Copyright 2008, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2008, em Recife/PE, no mês de maio de 2008.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

O uso de revestimentos tolerantes a baixos perfis de rugosidade (surface tolerant) para prevenir corrosão externa, aplicados sobre superfícies quentes ou frias (molhadas), sem parada operacional

Diego G. Hita[1], Pablo Hita

Abstract

Pipeline, vessels, towers, valves, and related equipment that operate at elevated (or lower, with condensation) temperatures are subject to atmospheric and under insulation corrosion. Traditional systems to protect these substrates have typically been those applied at ambient temperature, and following explicit surface preparation steps, i.e. degreasing to remove contamination, grit blasting for the required profile, etc. Recent technology has allowed for a successful breakthrough in the coating's world. New systems, which are ideally applied to equipment in service, represent a novel introduction and become part of today's arsenal in the battle against corrosion damage. Ease-of-application, fast cure (inclusive in underwater applications), in-service applications, and minimal, surface preparation are all benefits of this revolutionary new system. Corrosion losses can be mitigated with this technology.

Resumo

Tubulações, vasos, torres, válvulas, e equipamentos correlatos que operam a altas (ou baixas, com condensação) temperaturas estão sujeitos a corrosão atmosférica e corrosão sob isolamento. Sistemas tradicionais para proteger estes substratos tem sido tipicamente aqueles aplicados a temperatura ambiente seguindo etapas de preparação de superfície definidas, como desengraxamento para remover contaminantes, jateamento para atingir o perfil requerido, etc. Tecnologia recente tem permitido uma quebra de paradigma no mundo dos revestimentos. Novos Sistemas que são ideais para aplicação sobre equipamentos em serviço, representam uma grande novidade e devem ser incluídos no arsenal diário da batalha contra os danos por corrosão. Aplicação fácil, cura rápida (mesmo quando aplicado imerso em água), aplicações com sistemas em serviço, e mínima preparação de superfície são os benefícios destes novos sistemas revolucionários. Perdas por corrosão podem ser eliminadas com esta tecnologia.

Palavras-chave: Revestimento externo, Surface tolerant, Corrosão**.**

1 Mestre, Engenheiro Químico, Diretor da HITA Comércio e Serviços Ltda. (distribuidor Belzona)

Introdução

O caráter e a extensão das medidas de prevenção da corrosão dependem da natureza do metal e do meio ao qual o metal é exposto. Quando focamos em revestimentos protetores, o mais importante para obter bom desempenho é a limpeza/descontaminação da superfície que será revestida. A presença de graxas, óleos, produtos de corrosão, sais, sujeiras ou outros materiais estranhos, afetarão a aderência, continuidade e durabilidade do revestimento. Em geral, é correto concluir que o revestimento é limitado pela superfície em que será aplicado. (Não é melhor que a superfície em que será aplicado).

Entretanto, em serviços de campo, a realidade é que superfícies cuidadosamente preparadas e condições de aplicação que sigam as recomendações dos fabricantes nem sempre são possíveis. Em uma instalação industrial típica, diretrizes de segurança e meio ambiente restringem a possibilidade de realizar a preparação de superfície recomendada. Operações de jateamento abertas, que forneçam o perfil adequado estão com alto grau de restrições. Conseqüentemente, para não ter que passar por meticulosos processos de preparação de superfície, com limpeza, desengraxamento e escarificação mecânica, medições do avanço da corrosão são realizadas para definir o momento de programar parada para reparo e/ou substituição do equipamento/sistema.

Embora não são os primeiros deste tipo, os novos sistemas apresentados neste trabalho, desenvolvidos por Jevon Pugh, especialista de Belzona Ltd (UK), oferecem excelentes vantagens e propriedades não comumente observadas. Com as formulações modernas, estes epóxis toleram umidade e óleo. Poder trabalhar sobre fraca preparação de superfície e exigir menos tempo de preparação não é todo que estes sistemas oferecem, eles também permitem aplicação sobre superfícies quentes ou sobre superfícies molhadas (ou em imersão), conseguindo alta aderência, cura rápida e propriedades de resistência à corrosão. Outras características destes compostos são: uso fácil, livre de compostos orgânicos voláteis (Zero VOC's) e alta eficiência. O nosso trabalho expõe os resultados de testes de laboratório e experiências de campo que reforçam a utilidade destes produtos.

Desenvolvimento

Os sistemas epóxis típicos consistem de dois componentes que reagem formando um material inerte. Uma parte, por exemplo, a parte A, consiste de uma resina epóxi, enquanto o componente B é um agente solidificador, ou catalisador. A alta aderência dos epóxis às superfícies metálicas é devido à poderosa força polar quando em contato com o substrato, e sua habilidade de deslocar ar e outros contaminantes, como água. A expectativa dos valores de resistência ao cisalhamento, isto é, aderência sobre o substrato metálico (ASTM D1002), varia de 1500 a 3200 psi, dependendo do metal e do grau de preparação mecânica da superfície.

No nosso trabalho apresentado no COTEQ de 2003, abordamos as limitações dos revestimentos tolerantes a superfície e seus modos de ação: conversão da corrosão a magnetita, conversão de Oxido de Ferro a outros compostos e inertização de sais solúveis. Testes de campo realizados por Thomas em 1991 sobre barreiras contra corrosão e o período para que a corrosão penetre concluíram que nenhum dos sistemas testados oferece proteção de longo tempo.

Para sistemas operando em temperaturas baixas, a adição de plastificantes especiais em epóxis de alta performance curados com poliaminas parece ser um caminho que permite garantir a boa

aderência mesmo quando aplicados sobre superfícies molhadas e/ou contaminadas com óleo. Os plastificantes se hidratam, absorvendo a água do substrato.

Já para altas temperaturas, epóxis mono componentes tem sido formulados como revestimentos tolerantes a superfícies fracamente preparadas que oferecem muito mais do que simplesmente facilidade de uso. Da mesma maneira que os epóxis bi componentes, e como o nome implica, uma resina epóxi é usada como polímero. A incorporação de um ácido de Lewis e aminas complexas como bloco, ou latente, permitem que o sistema fique em estado de latência a temperatura ambiente, mais com cura rápida em ambos, glicidil éter e olefinas epoxidizadas, quando a temperatura é elevada até o ponto em que os complexos se dissociam.

Requerimentos

Os rigores da indústria pesada, incluindo geração de energia, refino de petróleo, fabricas petroquímicas, etc. jogam uma razoável responsabilidade sobre os especialistas no controle da corrosão. Considerações ambientais, alto custo de paradas operacionais, prazos e resultados necessários são todos componentes críticos na operação de uma planta. Soluções com revestimentos existentes são sempre uma vantagem. Por anos, epóxis com altos teor de sólidos tem sido usados para resolver um grande número de problemas. Epóxis 100% sólidos têm sido usados com grande sucesso seja reforçando uma seção de uma tubulação ou substituindo solda tradicional para evitar corrosão sob tensão (SCC) ou revestindo um vaso isolado para controlar Corrosão Sob Isolamento. Recentemente, o desenvolvimento de dois novos sistemas têm oferecido uma alternativa de sucesso como opções de reparo e revestimento.

Um dos sistemas citados acima, (nas suas consistências pastosa e fluída), se baseia em epóxis mono componentes ativados termicamente. Isto diminui o tempo de aplicação, e elimina qualquer problema de mistura inerente aos epóxis típicos. A cura pode acontecer com aquecimento entre um mínimo de 75° C e um máximo de 150° C. O sistema é complementado com cargas resistentes a corrosão que lhe conferem manuseabilidade, resistência mecânica e durabilidade. Mais importante ainda, os sistemas oferecem alta aderência mesmo em substratos preparados manualmente. A necessidade de perfil de ancoragem não é exigência proibitiva para sua aplicação.
Para o material de consistência pastosa, foram realizados testes de laboratório que demonstram valores de aderência altos sobre aço jateado (3500 psi), aço preparado com lixadeira (cintas abrasivas), e aços abradidos manualmente. De fato, a diferença de adesão entre estes substratos referidos não compromete o desempenho do sistema. A Tabela 1 ilustra claramente os níveis de alta aderência alcançados quando o sistema é curado a 70-100° C. Adesão excepcional (3200 psi) é observada quando a cura é a 120° C, a temperatura de distorção térmica (HDT) do produto. Quando curado a 100° C, o sistema exibe resistência à compressão de mais de 18000 psi e resistência à flexão de 9000 psi. O aquecimento apresenta varias regras, se a temperatura é superior a 100° C, 15 minutos de cura é suficiente para atingir alta aderência, e a pós-cura por maior tempo aumenta as propriedades físicas e mecânicas.

TABELA 1 – RESULTADO DOS TESTES DE ADERÊNCIA - FORMULAÇÃO PASTOSA

Substrato	Descrição da Superfície	Preparação	Temp. Cura,C	Temp. Teste,C	Aderência (psi)	Tração (psi)
Aço Comercial	Conforme fornecido p/ fabricante de Aço. Perfil de rugosidade negligenciável	Sem preparação. Só Limpeza.	100 100	20 100	2000 2280	710 -
Aço Lixado	Conforme fornecido p/ fabricante de Aço. Perfil de rugosidade negligenciável	Preparação de Superfície com Cinta Abrasiva P36 (lixadeira).	70-100 120 70 100 120	20 20 70 100 120	2450-2570 3200 2400 2320 1560	1000 - - - -
Aço corroído	Exposta ao tempo por 3 meses. Corrosão significativa c/ pites, grau C, ISSO 8501-1.	Remoção da corrosão superficial com escova rotativa.	100 100	20 100	- 830	260 -
Aço corroído, preparado com escova rotativa	Exposta ao tempo por 3 meses. Corrosão significativa c/ pites, grau C, ISSO 8501-1.	Preparado com escova de aço vigorosamente - St2 (ISO 8501-1).	100 100	20 100	1180 2240	280 -
Aço corroído, Abradido manualmente	Preparado a ISO 8501-1 St3 (superfície com corrosão firmemente aderida, aparecendo partes de metal limpo)	ISO 8501-1, grau C, corrosão removida com escova de aço, e abradida firmemente com papel de lixa P36.	100 100	20 100	2550 2410	390 -

Aplicações típicas para o produto de consistência pastosa incluem reconstrução de faces de flanges distorcidas, preenchimento de alvéolos ou áreas corroídas em tubulações, corpos de válvulas e bombas, em paredes de torres absorvedoras e de destilação, em tanques de condensado, “solda” de chapas de reforço sobre áreas quentes comprometidas, etc.

O epóxi mono-componente termicamente ativado, de consistência fluida, é intrinsecamente similar à formulação de consistência pastosa. Entretanto, tem suas características específicas. Também é seguro quando aplicado sobre superfícies metálicas quentes, e é tolerante à preparação de superfície. Também é fácil de usar e não requer misturas. Sendo de consistência mais fluida, ele pode ser aplicado com um pincel ou rolo. Para eliminar riscos de falhas, é aplicado em camadas múltiplas, usualmente em duas camadas. O tempo entre camadas à temperaturas acima de 100º C é de APENAS 15 minutos. Um dos nichos de áreas de aplicação é o controle de corrosão sob isolamento. Tem o grande benefício de poder ser aplicado sobre superfícies quentes sem parar o equipamento requerendo preparação de superfície mínima.

Os valores de adesão são sempre superiores à formulação pastosa para o mesmo perfil. Até a temperatura de distorção térmica (HDT) o produto permanece estável, e sua aderência, como mostrado na Tabela 2, acompanha as expectativas. Com temperaturas de cura entre 75 e 150º C, a aderência estará entre 2840 e 3240 psi. Resultados de nevoa salina (salt spary), usados para estabelecer a resistência à corrosão dos revestimentos, são encorajadores. Pela ASTM B117,

depois de 1000 horas em uma cabine de nevoa salina a 35° C, um dos painéis de teste (sem risco, manualmente preparado) no apresentava corrosão. O segundo painel (riscado em X, manualmente preparado) apresentou corrosão desprezível.

TABELA 2 – RESULTADO DOS TESTES DE ADERÊNCIA - FORMULAÇÃO FLUIDA

Substrato	Descrição da Superfície	Preparação	Temp. Cura,C	Temp. Teste,C	Aderência (psi)	Tração (psi)
Aço Comercial	Conforme fornecido p/ fabricante de Aço. Perfil de rugosidade negligenciável	Sem preparação. Só Limpeza.	100 100	20 100	2930 2940	950 -
Aço Lixado	Conforme fornecido p/ fabricante de Aço. Perfil de rugosidade negligenciável	Preparação de Superfície com Cinta Abrasiva P36 (lixadeira).	70-150 70 100 120 150	20 70 100 120 150	2840-3240 2800 2840 2950 600	1000 - - - -
Aço corroído	Exposta ao tempo por 3 meses. Corrosão significativa c/ pites, grau C, ISSO 8501-1.	Remoção da corrosão superficial com escova rotativa.	100 100	20 100	- 1380	350 -
Aço corroído, preparado com escova rotativa	Exposta ao tempo por 3 meses. Corrosão significativa c/ pites, grau C, ISSO 8501-1.	Preparado com escova de aço vigorosamente - St2 (ISO 8501-1).	100 100	20 100	2240 1720	350 -
Aço corroído, Abradido manualmente	Preparado a ISO 8501-1 St3 (superfície com corrosão firmemente aderida, aparecendo partes de metal limpo)	ISO 8501-1, grau C, corrosão removida com escova de aço, e abradida firmemente com papel de lixa P36.	100 100	20 100	3400 2600	500 -

Aplicações típicas para o produto de consistência fluida incluem proteção de equipamentos e tubulações isoladas ou não, que trabalham a temperaturas altas, em serviços realizados sem parada operacional, entre outras.

O outro sistema proposto, para aplicação sobre superfícies frias ou molhadas, contaminadas, é composto por formulação epóxi livre de solventes, curada com poliaminas, com adição de plastificantes que absorvem água. Este sistema foi desenvolvido buscando facilidades de campo, logo, é aplicável por pincel ou rolo, em camada única ou duas camadas, permite aplicação sobre superfícies preparadas manualmente (remoção de toda ferrugem solta, não requerendo perfil jateado) e é tolerante a superfícies contaminadas com óleos ou sais. Outras características que Jevon Pugh conseguiu nestes sistemas é que podem curar em imersão e tem excelente resistência a corrosão (duradoura), e, como visam grandes coberturas, tem boa relação custo benefício. Adicionalmente, eles apresentam flexibilidade e resistência ao impacto.

TABELA 3 – RESULTADO DOS TESTES DE ADERÊNCIA – SISTEMA PARA FRIO

Todos os testes foram realizados sobre chapas de aço comercial , conforme fornecido pelo fabricante, com perfil de rugosidade negligenciável.

Substrato	Preparação	Temp. Teste, C	Aderência (psi) ASTM D1002
Aço Lixado	Seco, limpo e lixado.	20 -30	1460
Aço Jateado	Seco, limpo e Jateado.	20 -30	1660
Aço Lixado	Em imersão em água, com lixamento.	20 -30	1300
Aço Jateamento	Em imersão em água, com jateamento.	20 -30	1600
Aço Lixado	Contaminado com óleo, com lixamento.	20 -30	1360
Aço Jateamento	Contaminado com óleo, com jateamento.	20 -30	1390

Os resultados obtidos em laboratório, e verificados em serviços de campo, atestam a grande tolerância deste produto a diferentes tipos de limpeza e preparação de superfície.

Seguem exemplos de trabalhos industriasi que confirmam os testes de laboratório.

Exemplos de Campo

Exemplo 1 - Serviços Com Produtos Termicamente Ativados

Equipamento

Cabeçote de condensador de Processo (180° C).
Petroquímica/Ba

Problema

Vazamento (furo) com perda de vácuo e comprometimento da continuidade operacional.

Solução

Epóxi mono componente termicamente ativado, de consistência pastosa, usado para vedar vazamento com a planta em operação. Serviço realizado em out/2002.

Exemplo 2 - Serviços Com Produtos Termicamente Ativados

Equipamento

Vaso de condensado operando a 85º C (Refinaria na Inglaterra)

Problema

Corrosão Sob Isolamento severa sobre o casco do vaso que poderia precisar de parada para seu reparo.

Solução

Corrosão solta foi removida com escova rotativa, limpo e desengraxado, seguido por imediata aplicação do epóxi mono componente termicamente ativado, de consistência fluida.

A inspeção depois de 12 meses mostrou o sistema em perfeitas condições.

Exemplo 3 - Serviços Com Produtos Termicamente Ativados

Equipamento

Linha de Água Raz operando a 180º C (Se)

Problema

Corrosão Sob Isolamento. Necessidade de proteger sem parada operacional.

Solução

Corrosão solta foi removida com escova rotativa e escova de aço. Seguido por imediata aplicação do epóxi mono componente termicamente ativado, de consistência fluida. Evitando perda de produção. Cliente reporta maior desempenho deste sistema em relação aos sistemas tradicionais.

Exemplo 4 - Serviços Com Produtos Termicamente Ativados

Equipamento

Três estágios de evaporador operando entre 70 a 160° C (Al)

Problema

Corrosão Sob Isolamento. Necessidade de proteger sem parada operacional.

Solução

Corrosão solta foi removida com hidrojateamento e escova rotativa. Preparação de superfície foi com escova de aço. Seguido por imediata aplicação do epóxi mono componente termicamente ativado, de consistência fluida. Em operação desde 2002.

Exemplo 5 - Serviços Com Produtos Termicamente Ativados

Equipamento

Vaso de Glicol operando a 80° C (Se)

Problema

Corrosão Sob Isolamento. Necessidade de proteger sem parada operacional.

Solução

Corrosão solta foi removida com escova rotativa e escova de aço. Seguido por imediata aplicação do epóxi mono componente termicamente ativado, de consistência fluida. Evitando perda de produção. Serviço realizado em abril de 2004.

Exemplo 6 - Serviços Com Epóxi com Plastificantes Especiais

Equipamento

Tubulação de Over Board (RJ)

Problema

Linha nova com revestimento soltando. Necessidade de revestir na plataforma, com preparação manual da superfície, garantindo cronograma de parada.

Solução

Lixamento com papel de lixa, e imediata aplicação do epóxi com plastificantes especiais. Apesar de arranhado durante montagem das tubulações, o sistema NÃO soltou. Aplicado em 2004, inspecionado em 2007. Sucesso!. Tubos não revestidos com esta tecnologia mostraram presença de corrosão severa.

Exemplo 7 - Serviços Com Epóxi com Plastificantes Especiais

Equipamento

Coluna de com seção trabalhando em temperaturas de 0 a 9º C. (Se)

Problema

Necessidade de proteger sem parada operacional, com substrato molhado.

Solução

Corrosão solta foi removida com escova rotativa e escova de aço. Seguido por imediata aplicação do epóxi com plastificantes especiais. Aplicado em 2005.

Exemplo 8 - Serviços Com Epóxi com Plastificantes Especiais

Equipamento

Testes em linhas com condensado (10º C) e com formação de gelo. Petroquímica (Ba) e Refinaria (RJ)

Problema

Corrosão Sob Isolamento. Necessidade de proteger sem parada operacional.

Solução

Preparação de Superfície com lima e escova de aço. Seguido por aplicação do epóxi com plastificantes especiais. O teste do Rio foi realizado em 2005, e se encontra em bom estado. O teste na Bahia foi em 2007, ainda não foi inspecionado.

Conclusões

Os produtos apresentados permitem ocupar duas lacunas na manutenção de sistemas que sofrem corrosão externa, os sistemas que operam a altas temperaturas e os sistemas que operam a baixa temperatura (com condensação).

Para sistemas operando a altas temperaturas, a formulação de epóxis mono componentes, termicamente ativados, oferecem um grande número de benefícios. De maior importância, estes sistemas possuem propriedades físicas e mecânicas significativas. Níveis de aderência superam os de muitos sistemas tradicionais, com a vantagem adicional de só requererem preparação de superfície muito leve. Em paralelo, estes sistemas podem ser usados sem paradas, na temperatura operacional dos equipamentos.

Para sistemas operando em baixas temperaturas e/ou com imersão, em zonas de variação de marés e/ou com condensação presente, a formulação epóxi com plastificantes especiais oferecem também excelentes benefícios, por absorverem os contaminantes da superfície (água e, em menor grau, óleo), por apresentarem alta aderência sem exigir elevado grau de preparação de superfície, com a vantagem que podem ser aplicados sobre superfícies molhadas. Por isso, estes sistemas também podem ser usados sem paradas operacionais, na temperatura operacional do equipamento a proteger.

Os exemplos práticos apresentados mostram que estes produtos dão ao usuário final a possibilidade de aplicar sistemas de revestimento de alta performance sem grandes exigências de preparação de superfície, permitindo medidas de controle de corrosão efetivas bem como evitar ou reduzir paradas. Na essência, estes sistemas são capazes de superar os obstáculos dos sistemas similares tolerantes a preparação de superfície. São capazes de formar uma aderência efetiva com o substrato, oferecendo o controle da corrosão requerido. Uma vez aplicados e completamente curados, se forma uma camada impermeável resistente à corrosão de grande durabilidade. Como resultado, eles cumprem a função primaria dos produtos efetivos de resistência à corrosão: Controlam as reações químicas que implicam na deterioração das superfícies metálicas através da corrosão.

Referências bibliográficas

Hita, Diego G.; **Revestimentos tolerantes a perfis de rugosidade fracos, aplicados sobre superfícies quentes** 7ª Conferência sobre tecnologia de Equipamentos, 10 Setembro, 2003, Santa Catarina (Coteq142_03)

Cabrera, R.F, **The development of Heat-Activated Coating Options to Control Corrosion**, NACE Corpus Christi Chapter, Sept, 2004.

R. M. Burns, W.W. Bradley, Protective Coating for Metals, p.22.

H. Lee, K. Neville, Handbook of Epoxy Resins, p. 11-3