RECOMENDAÇÃO PRÁTICA
REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS

ABRACO RP RAC – 001
REV. 0 – JUNHO 2018

REVESTIMENTO ANTICORROSIVO

RECOMENDAÇÕESPARA PROTEÇÃO ANTICORROSIVA DE CONDIÇÕES ESPECIAIS

NOTA:

A Associação Brasileira de Corrosão alerta os usuários: o uso de suas recomendações práticas requer conhecimento e experiência. O uso inadequado das mesmas e consequentes resultados impróprios não se constituem responsabilidade da Associação.

ÍNDICE

1.0 - OBJETIVO 3

2.0 - CONCEITUAÇÃO DE CONDIÇÕES ESPECIAIS..... 3

3.0 - REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS PARA CONDIÇÕES ESPECIAIS .. 5

3.1 - Revestimentos Recomendados..... 5

3.2 - Condições Especiais em Cantos, Arestas, Cordões de Solda, etc. 8

3.3 - Interfaces Solo/Atmosfera e Água/Atmosfera..... 9

3.4 – Proteção de Base de Equipamentos – Bases de Tanques e Interface.... 9

Concreto/Aço na Proteção Passiva Corta Fogo. 9

3.5 - Proteção de Zona de Variação de Nível 9

3.6 - Condições Especiais que Requerem Revestimentos Especiais ou Esquemas Especiais de Pintura Anticorrosiva 9

3.7 – Serviços de Manutenção em Campo..... 11

4.0 - PROCEDIMENTOS DE REVESTIMENTO 13

5.0 - CONCLUSÃO 13

1.0 - OBJETIVO

Esta Recomendação Prática fixa orientações para revestimentos adequados às denominadas **Condições Especiais**, tais como: frestas, flanges e parafusos, pontos de apoio (suporte) de tubulações, locais de grande umidade, locais de acúmulo de água, apoio de estruturas, interface solo ou concreto/atmosfera e água/atmosfera, dentre outras.

2.0 - CONCEITUAÇÃO DE CONDIÇÕES ESPECIAIS

O que normalmente se chama de **Condições Especiais** são os aspectos de projeto que impactam o desempenho de revestimentos por tintas, por galvanização ou similares, tais como os seguintes casos.

- Frestas
- Apoios de tubulações
- Flanges e parafusos
- Acúmulo de água
- Interface de materiais dissimilares e de meios corrosivos
- Cordões de solda
- Cantos e arestas
- Zona de variação de maré e respingo.

- Serviços de manutenção em campo:
    - Reparos em campo de pinturas/revestimento externos em superfícies com alvéolos/pites.
    - Reparos em campo de pinturas/revestimento externos em superfícies frias e molhadas permanentemente.
    - Reparos em campo de pinturas/revestimento externos em superfícies quentes.

São também consideradas **Condições Especiais** os casos em que a pintura difere do esquema geral empregado, por exigência específica da condição de operação, como por exemplo: equipamentos e tubulações que trabalham em temperatura acima da ambiente, equipamentos e tubulações que trabalham em temperatura abaixo da temperatura ambiente. Há ainda outras situações que exigem esquemas especiais em face de características específicas a serem observadas, tais como: elevada resistência ao intemperismo, resistência à abrasão, alta umidade, dentre outras.

As figuras de 01 a 08 ilustram alguns exemplos de condições especiais.

Fig.01 - Apoio de estrutura
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 02 – Base de tanque de armazenamento
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 03 – Apoios de tubulações com abraçadeiras
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 04 - Flanges e parafusos
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 05 – Válvula e interface aéreo/enterrado
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 06 – Zona de variação de nível
(Cortesia IEC Engenharia)

Fig. 07 – Reparo de campo em pintura de T tubulação com pites/alvéolos (Cortesia HITA/Belzona)

Fig.08 – Corrosão sob revestimento com concreto para proteção passiva corta fogo (Cortesia IEC Engenharia)

3.0 - REVESTIMENTOS ANTICORROSIVOS PARA CONDIÇÕES ESPECIAIS

3.1 - Revestimentos Recomendados

São consideradas **Condições Especiais** geradoras de frestas e interfaces os flanges, parafusos, ligações aparafusadas, talas de junção, ligações rebitadas, apoios e fixação de tubulações e estruturas, interfaces com concreto/solo/atmosfera, entre outras, para as quais recomenda-se os revestimentos indicados a seguir.

3.1.1 - Uso de revestimentos epóxi (revestimentos de alta performance e massas epóxi)

O uso de revestimentos epóxi de alta espessura e massas epóxi rígidas ou flexíveis oferecem boa proteção, no entanto ocorrem alguns casos em que as massas rígidas são quebradiças e de difícil remoção. Os revestimentos de alta espessura e as massas epóxi flexíveis constituem uma alternativa melhor quando as estruturas trabalham e, quando adequadamente aplicadas, podem ser removidas facilmente. É importante que o usuário se assessore com o fornecedor dos produtos para que seja preconizado o preparo da superfície adequado, bem como outros aspectos sejam considerados, como proporção de mistura, vida útil da mistura e limitações do revestimento e recomendações para aplicação em campo nas condições operacionais. A figura 09 mostra um flange revestido com massa epóxi.

Fig. 09 – Revestimento com massa epóxi

(Cortesia: Sherwin Williams)

3.1.2 - Uso de encapsulador bipartido

Os encapsuladores podem ser plásticos ou metálicos e são utilizados para proteger flanges contra corrosão, criando uma barreira física entre o metal e a atmosfera. Como vantagem, contam ainda com a aplicação de um inibidor volátil de corrosão na sua parte interna, que ajuda no

controle da corrosão além de poderem ser removidos para inspeção e reinstalados novamente. Tem como desvantagens a necessidade de usar encapsuladores de tamanhos diferentes para diâmetros diferentes (manter estoque) e o fato de possuírem partes móveis que se não forem bem apertadas e vedadas possibilitam a entrada de eletrólito no compartimento, bem como a saída e consumo do inibidor de corrosão. As figuras 10 e 11 mostram exemplos de encapsuladores.

Fig. 10 – Encapsulador polimérico

Fig. 11 - Encapsulador metálico

3.1.3 - Uso de compostos resinosos aplicados por fusão

Esses sistemas usam um polímero termoplástico que é sólido à temperatura ambiente, mas líquido a temperaturas mais altas. Os polímeros são adicionados a um funil de um equipamento especial de aplicação que, primeiro, derrete os cavacos (a temperatura aproximada de 150 °C) e, em seguida, pulveriza o polímero líquido no substrato. Quando esfriar, o polímero termoplástico endurece para fornecer uma barreira elástica contra corrosão. Este sistema também oferece a vantagem de, depois de cortar o polímero de um reparo, ele poder ser refundido, reciclado e reutilizado para outras aplicações.

Estes compostos têm sido aplicados especialmente em flanges e parafusos. Apresentam como vantagens a facilidade de remoção e o reaproveitamento. Como desvantagem, há necessidade do uso de uma pistola com aquecimento (trabalho a quente) o que limita seu emprego em certas áreas classificadas. A figura 12 mostra um flange revestido com resina, por fusão.

Fig. 12 – Revestimento com compostos resinosos por fusão
(Cortesia: Tecnofink)

A aplicação do produto requer equipamentos especializados (pistola com aquecimento). Além disso, embora o polímero possa ser cortado para permitir o acesso para manutenção, ele não é facilmente selado e, portanto, será necessária uma reaplicação completa do produto, quando aberto. Devido à necessidade de fundir o polímero, esta solução envolve trabalho a quente e isto deve ser considerado em certas aplicações industrias.

3.1.4 - Uso de compostos elastoméricos emulsionados em água e aplicados a frio

Estes compostos têm sido utilizados para todas as condições especiais geradoras de frestas. Apresentam como grande vantagem a elevada proteção anticorrosiva por barreira, a facilidade de aplicação e de remoção no caso de flanges e parafusos. Como desvantagem, especificamente para os elastômeros, pode-se citar a fraca resistência a solventes quando em imersão, mas possui boa resistência a emanações. Também não resiste à imersão em água. Para vedação de frestas em revestimentos por tintas deve ser aplicado após a finalização da aplicação do revestimento.

Possuem boa aderência sobre substratos de aço carbono, aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio e concreto, com pouca preparação de superfície.

É importante que o usuário se assessore com o fornecedor dos produtos para que seja preconizado o adequado preparo da superfície, bem como outros aspectos sejam considerados, como limitações do revestimento, recomendações para aplicação em campo, nas condições operacionais.

A Figura 13 mostra um flange revestido com compostos elastoméricos.

Fig. 13 – Revestimento com compostos elastoméricos
(Cortesia: Tinoco Anticorrosão)

3.1.5 Revestimento com poliéter silil

São revestimentos compostos de resinas poliméricas à base de poliéter silil terminado. A utilização deste material juntamente com desmoldante (e também inibidor de corrosão) à base de hidrocarbonetos, proporciona uma proteção flexível com a vantagem de ser re-selável, ou seja, permite a inspeção da região protegida (região interna do revestimento) e consecutiva aplicação de uma camada adicional do revestimento, apenas na "janela de inspeção". A diferença em relação ao sistema anterior é que só haverá aderência nas extremidades, facilitando a remoção e reaproveitamento. As fotos da figura 14 mostram etapas do revestimento.

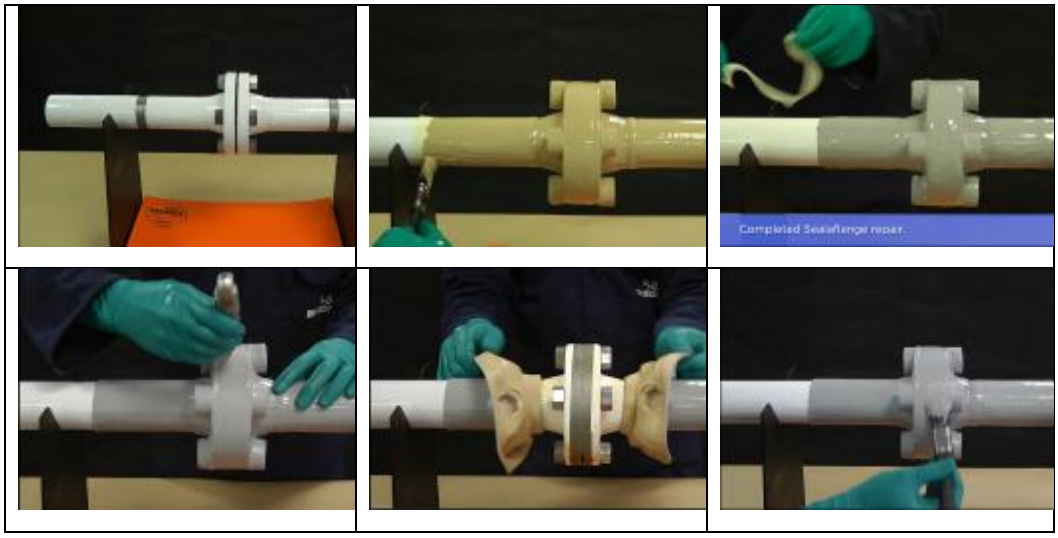

Fig. 14 – Revestimento com poliéter silil terminado
(Cortesia: HITA / Belzona)

3.1.6 - Uso de massas siliconizadas

Estes compostos também têm sido utilizados para todas as condições especiais geradoras de frestas e como reforço de proteção em cordões de solda. Apresentam como grande vantagem a elevada proteção por barreira, a facilidade de aplicação e de remoção. No caso de flanges e parafusos, a proteção dos parafusos pode ser complementada com uma cobertura de polietileno e graxas inibidoras de corrosão, o que torna ainda mais fácil a remoção da proteção aplicada e dos próprios parafusos. As massas siliconizadas possuem boa aderência sobre substratos de aço carbono, aço galvanizado, aço inoxidável e alumínio. A figura 15 mostra flanges revestidos com compostos de massa siliconizada.

Fig. 15– Revestimento com massas siliconizadas

(Cortesia: PETROENGE)

3.2 - Condições Especiais em Cantos, Arestas, Cordões de Solda, etc.

Para estes casos deve-se prover um reforço do revestimento como indicado na Recomendação Prática ABRACO - RP – PAC - 001 ou em documentos normativos similares.

3.3 - Interfaces Solo/Atmosfera e Água/Atmosfera

Devem ser usados esquemas de maior espessura como, por exemplo: epóxis sem solvente, epóxis fenólicos e epóxis betuminosos.

Caso o usuário queira retenção de cor e brilho, deve-se dar um acabamento resistente a raios ultravioletas.

3.4 – Proteção de Base de Equipamentos – Bases de Tanques e Interface Concreto/Aço na Proteção Passiva Corta Fogo.

Devem ser usados produtos de alta espessura, boa aderência, grande proteção por barreira e alta elasticidade/plasticidade. Os elastômeros emulsionados em água e aplicados a frio têm sido usados com bons resultados nesta aplicação.

O usuário deverá definir com o fornecedor as características do produto, a espessura desejada e o preparo de superfície.

3.5 - Proteção de Zona de Variação de Nível

Devem ser usados produtos de alta espessura, boa aderência, grande proteção por barreira. As massas epóxi poliamida têm sido usadas com bons resultados nesta aplicação, há mais de quarenta anos.

O usuário deverá definir com o fornecedor as características do produto, a espessura desejada e o preparo de superfície.

3.6 - Condições Especiais que Requerem Revestimentos Especiais ou Esquemas Especiais de Pintura Anticorrosiva

3.6.1 - Equipamentos e tubulações que operam em temperatura acima da ambiente

Para os equipamentos, estruturas e tubulações até 60ºC não há necessidade de esquemas especiais. Acima de 60ºC até 120ºC deve-se usar esquema que suporte esta condição como as tintas epóxi, as fenólicas, as epóxi-fenólicas e as ricas em zinco.

As superfícies isoladas termicamente e que operam em regime permanente não precisam ser revestidas contra a corrosão.

Deve-se observar, como exceção a esta regra, superfícies isoladas termicamente e sujeitas à CSI (Corrosão Sob Isolamento), que ocorre na superfície externa de equipamentos que não contam com uma proteção efetiva contra a infiltração de água e/ou umidade externa, sob o isolamento, e muitas vezes contendo agentes químicos agressivos presentes na atmosfera industrial. Neste caso é necessária a utilização de produtos que sejam especificados para atender condição térmica de cada situação. A maior taxa de corrosão nestes casos ocorre em temperaturas de 70 a 90°C, em sistemas abertos. Já em sistemas fechados, esta taxa de corrosão se mantém alta até temperatura de 140°C

Ainda com relação às superfícies isoladas, em casos de sistemas parados, ou seja, fora de operação, podem ser aplicados produtos que proporcionem resistência à CSI considerando que o isolamento térmico poderá ficar encharcado (molhado), pois existe o risco real da presença

de umidade no interior do isolamento térmico, em casos de infiltração na proteção de isolamento não efetiva. Então nestes casos deve-se buscar produtos de resistência à corrosão em temperaturas elevadas, e como o sistema estará parado, preparar a superfície com maior rigor (recomendação de jato abrasivo Sa 2 ½ e rugosidade de 75 μm).

Para os equipamentos e tubulações acima de 120ºC, sem revestimento térmico, deve-se usar esquemas que suportem esta condição como as epóxi-fenólicas, tintas de silicone e as ricas em zinco.

É importante que se tenha atenção para tubulações e equipamentos que são submetidos à limpeza interna com vapor (*steam out*), pois muitas vezes operam em temperatura baixa, porém são submetidas às temperaturas elevadas, durante a limpeza com vapor.

Em casos de sistemas onde for necessária aplicação das tintas/revestimentos com o sistema em operação, é necessária a utilização de produtos que possam ser aplicados sobre substratos quentes, apresentando boa aderência e cura completa nesta condição, garantindo a segurança do aplicador/pintor, e sem proporcionar risco de sinistro à planta industrial, utilizando produtos livres de solventes. A maioria destes produtos são termicamente ativados (precisam ser aplicados sobre a superfície quente).

Quando não for permitida preparação de superfície com jateamento seco, os sistemas selecionados devem também ser tolerantes em relação à preparação de superfície, isto é, produtos que tenham excelente aderência, mesmo em substratos com fraca preparação de superfície, como por exemplo preparação manual com escova de aço e lixa.

Se, ao fazer o revestimento com o sistema em operação, houver presença de alvéolos no substrato, recomenda-se observar o disposto no item 3.7 desta Recomendação Prática.

3.6.2 - Equipamentos e tubulações que operam em temperatura abaixo da ambiente e superfícies expostas a alta umidade

Em casos de sistemas parados, ou seja, fora de operação, podem ser aplicados produtos que mantenham suas propriedades mesmo em sistemas que irão operar continuamente em baixas temperaturas. Com sistema parado, a preparação de superfície recomendada é jato abrasivo Sa 2 ½, rugosidade de 75 μm).

Para os equipamentos e tubulações abaixo da temperatura ambiente, tendo ou não revestimento térmico, deve-se usar esquemas que suportem esta condição, como os epóxis e as epóxi-fenólicas com espessura adequada para imersão permanente, pois elas trabalharão sempre úmidas.

Caso exista a necessidade de proteger o substrato, com o sistema em operação, então se faz necessária a utilização de produtos que possam ser aplicados em superfícies frias e/ou com presença de umidade

constante, ou em casos extremos até completamente molhadas e/ou submersas. Nestes casos deve-se buscar produtos com tecnologia hidrofóbica e com obtenção de cura mesmo em situações adversas, como com presença de umidade/água e baixa temperatura. Aliado a isso, como o sistema estará em operação, geralmente não é autorizada a realização de preparação de superfície rigorosa como jato abrasivo. Logo também se faz necessária a utilização de produtos que tenham excelente aderência, mesmo em substratos com fraca preparação de superfície, como por exemplo preparação manual com escova de aço e lixa. Atualmente existem produtos que proporcionam boa aderência mesmo em substrato com presença de óleo residual, o que significa um grande diferencial, principalmente em instalações OFF-SHORE.

Se, ao fazer o revestimento com o sistema em operação, houver presença de alvéolos no substrato, recomenda-se observar o disposto no item 3.7 desta Recomendação Prática.

3.6.3 - Superfícies expostas à forte intemperismo

Devem ser usados esquemas com acabamento que resista à ação de raios ultravioleta como, por exemplo: poliuretano, poliuretano acrílico, polisiloxano.

3.6.4 - Superfícies expostas à abrasão

Devem ser usados esquemas que resista à ação abrasiva como, por exemplo: epóxis, epóxi fenólicas e poliuretanas, dentro de limites toleráveis para os revestimentos.

Os equipamentos de manuseio de sólidos, principalmente desbastadores, tremonhas, transportadores helicoidais, correias transportadoras e rolos de acionamento, são especialmente suscetíveis à abrasão e ao desgaste, devido à natureza dos materiais que processam.

A seleção do produto depende do tipo de abrasão e mais especificamente do ângulo que o material de desgaste tem ao impactar o substrato (ângulo de incidência).

O usuário deverá definir com o fornecedor as características do produto, a espessura desejada e o preparo de superfície.

3.7 – Serviços de Manutenção em Campo

3.7.1 - Reparos de revestimentos/pintura externa em sistemas com elevado grau de corrosão.

Nestes casos, é necessária uma análise prévia para verificar se a espessura residual está acima da mínima admissível. Se a espessura

residual estiver menor que a mínima admissível, será necessário fazer reparo estrutural conforme normas existentes, e não faz parte do escopo deste trabalho.

Uma das maiores causas da falha dos reparos em campo, é a aplicação direta de esquemas de pintura/revestimento sobre superfícies irregulares, com picos e vales superiores à espessura da proteção utilizada.

Para evitar este problema, é necessário eliminar as irregularidades antes de fazer o reparo da pintura. Isto poderá ser feito preenchendo as irregularidades com solda, ou fazendo uso das chamadas "soldas frias", ou massas epóxi de alta aderência. Isto é, a aplicação de revestimento/pintura deve ser realizada sobre uma superfície uniforme e contínua.

Se a opção for por aplicação de massa epóxi, deve ser considerado o procedimento de preparação de superfície permitido ou possível de realizar, para definir tipos de massas epóxi. Assim sendo, recomenda-se o que é exposto a seguir.

- Para superfície preparada com jato abrasivo seco, praticamente todas as massas epóxi de mercado darão bons resultados. A escolha deve recair no produto que tenha boa aderência e facilidade de aplicação.

- Para superfície preparada por hidrojateamento, recomenda-se utilizar massa epóxi tolerante à fraca preparação de superfície e à umidade.

- Para superfície preparada com ferramentas mecânicas ou manuais, recomenda-se utilizar massa epóxi tolerante à fraca preparação de superfície.

Outros fatores que influenciam o bom desempenho das massas epóxi são os seguintes:

- Para aplicações sobre superfícies molhadas, por imersão ou condensação, no momento de realizar o serviço, recomenda-se utilizar massa *surface tolerant* apropriada para essa aplicação.

- Para aplicações sobre superfícies contaminadas com óleo, no momento de realizar o serviço, recomenda-se utilizar massa *surface tolerant* apropriada para essa aplicação.

- Para aplicações sobre superfícies quentes, no momento de realizar o serviço, recomenda-se utilizar massa *surface tolerant* apropriada para aplicação sobre superfícies quentes, geralmente isentas de solventes e termicamente ativadas.

Dada esta variedade grande de situações, recomenda-se ao usuário definir com o fornecedor as características mais adequadas do produto, informando a espessura desejada e o preparo de superfície recomendado.

As fotos da figura 16 mostram reparos em superfícies com alto grau de corrosão e as fotos da figura 17 mostram aspectos da superfície acabada, inclusive uma delas após um período longo de exposição.

Fig. 16 - Superfícies com Elevado Grau de Corrosão

(Cortesia: HITA / Belzona)

Fig. 17 - Aspectos da superfície acabada em locais com elevado grau de corrosão, sendo que a foto da direita foi feita após 14 aos de exposição

(Cortesia: HITA / Belzona)

4.0 - PROCEDIMENTOS DE REVESTIMENTO

Qualquer revestimento a ser aplicado para atender a uma das **Condições Especiais** desta Recomendação Prática, deve ser definido de acordo com procedimento de execução ajustado entre o usuário e o(s) fornecedor(es).

5.0 - CONCLUSÃO

Na utilização de revestimentos anticorrosivos de estruturas de aço muitas vezes a proteção fracassa pela falta de um tratamento adequado às **Condições Especiais**, tais como: frestas, flanges e parafusos, apoiamento de tubulações, locais de grande umidade, locais de acúmulo de água, apoio de estruturas, interface solo/atmosfera e água/atmosfera, dentre outras. Selecionar um tipo de revestimento complementar para estas condições é fundamental para garantir a integridade dos ativos, mesmo que eles tenham revestimentos de qualidade adequada.