

“ASPERSÃO TÉRMICA NA CONSTRUÇÃO METÁLICA CIÊNCIA E ARTE” ⁽¹⁾

Autor: Luiz Cláudio de Oliveira Couto ⁽²⁾

Resumo: Este trabalho apresenta um breve histórico acompanhado do resumo teórico sobre uma forma eficiente de proteção anti-corrosiva muito aplicada na Europa e principalmente nos Estados Unidos para revestimento de estruturas metálicas, independente de suas dimensões, peso ou localização.

Inicialmente de vasta aplicação em estruturas e equipamentos industriais, mostraremos como atualmente este processo marca presença protegendo também as estruturas metálicas utilizadas na construção civil como estruturas de edifícios, galpões, armazéns, residências, pontes e viadutos, inclusive na proteção do concreto armado.

A arquitetura e o “design” também podem valer-se da utilização do processo de Aspersão Térmica (Metalização).

Veremos como a metalização pode reduzir os custos e tornar viável aplicações decorativas e a recuperação de antigüidades, revestindo peças de aço ou ferro com bronze, latão, cobre, zinco, alumínio, etc.

Palavras-chave: aspersão térmica, metalização, construção metálica, proteção anti-corrosiva, corrosão, concreto armado, bronze, latão, cobre, alumínio e zinco.

⁽¹⁾ “Aspersão Térmica na Construção Metálica – Ciência e Arte” Contribuição Técnica a ser apresentada no **CONSTRUMETAL 2006** – Congresso Latino-Americano da Construção Metálica – Setembro 2006 – São Paulo – SP – Brasil.

⁽²⁾ Engenheiro Metalurgista responsável pela Engenharia de Aplicações da Revex Brasil Ltda. e Revex Metalização Ltda.



Figura 1 - Aspersão térmica

1. INTRODUÇÃO

A aspersão térmica (Figura 1) é um dos processos mais indicados para utilização em situações onde o objetivo é proteger superfícies metálicas dos danos causados pela corrosão.

A degradação destas superfícies, além de prejudicar visualmente a condição da estrutura, leva a mesma a ter reduzida a sua vida útil e ao

comprometimento da segurança de todo o conjunto.

O peso, as dimensões e a localização da estrutura muitas vezes encarece ou até mesmo torna proibitivo a utilização de processos eficientes, devido à limitação de instalações, banhos ou fornos exigidos para a sua execução

2. ASPERSÃO TÉRMICA (METALIZAÇÃO)

2.1. Histórico

Referências históricas datam de 988 a.C. a utilização dos primeiros revestimentos metálicos decorativos, onde folhas de ouro muito finas eram coladas através de adesivos a outras superfícies, com o objetivo de recobri-las.

A imersão de uma peça metálica em outro metal fundido foi um dos processos que se seguiram.

Max Ulrich Schoop, um engenheiro suíço, comandando a sua equipe de pesquisadores, no início do século XX, buscava um tipo de revestimento que não utilizasse imersão ou adesivo. Inicialmente, com base num processo utilizado na Idade Média, onde partículas de metal fundido eram projetadas através de jatos de vapor ou ar comprimido, construíram um equipamento cujo ar, suprido através de um compressor, sofria aquecimento ao percorrer o interior de uma serpentina tubular sendo utilizado para transformar o metal fundido numa espécie de “spray” e ao mesmo tempo ejetá-lo em direção à peça previamente preparada.

Em 1910, foram desenvolvidos processos utilizando o metal fundido e em forma de pó. Já em 1912 a equipe de Scoop produzia um equipamento utilizando matéria-prima em forma de arame metálico fundido através de chama oxiacetilênica, direcionado (e transformado em “spray”) contra a superfície a ser revestida. Posteriormente, a equipe do Dr. Schoop, introduziu alguns aperfeiçoamentos obtendo uniformidade na chama, alimentação contínua do arame e segurança na operação.

Seguiram-se duas outras fases de maior desenvolvimento no processo, a primeira durante a 2ª Grande Guerra Mundial, quando a matéria-prima escassa, embora necessária, encontrava neste processo uma forma de redução de custos e tempo de reaproveitamento de peças e componentes. A segunda fase, contemporânea à chamada Guerra Fria, presenciou um acelerado desenvolvimento nas pesquisas de materiais e processos ligados à corrida aeroespacial.

2.2. O Processo



Figura 2 - Aspersão térmica à chama

Aspersão Térmica, Metalização, “Thermal Spray”, “Thermo Spray”, “Thermal Spraying” e “Metallizing” são os diferentes termos utilizados quando nos referimos ao processo onde materiais metálicos ou não metálicos, após pulverizados ainda na forma fundida ou semi-

fundida, são arremessados contra uma superfície previamente preparada.

O material pode estar em forma de pó, arame, vareta ou cordão, podendo ser: aço carbono, aço ligado, aço inoxidável, bronze, latão, cobre, zinco, alumínio, metal patente, ligas especiais, cerâmicas, carbetos, cermets, materiais sintéticos, etc.

A combustão dos materiais ocorre através da queima de gases ou arco elétrico.

As velocidades envolvidas, entre 80 e 1000 m/s, variam em função do processo e do material empregado.

A camada microporosa de estrutura lamelar é formada por uma mistura do material propriamente dito, seus óxidos e vazios, com porosidades que variam de 15,0 a 0,5 %.

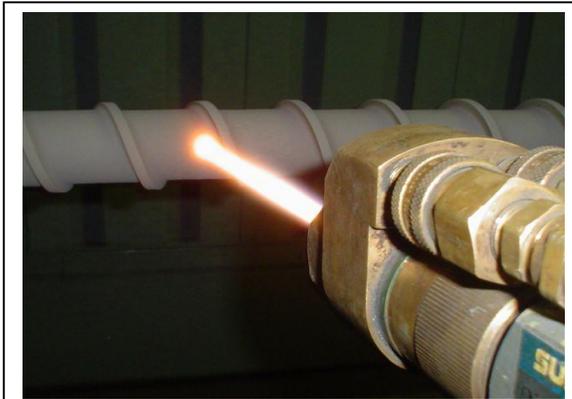


Figura 3 - Aspersão térmica hipersônica

Os processos são os mais variados como por exemplo: à chama (“flame spray”) (Figura 2), arco elétrico (“arc spray”), plasma (“plasma spray” ou APS: “Air Plasma Spraying”), hipersônico (HVOF: “High Velocity Oxi-Fuel”) (Figura 3), PTA (“Plasma Transferred Arc”), detonação (“D-gun”), etc.

Nas versões utilizadas na proteção anti-corrosiva, o processo de metalização torna-se extremamente versátil, uma vez que possui diversas vantagens, entre outras:

não é limitado pelo tamanho ou peso da estrutura a ser protegida ou pela sua localização, podendo ser executado nas dependências do fornecedor do serviço ou em campo, dentro das instalações do próprio cliente.

2.3. Utilização

Proteção contra corrosão, “design”/decoreção, recuperação dimensional. proteção contra desgaste, barreira térmica, condução térmica, barreira elétrica, condução elétrica, auto-lubrificação, bio-compatibilidade em implantes.

2.4. Aplicações

2.4.1. Construção civil e arquitetura

Edificações, pontes, viadutos, galpões, tanques de armazenagem, estruturas em usinas siderúrgicas, químicas e petroquímicas, hidrelétricas, térmicas e eólicas, instalações portuárias e aeronáuticas.

Grades, cercas, fachadas, estruturas e peças metálicas novas e antigas.

2.4.2. Indústria

Componentes de máquinas, processadores, tanques, comportas, torres, equipamentos e veículos rodoviários, vagões, caçambas, embarcações, equipamentos em plantas químicas e petroquímicas (principalmente em instalações “in-shore”, “off-shore” e embarcações ligadas à exploração de petróleo), saneamento (Figura 4 – HVOF), usinas siderúrgicas, hidrelétricas, térmicas e eólicas (Figura 5), equipamentos portuários e aeronáuticos, exaustores, trocadores de calor, chaparias, tubulações e estruturas metálicas em geral.



Figura 4 - Rosca transportadora

Áreas atendidas: alimentos, armazenagem, energia, metalurgia, mineração, montadoras, papel e celulose, petroquímica, plástico, química, saneamento, têxtil e transporte.

3. ESTRUTURAS METÁLICAS

3.1. Proteção Anti-corrosiva

Reconhecido como um processo eficiente de proteção anti-corrosiva em superfícies de ferro e aço, a aspersão térmica (metalização) também aqui conhecida como RAAT (Revestimento Aplicado por Aspersão Térmica) é um processo cuja utilização encontra-se atualmente em expansão em diversas áreas na indústria, na construção civil e na arquitetura.



Figura 5 - Estrutura de sustentação

A seleção do material mais adequado, bem como de sua espessura de camada, depende de vários fatores, entre eles o tipo da estrutura, a sua função, localização, o ambiente imediato, custos, vida útil pretendida, aparência, necessidade de manutenção, etc.

Existem normas internacionais (p.ex.: BS 5493), onde é definido, em função da localização da estrutura, o sistema mais adequado de proteção tais como: ambientes externos não poluídos,

poluídos, costeiros poluídos e não-poluídos, ambientes protegidos da atmosfera, internos, protegidos e normalmente secos, frequentemente úmidos, em contato com água doce ou salgada, em zona de “splash” (“spray”), submersas, sob altas temperaturas, em minas, enterradas, enclausuradas no concreto, refrigeradas, químicas, estradas e sob efeito de abrasão e impacto, fungos e bactérias.

Embora as instalações industriais estejam mais expostas à incidência de produtos corrosivos, as demais construções metálicas, ainda assim, não estão isentas dos efeitos resultantes da exposição nas regiões onde estas instalações sofrem a ação das atmosferas: marinha (zonas costeiras com estruturas totalmente

expostas (aéreas), semi-submersas (linha d'água) ou totalmente submersas), industrial (presença de dióxido de carbono, dióxido de enxofre, ácido sulfúrico, sulfeto de hidrogênio e demais gases corrosivos na atmosfera) e rural.

3.2. Materiais depositados

Camadas de zinco e alumínio aplicadas através do processo de aspersão térmica, embora microporosas, proporcionam proteção anódica em relação ao aço ou ferro, atraindo para si a corrosão que agiria sobre a estrutura, protegendo desta forma a sua superfície.

A ação galvânica resultante da conexão elétrica de metais diferentes através de um eletrólito deve ser considerada no projeto de uma construção metálica.

O zinco 99,9% utilizado no processo de metalização possui pureza maior do que o zinco utilizado no banho de galvanização, e portanto mais protetivo.

A pintura quando necessária, é executada sobre uma superfície com ótimo perfil de ancoragem, resultante do jateamento e posterior deposição de partículas metálicas (zinco ou alumínio) sobre o aço ou ferro.

3.3. Aplicações:

Pontes: O Brasil não possui tradição na construção de pontes metálicas porém em outros países há históricos de estruturas deste tipo protegidas há 70 anos através da utilização do processo de aspersão térmica, com a deposição de zinco e alumínio.

Este processo foi escolhido como alternativa à pintura em função dos altos custos envolvidos em pinturas freqüentes tendo como resultado o incômodo do trânsito impedido e o menor período de proteção da estrutura.

As primeiras estruturas deste tipo, metalizadas com zinco nos Estados Unidos, foram as pontes Kaw River na cidade de Kansas, Mo revestida em 1936 e a ponte da Avenida Ridge em Filadélfia, revestida em 1938, ambas intactas (comparado com o sistema de pintura mais adequado para pontes rodoviárias, à base de "primer" orgânico rico em zinco e epóxi onde a vida útil prevista é de apenas onze anos ou menos).

Aplicações em junho de 1985 em uma longa ponte (100 pés) em Ohio 229, Morrow County e em outubro do mesmo ano a ponte Moses Causeway sujeita à atmosfera marinha em Long Island. Em julho de 1986, a ponte localizada na Ohio 314, sobre a Interestadual 71, numa extensão de 400 pés (área de 26.000 pés² durante 6 semanas).

4. PROTEÇÃO NO CONCRETO ARMADO

4.1. Corrosão

Embora de alta resistência à compressão, o concreto comumente utilizado caracteriza-se pela sua baixa resistência à tração (os mais comuns de resistência moderada situam-se entre 20 e 40 MPa, embora já existam alguns que alcançam os 130 MPa).

Dois materiais (concreto e aço) quando associados (concreto armado) tornam-se materiais de construção compatíveis, não apresentando desta forma, problemas de dilatação térmica, melhorando a resistência à tração do conjunto, quando utilizado na construção de edificações, pontes, etc..

Quando não executada de forma adequada, a blindagem exercida pelo concreto sobre o aço, pode não ser suficiente para impedir a ação de íons agressivos ou de substâncias ácidas presentes em atmosferas marinhas, urbanas e industriais, sendo os principais os íons cloreto (Cl-) e o dióxido de carbono (CO₂) respectivamente. Este tipo de corrosão pode provocar o deslocamento da camada que recobre a armadura, causando à mesma um alto índice de corrosão.

Nestes locais, é comum a realização da recuperação do concreto armado através do corte do concreto, efetuando a limpeza, desoxidação e colmatação das armaduras com resina polimérica e, finalmente, a aplicação da argamassa ou concreto de recuperação.

Hoje já se sabe que este sistema tradicional de recuperação apenas atenua o processo de degradação, uma vez que a causa do problema (pilhas de corrosão) permanece atuando ao longo das armaduras, gerando novos deslocamentos.

Outro fato que ocorre com muita freqüência é a falta de análise dos potenciais (Volts) de corrosão com a semi-pilha na estrutura antes da recuperação.

A solução mais efetiva para interromper a corrosão no concreto armado é a proteção catódica, passiva (utilizando anodo de sacrifício) ou por corrente impressa (aplicação de corrente elétrica contínua).

Desde 1982, engenheiros especialistas em corrosão do Departamento de Transportes dos Estados Unidos utilizam-se da proteção catódica com pintura energizante (PCPE). Contudo, como variante a este processo, e de custo mais reduzido, utiliza-se também a proteção catódica com Zinco Termo Projetado (ZTP).

O ZTP é o processo de proteção catódica onde é fundida uma camada de zinco sobre as áreas já comprometidas ou com suspeitas de sofrerem corrosão. O metal depositado fornece um sistema de proteção catódica galvânica (CP) passiva (anodo de sacrifício) que aproveita a diferença de potencial entre o zinco e o aço da armadura, ou ainda, alimentando o revestimento através de uma pequena fonte retificadora (ICCP sistema de corrente impressa) com uma corrente contínua pré-dimensionada.

As primeiras investigações em relação ao uso do ZTP em estruturas de concreto nos EUA foram efetuadas em 1983.

Os altos níveis de alcalinidade dos eletrólitos acumulados na porosidade do concreto ($\text{pH} > 12,5$), somados às deficiências na construção e a ambientes desfavoráveis que cercam a estrutura, podem causar corrosão e comprometer a vida útil do concreto armado.

O ZTP é então aplicado após o corte do concreto seguido pelo jateamento, diretamente sobre a armadura exposta e por vezes sobre o restante da superfície de concreto.

O diagnóstico da estrutura toma como base a verificação do estado de corrosão através de semi-pilha, definindo assim as regiões comprometidas da estrutura bem como aquelas que já se encontram em estado terminal (desplacamentos).

Em seguida analisa-se o concreto quanto à contaminação por cloretos, e desta maneira: corrosão + contaminação ou sintomas de corrosão + deslocamentos + recuperações anteriores = necessidade de proteção catódica.

Após aplicado o ZTP, controles mensais podem ser realizados através da medição dos potenciais em volts, que agora polarizados, devem alcançar valores positivos das correntes de proteção.

Dependendo do grau de exposição da estrutura e da espessura do ZTP, pode ser obtida a interrupção do processo de corrosão durante 15 anos em média, a um custo anual igual àquele obtido com o método tradicional e paliativo que dura cerca de 5 anos. Portanto há um ganho expressivo nos custos indiretos gerados, devido à maior necessidade de manutenções intermediárias.

4.2. O Zinco

Atua como proteção catódica devido ao seu lento poder de troca galvânica com o aço empregado na construção metálica, tubulações e nas armaduras de concreto,

ainda que ocorram áreas onde o revestimento tenha sofrido alguma espécie de remoção. Trata-se de um metal de ótima aderência em diversos materiais.

4.3. Aplicações

Pontes, viadutos, tanques de armazenamento de líquidos (água, combustível, etc.), plataformas marítimas, sistemas de perfuração e produção de petróleo “offshore”, tubulações em geral, “risers” e estruturas submarinas, equipamentos portuários, torres, comportas e demais estruturas de usinas hidrelétricas, grades, postes, “guard-rails”, cabines primárias, painéis de comando, caixas de inspeção, lixeiras, caçambas, etc. e estruturas metálicas ou de concreto armado em geral obtêm ótima proteção anti-corrosiva através do processo de metalização.

5. METALIZAÇÃO NA ARQUITETURA E NO “DESIGN”

5.1. Materiais disponíveis e vantagens

Bronze, latão e cobre são alguns dos materiais disponíveis para utilização na arquitetura e “design”. Usados para recobrir materiais metálicos menos nobres como o aço, estes metais não-ferrosos podem ter os seus altos custos reduzidos e/ou otimizados desde que aplicados pelo processo de aspersão térmica, ou seja utilizados apenas como camadas, e ainda assim manter as suas características nobres como aspecto visual, e várias de suas propriedades físicas e químicas.

5.2. “Case”

Idealizada pelo francês Jules Martin em outubro de 1877 e após 15 anos, (com a construção efetivamente iniciada em 1889), o Viaduto do Chá foi inaugurado em 8 de novembro de 1892 (Figura 6).



Figura 6 - Viaduto do Chá original

Em 1938 a sua estrutura metálica original, importada da Alemanha, com piso de madeira, deu lugar após a sua demolição, a um novo viaduto construído em concreto armado com o dobro de largura.

Recuperado em 2000, o Viaduto do Chá, localizado no centro da cidade de São Paulo, teve as suas grades originalmente construídas em tubos de aço carbono, revestidos em latão pelo processo de aspersão térmica.

A reforma de suas grades foi necessária apenas devido ao ataque ocorrido nas extremidades fixadas à mureta de sustentação, onde alguns moradores de rua costumam urinar.



Figura 7 - Viaduto do Chá 2.006

Cortados em suas extremidades, soldados a novos pedaços de tubos de mesmo diâmetro após a remoção de todo o revestimento antigo, estas peças sofreram a devida restauração através da aplicação de nova camada de bronze e serão mantidas intactas por vários anos.

A empreiteira forneceu os tubos soldados e limpos e indicou o verniz a ser utilizado posteriormente. Revestidos tubo a tubo, as peças receberam uma primeira demão de verniz nas dependências do fornecedor e em seguida enviadas à empreiteira. Foram

devidamente montadas nas muretas e em seguida nova demão de verniz foi aplicada.

5.3. Aplicações

Este projeto mostra como é possível a utilização da metalização na recuperação de edificações, monumentos, estátuas e peças de arte e decorativas em geral.

Utilizando o processo de metalização, revestimentos decorativos podem ser aplicados atualmente em novos projetos arquitetônicos e decorativos como por exemplo em fachadas, portões, cercas, fontes, murais, pórticos, arcos, estruturas metálicas expostas e monumentos e peças metálicas em geral.

6. CONCLUSÃO

O processo de aspensão térmica garante durabilidade e integridade física às estruturas metálicas em geral como já comprovado na indústria, sendo potencialmente possível a sua utilização em escalas cada vez maiores na construção civil e arquitetura, não esquecendo de suas possibilidades decorativas.

7. BIBLIOGRAFIA

1. Estaton, W.
Sprayed Aluminium Coatings – Why, When, How ?
Metallisation Limited, England
2. Metco – Flame Spray Handbook Vol. 1 – Wire Process
Metco Inc., E.U.A.
3. Protective Coating of Iron and Steel Structures Against Corrosion –
British Standard Code of Practice for BS 5493: 1977 Section one/two, England
4. Birchfield, John R.
Zinc Metallizing Protects a Bridge
Welding Design & Fabrication, Oct 86, U.S.A.
5. Rodrigues, Joaquim
ZTP A Mais Eficiente Arma Contra a Corrosão de Concreto Armado
Rev. Recuperar jul/ago 1997, nº 18, pg.4/8, Brasil
6. Alvim, João Alfredo C.
Corrosão na Armadura do Concreto Armado: Influência dos Agentes Cloretos e
da Carbonatação
www.arquitetura.com.br - 16/05/2002, Brasil
7. Site: www.sampa.art.br
Fonte: Departamento do Patrimônio Histórico São Paulo – Viaduto do Chá
Consulta realizada em 26/07/06, Brasil
8. Couto, Luiz Cláudio de Oliveira
Anotações particulares 1.984/2.006, Brasil