Galvanização por Imersão a Quente (a

Fogo) é o mais eficiente. O processo é normalizado através da ABNT NBR 6323 – Galvanização de produtos de aço ou ferro fundido – Especificação.

Neste processo, a peça é totalmente imersa no banho de zinco líquido (zinco fundido entre 450 °C – 460 °C) e, toda a sua superfície (externa e interna) que permitir o acesso do banho de zinco, será protegida. A molhabilidade do zinco na superfície da peça ocorre, com facilidade, em função da boa fluidez do zinco fundido.

A inspeção do material a ser galvanizado é da maior importância. A aceitação de um material de baixa qualidade antes da galvanização conduzirá a um produto galvanizado de baixa qualidade ao final do processo. O sucesso total do processo de galvanização a fogo começa pelas etapas de recepção e inspeção dos bens, que nunca devem ser consideradas como etapas de menor importância.

A principal vantagem da galvanização a fogo é a possibilidade de processar grandes volumes de trabalho, isto é, um serviço perfeito estará diretamente relacionado à organização logística da planta.

Antes de começar todo o processo de galvanização (desde o pré-tratamento da superfície até a galvanização propriamente dita) o supervisor de deslocamento assegurar-se-á de que os artigos que esperam a galvanização tenham sido identificados

com uma etiqueta de aceitação e que o Inspetor e o Verificador realizaram com sucesso as seguintes verificações na área de recepção:

- Ventilação adequada para os artigos “tipo embarcação” fornecida para evitar explosões.
- Os artigos terão, onde necessário, perfuração apropriada para evitar os bolsões de ar, que resultarão em superfícies não galvanizadas e material flutuando no zinco.
- A solda deverá estar livre de escória e de fluxo. Os respingos da solda devem ser mínimos. Os artigos, que forem soldados com alumínio ou têm inserções de alumínio, devem ser rejeitados devido ao fato de que estes metais reagirão com o zinco durante o processo de galvanização e serão danificados.
- As estruturas fabricadas têm os cantos rebarbados para permitir o fluxo e a drenagem livre do zinco durante o processo de imersão.
- Nenhuma pintura (à exceção da pintura solúvel em água) pode estar presente na superfície do aço.
- O potencial de distorção não exista.
- O material, que foi danificado mecanicamente ou distorcido, em consequência da soldagem, deve ser excluído do grupo. Estes devem então ser reparados ou substituídos antes da galvanização.
- As quantidades e a massa conforme destacadas nas notas de

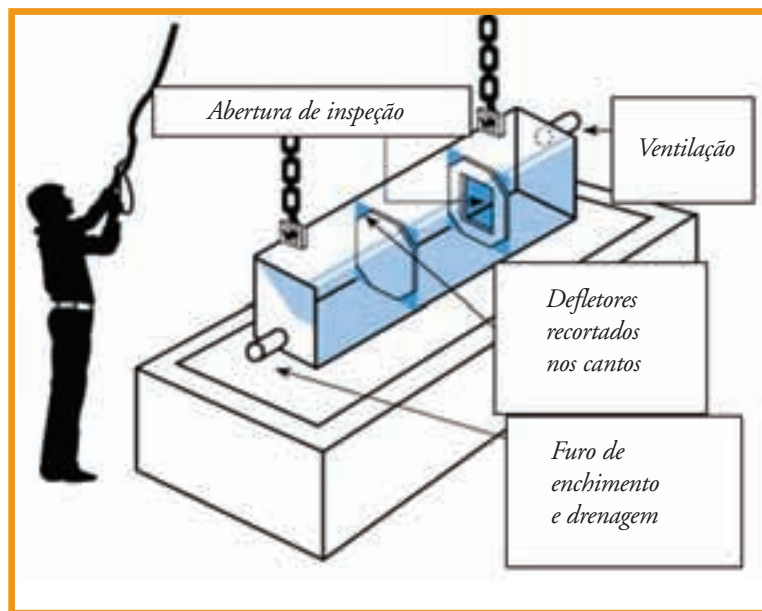


Figura 1 – Galvanização de montagens enclausuradas

entrega do material entrante têm e devem reconciliar com as quantidades refletidas na documentação de processamento.

- Nenhum material não ferroso é permitido passar pelo processo, à exceção do bronze ou do cobre.

As Figuras 1 e 2 são exemplos de adequação de peças para galvanização.

Todos os componentes recebidos pela companhia devem ser inspecionados para assegurar a conformidade com a especificação e às exigências colocadas. O controlador de qualidade compi-

lará registros do fornecedor.

O Controlador da Qualidade verificará se todos os artigos entrantes estão em conformidade com as exigências especificadas, que são gravadas no registro de inspeção. Se os componentes forem aceitos, o controlador da qualidade finalizará a folha de registro do fornecedor com a informação relevante. Todos os componentes serão identificados como aceitos com uma etiqueta apropriada e liberados para serem processados.

Os componentes encontrados não aceitáveis serão relatados

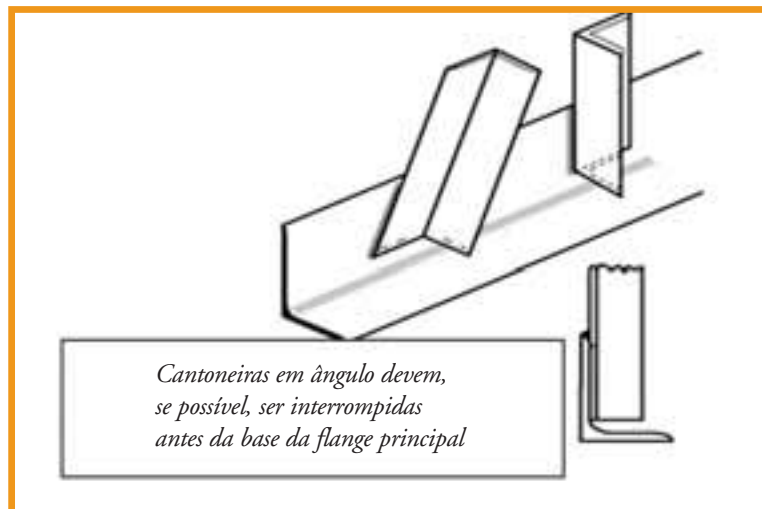


Figura 2 – Montagem com cantoneiras

ao Gerente da Galvanização depois que uma etiqueta específica seja fixada ao material não aceito. Depois que os materiais suspeitos forem retificados, poderão ser liberados unindo-se uma etiqueta de liberação. Alternativamente, se caso determinados materiais não puderem ser retificados, uma etiqueta de REJEIÇÃO é anexada e os materiais não devem ser galvanizados. Um relatório de não conformidade é elaborado, o cliente informado, seguido por uma negociação com o mesmo, que pode concordar, com intuito de melhorar a qualidade dos produtos zincados.

No processo de galvanização, todas as superfícies, interior e exterior, são revestidas com o zinco que se liga metalurgicamente ao aço base, inibindo a corrosão. Esta ligação metalúrgica ocorrerá somente se a superfície do aço estiver perfeitamente limpa. O método preliminar da limpeza em uma planta de galvanização é a imersão do aço nos banhos químicos (desengraxe, decapagem e fluxagem) durante a etapa de pré-tratamento.

Quando a limpeza química não é previamente eficaz devido à presença de verniz, de tintas à base de óleo, de marcadores industriais, escória de solda, ou, areia (usada na manufatura de fundidos), pode-se sugerir o jateamento abrasivo.

É importante notar que o jateamento abrasivo é eficaz na limpeza de superfícies exteriores, mas pode não ser eficaz na remoção dos contaminantes em fendas pequenas, frestas ou em superfícies escondidas, tais como, o interior de uma tubulação. As superfícies com essas configurações poderão beneficiar-se da limpeza química, além do jateamento abrasivo.

Material entrante

A inspeção cuidadosa dos artigos, antes de serem galvaniza-



Figura 3 – Exemplo de sustentação de materiais a serem galvanizados

dos, assegura que:

- os artigos foram identificados e as quantidades foram verificadas conforme documento de processamento;
- o material inadequado para galvanização, conforme mencionado anteriormente, foi armazenado separadamente e a documentação necessária de não conformidade foi preenchida.

Cabe ressaltar que o fornecedor deve ser notificado imediatamente de toda não conformidade a respeito do projeto e da fabricação.

Carregamento para a galvanização

O material será carregado nos gabaritos de imersão que foram projetados apropriadamente para acomodar artigos específicos. As correntes, ganchos ou arames são fornecidos para a fixação do material junto aos gabaritos.

Antes de mergulhar as peças é importante assegurar-se que:

- sempre que possível, os artigos serão suspensos verticalmente, ou, num ângulo o quanto possível próximo de 45°. Isto fornecerá a drenagem eficiente de produtos químicos do pré-tratamento e do zinco fundido, tendo por resultado um acaba-

mento liso do revestimento;

- os artigos fornecidos com drenagem e furos de respiradouro serão suspensos de tal maneira que a drenagem e a ventilação sejam eficazes durante a imersão isto é, de modo que o ar possa escapar das superfícies internas durante a imersão, evitando assim superfícies sem revestimento e fazendo com que o zinco adicional seja drenado durante a retirada do banho de zinco fundido;
- os gabaritos serão carregados à capacidade máxima, para atingir o melhor na qualidade e na produtividade;
- a máxima largura, comprimento e profundidade de cada carga estejam dentro das dimensões dos tanques de processamento evitando, assim, os danos às paredes e aos assoalhos dos tanques;
- o material será suspenso, de tal maneira que o contato com os ganchos e as correntes reutilizáveis seja limitado tanto quanto possível, reduzindo o desperdício de produtos químicos do pré-tratamento e de zinco.

Desta forma, o material estará pronto para a passagem por todas as etapas do processo de galvanização a fogo, resultando

em produtos completamente revestidos, com espessura de camada especificada, com perfeito acabamento e, principalmente, sem riscos para os colaboradores e sem danos ao meio ambiente durante todo o processo.

Referências bibliográficas

1. Guia da Galvanização – ICZ – Instituto de Metais não Ferrosos;
2. *Inspector Course* – HDGASA – Hot Dip Galvanizers Association South Africa.

Paulo Silva Sobrinho

Engenheiro Metalurgista, graduado pela FAAP-SP.

Atualmente é Coordenador Técnico do ICZ – Instituto de Metais Não Ferrosos e Coordenador da CEE 114 – Galvanização por Imersão a Quente – do CB 43 da ABNT

Contato: paulo.sobrinho@icz.org.br

Obtenção de oxidação *anódica* de nanotubos de TiO_2 sobre Ti para aplicações biomédicas

Obtaining TiO_2 nanotubes by anodic oxidation on Ti for biomedical applications

Resumo

É conhecido que a resposta biológica e o sucesso de um implante dependem das propriedades físico-químicas e biológicas de sua superfície, e como o Ti é considerado um material bioinerte, torna-se necessária a utilização de métodos de modificação de superfície para melhorar sua atividade biológica e favorecer a formação óssea. Recentemente, verificou-se que tanto poros nanométricos como nanotubos sobre titânio e suas ligas podem aumentar a bioatividade e melhorar a osseointegração dos implantes. Portanto, o objetivo do presente estudo foi a obtenção via oxidação anódica de nanotubos de TiO_2 sobre Ti para aplicações biomédicas.

Abstract

It is known that the biological response and the success of an implant depends on the physico-chemical and biological properties of its surface and as Ti is considered a bioinert material, it becomes necessary to use methods of surface modification to improve its biological activity and promote bone formation. Recently it was found that nanometric pores and nanotubes formed on Ti and its alloys can enhance the bioactivity and improve osseointegration of the implants. Therefore the aim of this study was to obtain self-organized TiO_2 nanotube layers on Ti for biomedical applications.

Introdução

Atualmente, a demanda por implantes artificiais em humanos está aumentando rapidamente, devido ao aumento da expectativa de vida da população e a perda de funções do corpo devido ao processo de envelhecimento e a acidentes, tornando necessário maiores estudos a respeito de materiais que possam ser utilizados para este fim¹⁻⁴. Para expandir a aplicação de algumas ligas metálicas como biomateriais, é necessário desenvolver e estudar metais e ligas que possuam resistência mecânica adequada e resistência à corrosão, que é condição necessária para que ocorra a biocompatibilidade^{5,6}. Por isso, algumas ligas de Ti tornam-se materiais interessantes para pesquisas na área biomédica, por apresentarem propriedades mecânicas adequadas, resistência à corrosão e biocompatibilidade local e sistêmica^{2,3}.

Sabe-se que a resposta biológica e o sucesso de um implante dependem das propriedades físico-químicas de sua superfície, e deste modo, a superfície pode ser considerada como uma parte muito importante de materiais utilizados em implantes ortopédicos. Como o Ti é considerado um material bioinerte, ou seja, ele não se liga diretamente ao organismo vivo, torna-se necessária a utilização de métodos de modificação de superfície para melhorar a atividade biológica destes materiais e favorecer a formação

óssea^{1,7-9}. Assim, uma série de técnicas de tratamentos de superfícies tem sido utilizada para modificar a superfície do material, com o objetivo de atender a um melhor desempenho funcional do produto.

Atualmente, diversos tratamentos de superfícies têm sido aplicados aos implantes de titânio ou de suas ligas, envolvendo desde tratamentos puramente mecânicos que visam o aumento da rugosidade superficial até tratamentos que envolvem mudanças nas propriedades físico-químicas da superfície, tais como formação de uma fase de TiO_2 anatase, recobrimento por apatitas, tratamentos químicos, e obtenção de superfícies nanoestruturadas, como, por exemplo, nanotubos de TiO_2 ¹⁰.

Materiais nanoestruturados propiciam interações completamente novas entre superfícies dos implantes e as células, pois a área superficial é notavelmente aumentada, além da topografia poder ser nanomodificada para assemelhar ao tecido ósseo nativo¹¹. Nanoestruturas de TiO_2 têm recebido muita atenção nos últimos anos devido a propriedades de foto-excitação e fortes propriedades catalíticas, além de outras potenciais aplicações técnicas como, por exemplo, em implantes ortopédicos e odontológicos¹⁰. Recentemente, verificou-se que tanto poros nanométricos como camadas tubulares de óxidos sobre ligas de Ti podem aumentar a bioatividade



Por Nilson Tadeu
C. de Oliveira

Co-autores:
Claudemiro
Bolfarini e Julia
Felipe Verdério

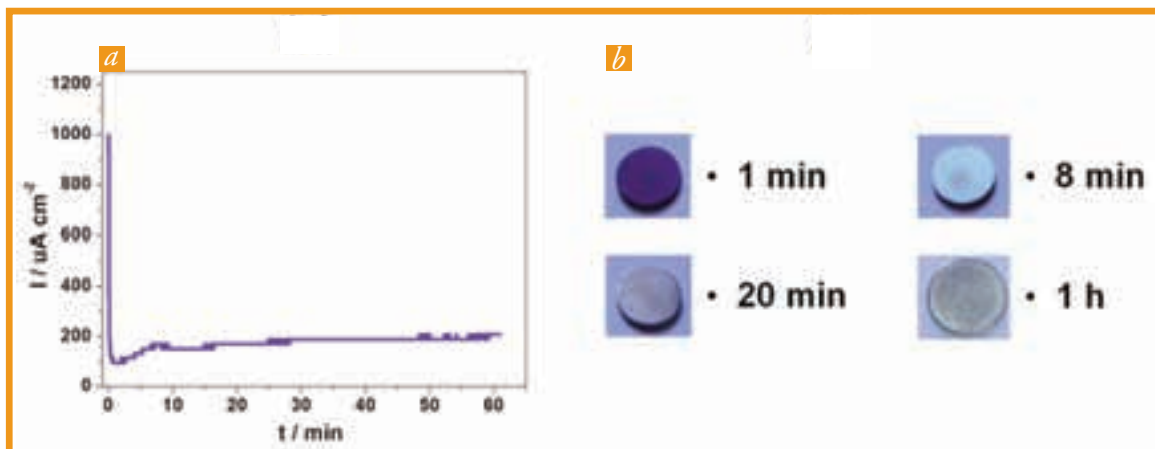


Figura 1 – a) Variação da corrente em função do tempo para anodização de Ti, a 20V em solução de H_3PO_4 + HF por 1h. b) Fotografia de amostras de Ti anodizadas nas mesmas condições do item (a), mas durante diferentes tempos: 1 min., 8 min., 20 min. e 1 h.

e a osseointegração de um implante¹²⁻¹⁴.

Nanotubos de TiO_2 podem ser obtidos por várias técnicas tais como método sol-gel, deposição eletroforética e anodização eletroquímica. Para aplicações biomédicas, a adesão e integridade mecânica são muito importantes, sendo que o método de anodização é o que apresenta os melhores resultados, além de, sob condições otimizadas, ser um método eficiente e econômico para a obtenção de nanotubos ordenados em superfície de biomateriais^{10, 12-14}.

Segundo a literatura^{8, 15, 16}, a obtenção via eletroquímica e as

características dos nanotubos de TiO_2 (como por exemplo geometria, comprimento, diâmetro), dependem de vários parâmetros e condições experimentais. Dessa forma, a obtenção dos nanotubos sobre o titânio e suas ligas demanda uma extensiva otimização dos parâmetros eletroquímicos utilizados.

Nesse contexto, um projeto de Jovem-Pesquisador financiado pela FAPESP, vem sendo desenvolvido sob nossa coordenação desde 2012 no Departamento de Engenharia de Materiais da UFSCar, integrando várias áreas do conhecimento, visando determinar as melhores condições ex-

perimentais empregando-se o método eletroquímico de oxidação anódica para a obtenção de nanotubos com diâmetros, comprimentos, geometrias e microestruturas otimizadas para aplicações em implantes, tanto sobre Ti puro grau II como sobre as ligas biomédicas de titânio já consagradas ou recém-desenvolvidas. No presente trabalho são apresentados os estudos para o Ti puro.

Materiais e Métodos

Para a formação de nanotubos sobre as superfícies de amostras de Ti puro grau II (ASTM F67), foi empregado o método de oxidação anódica em solução contendo íons fluoreto, com auxílio de uma fonte de potência. Nesta técnica, o potencial escolhido era aplicado diretamente sobre o sistema, e mantido pelo tempo total do experimento, sem interrupção ou alteração em seu valor.

Resultados

Em estudos preliminares, realizados para analisar a influência do tempo de anodização na formação dos nanotubos, utilizou-se uma solução eletrolítica e potencial de anodização citados na literatura¹⁷.

Parâmetros experimentais:

- Solução de H_3PO_4 1 mol/L + HF 0,3 % (m/m);

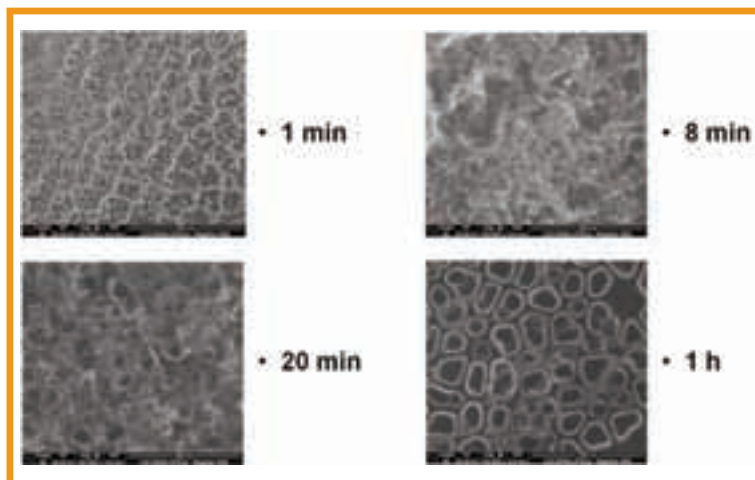


Figura 2 – Micrografias MEV das amostras de Ti (Fig. 1) anodizadas a 20V em solução de H_3PO_4 + HF durante 1 min., 8 min., 20 min. e 1 h.

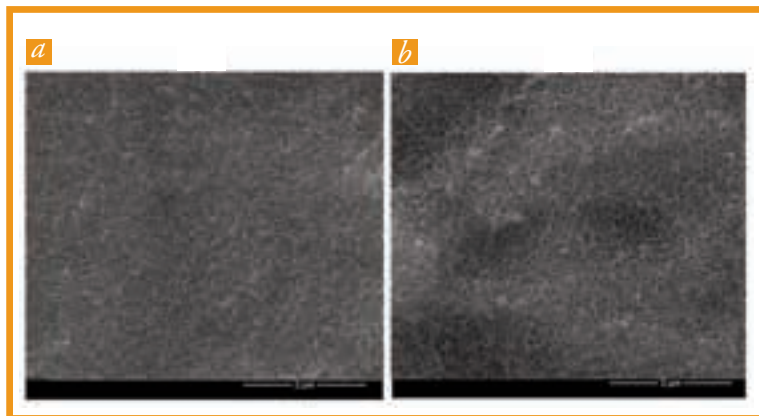


Figura 3 – Micrografias MEV das amostras de Ti anodizadas em solução de $H_3PO_4 + HF$ durante 1 h, a (a) 15 V e (b) 20 V

- Potencial de anodização: 20 V;
- Tempo de anodização: 1 min., 8 min., 20 min. e 1 h.

Na Figura 1, é apresentada a variação da corrente com tempo para anodização durante 1 h, e pode-se verificar um perfil semelhante ao apresentado na literatura^{8, 15, 16, 18} para o caso em que há formação de nanotubos, ou seja, inicialmente há uma queda rápida no valor da corrente e cerca de dois minutos após a aplicação do potencial ocorre um novo aumento da corrente, seguido de estabilização após aproximadamente 10 min., sem maiores alterações em seu valor durante o resto do experimento.

Amostras de Ti foram retiradas com diferentes tempos nas mesmas condições de anodização, e verificou-se mudanças significativas na cor da superfície, partindo de azul escuro a 1 min. chegando a cinza após 1 h. A cor azul é indicativa da presença de um filme de TiO_2 sobre a superfície¹⁹, sugerindo a formação deste filme no início da anodização, com posterior desaparecimento do mesmo com o passar do tempo e ação dos íons F^- . A queda inicial da corrente é usualmente associada com a formação de uma camada compacta de óxido na superfície, e então uma dissolução localizada distribuída

aleatoriamente começa a ocorrer sobre toda a superfície, levando a formação e crescimento de poros na camada superficial de óxido, causando aumento na densidade de corrente. No estágio final, a morfologia de crescimento dos poros muda gradualmente, chegando a uma morfologia homogênea e auto-organizada. Neste processo, ocorre competição entre a formação e a dissolução de tubos de óxidos. A mudança de crescimento irregular para regular dos tubos ocorre gradualmente, onde uma situação de fluxo estacionário de corrente é estabelecida¹⁸.

Análises por MEV (Figura 2) mostram aumento da rugosidade da superfície com o aumento do tempo de anodização, sendo que após 20 minutos já é possível notar alguns nanotubos, e após 1 h. pode verificar a presença de nanotubos auto-organizados sobre toda a superfície do metal.

Baseando-se nestes resultados, se verificou que 1 h. é tempo suficiente de aplicação do potencial para a obtenção dos nanotubos sobre Ti, utilizando-se esta solução eletrolítica específica, sendo que para tempos maiores, ocorre apenas o aumento do comprimento dos nanotubos.

Fixando-se o tempo de anodização em 1 h, variou-se o potencial de 5 V a 25 V, e os resultados obtidos são exemplificados na Figura 3, para 15 V e 20 V. Nestas micrografias, pode-se verificar nanotubos auto-organizados, distribuído homogeneamente sobre toda superfície e com diâmetro maior para o potencial mais alto.

Para se analisar a influência do potencial de anodização sobre o diâmetro dos nanotubos, na Figura 4, representou-se os diferentes potenciais e diâmetros obtidos para a solução estudada. Nota-se que o diâmetro dos nanotubos varia linearmente com o

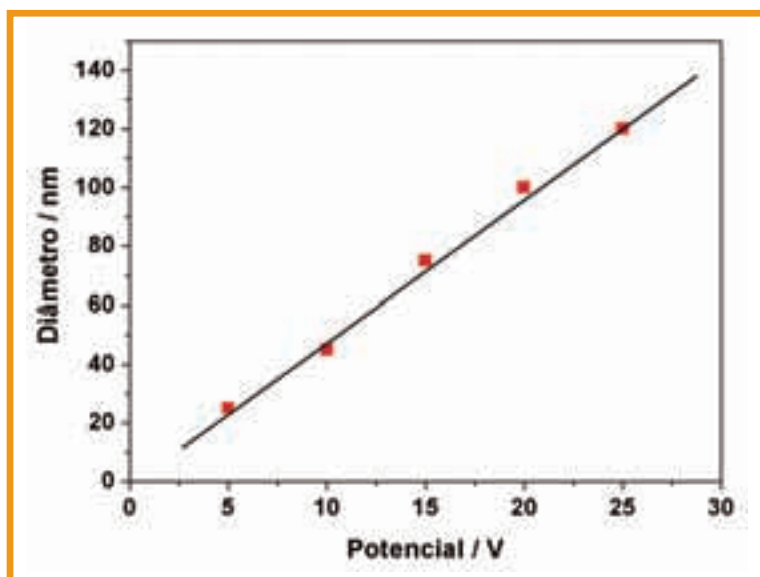


Figura 4 – Diâmetro dos nanotubos em função do potencial aplicado, para anodização em solução de $H_3PO_4 + HF$

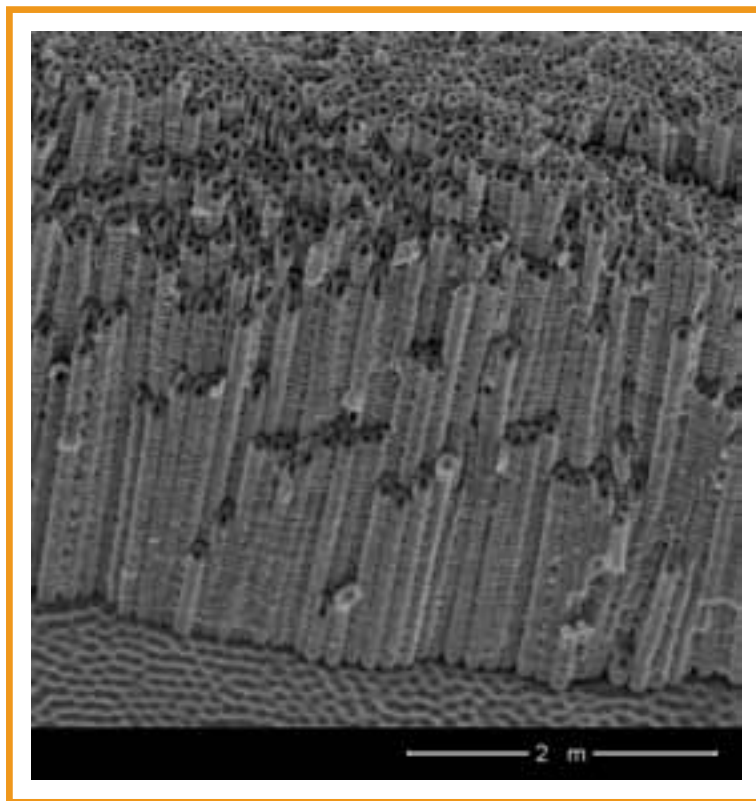


Figura 5 – Micrografia MEV de vista parcial lateral de camada de nanotubos formados sobre Ti em solução de etilenoglicol + NH_4F com aplicação 40 V por 4 h

potencial. Esta propriedade é particularmente importante para aplicações em biomateriais, pois de acordo com a literatura^{20–22}, o diâmetro dos nanotubos ou nanoporos formados nas superfícies de implantes influencia de maneira significativa a osseointegração destes dispositivos.

De acordo com diversos autores^{8, 15, 16, 23} a geometria dos nanotubos pode ser influenciada pela solução eletrolítica utilizada, alterando-se não somente o pH, mas também utilizando-se soluções não aquosas (ex, etilenoglicol, glicerol), com pouca ou sem nenhuma água.

Por isso, utilizando-se uma solução totalmente sem água, 0,25 mol/L de NH_4F em etilenoglicol⁷, obteve-se nanotubos homogêneos, com geometria bem definida e circular, sendo, no entanto, necessárias no mínimo 4 horas de anodização a 40 V (Figura 5).

Conclusões

Os resultados obtidos, no presente estudo, podem ser sumarizados como se segue:

- É possível obter, via anodização eletroquímica, nanotubos auto-organizados, definidos e homogeneamente distribuídos pela superfície do Ti em soluções aquosas e orgânicas.
- Análises por MEV revelaram que nanotubos auto-organizados podem ser obtidos com 1 h de anodização.
- Os diâmetros dos nanotubos são proporcionais ao potencial aplicado, apresentando relação linear entre o diâmetro e o potencial.
- Usando-se solução orgânica (etilenoglicol) com baixa concentração íon F^- e altos potenciais e tempo de anodização, foi possível a obtenção de nanotubos altamente organizados, com geometria bem definida e circular.

Agradecimentos

Os autores agradecem a FAPESP pelas bolsas (proc. 2012/11350-0, 2012/17944-9) e auxílios (proc. Jovem-Pesquisador 2012/01652-9) que tornaram este trabalho possível.

Referências bibliográficas

1. PARK H.H., PARK I.S., KIM K.S., JEON W.Y., PARK B.K., KIM H.S., BAE T.S., LEE M.H. "Bioactive and electrochemical characterization of TiO_2 nanotubes on titanium via anodic oxidation". *Electrochimica Acta* 55, 6109–6114, 2010.
2. NIINOMI M., KURODA D., FUKUNAGA K., MORINAGA M., KATO Y., YASHIRO T., SUZUKI A. "Corrosion wear fracture of new type biomedical titanium alloys" *Materials Science and Engineering*, A263, 193-199, 1999.
3. OKAZAKI Y., RAO S., TATEISHI T., ITO Y. "Cytocompatibility of various metals and development of new titanium alloys for medical implants" *Materials Science and Engineering*, A243, 250-256, 1998.
4. KURELLA, A., DAHOTRE, N.B., "Review paper: Surface Modification for Bioplasts: The Role of Laser Surface Engineering" *J. Biomaterials Appl.*; V.20; 2005.
5. OLIVEIRA N.T.C.; GUASTALDI A.C.; "Estudos eletroquímicos de ligas Ti-Mo de interesse para biomateriais" *Corr. Prot. Mat.*, Vol. 26, n. 2, 2007.
6. OLIVEIRA N.T.C.; GUASTALDI A.C.; "Electrochemical stability and corrosion resistance of Ti-Mo alloys for biomedical applications" *Acta Biomaterialia*, Vol. 5, 399, 405, 2009.
7. OLIVEIRA N.T.C.; VERDERIO J.E.; BOLFARINI C.; "Obtaining self-organized nanotubes on biomedical Ti-Mo alloys" *Electrochemistry Communications*, 35, 139–141, 2013.
8. MINAGAR S., BERNDT C.C., WANG J., IVANOVA E., WEN C.

- "A review of the application of anodization for the fabrication of nanotubes on metal implant surfaces". *Acta Biomaterialia*, 8 p.2875–2888, 2012.
9. WILMOWSKY V.C., BAUER S., LUTZ R., MEISEL M., NEUKAM F.W., TOYOSHIMA T., SCHMUKI P., NKENKE E., SCHLEGEL K.A. "In vivo evaluation of anodic TiO₂ nanotubes: an experimental study in the pig". *J Biomed Mater Res B Appl Biomater*, 89, 165–171, 2009.
 10. OH S., FINONES R.R., DARAIO C., CHEN L.H., JIN S. "Growth of nano-scale hydroxyapatite using chemically treated titanium oxide nanotubes" *Biomaterials* 26, 4938–4943, 2005.
 11. BJURSTEN L.M., RASMUSSEN L., OH S., SMITH G.C., BRAMMER K.S., JIN S. "Titanium dioxide nanotubes enhance bone bonding in vivo" *J Biomed Mater Res* 92A: 1218–1224, 2010.
 12. SAJI V.S., CHOE H.C., BRANTLEY W.A. "Nanotubular oxide layer formation on Ti–13Nb–13Zr alloy as a function of applied potential" *Mater Sci*, 44, 3975–3982, 2009a.
 13. SAJI V.S., CHOE H. C. "Electrochemical corrosion behaviour of nanotubular Ti–13Nb–13Zr alloy in Ringer's solution" *Corrosion Science* 51, 1658–1663, 2009b.
 14. SAJI V.S., CHOE H.C., BRANTLEY W.A. "An electrochemical study on self-ordered nanoporous and nanotubular oxide on Ti–35Nb–5Ta–7Zr alloy for biomedical applications". *Acta Biomaterialia* 5, 2303–2310, 2009c.
 15. MACAK J.M., TSUCHIYA H., GHICOV A., YASUDA K., HAHN R., BAUER S., SCHMUKI P. "TiO₂ nanotubes: Self-organized electrochemical formation, properties and applications" *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, 11 p.3–18, 2007.
 16. ROY P., BERGER S., SCHMUKI P. "TiO₂ Nanotubes: Synthesis and Applications". *Angew. Chem. Int. Ed.*, 50, p.2904 – 2939, 2011.
 17. BAUER S., KLEBER S., SCHMUKI P. "TiO₂ nanotubes: Tailoring the geometry in H₃PO₄/HF electrolytes" *Electrochem. Communications* 8, 1321–1325, 2006.
 18. MACAK J.M., TSUCHIYA H., TAVEIRA L., GHICOV A., SCHMUKI P. "Self-organized nanotubular oxide layers on Ti–6Al–7Nb and Ti–6Al–4V formed by anodization in NH₄F solutions." *J Biomed Mater Res* 75A: 928–933, 2005.
 19. OLIVEIRA N.T.C.; BIAGGIO S.R.; NASCENTE P.A.P., PIAZZA S., SUNSERI C. & DI QUARTO F. "The effect of thickness on the composition of passive films on a Ti–50Zr at% alloy". *Electrochim. Acta*, 51, No. 17, 3506–3515, 2006.
 20. PARK J., BAUER S., VON DER MARK K., SCHMUKI P. "Nanosize and Vitality: TiO₂ Nanotube Diameter Directs Cell Fate". *Nano Letters*, 7, No. 6, 1686–1691, 2007.
 21. PARK J., BAUER S., SCHLEGEL K.A., NEUKAM F.W., VON DER MARK K., SCHMUKI. "TiO₂ Nanotube Surfaces: 15 nm — An Optimal Length Scale of Surface Topography for Cell Adhesion and Differentiation." *Small*, 5, No. 6, 666–671, 2009.
 22. BAUER S., PARK J., FALTENBACHER J., BERGER S., VON DER MARK K., SCHMUKI P. "Size selective behavior of mesenchymal stem cells on ZrO₂ and TiO₂ nanotube arrays". *Integr. Biol.*, 1, 525–532, 2009.
 23. MACAK J.M., ALBU S.P., SCHMUKI P. "Towards ideal hexagonal self-ordering of TiO₂ nanotubes". *phys. stat. sol. (RRL)* 1, No. 5, 181–183, 2007.

Nilson Tadeu Camarinho de Oliveira

Mestrado em Química pela Universidade Federal de São Carlos (2000) e doutorado em Química com ênfase em Físico-Química pela Universidade Federal de São Carlos (2004). Experiência na área de Química, com ênfase em Eletroquímica, atuando principalmente nos seguintes temas: ligas de titânio, ligas biocompatíveis, corrosão, modificação de superfície de implantes e obtenção de caracterização de nanotubos de TiO₂.

Julia Felipe Verdério

Graduação em Engenharia de Materiais prevista para dezembro de 2015 pela Universidade Federal de São Carlos.

Claudemiro Bolfarini

Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Universidade Federal do Rio de Janeiro e Doutor em Tecnologia de Fundição pela Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule em Aachen, Alemanha. Professor titular do Departamento de Engenharia de Materiais da Universidade Federal de São Carlos.

Contato com o autor:

ntco@yahoo.com

Este trabalho recebeu o Prêmio de Excelência da Sessão Pôster no INTERCORR 2014, realizado em maio último em Fortaleza/CE.



Roberta Valença

Como “sustentabilizar” o ROI?

O que é complexo deveria ser mais simples, pois existe um valor intrínseco nos resultados intangíveis

Transformar o substantivo em verbo. O que isso quer dizer?

- Já fez até o final aquela dieta que sempre começa?
- Tirou aquele projeto tão pensando do papel?
- Consegue tirar proveito de todas as ações e decisões do dia para se aprimorar para o dia seguinte, mais consciente e alerta das oportunidades?
- Contribuiu de alguma forma para auxiliar alguém que vá além dos seus, dos que ama?

Se respondeu não ao menos duas vezes para as perguntas acima, você precisa passar do substantivo para o verbo. Precisa agir e realizar! Para isso, temos que estipular metas, com objetivos e indicadores precisos. Sem data-limite para acontecer, nada funciona.

O ROI (*Return on Investments*) serve para avaliarmos se as metas, objetivos e indicadores estão de acordo com o investimento empregado, seja de tempo, dinheiro, pessoas, tecnologias etc. Não vejo problema em ser assim, pois é dessa forma que gira o mundo capitalista.

O desafio da abordagem sustentável na estratégia de qualquer empresa está em tornar mensurável o que é qualitativo.

Em um hospital, por exemplo, questões ligadas aos impactos ambientais nas operações, como a utilização da água nas lavanderias especiais, o aproveitamento das edificações na coleta

da água da chuva, a gestão correta dos resíduos sólidos que geram riscos à sociedade e a racionalização dos custos e aumento de receita são indicadores passíveis de gerar boa visualização do ROI.

Por outro lado, o bem-estar dos pacientes, resultado de diversas variáveis como a excelência no atendimento prestado pelo corpo clínico; a arquitetura e *design* ligados à hotelaria hospitalar, que reúnem cuidados com o ambiente e as acomodações, dando suporte físico mais adequado; os aspectos nutricionais; a orientação dos pacientes para ajudá-los a entender suas enfermidades; e as terapias complementares são elementos fundamentais na cura, mas difíceis de quantificar. Como saber o retorno efetivo?

Como avaliar o ROI que um bom relacionamento com o paciente e todos os *stakeholders* pode gerar para o hospital? Basicamente, os custos são mão de obra, treinamento e tecnologia. Mas será que a avaliação é somente sobre esses aspectos?

O que é complexo, na verdade, deveria ser mais simples, pois sabemos que existe um valor intrínseco nos resultados intangíveis. No entanto, o modelo de gestão enxerga resultados por meio dos números.

Comecemos por olhar alguns quadrantes que afetam o mercado do seu negócio. Podem ser interferências de longo prazo, mudanças no parâmetro legal que alteram o curso vigente, atualizações nos valores cobrados e também o peso da concorrência atenta e proativa. A sugestão é elencar áreas-chave para a instituição, que forneçam indicadores necessários.

Feito isso, é hora de traçar dois cenários: como era a empresa antes das ações de sustentabilidade e como ficou depois. No centro fica a região mais importante do processo, pois aqui se misturam os novos valores com as crenças, visão e missão da companhia. É o momento de resgatar o sonho do fundador e fazer o *link* com essa nova abordagem. Estes passos vão determinar, diferenciar e definir o bom andamento do projeto.

Daí para frente, com iniciativas desenhadas, metas claras e causas transparentes e compartilhadas, é bem mais provável que seja feita uma boa entrega do que foi proposto, com ganhos mensuráveis.

Aos poucos, o exercício de tornar o que é qualitativo em quantitativo fica mais fácil e será possível perceber que, apesar da sustentabilidade prover assertivamente resultados a longo prazo, também é possível aferi-los em curto prazo.

Roberta Valença

CEO da Arator, consultoria especializada em projetos de sustentabilidade com inovação
 Contato: roberta@aratorsustentabilidade.com.br

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

A&Z ANÁLISES QUÍMICAS LTDA.

zilmachado@hotmail.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

CONSUPLAN CONS. E PLANEJAMENTO LTDA.

www.consuplan-es.com

CORRPACK DO BRASIL

www.corrpack.com.br

DE NORA DO BRASIL LTDA.

www.denora.com

DETEN QUÍMICA S/A

www.deten.com.br

D. F. OYARZABAL

oyarza@hotmail.com

ELETRONUCLEAR S/A

www.eletronuclear.gov.br

ENGECCORR ENGENHARIA LTDA.

www.engecorr.ind.br

FIRST FISCHER PROTEÇÃO CATÓDICA

www.firstfischer.com.br

FISCHER DO BRASIL – TECNOLOGIAS DE MEDIÇÃO

www.helmut-fischer.com.br

FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S/A

www.furnas.com.br

G P NIQUEL DURO LTDA.

www.grupogp.com.br

GCP DO BRASIL PROTEÇÃO CATÓDICA LTDA.

www.gcpdobrasil.com.br

HITA COMÉRCIO E SERVIÇOS LTDA.

www.hita.com.br

IEC INSTALAÇÕES E ENGª DE CORROSÃO LTDA.

www.iecengenharia.com.br

INSTITUTO PRESBITERIANO MACKENZIE

www.mackenzie.com.br

INT – INSTITUTO NACIONAL DE TECNOLOGIA

www.int.gov.br

ITAGUAÍ CONSTRUÇÕES NAVAIS – ICN

qualidade@icnavais.com

JATEAR TRATAMENTO ANTICORROSIVO LTDA.

www.jatear.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

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.opemac.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

P. G. MANUTENÇÃO E SERVIÇOS INDUSTRIAIS

www.pgindustriais.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

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

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

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

ZIRTEC IND. E COM. LTDA.

www.zirtec.com.br

LL-Alugold SCR®

PRÉ-TRATAMENTO PARA PINTURA DO ALUMÍNIO

Processo isento de cromo, visível na cor castanha avermelhada

HOMOLOGADO PELA QUALICOAT

**Tecnologia inovadora SiNo – Fusão dos Conceitos
da Tecnologia dos Silanos e da Nanotecnologia**

Atende às normas nacionais e internacionais: ABNT NBR 14125 / Qualicoat / AMMA

- Resistência à corrosão com 1000 horas de Salt Spray Acético
- 100% de aprovação nos testes de aderência seca e úmida
- Controle operacional e de qualidade pela variação da cor
- Preserva o meio ambiente pela inexistência de cromo



Vídeo do processo em operação em:
www.italtecno.com.br

**Lançamento Mundial
Patente Internacional**



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

Aporte