

Corrosão & Proteção

 **ABRACO**
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO
ISSN 0100-1485

Ciência e Tecnologia em Corrosão


APORTE
EDITORIAL

Ano 12
Nº 59
Out/Dez 2015

ENTREVISTA

*Karine Fragoso, gerente
de Petróleo, Gás e Naval
do FIRJAN*

PROTEÇÃO CATÓDICA

COMO MITIGAR AS INTERFERÊNCIAS



SOLUÇÕES INTELIGENTES E EFICIENTES

PARA ATENDER TODAS AS EXIGÊNCIAS COM
O MAIS ALTO PADRÃO DE QUALIDADE



Preparação



Pintura



Inspeção



Equipamentos especializados para cada etapa de seu projeto ou manutenção industrial. **ENTRE EM CONTATO E SOLICITE UM ORÇAMENTO!**



Distribuidor Autorizado



FESTOOL

TQC



19 3469.9889 | www.wsequipamentos.com.br

Av. José Fortunato Santon, 580 | Distr. Ind. Abdo Najjar | Americana | SP

Excelência em soluções para pintura

A Revista *Corrosão & Proteção* é uma publicação oficial da ABRACO – Associação Brasileira de Corrosão, fundada em 17 de outubro de 1968. É editada em parceria com a Aporte Editorial com o objetivo de difundir o estudo da corrosão e seus métodos de proteção e de controle e congrega toda a comunidade técnico-empresarial do setor. Tem como foco editorial compartilhar os principais avanços tecnológicos do setor, tendo como fonte entidades acadêmicas, tecnológicas e de classe, doutores mestres e profissionais renomados do Brasil e do exterior.

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 2015/2016

Presidente
Dra. Denise Souza de Freitas – INT

Vice-presidente
Eng. Laerce de Paula Nunes – IEC

Diretores

Aécio Castelo Branco Teixeira – QUÍMICA UNIÃO
Ana Paula Erthal Moreira – A&Z ANÁLISES QUÍMICAS
Fernando Loureiro Fragata – CONSULTOR/INSTRUTOR
M.Sc. Gutemberg de Souza Pimenta – PETROBRAS
Maria Carolina Rodrigues Silva – ELETRONUCLEAR
Eng. Pedro Paulo Barbosa Leite – PETROBRAS
Segehal Matsumoto – CONSULTOR/INSTRUTOR

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 – NUTEC
Eng. João Hipólito de Lima Oliver – PETROBRAS/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
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 e Editores

João Conte – Denise B. Ribeiro Conte

Projeto Gráfico/Edição

Intacta Design – julio@intactadesign.com

Gráfica

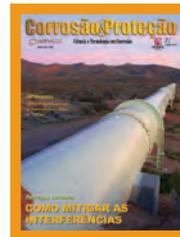
Ar Fernandez

Edição nº 59 de Outubro/Dezembro de 2015
ISSN 0100-1485

Circulação nacional – Distribuição gratuita

Esta edição será distribuída em dezembro de 2015.

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

Quem não é visto não é lembrado

6

Entrevista

Soluções guiadas pela inovação

8

ABRACO Informa

8

Eventos 2016

10

Proteção Catódica

Como mitigar as interferências

18

Boas-vindas

19

Notícias do Mercado

33

Cursos 2015

34

Opinião

Mobilizando todos no corte de gastos

Arley Ribeiro

Artigos Técnicos

20

Vantagens das tintas anticorrosivas de secagem rápida

Por Celso Gnecco

26

Revestimentos de zinco sobre aços e suas aplicações

Por Célia R. Tomachuk e Isolda Costa

Quem não é *visto* não é lembrado

“E M CHINÊS, A PALAVRA CRISE É COMPOSTA POR DOIS IDEOGRAMAS: UM SIGNIFICA PERIGO E O OUTRO, oportunidade”. Esta observação, feita por John F. Kennedy em um de seus discursos, além de curiosa, é extremamente arguta e, se bem compreendida, pode nos inspirar a ver a situação econômica brasileira por um outro prisma e nos levar a conclusões inesperadas.

Algumas pessoas, certamente, irão desdenhar essas palavras, carimbando-as de ilusórias e sem nenhum efeito prático. Contudo, esse milenar quebra-cabeça de duas peças é um desafio arisco com o qual todos nós somos confrontados em algum momento de nossas vidas. O fato é que a crise sempre se revela em um clima de incertezas e nos faz sentir impotentes diante de seus caprichos.

Estudos recentes, conduzidos pelos psicólogos Kathleen Vohs da Universidade de Minnesota e Roy Baumeister da Universidade do Estado da Flórida nos Estados Unidos, nos mostram que situações estressantes esgotam nossos mecanismos de decisão executiva e nos deixam menos aptos a enxergar as boas oportunidades à nossa frente, induzindo-nos, muitas vezes, a tomar decisões equivocadas.

Em tempos de crise econômica, os executivos corporativos se desdobram na esperança de reduzir tanto quanto possível as despesas das empresas no afã de sobreviver às dificuldades. Tudo que é considerado gordura extra enfrenta o bisturi financeiro.

É nessa hora de decisão que a empresa corre o perigo de perder alguns de seus talentos. Considerados supérfluos, muitos profissionais são descartados como parte de uma desesperada solução. Além da mão de obra, a ânsia por economia costuma não perdoar nem o anódino cafezinho, quanto mais os investimentos que muitos consideram imponderáveis como aqueles destinados às áreas de

“As oportunidades de novos negócios exigem um audacioso investimento em marketing, pois sem comunicação, o melhor de todos os produtos apodrece nas prateleiras.”

marketing e publicidade.

Tudo isso ocorre porque eles se fixam apenas em eliminar aquilo que julgam representar a ameaça do momento e desconhecem a outra face da crise, onde se concentram as oportunidades de novos negócios que exigem justamente o contrário: um audacioso investimento em comunicação!

Aqui, vale a pena recordar a máxima do *marketing*: *quem não é visto não é lembrado*. As empresas que não são doutrinadas nesse mantra e não se preocupam em construir marcas que inspiram qualidade e confiabilidade perdem o torque logo quando mais precisam, pois, sem comunicação, o melhor de todos os produtos apodrece nas prateleiras.

O fantasma da crise só amedronta quem não se comunica com eficiência. Quando a demanda não cresce, a tendência é conquistar o mercado da concorrência. Neste caso, leva vantagem quem valorizou sua marca, induzindo o mercado a dar preferência a seus produtos e serviços.

Como mitigar as interferências – Nesta edição, conheça as mais recentes técnicas desenvolvidas para a proteção catódica de grandes estruturas metálicas e a engenhosidade dos profissionais que estudam como mitigar as inúmeras interferências nos sistemas viários do Brasil. Karine Fragoso, gerente de Petróleo, Gás e Naval do FIRJAN, é nossa entrevistada do mês. Com sua *expertise*, ela traça um panorama abrangente da atuação do sistema e seus objetivos para o futuro. A revista acompanhou também o Seminário de Proteção Catódica e Mitigação de Interferências Elétricas no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e o Workshop de Pintura Anticorrosiva no Instituto Nacional de Tecnologia no Rio de Janeiro.

Boa leitura!

Os editores

INTERCORR 2016

 **ABRACO**
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CORROSÃO

**Atlântico Búzios Convention & Resort
Búzios/RJ • 16 a 20 de maio**

**O maior evento internacional
de corrosão que acontece no Brasil!**



Eventos envolvidos

36º Congresso Brasileiro de Corrosão
.....

20º Concurso de Fotografia de
Corrosão e Degradação de Materiais
.....

36º Exposição de Tecnologias para
Prevenção e Controle da Corrosão
.....

6th International Corrosion Meeting



Karine Fragoso

Soluções guiadas pela *inovação*

Com suas cinco organizações (SESI, SENAI, IEL, FIRJAN e CIRJ), o Sistema FIRJAN atua em áreas fundamentais, como a competitividade empresarial, a educação e a qualidade de vida do trabalhador e de seus familiares

Economista com pós-graduação em energia pela COPPEAD, Karine Fragoso iniciou suas atividades no Sistema FIRJAN (Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro) na área de pesquisas econômicas, acompanhamento setorial e apoio ao investidor. Depois, na área de infraestrutura, assessorou o Conselho de Energia do Sistema e o Fórum da Indústria Naval. Desde o início de 2015, está à frente da Gerência de Petróleo, Gás e Naval do FIRJAN, atuando como facilitadora nas negociações das empresas por soluções em inovação e educação e no atendimento aos pleitos empresariais no âmbito institucional.

Para elucidar o complexo de atividades do Sistema FIRJAN, Karine foi entrevistada pela **Revista Corrosão & Proteção**.

Como se compõe o Sistema FIRJAN?

Karine Fragoso – Além de 104 sindicatos patronais de indústrias instaladas no Estado do Rio, o Sistema FIRJAN congrega o Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – SENAI; o Serviço Social da Indústria – SESI; o Instituto Eivaldo Lodi – IEL; e o Centro Industrial do Rio de Janeiro – CIRJ. O SENAI prepara a força de trabalho da indústria e presta consultoria para a melhoria de produtos e proces-

sos por meio de serviços tecnológicos. O IEL trabalha na capacitação da alta gestão por meio de cursos, certificações, programas de desenvolvimento de carreiras e estágios industriais. O SESI atua principalmente com programas culturais e de responsabilidade social. Já o CIRJ foi criado para atender as empresas prestadoras de serviços associadas às atividades industriais.

Qual a participação da indústria de petróleo, óleo, gás e naval na produção industrial do Rio de Janeiro?

Karine – Para a economia do Rio, a estimativa é que o petróleo represente cerca de 30 % do PIB, segundo dados do Governo do Estado. Considerando os investimentos ao longo de sua cadeia produtiva, esse número é ainda maior. É um desafio dimensionar essa cadeia, já que nem todas as empresas são fornecedoras exclusivas do mercado de petróleo e gás. Somente entre operadoras e empresas do primeiro elo da cadeia produtiva, associadas ao Sistema FIRJAN, há cerca de 90 indústrias de grande porte no estado do Rio de Janeiro. Existe ainda um número significativo de empresas de outros portes também associadas à Federação e que, segundo dados da ONIP (Organização Nacional da Indústria do Petróleo), chegam a 810 empresas representando os demais elos da

cadeia produtiva, diretamente associadas ao negócio. Esses números mostram uma parcela representativa do mercado. Por outro lado, ainda existem outras empresas que não fornecem, mas têm potencial para atuarem em petróleo e gás, fornecendo equipamentos, partes e peças, ou prestando serviços, dada a usabilidade de seus produtos e sinergia de suas atividades com esse mercado. Devemos ressaltar que esse mercado tem regras e requisitos bem definidos, o que demanda desses fornecedores um esforço contínuo no sentido de atingirem conformidades para atendimento.

Quantos empregos são gerados por essas atividades?

Karine – No Brasil, a maior empresa de petróleo e gás é a Petrobras que tem mais de 80 mil funcionários diretos e mais de 300 mil terceirizados, segundo dados de 2014. Além disso, há mais de 400 mil empregos divididos entre os EPC (Engineering, Procurement and Construction – Contrato de Construção de Obras de Grande Porte) e os fornecedores diretos, além de setores relacionados que atendem às demandas do mercado de petróleo, de acordo com dados da ONIP. Estima-se que o mercado offshore gere mais de um milhão de oportunidades de postos de trabalho, somente no estado do Rio de Janeiro. O potencial é ainda maior quando

se considera o efeito renda e os investimentos em encomendas futuras para o desenvolvimento da produção no país.

Qual o número de trabalhadores dispensados, no setor, por conta da crise econômica atual?

Karine – Os impactos são presenciados diretamente na indústria naval, com a dispensa de milhares de trabalhadores em função da retração das encomendas. O Rio de Janeiro é o primeiro estado e o mais afetado pelo cenário atual do país, conjugado com as variáveis externas. Qualquer mudança no ritmo de desenvolvimento traz consequências não só para o município sede, mas também para a capital, cidades vizinhas no estado e fora dele, como exemplo os polos de Macaé, por conta da Bacia de Campos, e Itaboraí, projeto COMPERJ (Complexo Petroquímico do Rio de Janeiro).

Como as empresas estão reagindo com a queda da atividade industrial atual?

Karine – A falta de perspectivas de novas demandas no curto prazo leva as empresas que atuam nesse mercado a buscar a diversificação de suas linhas de negócio e a se adequarem ao momento de arrocho do país. A queda da atividade industrial, realidade hoje no Brasil, precisa ser revertida, principalmente, com a manutenção dos contratos vigentes, mas também com novos projetos para que o parque fabril e seus empregados sejam preservados.

Como a FIRJAN tem colaborado para encontrar novos caminhos para as empresas do setor?

Karine – O Sistema FIRJAN atua junto às esferas de governos em prol do desenvolvimento da cadeia produtiva, com a elaboração de estudos e posicionamentos de destaque, que mostram a representatividade desse mercado na economia. Presentes co-

mo expositores nos principais eventos nacionais e internacionais, buscamos identificar novos mercados e oportunidades, atrair empresas para o mercado fluminense, além de buscar investimentos externos e fomentar parcerias. Além disso, promovemos eventos de acesso a mercado e disponibilizamos serviços que colaboram para o aumento da produtividade das nossas empresas.

De que forma as empresas da região estão tratando o cenário atual de investimentos?

Karine – Segundo dados recentes do IBI, o Brasil alcançou a marca de 40 % das descobertas de petróleo e gás no mundo nos últimos anos. No entanto, o país é destino de apenas 6 % do investimento global nesse mercado de concorrência internacional. Haja vista o México, que recentemente abriu seu mercado e as oportunidades na costa oeste da África. Uma das consequências da redução de investimentos é o aumento do número de fusões e aquisições no mercado. As grandes demandantes, as operadoras, vêm diminuindo o ritmo de seus investimentos para se adequar à realidade dos preços de barril de petróleo. No Brasil, a desaceleração do ritmo de investimentos da Petrobras impacta diretamente a cadeia produtiva e afeta toda a economia. O cenário é acentuado pela falta de perspectivas de novas demandas no curto prazo e não é diferente para pequenas e médias empresas que têm menor fôlego financeiro e acabam por sentir mais os impactos da retração da economia. Fornecedores e subfornecedores também sofrem com redução no ritmo de atividades e necessitam buscar novos mercados.

Que medidas poderiam ser tomadas para fomentar o crescimento do segmento?

Karine – Para o mercado de petróleo e gás, destacaria a regularidade

na realização de Leilões de Licitação de Blocos Exploratórios, marco zero do desenvolvimento dessa indústria extrativa, que deve permitir previsibilidade de demanda para o planejamento da indústria. O aperfeiçoamento e a clareza das medidas de conteúdo local deve ser parte de uma Política Industrial Setorial robusta e coordenada, tendo suas medidas voltadas para aumentar a competitividade das fornecedoras de bens e serviços para a cadeia produtiva. E, para uma maior dinamização do mercado, é importante a revisão da Lei 12.351 de 2010, que instaurou o regime de partilha no Brasil e obriga a Petrobras a ser a operadora única para exploração do pré-sal, com o mínimo de 30 % de participação no consórcio. Somos a favor da abertura do mercado, permitindo que a Petrobras tenha a opção de participação e não a obrigatoriedade, de forma a possibilitar a exploração do pré-sal também por outras oil companies.

Como a FIRJAN colabora no incentivo à inovação do setor?

Karine – O Sistema FIRJAN tem como um de suas metas criar um ambiente favorável à inovação das empresas de forma sustentável, visando à elevação da competitividade industrial. Para o mercado do setor, a inovação é um fator chave para o sucesso exploratório. O Sistema FIRJAN desenvolve ações para que as empresas possam participar das principais linhas de financiamento e fomento. Além disso, oferece serviços de assessoria técnica e orientação empresarial para seus associados. O SENAI conta com quatro unidades dedicadas à inovação, que viabilizam soluções de forma transversal, para contribuir com o aumento da produtividade das empresas. São serviços de pesquisa aplicada, desenvolvimento de produtos, consultorias tecnológicas e análises laboratoriais nas áreas de Bioprocessos, Meio Ambiente, Metalurgia e Simulação.

Seminário da ABRACO foi coroado com grande sucesso

A ABRACO realizou o Seminário de Proteção Catódica e Mitigação de Interferências Elétricas no dia 12 de novembro no Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (IPT). Durante seis horas, os representantes de empresas operadoras de dutos, trens eletrificados, sistemas de transmissão de energia elétrica e prestadores de serviços participaram ativamente desse saudável intercâmbio de experiências e de soluções que foram apresentadas com o intuito de mitigar ou controlar interferências elétricas.

O último seminário de proteção catódica, promovido pela ABRACO, tinha ocorrido em 2007. Apesar do momento adverso da economia, o público interessado compareceu, comprovando a relevância dos temas abordados. Além de elucidativas, as palestras serviram também para mostrar que as soluções desenvolvidas no Brasil estão bastante alinhadas com as boas práticas adotadas em outros países.

Os organizadores do evento, João Paulo Klausing Gervásio, consultor em proteção catódica da Petrobras, Gutemberg de Souza Pimenta, diretor financeiro da ABRACO, e Neusvaldo Lira de Almeida, chefe do Laboratório de Corrosão do IPT, salientaram a preocupação com novos e desafiantes projetos, como a construção das novas linhas de transmissão em corrente contínua vindas da região Norte do Brasil e o projeto do VLT (Veículo Leve sobre Trilhos) no Rio de Janeiro.



O público presente assistiu atentamente as palestras

Patrocínio

Apoio



Eventos

Calendário 2016

EVENTOS	DATA
<i>Seminário de Técnica de Monitoração da Corrosão Interna</i>	<i>28 de abril</i>
<i>INTERCORR 2016</i>	<i>16 a 20 de maio</i>
<i>Seminário de Corrosão Externa de Dutos e Equipamentos</i>	<i>18 de agosto</i>
<i>Seminário de Proteção Catódica e Mitigação de Interferências Elétricas</i>	<i>13 de outubro</i>
<i>III Seminário Brasileiro de Pintura Anticorrosiva</i>	<i>8 de dezembro</i>

Mais informações: eventos@abraco.org.br

Evento de sucesso e profissionalismo

O Workshop de Pintura Anticorrosiva teve como objetivo disseminar, em nível nacional, novas tecnologias de revestimentos orgânicos anticorrosivos (poliuréia e tintas poliaspárticas) e de proteção passiva contra fogo e discutir tecnicamente temas de grande relevância na área de preparação de superfícies ferrosas por meio de ferramentas mecânicas, em especial aquelas utilizadas para a obtenção do grau de limpeza SSPC-SP 11.

O evento, realizado no Instituto Nacional de Tecnologia (INT) no Rio de Janeiro (RJ) no dia 17 de novembro, contou com a participação de profissionais de todas as áreas de revestimentos orgânicos anticorrosivos, entre químicos formuladores de revestimentos, aplicadores, especificadores, inspetores de pintura e pesquisadores de Instituições Pesquisa.

Com o auditório lotado, foram discutidos quatro temas importantes e distintos:

1. Proteção passiva contra fogo: Gabriel Zenobi (AkzoNobel); Evandro Rivera (Jotun); Heron Mendes (Brafer); Priscila Fernandes Pereira (Sherwin Williams) e Cláudia Soares (PPG Industrial do Brasil Tintas e Vernizes);
2. Preparação de superfícies ferrosas por meio de ferramentas mecânicas, grau de limpeza SSPC – SP 11 : Victor Solymossy (Petrobras); Mauro Cavenaghi (3M do Brasil) e Thomas Fink (TecnoFink);
3. Revestimentos de poliuréia : Hamilton Nogueira (Nukote / Tintas Jumbo);
4. Tintas poliaspárticas: Fernando Fragata (Consultor/Instrutor) e Fábio Krankel (WEG Tintas).

“Tecnicamente, os objetivos foram plenamente alcançados conforme a avaliação feita pelos participantes ao término do evento. Soma-se a este fato a excelente organização, em todos os aspectos, onde os horários foram rigorosamente obedecidos e os participantes tiveram total apoio durante a realização do evento”, analisou o consultor e instrutor Fernando Fragata que, juntamente com o Krankel da WEG Tintas, coordenou o evento.

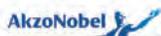


Fernando Fragata e Fábio Krankel, coordenadores, e Roberto Mariano, moderador



Auditório lotado demonstra interesse pelo evento

Patrocínio





Como *mitigar* as interferências

Nas últimas décadas, o Brasil foi palco de um vertiginoso desenvolvimento de sua malha viária, principalmente nos grandes centros urbanos. A complexa interação de todos os sistemas elétricos, envolvidos nesses serviços, gera interferências que exigem cuidadoso estudo para sua mitigação

A primeira tentativa conhecida de tornar uma estrutura metálica imune à corrosão por meio de proteção catódica ocorreu em 1824, quando Sir Humphry Davy conseguiu proteger o forro de cobre de um navio da Marinha Britânica contra os efeitos destrutivos da água do mar, usando para isso anodos de ferro¹.

Embora essa técnica não tenha sido aplicada imediatamente após sua descoberta, ela conquistou um lugar de destaque no combate à corrosão a partir da metade do século XX e tem desempenhado um papel cada vez mais central sempre que há necessidade de proteger estruturas metálicas enterradas ou submersas.

Nesta edição da **Revista Proteção & Corrosão**, descrevemos, de forma resumida, os princípios da proteção catódica e a importância de seu papel na manutenção de grandes estruturas metálicas enterradas e imersas, mais especificamente, da malha dutoviária utilizada para o transporte de óleo e gás, que está sujeita a constantes interferências elétricas que podem causar processos corrosivos crônicos e agudos, se não forem diagnosticados e solucionados em tempo hábil. No percurso, abordaremos também outras técnicas que são empregadas paralelamente para mitigar esse tipo de problema.

Conceituação

A proteção catódica é um método em que se imuniza um metal contra a corrosão fazendo com ele seja forçado a atuar como o catodo de uma célula eletroquímica ou eletrolítica criada artificialmente. Como a perda de material ocorre na região anódica, onde se concentram as reações de oxidação, o elemento que está ligado à área catódica não sofre danos.

“É imprescindível que a peça esteja imersa em um meio aquoso, não sendo eficaz quando exposta à atmosfera, pois o ar é um dielétrico e não permite que ocorra o fluxo da corrente contínua, necessária para a proteção, entre a área anódica e a catódica”, ensina Laerce de Paula Nunes, gerente da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão, especialista em proteção catódica.

Empregada em um amplo espectro de estruturas como cascos de navio, plataformas de petróleo, dutos enterrados e submersos, permutadores de calor e torres de linha de transmissão, a proteção catódica pode ser obtida de duas formas conhecidas como anodos de sacrifício ou galvânica e corrente impressa.

Anodo de sacrifício – A estrutura metálica é protegida mediante o sacrifício de outro metal. Esses anodos são feitos com uma liga metálica cujo potencial eletroquímico é mais negativo do que o da estrutura a ser protegida. Após serem consumidos pela oxidação, eles são descartados e substituídos. Em geral, eles são constituídos por ligas de magnésio, zinco ou alumínio.

Corrente impressa – Neste caso, a diferença de potencial entre a estrutura metálica a ser protegida e o anodo é obtida por meio de um

gerador de corrente contínua (por exemplo, um retificador). O terminal negativo do gerador é conectado ao metal e o positivo a um anodo que, neste caso, pode ser um metal inerte que sirva apenas de sede para a reação anódica.

Sua utilização

Como qualquer barreira mecânica, o revestimento de grandes estruturas como oleodutos ou gasodutos pode danificar-se durante a construção e operação do duto. A proteção catódica é o complemento fundamental para garantir a efetividade do revestimento. Em geral, acrescenta-se um sistema de proteção catódica por corrente impressa, que utiliza retificadores de corrente que injetam constantemente corrente elétrica contínua na tubulação enterrada ou submersa, de modo a deixá-la suavemente energizada, com potenciais tais que as pilhas de corrosão não funcionem. A quantidade de corrente elétrica contínua injetada e sua distribuição ao longo da tubulação precisam ser criteriosamente estudadas e controladas para evitar problemas de superproteção (corrente demais) ou de subproteção (corrente de menos)².

Durante a construção e enquanto o sistema de proteção catódica não entra em operação, torna-se necessário proteger provisoriamente os tubos enterrados, principalmente em regiões sujeitas a correntes de interferência elétrica oriundas de sistemas de tração eletrificada e sistemas

de proteção catódica de terceiros. A atividade de proteção provisória consiste em manter uma equipe treinada e munida dos instrumentos e dispositivos necessários para medir permanentemente os potenciais e manter a tubulação enterrada energizada, desde o lançamento do primeiro tubo até a conclusão da obra.

O sistema de proteção catódica e as atividades de proteção provisória precisam ser planejados durante o projeto e providenciados durante a construção da tubulação.

“Podemos afirmar que é rigorosamente impossível construir e operar dutos enterrados ou submersos, com garantia e segurança, sem a correta aplicação dos sistemas de proteção catódica. Esses sistemas, na realidade, viabilizam a utilização do aço carbono na construção de estruturas metálicas que precisam operar enterradas ou submersas como as plataformas de petróleo,

as instalações portuárias, as embarcações e os dutos de um modo geral”, declara Luiz Paulo Gomes, diretor da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão Ltda.

Corrosão em dutos

“No contexto da proteção anticorrosiva de dutos, é importante observar que nos últimos 20 anos houve um enorme progresso na qualidade dos revestimentos aplicados, que reduzem muito a necessidade de corrente de proteção catódica. No entanto, este avanço trouxe um efeito colateral, que é o aumento e a concentração de interferências elétricas. Portanto, é de fundamental importância que este problema seja tratado com atenção”, adverte o engenheiro João Paulo Klausing Gervásio, consultor em proteção catódica da Petrobrás.

Hoje, a proteção catódica de uma malha dutoviária tem de lidar com três desafios:

- Corrosão das paredes metálicas do duto, causada pelos agentes agressivos do meio ambiente (corrosão externa) e do fluido transportado (corrosão interna).
- Interferências elétricas de corrente contínua, causadas pelas estradas de ferro eletrificadas que cruzam ou se aproximam do traçado da tubulação e por outras fontes como os sistemas de proteção catódica de dutos de terceiros e ainda as linhas de alta tensão em CC.
- Interferências elétricas de corrente alternada, causadas pelas linhas de transmissão elétrica em alta tensão que cruzam ou se aproximam das tubulações, em especial as enterradas.

Discorreremos aqui como as interferências elétricas de CA e CC no sistema de dutos influenciam o processo de corrosão.



Corrente alternada

A transferência de energia entre linhas de transmissão de corrente alternada em alta tensão e tubulações metálicas vem sendo abordada por especialistas de todo o mundo há muitos anos, mesmo assim, o tema permanece atual e impõe desafios. No Brasil, a expansão da malha dutoviária, os investimentos no setor elétrico e os regulamentos ambientais cada vez mais restritivos em relação ao uso do espaço vêm tornando cada vez mais frequentes os casos de interferência³.

Um duto metálico, quando exposto aos condutores energizados de uma linha de transmissão, é sujeito a uma variedade de fenômenos, que resultam na indução de tensões CA ao longo de seu traçado, decorrentes dos acoplamentos indutivo, condutivo e capacitivo entre as estruturas, em regimes permanente e transitório. Os mecanismos de acoplamento são função direta da geometria das instalações, tipo e disposição dos condutores, configuração dos contrapesos, classe de tensão, níveis de corrente, tipo de revestimento do duto e resistividade elétrica do solo, dentre outros, e acarretam riscos potenciais à integridade das instalações e das pessoas envolvidas, principalmente: choque elétrico por tensões de toque ou passo, ruptura do dielétrico do revestimento isolante, danos por imposição de corrente ao metal e equipamentos ligados ao duto e corrosão CA. Por se tratar da interação de dois sistemas críticos, que demandam alta disponibilidade e possuem elevadas classificações de risco, a única estratégia viável para lidar com o problema é o plane-



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

jamento, durante a fase de projeto das instalações, e a mitigação, caso se constate alguma violação provável aos critérios de segurança.

Como dissemos, são três os mecanismos de transferência de energia entre uma linha de transmissão de corrente alternada e um duto:

Referência em Pintura, Montagem e Manutenção Industrial



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

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

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

ISO 9001
ISO 14001
OHSAS 18001
BUREAU VERITAS
Certification



WWW.BLASPINT.COM.BR

BLASPINT
MANUTENÇÃO INDUSTRIAL LTDA.

SJCampos - SP | CEP 12246-000
Av. Alfredo Ignácio Nogueira Penido, 255 | sl 1713, Ed. Le Classique, Jd. Aquarius
Tel.: (12) 3911-2555 | sjcampos@blaspin.com.br

Caçapava - SP | CEP 12285-810
Rod. João do Amaral Gurgel, 1501
Telefax: (12) 3654-4040 | blaspin@blaspin.com.br



Luiz Paulo Gomes, diretor da IEC – Instalações e Engenharia de Corrosão

- a. Acoplamento condutivo ou resistivo;
- b. Acoplamento eletrostático ou capacitivo;
- c. Acoplamento eletromagnético ou indutivo.

O acoplamento resistivo é particularmente crítico durante o curto-circuito de uma linha de transmissão. O ideal para se

minimizar este tipo de situação consiste em aumentar a distância entre as torres da linha e o duto, pois o curto eleva o gradiente de potencial do solo. Geralmente, quanto maior a tensão da linha, maior precisa ser este afastamento.

O acoplamento indutivo é o resultado do campo eletromagnético, gerado pela passagem de corrente pela linha de transmissão, induzindo uma corrente no duto. Em regime permanente, pode causar choques elétricos em afloramentos do duto e é responsável pelo processo de corrosão CA. Durante um curto-circuito, a intensidade das correntes induzidas aumenta significativamente, exigindo ações que garantam a integridade física de pessoas que eventualmente estejam em contato com o duto.

A medida mais eficaz para evitar tais situações deve ser tomada durante a fase de projeto do duto ou da linha de transmissão, não permitindo o paralelismo de longos trechos entre ambos. Além disso, principalmente em afloramentos de dutos, recomenda-se instalar aterramentos elétricos, que atuam na proteção das pessoas e reduzem a corrosão CA.

Um detalhe sobre os aterramentos é o fato de que eles precisam ser feitos por meio de um dispositivo, conhecido com o desacoplador, para que o sistema de proteção catódica não seja afetado.

Já o acoplamento capacitivo é gerado pelo campo elétrico da linha de transmissão e é muito crítico durante a construção de um duto, não afetando o duto enterrado. A mitigação deste acoplamento é feita com o aterramento dos tubos.



Corrente contínua

O mecanismo de corrosão de interferência de corrente contínua é baseado na circulação de correntes de fuga, ou seja, correntes que “pegam carona” em dutos próximos a sistemas de trens eletrificados, por exemplo.

A intensidade dessa corrente de fuga pode ser muito alta e provocar corrosão eletrolítica que, em casos mais críticos, pode chegar a perfurar um duto em questão de horas. A intensidade da corrosão é proporcional ao fluxo de corrente, por isso, este tipo de aproximação é bastante crítica e deve ser monitorada com atenção.

A interferência causada por linhas de transmissão de corrente contínua é similar à causada por trens. Também conhecida como bipolo, a linha de transmissão de CC é formada por um par de condutores elétricos aéreos: o polo positivo e o polo negativo. Em condições normais, a energia circula apenas pelos polos positivo e negativo. A interferência elétrica com outras estruturas enterradas ocorre quando parte da corrente circulante é injetada no solo através dos aterramentos localizados nos extremos do bipolo.

Esta injeção ocorre nas seguintes situações:

- Desbalanceamento dos polos, normalmente são correntes de baixa intensidade;
- Manobras no sistema elétrico, usualmente por períodos de curta duração;
- Operações monopolares para manutenções no sistema, as quais podem durar várias horas, injetando correntes da ordem de 1000 A



*João Paulo Klausing Gervásio,
consultor em proteção catódica da
Petrobrás*

ou 2000 A no solo.

“As linhas de transmissão em corrente contínua são raras. Há até poucos anos, somente a linha entre Foz do Iguaçu (PR) e Ibiúna (SP), que transporta energia gerada na hidroelétrica de Itaipu, estava em operação no Brasil. Entretanto, está em andamento no País a implantação de novas



Marcos Bartelotti, consultor da Gerência de Engenharia da empresa TBG

linhas de transmissão em corrente contínua para transportar a energia das novas hidroelétricas da região amazônica – Santo Antônio, Jirau e Belo Monte – para o sudeste brasileiro”, relembra Marcos Bartelotti, consultor da Gerência de Engenharia da TBG.

As estruturas metálicas que sofrem os efeitos com maior intensidade são aquelas que se encontram mais próximas ao ater-

ramento da linha de transmissão. Este tipo de interferência ocorre em duas modalidades diferentes de injeção de corrente no solo, ou seja, a do polo positivo ou a do polo negativo. As duas modalidades tem efeitos opostos no duto e devem ser analisados separadamente um do outro, pois elas não ocorrem simultaneamente.

Para minimizar os seus efeitos é preciso, em primeiro lugar, em conjunto com o operador da linha de transmissão, realizar um estudo completo e abrangente, visando estimar a magnitude e extensão das interferências, identificando-se os locais onde ocorrem a captação e a descarga de corrente. Testes nos sistemas interferentes e interferidos registrando o potencial estrutura-solo e as correntes circulantes fornecem os dados fundamentais para o estudo. Com base nos resultados deste estudo se definem as medidas mitigadoras adequadas e viáveis.

Em geral, são realizadas as seguintes ações, individual ou em conjunto:

- Eliminação do fluxo de corrente através do duto (juntas isolantes). De difícil execução, pois depende de uma interrupção da operação do duto;
- No caso dos sistemas de trens eletrificados, otimização do isolamento elétrico entre o trilho e o solo: os sistemas mais atuais possuem melhores isolamentos dos trilhos, reduzindo a fuga de corrente;
- Provisão de um caminho para o retorno da corrente (drenagem). As drenagens são a solução mais usual. Elas fornecem um caminho preferencial para a corrente de fuga, sem prejudicar a integridade do duto;
- Aumento da proteção catódica. Usualmente empregada em con-





junto com drenagens, uma vez que a proteção catódica minimiza os problemas de corrosão eletrolítica. No entanto, nos casos mais graves, só esta medida pode não ser suficiente.

Interferências telúricas

As assim chamadas correntes telúricas são correntes elétricas geomagneticamente induzidas no solo e em estruturas metálicas, como dutos, linhas de telecomunicações ou de transmissão de energia, que resultam da interação de partículas solares sobre o campo magnético da Terra. A intensidade percebida destas interferências depende bastante da localização geográfica da estrutura interferida, sendo que em regiões tropicais se manifestam em menor grau quando comparada às regiões setentrionais da América do Norte e a península escandinava, onde foram reportados eventos de corrosão com perda de espessura de parede de dutos. Este tipo de interfe-

rência tem sido percebida identificada em dutos no Brasil, e em países vizinhos, especialmente em situações de dutos de grande extensão, distantes de fontes de interferências como ferrovias eletrificadas e quando o revestimento externo é de alta performance (FBE ou Polietileno em Tripla Camada).

Como estes dutos requerem baixas correntes para sua proteção catódica, a circulação das pequenas correntes de interferência telúrica são percebidas



nos registros de potencial tubo-solo. Quando se tem revestimento de menor desempenho ou em regiões sujeitas a interferências de ferrovias e que,

portanto operam com correntes de proteção mais elevadas, as correntes telúricas acabam passando despercebidas.

No Brasil estas interferências tem como maior inconveniente criar a dificuldade de se obter registros de potencial tubo-solo OFF livre de qualquer circulação de corrente para a comprovação do atendimento aos critérios de proteção catódica e para a verificação da não ocorrência de super-proteção, uma vez que não é possível eliminar estas correntes do duto. Nestes casos o uso de cupons de proteção catódica é uma solução viável para o registros do potencial OFF, conforme sugerido no padrão ANSI/NACE SP-0104 *The use of coupons for cathodic protection monitoring applications*.

Referências bibliográficas

1. *Corrosion Engineering: Principles and Practice* – Pierre R. Roberge
2. *Os dez mandamentos para o projeto, a construção e a operação de dutos seguros* – Luiz Paulo Gomes, Dutra, Aldo C. e Nunes, Laerce P. *Projeção Catódica – Técnica de Combate à Corrosão*; 5ª Edição, Ed. Interciência, Rio de Janeiro
3. *Avaliação de modelos computacionais para simulação do sistema de aterramento de torres de transmissão e cálculo da tensão de stress imposta ao revestimento isolante de tubulações enterradas* – Amauri G. Martins Jr., Antônio Carlos R. Valente e Paulo César de O. Teixeira

Boas-vindas

A ABRACO dá as boas-vindas às novas empresas associadas

Equipoman

A Equipoman Manutenção Industrial e Serviços Ltda. é empresa com *expertise* em implementar soluções industriais, com vasta experiência no mercado *Oil e Gas, Onshore e Offshore*. Conta com profissionais especializados nas técnicas de tratamentos anticorrosivos e com uma base em São Gonçalo/RJ, cujo o foco é a aplicação de revestimentos antiaderentes com PTFE Termocrúvel e Fosfatização.

Mais informações: www.equipoman.com.br



Kadoshi

A Kadoshi Serviços e Comércio de Construção Ltda. trabalha na área de construção, prestando serviços para empresas corporativas e órgãos públicos. A empresa executa serviços de recuperação de pisos e pinturas de demarcação viária e distribui produtos direto de fábrica tais como insertos HTC, pedras abrasivas, discos diamantados, resina epóxi 100 % e redutores *thinners* em sua loja virtual.

Mais informações: www.kadoshi.srv.br



Planquímica

A Planquímica Industrial e Comercial Ltda. trabalha com a importação e exportação de matérias-primas manufaturadas em geral e produtos químicos, tintas anticorrosivas, diluentes, emulsificantes, impermeabilizantes para construção civil e rodoviária. A partir de 1984, passou a produzir e comercializar tintas. É certificada na norma ISO 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade, desde 2004.

Mais informações: www.planquimica.com.br



Jotun inaugura sua primeira fábrica na América do Sul

A Jotun anunciou a inauguração de sua fábrica de tintas marítimas e industriais na região de Taboraá (RJ). Com capacidade de produção anual de 10 milhões de litros, foi construída em uma área de 130 mil metros quadrados e com aporte de investimento de mais de 100 milhões de reais.

A Jotun iniciou o fornecimento de tintas marítimas aos navios que operavam na região em 1998 e em 2008 começou a oferecer tintas anticorrosivas para instalações de *offshore*, projetos de energia renovável e uma grande variedade de projetos de infraestrutura industrial e civil. Hoje, a empresa oferece uma linha de tintas avançadas.

O Diretor Geral da Jotun no Brasil, Ferran Bueno, reconhece que pode levar tempo para a Jotun aumentar os negócios no Brasil, mas está confiante que a nova fábrica auxiliará a empresa a fortalecer sua marca – não somente no Brasil, como na Amé-



rica do Sul. “Esta fábrica representa um verdadeiro marco no desenvolvimento da Jotun e outro importante passo em nossa notável história de crescimento global”, afirma Bueno.

Nova fábrica da WEG respeita o meio ambiente

A WEG inaugurou uma nova fábrica de tintas em Mauá (SP) com capacidade de produzir 1,3 milhões de litros de tintas líquidas por mês nesta primeira fase, visando o mercado de repintura automotiva, frota, autopeças, rodas, vidros, espelhos e indústria em geral.

A nova fábrica da WEG foi projetada e construída para uso responsável dos recursos naturais, como um sistema de captação de água de chuva para reutilização nos processos industriais. Além disso, possui controle de emissões atmosféricas, sistema preventivo de combate a incêndios e práticas de prevenção de poluição ao



meio ambiente, atendendo integralmente à legislação ambiental brasileira.

SermaGard® Revestimentos Protetivos

A Praxair Surface Technologies lançou o SermaGard®, um sistema com base de alumínio e resina de fluorpolímero, projetado para fornecer excelente proteção contra a corrosão salina e resistência UV para fixadores e componentes expostos aos ambientes de atmosfera marítima (*offshore*) e submarinos (*subsea*).

Entre suas vantagens, des-

tacam-se a excelente resistência à névoa salina, neblina e respingos, alta resistência à umidade e à degradação por radiação ultravioleta (UV). Oferece ainda proteção contra corrosão e pode ser aplicado a uma variedade de substratos metálicos. Apresenta resistência a impactos e a desgaste. Além disso, atende várias especificações automotivas e de óleo e gás.



Vantagens das tintas anticorrosivas de secagem rápida

Advantages of fast drying protective coatings



Por Celso
Gneco

Resumo

A evolução da secagem ou cura das tintas chegou, nos dias atuais, às epóxi de secagem extremamente rápidas. Isto foi possível com fórmulas bem balanceadas, matérias primas evoluídas como resinas com cinética de polimerização rápida, solventes com maior poder de solvência e maior taxa de evaporação e aditivos especiais que aceleram o processo de cura. A diminuição do teor de solventes ou sua eliminação também contribuiu.

A secagem e cura são alcançadas quando a tinta passa do estado líquido ao sólido e a peça pintada pode ser manuseada ou empilhada sem danos à tinta. A palavra cura é usada no sentido de que um agente externo promove a solidificação. Secagem é a evaporação dos solventes. Ambas dependem da resina, das temperaturas do ambiente e da superfície e da espessura da camada de tinta.

O solvente ao evaporar, abaixa a temperatura na superfície da tinta e, dependendo da umidade do ar no ambiente pode provocar condensação de água com consequentes defeitos na película. As tintas de secagem rápida permitem a aplicação dentro de uma faixa de horário adequado sem o risco da cura ocorrer em períodos com umidade acima de 85 %.

A secagem e cura rápidas das tintas anticorrosivas proporcionam trabalhos de pintura de maior qualidade, produtividade e economia.

Abstract

The drying time or cure evolution of the protective coatings arrived in the current days at the extremely fast drying epoxies. This was possible with well balanced formulas, with developed raw materials (resins with kinetic of fast polymerization and solvent with greater solubilization power and greater evaporation tax) and additives that speed up the cure process. The reduction or yet the elimination of the solvent also contributed. The drying time and cure are reached when the coating passes from the liquid state to solid and the piece or part can be handled or be piled up with no damages on the coating. The word "cure" is used in the direction of that an external agent promotes the solidification. "Drying" means the evaporation of the solvents. Both depend on the resin, the temperatures of the environment and the surface and the thickness of the coating layer. The solvent when evaporates, lowers the temperature on the surface of the coating and condensation of humidity may occur with consequents defects in the film. The fast drying coatings allow the application in a range of schedule with minus risk of the cure to occur in periods with humidity above of 85%. The fast drying and cure of the anticorrosive coatings provide painting works of bigger quality, productivity and economy.

Introdução

A secagem das tintas sempre preocupou, visto que ao aplicar uma camada, o pintor quer saber

depois de quanto tempo pode aplicar outra, quando pode colocar em serviço o equipamento ou a peça sem que o manuseio ou empilhamento possam danificar a pintura. Na época das tintas a óleo o tempo de secagem chegava a levar dias para a sua liberação. Uma evolução foi o surgimento das tintas alquídicas (primers e esmaltes sintéticos), de secagem mais rápida do que as tintas a óleo. Depois surgiram as tintas epóxi, de cura lenta, mas já houve um avanço no tempo de secagem. Surgiram então as poliuretânicas de secagem um pouco mais rápida, mas a revolução mesmo foi há poucos anos, com as tintas epóxi de secagem extremamente rápida. Esta evolução pode ser observada na Figura 1.

Os tempos mostrados na Tabela 1 (para temperatura de 25 °C) foram retirados de fichas técnicas de algumas tintas e servem como exemplos. A última, (04) Epóxi cura rápida, teve o intervalo entre demãos mínimo diminuído e surpreendentemente o intervalo máximo aumentado. É admirável porque, até pouco tempo atrás, diminuir o tempo mínimo e ao mesmo tempo aumentar o máximo era quase impossível. Este avanço só foi possível com fórmulas bem balanceadas, matérias primas evoluídas (resinas com cinética de polimerização rápida e solventes com maior poder de solvência e maior taxa de evaporação) e aditivos especiais que aceleram o processo de cura. O maior intervalo entre demãos proporciona maior tempo para apli-



Figura 1 – Evolução da secagem ou da cura de tintas anticorrosivas



Figura 2 – Horários adequados e inadequados para aplicação de tintas

car outra demão e isto é favorável ao aplicador, pois nem sempre as condições climáticas permitem que o tempo máximo possa ser cumprido e para a perfeita aderência de uma camada sobre a outra, muitas vezes demanda lixamento superficial e limpeza do pó gerado que significa gastos não programados de material e mão de obra.

A diminuição do teor de solventes ou sua eliminação das tintas também contribuiu para a diminuição do tempo de cura e de secagem.

A secagem e cura são alcançadas quando a tinta passa do estado líquido ao sólido e a peça pintada pode ser manuseada ou

empilhada. A palavra cura é usada no sentido de que um agente externo promove a solidificação. Secagem é usada no sentido de que a evaporação dos solventes é quem promove a solidificação. Ambas dependem da resina, das temperaturas do ambiente e da superfície e da espessura da camada de tinta. As tintas que secam pelo mecanismo de evaporação do solvente são chamadas de lacas. A resina, como por exemplo a acrílica, se solidifica apenas pela evaporação dos solventes.

No caso da alquídica, o oxigênio do ar é quem polimeriza a resina ou, em outras palavras, o agente de cura é o oxigênio. No

caso do epóxi ou do poliuretano, o componente base reage com uma resina reativa acondicionada em outra embalagem. Esta resina chamada de agente de cura, também é conhecida como endurecedor, convertidor, agente reticulador ou catalisador. Este último termo é o mais inadequado, pois o componente reativo não é catalisador no sentido químico, mas um reagente (questão de terminologia).

Há vários agentes de cura para as tintas epóxi, como poliamida, poliamina, isocianato, fenolkamina e amidoamina entre outros. Para os poliuretanos, o componente base pode ser acrílico polihidroxilado, poliéster polihidroxilado ou éster poliaspártico e o agente de cura é o isocianato que pode ser alifático ou aromático. Cada um destes reagentes confere propriedades e características específicas à tinta da qual participa. A velocidade em que a cura se processa depende do tipo de componente base e do agente de cura utilizado e da sua quantidade. O poliuretano poli-aspártico é um exemplo de tinta de cura muito rápida. O poliaspártico é uma tinta *self-priming*

TABELA 1 – RESUMO DE ALGUMAS TINTAS E SEUS TEMPOS DE SECAGEM E CURA A 25 °C

ordem	Tipo de tinta	Tempo de secagem ao manuseio	Cura final	Intervalo entre demãos mín/max
01	Alquídica	48 h	7 dias	12 h/48 h
02	Epóxi HS acabamento	16 h	7 dias	12 h/7 dias
03	Poliuretano HS	8 h	3 dias	8 h/24 h
04	Epóxi cura rápida	3 h	24 h	1 h/14 dias

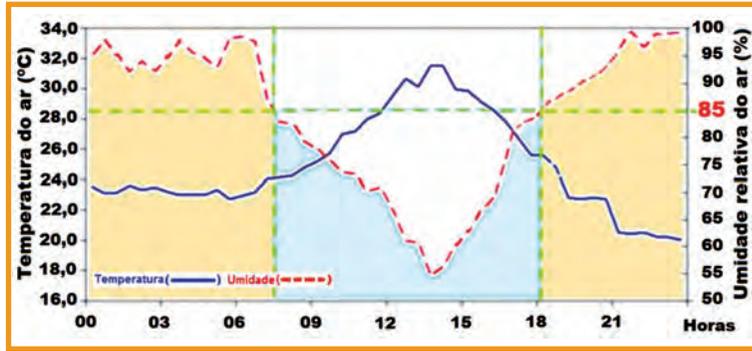


Figura 3 – Gráfico de variação da umidade do ar e da temperatura ao longo de um dia

ou seja, é Dupla Função e pode ser aplicada em apenas uma demão diretamente sobre o aço carbono (DTM – *Direct To Metal*). Têm resistência ao intemperismo com excelente retenção de cor e brilho e não amarelam com o tempo.

É possível a tinta estar seca mas não totalmente curada. Os solventes ao se evaporarem permitem que a tinta seja tocada e se apresente seca, mas a cura ainda não alcançou um grau de solidificação que permita que as peças sejam colocadas em serviço sem serem danificadas pelo manuseio ou ao serem empilhadas.

Nas tintas modernas, de cura

rápida, é possível liberar para a aplicação de uma nova demão da mesma tinta ou de outra tinta em cerca de três horas. Outra característica fantástica é que esta tinta pode ser imersa em água em 24 h. Qualquer outra tinta epóxi teria que esperar sete dias para a imersão.

O intervalo mais curto entre demãos, do *primer* para o acabamento ou entre demãos da mesma tinta é muito importante pois ao aplicar uma tinta é preciso conhecer a sua ficha técnica para programar a próxima demão dentro de uma condição climática adequada (com umidade relativa do ar abaixo de

85 %). Isto pode atrasar a obra ou causar falhas de aplicação por que a cura se processou em uma condição desfavorável. Na Figura 2, é representado um dia de trabalho com seus horários adequados e inadequados para a pintura.

Na Figura 2, por exemplo, se uma tinta convencional é aplicada por volta das 8 h da manhã e tem um intervalo entre demãos de 12 h, a próxima demão só poderá ser aplicada após as 20 h. Neste horário a umidade relativa do ar subiu muito e não convém aplicar outra demão. Teremos que aguardar a manhã do dia seguinte para aplicar a nova demão.

Na mesma Figura 2, verificamos que uma tinta de cura rápida (CR) aplicada no mesmo horário permite a aplicação de outra demão na mesma manhã e esta demão poderá curar em um período favorável. Um gráfico que ilustra a situação apresentada na Figura 2 é mostrado na Figura 3.

A Figura 3 é um caso hipotético e foi baseado em um estudo da Universidade Federal

TABELA 2 – COMPARAÇÃO ENTRE AS PROPRIEDADES DE DUAS TINTAS DE CURA RÁPIDA

Propriedades	Tinta	
	1	2
Agente de cura	Poliamida	Amina
Sólidos por volume	71 % + 2	98% + 2
VOC (Método EPA 24) :	250 g/L	<85 g/L
Espessura seca recomend. p/demão	125 a 250 micrometros	450 a 550 micrometros
Vida útil da mistura a 25°C.	4 horas	7 minutos
Proporção de mistura em volume:	1 A : 1 B	1 A : 1 B
Tempo de secagem:		
Ao manuseio:		
4°C	24 horas	8 a 12 horas
25°C	8 horas	3 horas
32°C	4 ½ horas	55 min
Cura final:		
4°C	7 dias	36 horas
25°C	7 dias	24 horas
32°C	4 dias	12 horas
Tempo de Indução	Aguarde 15 minutos antes da aplicação.	Não requer tempo de indução.



Figura 4 – Como a tinta epóxi convencional se compara a uma tinta epóxi sem solvente na aplicação

da Grande Dourados/MS³, depende da estação do ano, da posição geográfica da localidade e dá uma ideia de que em tintas convencionais, o horário adequado para o trabalho de aplicação fica reduzido a poucas horas (de 10 a 12 horas), por causa da umidade relativa do ar e da temperatura do ambiente que pode provocar condensação de umidade na tinta.

Pelas regras de boa técnica de aplicação das tintas, se a umidade relativa do ar estiver acima de 85 % e se a temperatura da superfície não estiver no mínimo 3 °C acima do ponto de orvalho, a condição para a aplicação da pintura e a cura de tintas con-

vençionais é imprópria. As tintas sem solvente e as tolerantes a umidade (*damp tolerant*) se enquadram no item 4.9.8.4 da norma Petrobras N-13 K⁴ que diz: “As tintas formuladas especificamente para aplicação sobre superfícies com condensação de umidade, com umidade residual ou úmidas, não estão sujeitas às restrições do ponto de orvalho e de umidade relativa. Já as tintas convencionais não devem ser aplicadas em condições desfavoráveis.” Isto pode ser constatado no item 4.9.8.2 da mesma norma, que diz: “Não deve ser aplicada tinta em superfícies metálicas cuja temperatura seja inferior à temperatura de ponto de

orvalho + 3 °C”.

O item 4.9.8.3 desta mesma norma diz: “Não deve ser feita nenhuma aplicação de tinta em tempo de chuva, nevoeiro ou bruma ou quando a umidade relativa do ar for superior a 85 %, nem quando haja expectativa deste valor ser alcançado”. O motivo desta restrição é a possibilidade de condensação de umidade na superfície do filme. Na Figura 4, é mostrada uma simulação de como a evaporação do solvente pode abaxiar a temperatura da tinta e provocar defeitos na película por condensação de umidade. No caso da tinta sem solvente, a probabilidade de condensação é muito baixa, porque não há evaporação de solvente e há até uma ligeira elevação da temperatura, pois a reação de cura do epóxi é exotérmica.

Uma das funções do solvente nas tintas bicomponentes é a dissipação do calor, para com isto diminuir a velocidade de cura e aumentar o *pot life*. Em uma tinta sem solvente esta dissipação é dificultada e a reação gera calor e com o aumento do calor há diminuição do *pot-life*.

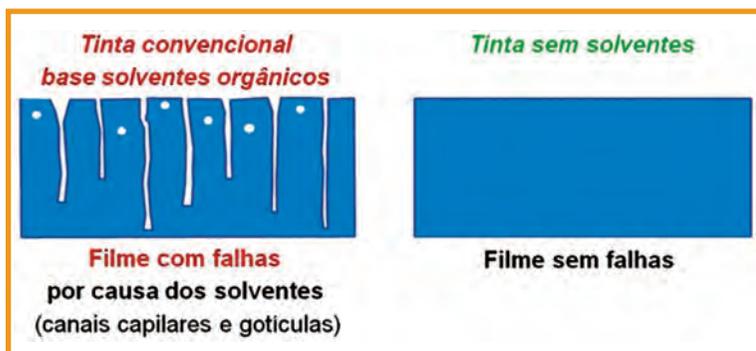


Figura 5 – Falhas provocadas pela presença de solventes e filme íntegro de tinta sem solvente

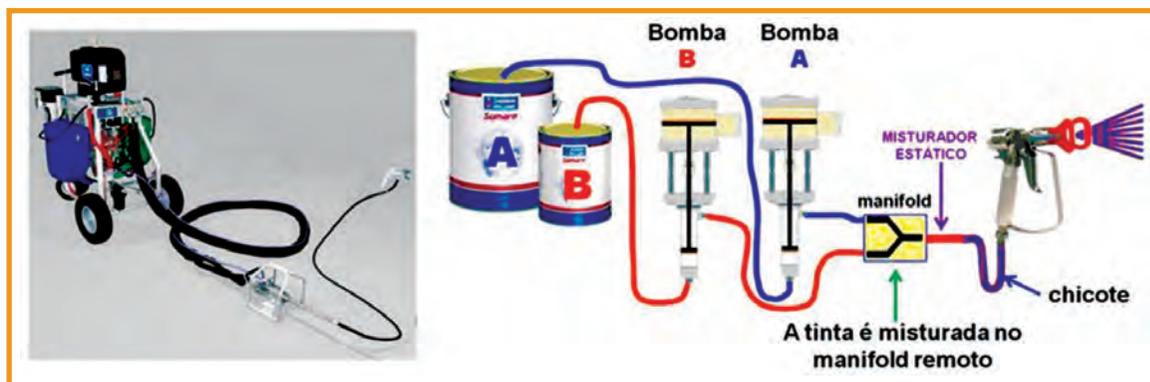


Figura 6 - Sistema Airless "plural component" e esquema de funcionamento

A condensação de umidade pode prejudicar o filme de tinta pela formação de canais capilares (*pinholes*) causados pela fuga destes solventes através da tinta ou gotículas de água oclusas (*blushing*) prejudicando a proteção anticorrosiva, porque não é possível se determinar quanto do filme sadio foi afetado pela condensação da umidade. Na Figura 5, são comparados um filme de tinta à base de solventes orgânicos e outro de uma tinta sem solventes. Muitos canais ficam abertos e se constituem em falhas que prejudicam a continuidade do filme. Portanto, menos solvente significa maior impermeabilidade e logicamente secagem mais rápida.

Mais vantagens de uma tinta anticorrosiva sem solventes (cura rápida)

Aplicação "Úmida-sobre-Úmida WW (Wet-on-Wet)

Com uma tinta sem solvente e de secagem rápida, há uma maior possibilidade de se aplicar outra demão sobre a anterior sem ter que esperar muitas horas ou até um dia inteiro. É possível aplicar sem falhas, entre elas, principalmente o escorrimento, desde que a tinta tenha sido formulada para isso. Por exemplo, uma tinta WW pode alcançar 500 micrometros em uma só demão, com passe e repasse cruzados (250 micrometros cada), sem problemas. Este tipo de tin-

ta elimina quase por completo a possibilidade de surgirem canais capilares que poderiam atravessar a camada toda ou parte dela, prejudicando a proteção anticorrosiva, o que ocorre com muita frequência em tintas convencionais.

Dois exemplos de tintas de cura rápida

Vamos comparar na Tabela 2 os dados de fichas técnicas de dois produtos de cura rápida, uma com agente de cura à base de poliamida e outra com poliamina. A tinta 2 é mais avançada, pois incorpora mais propriedades ou atributos da nova tecnologia de cura rápida.

Diferença entre as duas tin-

TABELA 3 – COMPARAÇÃO ENTRE OS MÉTODOS DE APLICAÇÃO DAS DUAS TINTAS (EQUIPAMENTOS RECOMENDADOS)

Propriedades	Tinta	
	1	2
Equipamentos para aplicação	Pistola Convencional :	
	Pistola	JGA 503 Devilbiss
	Bico de fluido	EX
	Capa de ar	704
	Pressão de atomização ...	60 a 65 psi
	Pressão no tanque	10 a 20 psi
	Diluição	10%, em volume
	Pistola Airless :	
	Pressão	2800 a 3000 psi
	Mangueira	1/4" diâmetro int
	Bico	0,017" a 0,023"
	Filtro	malha 60
	Diluição	não necessária.
	Pistola Airless Plural Component Equipment:	
Bomba	Graco Xtreme Mix	
Pressão	4000 psi.	
Mangueira	3/8" de diâmetro intern	
Bico	021-025.	
Pistola	Graco XTR Series.	
Temperatura da tinta no bico	29 ° C a 54 ° C (variando conforme necessidade)	

tas: a tinta 1 é convencional, moderna, mas não é isenta de solventes, é de secagem rápida, mas não tanto quanto a 2 que é 100 % sólidos, de secagem mais rápida e ecológica, pois tem um VOC <85 g/L. A tinta 2, porém, exige a aplicação por meio de equipamento *plural component* por causa do tempo de vida útil (*pot life*) muito curto (sete minutos).

Compostos orgânicos voláteis (COV)

Os solventes usados nas tintas são considerados COV ou VOC (sigla em inglês *Volatile Organic Compounds*). O que é COV? É qualquer composto orgânico que libera vapores para a atmosfera, espontaneamente nas condições normais de temperatura e pressão e reagem fotoquimicamente com oxigênio e óxidos de nitrogênio do ar atmosférico em presença da radiação UV da luz solar, produzindo ozônio. É definido como: gramas de solvente por litro de tinta segundo a EPA (*Environmental Protection Agency*)⁵.

Restrição

Uma restrição de algumas das tintas de cura rápida é que grande parte delas tem tempo de vida útil (*pot life*) curto e, por isso, devem ser aplicadas com pistola *plural component* com *manifold* remoto⁶. Os componentes A e B são misturados no *manifold*, passam pelo misturador estático onde são completamente homogeneizados e depois são conduzidas até a pistola por uma mangueira flexível (rabicho ou chicote) de curta metragem. Desta forma, a tinta misturada (A+B) percorre um trecho de mangueira menor, evitando a perda do material misturado e proporcionando maior economia. Na Figura 6, é mostrado um equipamento *airless* de pintura *plural component* com *manifold* remoto.

Este sistema tem valor de aquisição maior do que as pistolas convencionais. Porém, sistema do tipo *airless plural component*, por ser mais produtivo e permitir aplicação das tintas com mais qualidade, evitando desperdícios, sem diluição e em camadas mais espessas pela própria natureza da tinta, se torna mais econômico quando se considera o custo-benefício. O investimento retorna em pouco tempo de uso. Portanto, o que parece a primeira vista uma desvantagem, é na verdade um grande benefício.

Há um exemplo de tinta de secagem extra-rápida, na literatura⁷, em que a troca de um sistema convencional pelo de cura rápida trouxe como vantagem, além das razões de segurança, a antecipação na entrega de um equipamento importante e isso possibilitou iniciar a produção três meses antes do prazo previsto. A empresa calculou que a antecipação evitou um grande prejuízo, em outras palavras, permitiu um ganho econômico considerável.

Conclusão

As tintas anticorrosivas evoluíram e hoje as pinturas de cura rápida oferecem qualidade, produtividade e economia, que nas circunstâncias atuais significam muito. A diminuição da presença de solventes nas tintas, a reatividade das resinas com seus agentes de cura e aditivos como ativadores de reação, são os fatores que contribuíram para aumentar a velocidade de cura ou secagem das tintas anticorrosivas. Os inconvenientes de algumas destas tintas são: vida útil curta e necessidade de aplicação com sistema *airless* tipo *plural component*, mais caros que pistolas convencionais. Porém, por serem mais produtivas e permitirem aplicação sem diluição e em camadas mais espessas, são atrativas se considerarmos o

custo-benefício.

A vantagem econômica que se pode obter das tintas de cura ou secagem rápida é a diminuição do tempo de obras novas nas indústrias e com isso antecipação da produção, ou diminuição do tempo de interrupção da produção (paradas programadas ou não) no caso de obras de manutenção. De uma forma ou de outra, o início ou reinício da produção antes do previsto conduz a ganhos interessantes no lucro.

Algumas das tintas de nova tecnologia de cura rápida são sem solventes e estas formulações apresentam vantagens como, por exemplo, menor ocorrência de falhas no filme, possibilidade de aplicação em condições climáticas desfavoráveis e produtos mais amigos do meio ambiente (mais ecológicos).

Referências bibliográficas

1. Norma ABNT NBR 15156:2004 – *Pintura Industrial – Terminologia*
2. Norma ASTM D 1640-03 – *Standard Test Methods for Drying, Curing, or Film Formation of Organic Coatings at Room Temperature*
3. www.do.ufgd.edu.br/guilhermehisocar/arquivos/meteorologia.pdf
4. Norma Petrobras N-13 K – *Requisitos Técnicos para Serviços de Pintura*
5. www.en.wikipedia.org/.../Environmental_impact_of_paint
6. www.graco.com/br/pt.html
7. Palestra – *A importância da Pintura em Obras de Grande Porte* – Trabalho apresentado na Coteq 2013 – 12ª Edição (autores: Joaquim P. Quintela, Victor Solymossy, Heberth Souza, João P. Carrizo, Maurício Guimarães e F. Gonçalves da Petrobras).

Celso Gnecco

Engenheiro, Gerente Treinamento Técnico da Sherwin-Williams do Brasil – Unidade Sumaré

Contato com o autor:
celso@sherwin.com.br

Revestimentos de zinco sobre aços e suas aplicações

Zinc coating on steel and their applications



Por Célia R. Tomachuk

Co-autora:
Isolda Costa

Resumo

Revestimentos de zinco sobre aços são utilizados para proteção do substrato pelo mecanismo de proteção catódica sacrificial. A eletrodeposição de zinco é um dos processos de aplicação deste tipo de revestimento sobre superfícies de aço-carbono mais utilizados industrialmente. Isto se deve principalmente ao baixo custo do processo. As propriedades das camadas de zinco obtidas são dependentes das características dos parâmetros do processo de eletrodeposição. O presente artigo apresenta as principais características e aplicações destas camadas.

Abstract

Zinc coatings on steel are used for protection of the substrate by a sacrificial cathodic protection mechanism. Electroplating is one of the processes most used industrially for coating carbon steel surfaces mainly due to its fairly low cost. The properties of the zinc layers are dependent on the electroplating parameters with emphasis mainly used zinc baths and of the layers obtained. Besides, the main characteristics and applications of the zinc layers are presented.

Introdução

O zinco é um metal pouco nobre que vem sendo utilizado há mais de 170 anos como revestimento de sacrifício. As primeiras patentes datam de 1840 e tratam dos banhos cianídricos de ouro, cobre e zinco ¹. As razões que levavam a se optar por este

tipo de banho eram o seu baixo custo operacional, ciclo curto de preparação da superfície do substrato metálico, uniformidade de depósito, boa ductibilidade mesmo em camadas espessas, facilidade de controle do banho e elevado rendimento frente a outros tipos de revestimentos.

Atualmente os dois principais processos usados para aplicação de revestimentos à base de zinco são: imersão a quente e eletrodeposição ². Outros processos menos utilizados são: aspersão térmica (metalização), sherardização e revestimento por tinta rica em zinco ³.

A escolha do método de aplicação de revestimentos de zinco é baseada nos seguintes fatores: espessura do revestimento, geometria e tamanho da peça, e aparência decorativa.

A imersão a quente é um processo em que a peça a ser revestida é mergulhada em um banho de zinco fundido a temperaturas entre 420 °C e 460 °C. Ao ser retirada do banho fundido, a peça é imersa em água para que a reação de formação da camada intermediária ZnFe cesse. Este processo é também chamado de galvanização a fogo ou zincagem por imersão a fogo ⁴. Os revestimentos obtidos com essa técnica são relativamente espessos, caracterizados pelas chamadas “flores de zinco” e não são apropriados para muitas operações de conformação e acabamento final. São compostos por três camadas de intermetálicos Zn-Fe e, na parte mais externa, de uma camada de zinco puro. A camada mais in-

terna é aquela onde predomina o composto Fe₅Zn₂₁ (fase gama, γ) com cerca de 75 % de Zn e 25 % de Fe. Esta camada é seguida pela fase delta (FeZn₇ – δ) que é a mais espessa, com cerca de 90% de Zn e 10% de Fe, a fase zeta (FeZn₁₃ – ζ) com aproximadamente 94 % de Zn e 6 % de Fe e, finalmente, a camada mais externa, constituída de zinco puro, ou fase eta (η) ³.

As camadas de intermetálicos são formadas pela reação entre o zinco do banho e o aço. Esta reação predomina durante a imersão do aço no banho mas, pode também continuar após a retirada do aço se a velocidade de resfriamento for baixa. Já a última camada (fase eta, η) é formada pela solidificação do zinco fundido que é arrastado do banho e aderido à peça.

Nos processos de eletrodeposição, o zinco está presente no banho em forma de íons. Os revestimentos obtidos por esse tipo de processo são relativamente finos, com superfície lisa e brilhante que pode ser posteriormente pintada e conformada. Além disso, as camadas obtidas por eletrodeposição apresentam soldabilidade ⁵. O desempenho frente à corrosão do sistema aço revestido com camada de zinco, depende de fatores, tais como: espessura da camada, distribuição de metal, velocidade de deposição, estrutura cristalina, dentre outros.

Eletrodeposição de zinco

A eletrodeposição do zinco sobre o aço é o processo de reves-

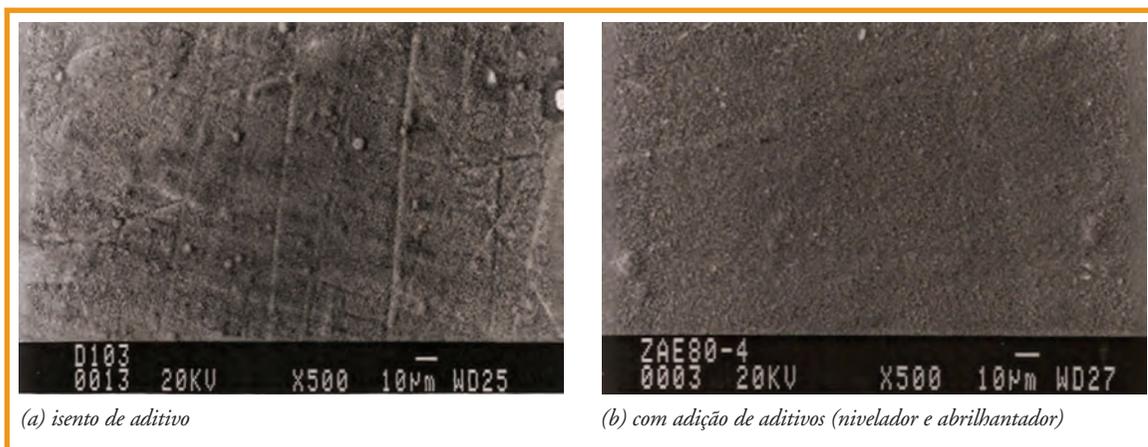


Figura 1 – Camadas de zinco obtidas por eletrodeposição em eletrólito alcalino isento de cianeto com densidade de corrente de 2 A.dm^{-2} durante 30 min. Fonte: Autor

timento da superfície mais utilizado industrialmente, uma vez que a camada obtida apresenta bom desempenho à exposição atmosférica, oferecendo proteção galvânica ao substrato de aço em regiões de descontinuidades da mesma ⁶. Adicionalmente, este tipo de processo apresenta comparativamente baixo custo.

Até a década de 70, a maioria dos processos de eletrodeposição de zinco utilizavam banhos à base de cianetos. A partir de então, em função das crescentes exigências e regulamentações governamentais, busca-se alternativas capazes de mitigar os impactos ambientais e que apresente as mesmas propriedades das camadas típicas dos banhos cianídricos ⁵.

Na literatura são encontrados estudos de eletrólitos alcalinos alternativos para eletrodeposição de zinco isento de cianetos, os quais usaram complexantes orgânicos ⁷, etanolamina ⁸, acetatos ⁹, poliaminas alifáticas quaternárias ¹⁰, trietanolamina ¹¹ e furfural aldeído ¹². Comercialmente, os banhos alcalinos isentos de cianetos apresentam elevada carga de aditivização ¹³⁻¹⁴ e as seguintes características: excelente penetração e uniformidade de camada, baixo custo de tratamento de efluentes, fácil controle químico do eletrólito e menor custo de montagem comparativamente

te aos processos convencionais cianídricos ¹³. A velocidade de deposição/eficiência catódica tem sido ajustada com adição de polímeros no banho alcalino isento de cianeto ¹³.

A diferença fundamental entre os banhos é que os banhos cianídricos, têm grande tolerância a contaminações orgânicas, mesmo se o pré-tratamento da superfície for inadequado. O mesmo não acontece com os processos ácidos ou alcalinos sem cianetos.

Os processos ácidos, que utilizam compostos à base de cloretos e sulfatos, são empregados exclusivamente para tiras, fitas, chapas, tubos e arames. Apresentam alta eficiência catódica (94 % a 98 %), depósito brilhante, bom nivelamento e podem ser aplicados sob substrato de ferro fundido e aços. Estas propriedades, no entanto, dependem da natureza e concentrações dos banhos constituintes, os quais são compostos de íons metálicos, sais condutores, agentes aditivos e tamponantes, como ácido bórico, para manter o pH dentro das normas técnicas ¹⁵⁻¹⁶. No entanto, são muito sensíveis às contaminações orgânicas e metálicas, altamente corrosivos e requerem instalações mais sofisticadas ¹³.

Segundo Bradaschia ¹⁷, os ba-

nhos de zinco ácido podem ser classificados em:

- Banho de sulfato de zinco com baixa acidez que é aplicado para fins técnicos e apresenta coloração cinzenta-fosca. Pode ser usado para revestir ferro. O pH desses banhos é na faixa de 3,8 a 4,5.
- Banho de sulfato de zinco com alta acidez que é usado para revestir arames em instalações automáticas. Opera na faixa de densidade de corrente de (80 a 200) A.dm^{-2} .
- Banho de fluorborato de zinco em que é possível aplicar densidades de corrente catódica altas. A camada depositada apresenta fina cristalização e boa aparência. O pH é controlado pela adição de hidróxido de amônia, óxido ou carbonato de zinco ou com ácido fluorbórico, se precisar reduzir o pH.

Os aditivos comumente usados em banhos de eletrodeposição são classificados como niveladores e abrillantadores ¹⁸⁻²⁰. Os abrillantadores são compostos orgânicos geralmente adicionados aos banhos em pequenas quantidades (10^{-4} mol/L a 10^{-2} mol/L). Os depósitos obtidos em presença de abrillantadores apresentam propriedades de refletância e resistência à corrosão ²⁰. Os niveladores são usualmente usados em concentrações relativa-

mente altas, cerca de 10^{-2} mol/L, e deixam a superfície do depósito mais lisa ²⁰. Os surfactantes refinam o tamanho de grão do depósito, melhorando o poder de penetração e a solubilidade dos abrillantadores nos banhos ²¹⁻²³.

Alguns aditivos atuam simultaneamente como abrillantadores e niveladores. Na maioria dos casos, combinações de diferentes aditivos produzem depósitos satisfatórios. A combinação adequada de dois ou mais aditivos melhora o aspecto e a resistência à corrosão do depósito, a penetração e eficiência de corrente do banho em comparação com aditivos únicos ^{19, 22, 24}, conforme ilustra a Figura 1.

Os efeitos mais importantes dos aditivos na eletrodeposição de zinco são o refino do grão ^{18, 20}, formação de estrutura de grãos orientados ²⁵ e alterações na relação entre potencial e densidade de corrente de deposição. Alguns trabalhos consideram a interação sinérgica entre os aditivos para explicar a produção de depósitos brilhantes e de boa qualidade ^{19, 21, 25, 26}.

Recentemente, Nayana e Venkatesha ²⁷ obtiveram depósito liso, brilhante e uniforme de zinco sobre aço-carbono a partir de banho de sulfato com a combinação de diferentes aditivos. A interação entre os aditivos foi indicada pelo menor coeficiente de difusão dos íons de zinco e maior sobretensão. A maior sobretensão levou à formação de planos mais orientados devido à adsorção preferencial de aditivos. O aumento da taxa de nucleação e a redução da taxa de crescimento em presença dos aditivos produziu um depósito brilhante, liso e de grãos finos.

Uma das principais características dos revestimentos eletrodepositados é que estes podem ser trabalhados pois não apresentam trincas quando dobrados ou conformados.

A principal vantagem dos revestimentos de zinco é sua propriedade de proteção contra a corrosão ^{1, 28}. Segundo Panossian ²⁹, em atmosferas não poluídas e em presença de oxigênio, CO₂ e água, o produto de corrosão do zinco formado inicialmente é o hidróxido de zinco que se transforma em carbonatos básicos de zinco. Se a atmosfera for contaminada com SO₂, o hidróxido de zinco é convertido em sulfato básico de zinco, e se a contaminação for com cloretos, o hidróxido de zinco é convertido em cloretos básicos de zinco. Todos estes produtos de corrosão do zinco, como carbonatos básicos, cloretos básicos e sulfatos básicos, são insolúveis e formam uma barreira que protege contra a continuação da corrosão do zinco. Todavia, em atmosferas altamente poluídas com SO₂, a película de água na superfície do metal torna-se ácida e o produto formado, sulfato de zinco, é solúvel em água e, portanto, não confere proteção contra a corrosão. Em atmosferas com alto teor de cloretos, a película de água estará saturada com este sal higroscópico, o que resultará no molhamento contínuo da superfície metálica, além de poder ocorrer a formação de cloreto de zinco, que é bastante solúvel e não proporciona proteção à superfície metálica ²⁹.

Camadas de zinco eletrodepositadas têm sido largamente utilizadas pelas indústrias automobilísticas por apresentarem as seguintes propriedades ^{30, 31}:

- excelente proteção do substrato (aço);
- excelente razão custo/proteção;
- possibilidade de uso de vários tratamentos de conversão para melhorar a resistência à corrosão;
- formação de eletrodepósitos densos, de granulação fina e com excelente ductibilidade;
- espessura de camada relativa-

mente uniforme.

- excelente aderência a vários substratos ferrosos;
- base efetiva para aplicação de tintas.

A vida útil das camadas de zinco depende da resistência à corrosão, que é determinada pela agressividade do meio. Em atmosferas rurais e marinhas estas camadas são relativamente resistentes ³². Em meios aquosos, a taxa de corrosão é determinada pelo pH, presença de sais dissolvidos e temperatura ^{5, 32, 34, 35}. Devido ao seu caráter anfótero, as camadas de zinco apresentam altas taxas de corrosão em meios ácidos e alcalinos, e baixas à temperatura ambiente e em pHs entre 7 e 12 ³⁶.

Muitas indústrias nos últimos 40 anos, especialmente a automobilística e a de construção, começaram a procurar camadas alternativas às de zinco devido às novas exigências de período de garantia aumentado das indústrias automobilísticas. O resultado foi o desenvolvimento de sistemas de ligas de zinco com metais do oitavo grupo, tais como: ZnNi, ZnCo, ZnFe ³⁷⁻⁴² e, ultimamente, combinações ternárias, como as ligas ZnCoCr e ZnFeMn ⁴³. Estas ligas apresentam propriedades superiores de resistência à corrosão, resistência mecânica e elétricas, além de custo adequado ⁴⁴. Esforços também foram feitos com o objetivo de melhorar as características dos revestimentos de zinco por meio de pós-tratamentos, tais como os tratamentos de conversão ^{35, 45-47}.

Outra demanda de desenvolvimento tecnológico de camadas de ligas de zinco relaciona-se à substituição do cádmio devido a sua elevada toxicidade ^{48, 49}. Os produtos revestidos com cádmio estão proibidos na Europa desde junho de 1995, em equipamentos e máquinas para produção de tecidos e ves-

tuários, em materiais para construção de residências, equipamentos e produtos relacionados à agricultura e veículos. Aplicações de camadas com cádmio nas indústrias aeroespacial, nuclear, de contatos elétricos, *offshore*, mineração e dispositivos de segurança, também serão proibidas, mas, somente quando se identificar material adequado para substituir o cádmio ⁴⁹.

Codeposição anômala

A eletrodeposição das ligas de zinco com metais do oitavo grupo da tabela periódica (ZnNi, ZnCo e ZnFe) é, geralmente, do tipo anômala. Essa consiste na deposição preferencial do metal menos nobre, segundo a classificação de Brenner ¹. No cátodo, o metal menos nobre é preferencialmente reduzido, neste caso, o zinco. Existem, no entanto, condições experimentais, como densidade de corrente muito baixa e altas temperaturas, nas quais a codeposição se torna normal, com grande aumento no conteúdo do metal mais nobre (Ni, Co e Fe) ⁵⁰. Sobre o mecanismo que determina a codeposição anômala, não existe concordância entre os pesquisadores.

Dahms e Croll ⁵¹ estudaram a eletrodeposição anômala da liga FeNi com eletrodo rotatório. Concluíram que a deposição do níquel é impedida devido à formação de hidróxido ferroso na superfície do eletrodo, causada pelo aumento do pH local em consequência da reação de evolução de hidrogênio.

Os pesquisadores Mindowicz, Yunus, Higashi e colaboradores propuseram o mesmo mecanismo de formação de hidróxido (*hydroxide suppression mechanism*) para explicar a codeposição anômala da liga ZnCo em banho de sulfatos ⁵²⁻⁵⁴. A codeposição de cobalto é impedida devido à formação de um filme de hidróxido que oferece

resistência para o transporte dos íons Co^{2+} . Ao contrário, hidróxido de cobalto não é formado porque o pH não alcança um valor crítico para sua precipitação.

Nos últimos anos, a teoria de Dahms e Croll foi confirmada por Hall ⁵⁵ e Fukushima ⁵⁶ para eletrodeposição da liga ZnNi e por Alcalá para a liga ZnCo ⁵⁷. Ao mesmo tempo, porém, outros autores propuseram explicações diversas.

Nicol e Philip ⁵⁸ estudaram a eletrodeposição do sistema NiFe e sugeriram que a deposição é baseada no que é conhecido como *underpotential deposition* (UPD). Esse consiste na eletrodeposição de um metal em um potencial menos negativo que o potencial de equilíbrio para a redução deste metal. Acredita-se que esse fenômeno deva-se à forte interação entre o metal que está se depositando e o substrato sobre o qual se deposita.

Swathirajan ⁵⁹ concluiu que a inibição da codeposição do níquel, na eletrodeposição da liga ZnNi, é devido a uma sub-monocamada de zinco depositado em potenciais mais positivos que o do equilíbrio. Essa codeposição é causada principalmente por dois fatores: o efeito do potencial de eletrodo na deposição da fase α e γ da liga ZnNi a partir de um mesmo eletrólito e, a influência do zinco depositado na polarização para eletrodeposição do níquel.

Felloni ⁶⁰ e Fratesi ^{61,62}, apesar de diferentes condições de banho, enfatizaram a importância dos parâmetros cinéticos na reação catódica da codeposição anômala das ligas ZnNi ^{60, 62} e ZnCo ⁶¹. Os metais do grupo do ferro são geralmente caracterizados por baixa densidade de corrente de troca ⁶³ e o zinco, ao contrário, apresenta alta densidade de corrente de troca. Estudando a eletrodeposição da liga ZnNi ⁶⁰ a partir de um

banho contendo NH_4Cl , nenhum aumento na corrente parcial da redução de hidrogênio foi observada a valores de potenciais a partir do qual se inicia a codeposição anômala; esse fato, mais a formação do complexo de zinco amoniacal, excluem a precipitação do hidróxido de zinco na superfície do eletrodo. Tais resultados foram confirmados por Mathias e colaboradores ^{64,65}. Estes usaram banho Roehl (pH 1,6) e obtiveram codepósito anômalo de ZnNi, embora a corrente de hidrogênio não tenha sido suficientemente alta para causar o aumento do pH interfacial acima do pH da solução, como é necessário para formação do hidróxido de zinco. Esses autores ^{64,65} calcularam que a densidade de corrente de troca do zinco é quatro ordens de grandeza superior à do níquel e atribuíram a codeposição anômala à cinética intrinsecamente lenta do níquel.

Gómes e Vallés ⁶⁶ estudaram os efeitos da variação do pH (pH 2 a 5) e da agitação do banho na eletrodeposição da liga ZnCo utilizando um banho à base de cloretos. Mostraram que a composição da liga depende das condições de deposição estudadas: pH alto e tempo de deposição longo favorecem a codeposição normal enquanto que a agitação favorece a codeposição anômala. O esgotamento do íon zinco próximo ao eletrodo é um fator essencial na transição da codeposição anômala para normal.

Yan e colaboradores ⁶⁷ estudaram a eletrodeposição da liga ZnCo em banho ácido à base de sulfato e propuseram um modelo em que a eletrodeposição da liga ZnCo se dá a partir da formação de uma camada de hidróxido de zinco intermediária e transiente, ao invés de constante, como foi assumido anteriormente por Higashi ⁵⁴. Eles consideraram que em um determi-

nado potencial crítico o processo de eletrodeposição se dá de forma cíclica, ou seja, formando e decompondo a camada de hidróxido de zinco próximo à superfície catódica, a qual produz camadas de Zn-ZnO no código-pósito. Descobriram que o cobalto enriquece a interface Zn-ZnO. Esse modelo é sustentado por evidências obtidas por medidas eletroquímicas e observações de microscopia eletrônica de transmissão.

Revestimentos funcionais compósitos

A técnica de codeposição eletroquímica consiste em incorporar partículas condutoras, semicondutoras ou não-condutoras (adicionadas intencionalmente ao eletrólito) à matriz metálica durante o processo de eletrodeposição. É a mais utilizada para obtenção de revestimentos funcionais compósitos⁶⁸⁻⁷⁰. O desafio é manter as partículas em suspensão durante todo o processo de deposição^{71,72}.

O modelo de Gugliemi e colaboradores⁷¹ leva em consideração a lei de adsorção sobre as superfícies ativas e desconsidera a natureza e tamanho das partículas, constituintes do banho, pH e temperatura. A primeira etapa, essencialmente física, corresponde a adsorção fraca das partículas sobre a superfície catódica, enquanto a segunda, de natureza eletroquímica, corresponde a adsorção irreversível das partículas.

O modelo apresentado por Celis⁷² é mais completo e descreve o mecanismo de incorporação de partículas em cinco etapas. Na primeira etapa ocorre a adsorção de íons e moléculas na superfície das partículas em suspensão no eletrólito. Na segunda, as partículas são transferidas até a fronteira hidrodinâmica por convecção. Na terceira, há a difusão das partículas pela camada de difusão do catodo. Na

quarta, as partículas adsorvem-se na superfície do revestimento e na quinta, ocorre o aprisionamento das partículas no revestimento pela redução dos íons adsorvidos na superfície das mesmas e pelo crescimento da matriz metálica.

Revestimentos compósitos são obtidos a partir de uma suspensão contendo sais de zinco e partículas cerâmicas ou poliméricas dispersas, além de aditivos⁷³⁻⁷⁵. Apresentam propriedades como resistência ao desgaste e corrosão. No entanto, essas propriedades dependem, principalmente, dos parâmetros eletroquímicos, tais como: densidade de corrente, potencial de eletrodeposição, pH e temperatura⁷³.

Praveen e colaboradores⁷⁴ obtiveram revestimentos de zinco com incorporação de nanopartículas de TiO₂ e observaram aumento da resistência ao desgaste e à corrosão em relação ao revestimento de zinco puro. Isso foi atribuído ao fato de as nanopartículas formarem uma barreira física e ocuparem as microfissuras ou defeitos presentes na superfície do revestimento.

Em outro trabalho, Praveen⁷⁵ avaliou revestimento de zinco com incorporação de nanotubos de carbono. Os resultados sugeriram maior resistência à corrosão do compósito de zinco-nanotubos em relação ao zinco puro, o que foi atribuído ao fato das nanopartículas preencherem os defeitos do revestimento.

O efeito da incorporação de CeO₂ em revestimentos de zinco obtidos por imersão a quente foi estudado por Shibili⁷⁶ e os resultados indicaram um aumento na resistência à corrosão em comparação ao revestimento de zinco puro.

Conclusão

Os banhos alcalinos sem cianetos apresentam vantagens em relação aos cianídricos pelo fato

de apresentarem baixo impacto ambiental ao meio ambiente e para o operador^{6,30,33,34}. Além disso, é possível obter camada uniforme em toda a extensão da peça, dúctil e com boa adesão às camadas de conversão.

Os banhos ácidos têm como maior benefício a habilidade de depositar sobre ferro fundido, e também em peças que sofreram tratamento térmico.

As ligas ZnCo, ZnNi e ZnFe oferecem propriedades superiores no que diz respeito a resistência à corrosão e propriedades elétricas, além de custo adequado quando comparada com o zinco puro^{43,44}. A codeposição é geralmente anômala, porém em determinadas condições, como teor do metal no banho e temperatura, é possível obter codeposição normal⁵⁰.

O comportamento anômalo do zinco é resultado da cinética de deposição dos íons Co ou Ni, sendo que esta é afetada pela presença de zinco dentro de um mecanismo mais complexo¹.

Nanopartículas incorporadas em revestimento de zinco melhoram as propriedades mecânicas e de resistência à corrosão.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Fapesp (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo) – Processo 2015/09952-0.

Referências bibliográficas

1. Brenner A. *Electrodeposition of Alloys*. New York: Academic Press; 1963.
2. Riedel. *Protección contra la corrosión mediante recubrimientos de aleaciones de cinc depositados electrolíticamente*. Pinturas y Acabados Industriales. 1988; 30:13-16.
3. Bresciani-Filho E. *Seleção de Materiais*. Campinas: Editora Unicamp; 1986.
4. Ciardi L. *Zincatura a caldo*. Milano: Associazione Italiana Zincatura; 2000.
5. Abisi A. *Electrodeposition of corrosion*

- resistant zinc alloy coatings [doctor thesis]. Birgminghan: University of Aston; 1988.
6. Townsend, H.E., *Coated steels sheets for corrosion resistant automobiles*. Materials Performance. 1991; 30: 60-65.
 7. Silva, G.P., Freire, N.S., Matos, D.E., Correia, A.N., Lima-Neto, P. *Estudo eletroquímico de um banho galvânico de zinco alcalino livre de cianetos*. Química Nova. 2006; 29: 15-19.
 8. Kumar, C.S. Muralidharan, V.S., Begun, S.S., Mayana, S.M., *Electrochemical behaviour of zinc-ethanol amine complexes*. Indian J. Chem. Technol. 2000; 7:202-204
 9. Sekar, R., Krishnan, R.M., Muralidharan, V.S., Jayakrishnan S. *Characteristics of acetate based zinc bath and deposits*. Trans. Inst. Met. Finis. 2005; 83:104-108
 10. Zuniga, V., Ortega, R., Meas, Y., Trejo, G. *Electrodeposition of zinc from alkaline non-cyanide bath: influence of a quaternary aliphatic polymine*. Plating and Surface Finishing. 2004; 91:46-51
 11. Rethinam, A.J., Bapu, G.N.K.R., Muralidharan, V.S. *Role of triethanolamine and furfuraldehyde on the electrochemical deposition and dissolution behaviour of zinc*. Indian J. Chem. Technol. 2004; 11:207-212
 12. Winand, R. *Electrodeposition of metals and alloys – new results and perspectives*. Electrochimica Acta. 1994; 39:1091-1105
 13. Wryostek, M. *Banhos de zinco e zinco liga para indústria automotiva*, Tratamento de Superfície. 2002; 113:42-48.
 14. Kavitha B, Santhosh P, Renukadevi M, Kalpana A, Shakkthivel P, Vasudevan T. *Role of organic additives on zinc plating*. Surface & Coatings Technology. 2006; 201:3438–3442.
 15. Muralidhara H B, Arthob Naik Y, Venkatesha T V. *Effect of condensation product of glycyl-glycine and furfural on electrodeposition of zinc from sulphate bath*. Bulletin of Material Science. 2006; 29:497-503.
 16. Kumar, A.S., Pandian, C.S.R., Ayyapparaju, J., Bapu G.N.K.R. *Effect of additives on electrodeposition of zinc*. Bulletin of electrochemistry. 2001; 17:379-384
 17. Bradaschia, C. *Corrosão e tratamentos superficiais dos metais*. São Paulo. Ed. Associação Brasileira de Metais. 1971; 1:504.
 18. Boto K. *Organic additives in zinc electroplating*. Electrodeposition and Surface Treatment. 1975; 3:77–95.
 19. Hsieh J-C., Hu C-C, Lee T-C. *The synergistic effects of additives on improving the electroplating of zinc under high current densities*. Journal Electrochemistry Society. 2008; 155:D675–D681.
 20. Oniciu L, Muresan L. *Some fundamental aspects of leveling and brightening in metal electrodeposition*. Journal Applied Electrochemistry. 1991; 21:565-574.
 21. Li M, Luo S, Qian Y, Zhang W, Jiang L, Jianian S. *Effect of additives on electrodeposition of nanocrystalline zinc from acidic sulfate solutions*. Journal Electrochemistry Society. 2007; 154:D567–D571.
 22. Li M C, Jiang L L, Zhang W Q, Qian Y H, Luo S Z, Shen J N. *Electrochemical corrosion behavior of nanocrystalline zinc coatings in 3,5% NaCl solutions*. Journal of Solid State Electrochemistry. 2007; 11:1319-1325.
 23. Li M C, Jiang L L, Zhang W Q, Qian Y H, Luo S Z, Shen J N. *Electrodeposition of nanocrystalline zinc from acidic sulfate solutions containing thiourea and benzalacetone as additives*. Journal of Solid State Electrochemistry. 2007; 11:549-553.
 24. Muralidhara H B, Arthoba Naik Y. *Electrochemical deposition of nanocrystalline zinc on steel substrate from acid zincate bath*. Surface & Coating Technology. 2008; 202:3403-3412.
 25. Nikolic N D, Rakocevic Z, Popov K I. *Structural characteristics of bright copper surfaces*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 2001; 514:56-66.
 26. Chandrasekar M S, Shanmugasigamani, Pushpavanam M. *Synergetic effects of pulse constraints and additives in electrodeposition of nanocrystalline zinc: Corrosion, structural and textural characterization*. Material Chemical Physics. 2010; 2010: 516–528.
 27. Nayana K O, Venkatesha T V. *Synergistic effects of additives on morphology, texture and discharge mechanism of zinc during electrodeposition*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 2011; 663:98-107.
 28. Porter F C. *Corrosion resistance of zinc and Zinc alloys*. New York: Marcel Dekker; 1994.
 29. Panossian Z. *Corrosão e Proteção Contra a Corrosão em Equipamentos e Estruturas Metálicas*, IPT. 1993; 427-430, 488.
 30. Sharples T E. *Zinc/zinc alloys plating*. Products Finishing. 1988; 52:50-56.
 31. Lay D E, Eckles W E. *The fundamentals of zinc/cobalt*. Plating and Surface Finishing. 1990; 77:10-14.
 32. *Corrosão e Proteção Contra a Corrosão de Metais*, Editor D. K. Tanaka, IPT, Divisão de Metalurgia, 1979, pp. 220-240.
 33. Natorsky T J. *Zinc and zinc alloy plating in the 90's*. Metal Finishing. 1992; 90:15-17.
 34. Panossian Z. *Propriedades do revestimento de zinco*. Tratamento de Superfície. 1999; 95:32-39.
 35. Tomachuk C R, Elsner C I, Di Sarli A R, Ferraz O B. *Corrosion resistance of Cr(III) conversion treatments applied on electrogalvanised steel and subjected to chloride containing media*. Material Chemical Physics. 2010; 119:19-29.
 36. Kautek W, Sahre M, Paatsch W. *Transition metal effects in the corrosion protection of electroplated zinc alloy coatings*. Electrochimica Acta. 1994; 39:1151-1157.
 37. Watanabe T, Ohmura M, Honma T, Adaniya T. *Iron-Zinc alloy electroplated steel for auto motive body panels*. SAE Technical Paper 820424. 1982. doi:10.4271/820424.
 38. Shibuya A, Kurimoto T, Korekawa K, Noji K. *Corrosion-resistance of electroplated Ni-Zn alloy steel sheet*. Tetsu to Hagame. 1980; 66:P771-P778.
 39. Noumi N, Nagasaki H, Foboh Y,

- Shibuya A. *Newly developed Ni-Zn alloy plated steel sheet "SZ" and its application to automotive usages*. SAE Technical Paper 820332. 1982. doi:10.4271/820332.
40. Kurimoto T, Hoboh Y, Oishi H, Yanagawa, Naumi R. *Corrosion performance of Zn-Ni alloy plated plated sheet steel*. SAE Technical Paper 831837. 1983. doi:10.4271/831837.
41. Shastry C R, Townsend H E. *Mechanisms of cosmetic corrosion in painted zinc and zinc-alloy coated sheet steels*. Corrosion Science. 1989; 45:103-119.
42. Loar G W, Romer K R, Aoe T J. *Zinc-alloy electrodeposits for improved corrosion protection*. Plating and Surface Finishing; 78:74-79.
43. Kalantary M R. *Zinc alloy electrodeposition for corrosion protection*. Plating and Surface Finishing. 1994; 81:80-88..
44. Sharples T E. *Zn-Co: Fighting Corrosion in the 90's*. Products Finishing. 1990; 54:38-44.
45. Tomachuk C R, Elsner C I, Di Sarli A R. *Anti-corrosion performance of Cr⁶⁺ free passivating layers applied on electrogalvanized*. Materials Sciences and Applications. 2010; 1: 202-209.
46. Tomachuk C R, Di Sarli A R. *Study of coating applied on zinc surface*, British Journal of Engineering and Technology. 2012; 1:78-96.
47. Tomachuk C R, Elsner C I, Di Sarli A R. *Behavior of electrogalvanized steel pre-treated with Cr(III)-based baths and exposed to 0,5 M Na₂SO₄ solution*. Portugaliae Electrochimica Acta. 2012; 30:145-162.
48. Hsu G F. *Zinc-nickel alloy plating: an alternative to cadmium*. Plating and Surface Finishing. 1984; 71:52-55.
49. Bates J A. *Comparison of alkaline Zn-Ni as a replacement coating for cadmium*. Plating and Surface Finishing. 1994; 81:36-40.
50. Fratesi R, Roventi G, Giuliani G, Tomachuk C R. *Zinc-cobalt alloy electrodeposition from chloride baths*. Journal of Applied Electrochemistry. 1997; 27:1088-1094.
51. Dahms H, Croll M. *The anomalous codeposition of Iron-Nickel alloys*. Journal Electrochemical Society. 1965; 112:771-775.
52. Mindowicz J, Capel-Boute C, Decroly C. *Inhibition effect of zinc on the cathodic deposition of cobalt – II. Potentiodynamic and intensiodynamic curves in chloride solutions*. Electrochimica Acta. 1965; 10:901-904.
53. Yunus M, Capel-Boute C, Decroly C. *Inhibition effect of zinc on the cathodic deposition of cobalt – I. Electrochemical and structural observations in sulphate solutions*. Electrochimica Acta. 1965; 10:885-900.
54. Higashi K, Fukushima H, Urakawa T. *Mechanism of the electrodeposition of zinc alloys containing a small amount of cobalt*, Journal Electrochemical Society. 1981; 128:2081-2085.
55. Hall D E. *Electrodeposited zinc-nickel alloy coatings – a review*. Plating and Surface Finishing. 1983; 70:59-65.
56. Fukushima H, Akiyama T, Toru S. *Deposition behavior of zinc from sulfuric acid baths containing cobalt*, Metallurgical Review of Mining and Metallurgical Institute of Japan. 1986; 3:34-47.
57. Alcalá M L, Gomez E, Valles E. *Electrodeposition of zinc+cobalt alloys. Relation between the electrochemical response and the composition and morphology of the deposits*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 1994; 370:73-85.
58. Nicol M J, Philip H I. *Underpotential deposition and its relation to the anomalous deposition of metals in alloys*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 1976; 70:233-237.
59. Swathirajan S. *Electrodeposition of zinc-nickel alloy phases and electrochemical stripping studies of the anomalous codeposition of zinc*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 1987; 221:211-228.
60. Felloni L, Fratesi R, Quadrini E, Roventi G. *Electrodeposition of Zinc-Nickel alloys from chloride solution*. Journal of Applied Electrochemistry. 1987; 17:574-582.
61. Fratesi R, Roventi G, *Electrodeposition of zinc alloys in chloride baths containing cobalt ions*. Materials Chemistry and Physics. 1989; 23:529-540.
62. Fratesi R, Roventi G, *Electrodeposition of zinc-nickel alloys coatings from a chloride bath containing NH₄Cl*. Journal of Applied Electrochemistry. 1992; 22:657-662.
63. Piontelli R. *Atlas of electrochemical equilibria in aqueous solutions* (edited by M. Pourbaix) Texas: NACE; 1974.
64. Mathias M F, Chapman T W. *The composition of electrodeposited zinc-nickel alloy coatings*. Journal Electrochemical Society. 1987; 134:1408-1415.
65. Mathias M F, Chapman T W. *A zinc-nickel alloy electrodeposition kinetics model from thickness and composition measurements on the rotating disk electrode*. Journal Electrochemical Society. 1990; 137:102-110.
66. Gomes E, Valles E, *Electrodeposition of zinc+cobalt alloys: inhibitory effect of zinc with convection and pH of solution*. Journal of Electroanalytical Chemistry. 1995; 397:177-184.
67. Yan H, Dowes J, Boden P J, Harris, S J. *A model for nanolaminated growth patterns in Zn and Zn-Co electrodeposits*. Journal Electrochemical Society. 1997; 143:1577-1583.
68. OLIVEIRA, R.S.; PINHEIRO, M.A.S. *Caracterização de Materiais Compósitos*. Trabalho apresentado na XI CREEM, Instituto Politécnico, Nova Friburgo, RJ, 30 de agosto a 3 setembro, 2004.
69. NOWAK, P.; SOCHA, R.P.; KAI-SHEVA, M.; FRANSÆR, J.; CELIS, J-P.; STOINOV, Z. *Electrochemical investigation of the codeposition of SiC and SiO particles with nickel*. Journal of Applied Electrochemistry. v. 30, p. 429 – 437, 2000.

70. ST ANKOVIC, V .D.; GOJO, M. *Electrodeposited composite coatings of copper with inert, semiconductive and conductive particles*. Surface and Coatings Technology, v.81, p. 225-232, 1996.
71. GUGLIELMI, N. *Kinetics of the deposition of inert particles from electrolyte baths*. J. Electrochem. Soc v.119, p.1009 – 1012, 1972.
72. CELIS, J.P; ROOS, J.R.; BUELENS, C. *A mathematical model for the electrolyte codeposition of particles with a metallic matrix*. Journal of the Electrochemical Society, 1987 v. 134, p. 1402 – 1408, 1987.
73. Hovestad A., Heesem R.J.C.H.L., Janssen L.J.J. *Electrochemical deposition of zinc-polystyrene composites in the presence of surfactants*. Journal of Applied Electrochemistry, 29 (1999) 331-228
74. Praveen B. M. Venkatesha T.V. *Electrodeposition and properties of Zn-nanosized TiO₂ composite coatings*. Applied Surface Science. V. 254, n. 8 2008, p. 2418-2424
75. Praveen B. M. Venkatesha T.V., Arthoba N.Y., Prashantha K. *Corrosion studies of carbon nanotube-Zn composite coating*. Surface Coating Technology 210 (2007) 5836-5842
76. Shibili S.M.A., Chacko F. *Development of nano CeO₂-incorporated high performance hot-dip zinc coating*. Surface Coating Technology. 202 (2008) 4971-4975
77. Musiani M. *Electrodeposition of composites: na expanding subject in electrochemical materials science*. Electrochimica Acta. 2000; 45:3397-3402
- Institute of Science and Technology, no Corrosion and Protection Centre (UMIST). Pesquisadora na área de corrosão no Centro de Ciências e Tecnologia de Materiais do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN-SP).*
- Contato com a autora: celiatomachuk@usp.br*

Célia R. Tomachuk

Doutora na área de Materiais e processos de fabricação pela UNICAMP com pós doutorado realizado na UNICAMP, Università degli Studi di Napoli, “Federico II”, e no IPEN. Professor Doutor no Departamento de Ciências Básicas e Ambientais da Escola de Engenharia de Lorena da USP, Lorena, SP.

Isolda Costa

Doutora pela University of Manchester

Cursos

Calendário 2015 – de Julho a Dezembro

CURSOS	HORAS	JULHO	AGOSTO	SETEMBRO	OUTUBRO	NOVEMBRO	DEZEMBRO
Pintura Industrial							
Inspetor N1 – Macaé / RJ	88					23/11 a 4/12	
Inspetor N1 – São Paulo / SP	88					30/11 a 11/12	
Inspetor N1 – Rio de Janeiro / RJ ¹	40					9 a 13	
Pintura Industrial							
Inspetor N2 – Rio de Janeiro / RJ	40						7 a 11
Pintor e Encarregado de Pintura Ind.							
Curso – Macaé / RJ	40						7 a 11

¹ Curso Intensivo (para alunos não aprovados no curso regular ou como revisão para prova de qualificação)

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

Atenção: Calendário sujeito a alterações



Arley Ribeiro

Mobilizando *todos* no corte de gastos

Se quiser cortar os custos, pergunte às pessoas mais humildes de sua estrutura o que tem de ser feito, e execute tudo o que eles disserem. A qualidade do serviço não vai cair, e a economia será enorme!

Um amigo meu dos tempos de faculdade assumiu a Gerência Geral de uma empresa de pequeno porte do segmento atacadista. A empresa tinha cerca de 50 funcionários, era bem estruturada, mas não estava obtendo lucro.

Meu amigo é um executivo de resultados, que aplica soluções simples para resolver qualquer problema. Para colocar a empresa no azul, ele iniciou somente duas ações: aumentar as vendas e abaixar os custos.

Em relação a aumentar o faturamento, ele trocou o Gerente de Vendas, iniciou um novo processo de premiação na área comercial, desenvolveu um Departamento de *Telemarketing* etc. Em três meses, a empresa começou a vender mais, e no mês passado atingiu um crescimento acumulado da ordem de 10 %. Nada mau para um trabalho que começou em janeiro.

Para reduzir os custos, ele chamou todos os gerentes e supervisores, elaboraram um plano de redução de gastos em todas as áreas, fizeram planilhas de acompanhamento, negociaram com fornecedores e... nada. Os custos não desciam.

Foi então que ele resolveu convocar toda a empresa para uma reunião sobre corte de gastos. Em um final de tarde de sexta-feira, reuniu os 50 funcionários e falaram sobre a importância de economizar, dos resultados que a empresa deveria atingir, em redução de custos etc. Na primeira fila, estavam

os supervisores e gerentes, que concordavam com a cabeça com tudo que o chefe dizia. E, na última, bem tímidas, estavam as senhoras da limpeza, da cozinha e o pessoal que trabalhava no galpão despachando as mercadorias.

Na segunda-feira, meu amigo chegou um pouco depois das 10 h na companhia, pois havia passado antes em um cliente. Ao chegar, foi abordado pela senhora da limpeza, que abriu um sorriso de cumplicidade e disse: “Seu chefe, hoje vou economizar bastante detergente. O pessoal desperdiça muito para lavar as mãos, eu cheguei e falei pra todo mundo que tem um frasco só no banheiro para hoje. Se acabar, eles vão ficar sem. O “sinhô” vai ver que nem vai precisar comprar mais no fim do mês”.

Ele agradeceu e ao entrar no escritório, a recepcionista pediu para que ele deixasse a porta aberta. “Vou deixar aberta até às 10 h”, ela disse, “pois assim não ligo o ar condicionado. Quando o calor aumentar, eu ligo o ar; depois das 15 h, volto a desligar e abro a porta novamente”.

Os trabalhadores do galpão pediram a ele para que algumas telhas fossem trocadas por outras transparentes. Assim, eles poderiam trabalhar o dia inteiro sem utilizar a iluminação. O investimento total foi de R\$ 10.000,00 em telhas, e o custo de energia elétrica caiu simplesmente pela metade...

E foi assim que os custos despencaram quase 20 % em apenas 60 dias. A mensagem de redução foi finalmente dada a quem tem mais condições de controlar os gastos, que são as pessoas mais humildes. Elas estão acostumadas a fazer isso em suas casas, já passaram por momentos difíceis e, mesmo sem planilhas ou plano de metas, conseguem se mobilizar para reduzir gastos que parecem impossíveis de diminuir.

Assim, se você quiser aumentar suas vendas, busque no mercado pessoas bem preparadas, motivadas, analíticas, com forte poder de persuasão e, de vez em quando, traga um palestrante com PhD em Harvard para explicar as mais modernas técnicas para aumento de vendas e lucros.

Mas, se quiser cortar os custos, esqueça o PhD de Harvard e peça ao seu pessoal de vendas para levá-lo a uma churrascaria. Enquanto isso, você se senta e escuta as pessoas mais humildes de sua estrutura. Pergunte a eles o que tem de ser feito, e execute tudo o que eles disserem. A qualidade do serviço não vai cair, e a economia será enorme!

Arley Ribeiro

Executivo e Engenheiro Químico.

Contato: LinkedIn: Arley Grieco Ribeiro

