

A QUALIDADE DAS TUBULAÇÕES ZINCADAS UTILIZADAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Fernando B. Mainier¹

Resumo: O processo de imersão a quente (*hot dip*) de tubos e conexões tem sido um dos métodos mais utilizados na proteção anticorrosiva. Entretanto, para o bom desempenho, deve haver um acompanhamento constante das especificações e das normas técnicas. As regras básicas de uma boa galvanização devem conciliar favoravelmente as ações normativas do fabricante dos tubos e do galvanizador. Este trabalho visa demonstrar a importância da qualidade do revestimento de zinco com base no conhecimento do processo de fabricação, nas especificações técnicas e nas inspeções que regem a qualidade final de tubulações utilizadas na construção civil.

Palavras-chaves: Corrosão, Revestimento de zinco, Qualidade.

Abstract: Hot dip galvanizing steel tubes and fittings after fabrication is one of the most widely used methods to provide corrosion protection. As a final step in the process, the hot dip galvanized coating is inspected for compliance with specifications. The most important rule of designing for galvanizing is that the fabricator and galvanizer should work together before the product is manufactured. This two-way communication can eliminate most issues that could delay or prevent superior galvanizing quality. The work aims at to demonstrate the importance of the quality of zinc-coated tubing's in the civil construction.

Key word: Corrosion, Zinc Coatings, Quality.

¹ Departamento de Engenharia Química, Escola de Engenharia, UFF
ENGEVISTA, v. 5, n. 10, p. 85-93, dez. 2003

1 – INTRODUÇÃO

Tem-se se notado, ultimamente, um crescimento acentuado dos processos de corrosão em tubulações de água potável em prédios residenciais, resultando em litígios na Justiça Civil, com ações de perdas e danos.

Muitos deles são atribuídos as tubulações de aço galvanizado (aço revestido com zinco), corroídas prematuramente devido à má qualidade dos revestimentos de zinco; ou, também às argamassas de cimento aditivadas com produtos químicos que, uma vez aplicadas nas paredes, acabam sendo agressivas a este material, ocasionando furos e vazamentos.

É objetivo deste trabalho demonstrar a importância da qualidade do revestimento de zinco com base no conhecimento do processo de fabricação, nas inspeções e nas especificações técnicas que regem o produto final. Além disso, numa visão crítica, são destacadas a corrosão dos tubos galvanizados e as considerações sobre a qualidade de tais produtos vendidos nas lojas de material de construção.

2 – O PROCESSO DE FABRICAÇÃO

A história confere ao Eng. Stanislaw Sorel, datada de 10 de maio de 1837, a primeira patente de imersão de peças de aço-carbono em zinco fundido. Ainda, historicamente, vale lembrar que os postes usados na telegrafia, por volta de 1858, já eram revestidos com zinco e desde 1910 o zinco já revestia as grandes torres de transmissão de energia elétrica.

O uso consagrado do zinco como revestimento desde aquela época tem levado a indústria de imersão a quente, nos Estados Unidos, a faturar anualmente 1,5 bilhões de dólares com uma utilização

de 400.000 toneladas de zinco. Provavelmente, em função do cenário das aplicações de zinco nos vários segmentos industriais que apontam 53 % para a galvanização enquanto o restante compreende 18 % na fabricação de latões, 17 % em ligas de zinco e 12 % em diversas aplicações, tais fatos mostram uma tendência acentuada do uso deste metal na próxima década. Desta forma, a utilização do zinco na proteção anticorrosiva vem ganhando espaço, principalmente, em torres de eletrificação, em perfis na construção de galpões e equipamentos industriais de grande porte.

O processo de zincagem a quente consiste, essencialmente, na imersão de peças de ferro fundido ou de aço-carbono em um banho de zinco líquido a fim de formar um revestimento resistente à corrosão. Durante a imersão há uma difusão entre o zinco líquido e o ferro, formando camadas intermediárias de uma liga de zinco-ferro, que depende do tempo de contato e dos constituintes metálicos presentes no banho de zinco líquido.

O processo consta, basicamente, na colocação das peças preparadas em um banho de zinco fundido por um determinado tempo para o recobrimento de zinco. Entretanto, na prática de galvanização, para obtenção de uma camada de zinco contínua e dentro de especificações, é fundamental estabelecer uma seqüência de procedimentos tendo em vista que o processo de revestimento é utilizado para diversos segmentos industriais, tais como: revestir arames, parafusos, tubos, peças fundidas de grande porte, etc. A seqüência de operações é apresentada no fluxograma da figura 1.

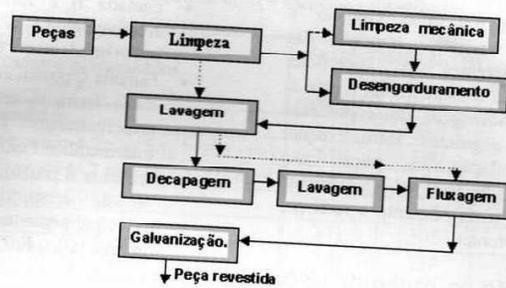


Figura 1 - Fluxograma do processo de zincagem a quente

2.1 - Limpeza

Nesta fase, considera-se a preparação inicial da peça constando de uma limpeza mecânica e de um desengorduramento visando à remoção de material sólido pouco aderente, óxidos, gorduras, graxas, óleos, restos de pintura, etc. Na limpeza mecânica podem ser usadas lixas, escovas de aço, espátulas, marteletes, escovas rotativas, esmerilhadeiras, etc.

O desengorduramento pode ser efetuado através de duas técnicas: soluções alcalinas ou solventes orgânicos. O uso de soluções alcalinas depende do tipo de material, da quantidade de sujidade e do serviço executado, compreendendo formulações à base de hidróxido, carbonato e silicatos de sódio. Os solventes orgânicos normalmente utilizados são à base de hidrocarbonetos alifáticos, aromáticos e organoclorados.

2.2 - Lavagem

A lavagem nesta fase é importante para evitar a contaminação da fase seguinte, principalmente tendo em vista que uma decapagem ácida é usada posteriormente.

2.3 - Decapagem ácida

A decapagem ácida é efetuada visando a remoção de carepas e óxidos aderentes à superfície metálica (Mainier, 1999). Geralmente, são utilizadas formulações à base de ácido clorídrico e ácido sulfúrico, sendo recomendado o uso de inibidores de corrosão para evitar

o desgaste acentuado das peças metálicas e ao mesmo tempo para minimizar a fragilização pelo hidrogênio. As soluções ácidas usadas variam de 5 a 15 % em volume e a temperatura do banho é da ordem de 60 a 70°C.

2.4 - Lavagem

A lavagem após a decapagem tem por finalidade remover vestígios de solução ácida nas peças que possam comprometer as etapas seguintes.

2.5 - Fluxagem

Esta operação compreende a ação de remoção de óxidos ainda aderentes à superfície metálica com uma mistura de cloreto de zinco e cloreto de amônio de tal modo a propiciar uma superfície limpa para melhorar a difusão entre as ligas ferrosas e o zinco fundido. Existem duas técnicas de aplicação denominadas de processo seco e processo úmido.

No processo a seco as peças ainda molhadas da lavagem após a decapagem são imersas em uma solução aquosa de cloreto de zinco e cloreto de amônio a quente. As peças são aquecidas numa estufa e posteriormente são levadas ao banho de zinco fundido. As principais vantagens referem-se à menor possibilidade de choque térmico, reduzindo, conseqüentemente, o risco de empenamento nas peças com pouca espessura. No processo úmido, a mistura de cloretos de zinco e de amônio é fundida e forma um "colchão" sobrenadante no banho de zinco fundido. As peças são introduzidas, lentamente, de

tal forma a não romper o “colchão” e propiciar uma excelente remoção das impurezas aderentes à superfície, conforme mostra o esquema da figura 2. As principais vantagens deste processo residem nos seguintes fatos: requer menor manipulação das peças; não necessita de estufas para pré-aquecimento das peças e é mais eficiente a remoção dos óxidos aderentes.

2.6 – Imersão no banho de zinco fundido

A peça, após passar na fluxagem, é colocada no banho de zinco fundido e deverá ficar imersa em função da espessura de revestimento que se deseja para a peça. O ponto de fusão do zinco puro é de 419,5°C, entretanto, em função de condições operacionais e das adições de outros metais ao banho, mantém-se a temperatura na faixa de 440 a 470 °C.

Em temperaturas superiores à faixa indicada, é possível esperar maior difusão entre o ferro e zinco, acarretando maior dissolução do aço e, conseqüentemente, maior teor de ferro no revestimento final. Terminada a operação de imersão, a peça é resfriada, ficando pronta para quaisquer outras operações subseqüentes.

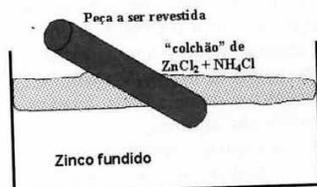


Figura 2 – Esquema de revestimento de zinco

3 – ESTRUTURA DA CAMADA DE ZINCO

O revestimento obtido em condições normais é formado por quatro fases intermetálicas entre zinco e ferro denominadas, respectivamente, de γ (gama), δ (delta), ξ (zeta) e η (eta), :

- camada η é formada de zinco relativamente puro com aproximadamente 0,02% de ferro.
- camada ζ possui cerca de 2 a 6 % de ferro, sendo formada principalmente com composto intermetálico $FeZn_{13}$;
- camada δ possui cerca de 7 a 12 % de ferro, sendo formada principalmente com o composto intermetálico $FeZn_7$;
- camada γ é a mais interna, junto à liga ferrosa, constituída de 21 a 28 % de ferro e dominando o constituinte $FeZn_{13}$;

4 – ESPECIFICAÇÕES E ENSAIOS DE PRODUTOS ZINCADOS

As normas brasileiras e internacionais referentes à zincagem por imersão a quente relacionam uma série de procedimentos que incluem a terminologia, as principais características físicas e mecânicas, os ensaios de desempenho, as condições operacionais, a segurança industrial, etc. Desta forma, são citadas, entre outras, as seguintes normas: ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), ASTM (American Society for Testing and Materials), DIN (Deutsches Institut für Normung), SAE (Society of Automotive Engineers), NACE (National Association of Corrosion Engineers). As especificações para produtos zincados serão apresentadas a seguir:

4.1 – Espessura e massa de zinco por metro quadrado

Geralmente, as espessuras de revestimentos de zinco por imersão variam de 20 μm a 200 μm , embora os valores normalmente utilizados situam-se na faixa de 70 μm a 100 μm . A maioria das normas não faz referência à espessura e sim à relação entre a massa de zinco por área revestida (g/m^2), de modo que 1g de zinco/ m^2 corresponde a 0,143 μm de espessura. A Tabela 1, apresentada a seguir, refere-se às especificações para produtos galvanizados de aço-carbono, baseadas em normas ASTM e ABNT.

Tabela 1 – Produtos de aço-carbono galvanizados

Produtos galvanizados	Revestimento zinco (g/m ²)		Espessura do revestimento (µm)	
	média	mínima	média	mínima
Aços e ferro fundidos	610	550	77	77
Laminados (espessura > 4,7 mm; larg ≥ 203 mm)	610	550	77	77
Laminados (espessura ≤ 4,7 mm; larg ≥ 203 mm)	457	371	65	54
Laminados (largura ≥ 203 mm)	397	336	57	44
Porcas e parafusos (φ ≥ 9,52 mm)	371	305	54	43
Porcas, rebites, pregos (φ ≤ 9,52 mm)	305	259	43	37

A determinação da espessura pode ser realizada através de medidores de espessuras baseados na variação de fluxo magnéticos segundo a norma ASTM E-376/96 (ASTM, 1996). A presença do revestimento promove uma alteração na medida do fluxo magnético e, através de padrões de várias espessuras, é possível estabelecer uma padronização.

A determinação da massa de zinco depositada por área (g/m²) é um parâmetro importante na qualificação de materiais zincados e está baseada nas normas ASTM – A 90/95 (ASTM, 1995a) e ABNT NBR7397-MB25-I (1990a).

O ensaio consta, primeiramente, da medida da área, da limpeza com solventes orgânicos e da pesagem do corpo-de-prova. Em seguida, os corpos-de-prova são imersos em solução de ácido clorídrico contendo inibidor de corrosão. Após a decapagem, os corpos-de-prova são lavados com água corrente, álcool, secos com ar quente e pesados.

Os resultados dos ensaios são determinados pela fórmula, a seguir:

$$\text{Massa de zinco (g/m}^2\text{)} = \frac{m_1 - m_2}{A}$$

m₁ – massa inicial do corpo-de-prova

m₂ – massa final do corpo-de-prova

A – área total do corpo-de-prova

4.2 – Uniformidade

Tendo em vista que as espessuras dos revestimentos de zinco são avaliadas

ENGEVISTA, v. 5, n. 10, p. 85-93, dez. 2003

pela média da massa de zinco depositada por metro quadrado, é fundamental que haja uma uniformidade nos depósitos visando a diminuir a probabilidade de falhas. A uniformidade é um fator importante na qualidade dos revestimentos zincados e o ensaio Preece é um método eficaz na avaliação da uniformidade dos depósitos de zinco, conforme atestam as normas ABNT - NBR7400 -MB25-IV (ABNT, 1990c).

O referido ensaio consta da colocação das peças zincadas em solução padronizada de sulfato cúprico (CuSO₄) e o ataque eletroquímico é controlado com o tempo de imersão determinado em um minuto. O cobre poroso depositado sobre a superfície zinco, produto da reação entre o zinco e a solução de sulfato cúprico, é retirado para novamente expor a superfície do zinco à solução cúprica. Quando a superfície do ferro fica isenta de zinco, pontual ou totalmente, o metal base (ferro) reage com a solução cúprica formando uma película aderente de cobre metálico. Nesse ponto o ensaio se encerra não havendo necessidade de nova imersão, pois o metal base foi atingido com um número de imersões de um minuto.

Este ensaio tem sido bastante contraditório quanto ao número de imersões aceitas como compatíveis com a qualidade do revestimento de zinco. Algumas especificações aceitam, no mínimo, seis imersões para as superfícies contínuas e quatro para as arestas.

4.3 – Aderência

Na maioria das vezes, em condições normais de uso, este processo oferece uma boa aderência entre o revestimento de zinco e a liga base. Entretanto, a perda da aderência pode ser resultante de vários fatores tais como: aumento localizado da espessura, preparação inadequada da superfície da peça, contaminação de metais durante o banho e imperfeições no revestimento. Existem vários métodos suportados nas normas ABNT-NBR7397-MB25-II (ABNT, 1990 b) para avaliar a aderência do revestimento de zinco ao metal base em função da forma e do tamanho das peças. Geralmente indicam que, após aplicação de uma força mecânica sobre uma lâmina revestida (corpo-de-prova), como por exemplo, um dobramento, não deve haver o descascamento da película.

4.4 – Defeitos e falhas nos revestimentos

O revestimento de zinco deve ser contínuo e isento de ondulações, bolhas, porosidades, escorrimientos, descascamentos, oxidação, etc. que podem comprometer o desempenho deste revestimento frente às condições normais de uso. Desta forma, a inspeção deve rejeitar os artefatos com esses defeitos.

5 – CORROSÃO DOS TUBOS ZINCADOS

A corrosão dos revestimentos de zinco pode ser avaliada sob duas óticas: a primeira refere-se à reação direta entre o zinco com o meio corrosivo e a outra à proteção catódica exercida pelo revestimento de zinco quando há falhas ou porosidades do próprio revestimento aplicado sobre aços-carbono.

Quando ocorrem falhas ou porosidades nos revestimentos zincados, o zinco funciona como anodo, enquanto a superfície do aço exposta ao meio corrosivo é protegida catodicamente conforme mostram as reações e o esquema apresentado na figura 3.

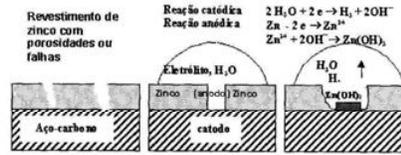
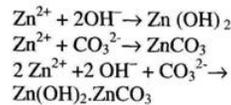


Figura 3 – Mecanismo da proteção catódica do revestimento de zinco

Segundo Almeida & Panossian (1999), sob a ação agressiva de atmosferas limpas e na presença de gás carbônico (CO₂), o produto de corrosão formado sobre as superfícies zincadas, de cor branca, são os hidróxidos de zinco juntamente com carbonato de zinco e carbonato básico de zinco conforme mostram as reações a seguir:



Como caso prático, é apresentada nas fotos, a seguir, a corrosão externa e interna de tubos de aço-carbono galvanizados (zincados), que foram retirados após vazamentos em uma área de serviço de um apartamento residencial.

Os referidos tubos atuaram por quinze anos com água tratada fornecida pela concessionária local. As fotos apresentadas na figura 4 mostram um ataque bastante agressivo tanto na parte externa da tubulação quanto na parte interna. A inspeção interna e externa dos tubos mostrou que os produtos de corrosão não são aderentes à superfície, constatando-se alvéolos ao longo da tubulação. As análises químicas dos produtos de corrosão de cor clara mostraram que são constituídos de carbonato básico de zinco [Zn(OH)₂.ZnCO₃] e hidróxido de zinco [Zn(OH)₂]. Já no depósito escuro verificou-se a presença de óxido férrico hidratado (FeOOH). Nota-se, também que, em algumas partes, tanto externa quanto interna, houve, praticamente perda da camada de zinco, devido ao

ataque bastante agressivo. Na parte externa, a intensa corrosão, provavelmente, foi provocada pela umidade reinante da argamassa, enquanto a corrosão interna foi provocada pela própria água tratada.

Outro fato que merece destaque é a determinação da camada de zinco nas áreas não atacadas, indicando que o tubo possuía durante a construção uma espessura média muito abaixo da especificação, com cerca de 20 μm (140g de zinco/m²). Tal fato relevante comprova que o material não atendia aos requisitos manifestados nos valores de espessura apresentados na Tabela 1.



(a)



(b)

Figura 4 - Corrosão de tubos galvanizados: (a) externa; (b) interna

ENGEVISTA, v. 5, n. 10, p. 85-93, dez. 2003

6 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

Reportando a Eco (1989), vale considerar concepções de que a humildade científica é o reconhecimento de que todos podem aprender alguma coisa de alguém e quem parece não valer grande coisa tem qualidades ocultas; e, quem pretende fazer pesquisa não pode, por princípio, desprezar nenhuma fonte.

Assim sendo buscaram-se, paralelamente, informações sobre a qualidade e a corrosão dos tubos e conexões de aço zincado ouvindo, em entrevistas semi-estruturadas, os vendedores e comerciantes de lojas de materiais de construção na região do Grande Rio para se saber até que ponto se davam conta da natureza e da extensão da corrosão com base na durabilidade destes materiais.

Os fragmentos das entrevistas realizadas com vendedores e comerciantes de materiais de construção reforçam a visível consciência das implicações da relação aparência/custo/qualidade. Contudo parece imperar o lado mercantilista do comerciante ao induzir a compra indiscriminada sob o atrativo do preço, em lugar de orientar o consumidor.

"Eu só sei que o cano é galvanizado. Não conheço o processo de fabricação e nem sabia que era revestido de zinco. ... não existe nenhuma especificação quanto à espessura do cano aqui na loja. Quando o cliente pergunta sobre a corrosão ... nós indicamos o uso de canos plásticos" (vendedor)

"Eu não entendo nada de canos galvanizados e nem aqui na loja somos informados sobre as especificações técnicas destes produtos. Não tenho a mínima idéia como são fabricados. Pela aparência dos canos tenho certeza que não vão resistir à corrosão. É o que acho". (vendedor)

“Algumas marcas de canos galvanizados são mais caras e fornecem especificações quanto à espessura e a durabilidade, entretanto são muito mais caras que as outras. Quando se compara a qualidade das peças zincadas mais baratas notam-se falta de brilho, escorrimientos e rebarbas. Mas a maioria da clientela só se preocupa com o preço, portanto eu acabo comprando para atender essa linha de aceitação”. (comerciante)

“Aqui na nossa loja seguimos a concorrência e procuramos vender pelos preços que o cliente pode pagar. Os canos e conexões que mostram laudos e especificações de espessura e durabilidade são mais caros do que os outros que não estampam a marca. Os pedreiros só compram os mais baratos. Eles não se importam, pois os canos vão ficar dentro das paredes”. (comerciante)

Do ponto de vista ético, até que ponto caberia, antes, ao comerciante informar a relação custo/durabilidade aos clientes e pedreiros com base nas normas técnicas, nas rotas de fabricação e até mesmo na qualidade e na responsabilidade social dos fabricantes?

Nas circunstâncias vigentes fica difícil para o consumidor, em certos momentos, optar pelo melhor material, ou por uma informação isenta de visão empresarial no ato da compra.

O comerciante, obviamente, tem consciência da má qualidade do produto oferecido pelo sistema empresarial, entretanto não toma posição a respeito, ficando o consumidor entregue à sua própria sorte.

A maioria dos problemas de corrosão que ocorre em tubos e conexões galvanizadas poderia ser evitada, se houvesse uma inspeção quanto a sua qualidade, e se houvesse um

ENGEVISTA, v. 5, n. 10, p. 85-93, dez. 2003

compromisso técnico-social entre os fabricantes de tubos e os galvanizadores obedecendo às normas e especificações técnicas vigentes.

Na parte interna de tubos e conexões para água potável (com cerca de 60-70 µm de espessura) a vida útil depende da agressividade da água, contudo, pode ser estimada entre 10 a 20 anos, enquanto o tempo de vida útil da parte externa dos tubos fixados em paredes construídas com argamassas dentro de certos controles é da ordem de mais de 30 anos.

Entretanto, o uso de certos aditivos à base de cloretos de cálcio pode destruir a passivação do zinco, segundo Chaves & Wolyneec (1989), aumentando consideravelmente a agressividade da massa e propiciando um ataque com redução drástica do tempo de vida útil.

Com base nas inspeções, nos ensaios laboratoriais e na literatura referenciada pode-se admitir que:

- O processo de revestimento de zinco por a quente de tubos e conexões de aço-carbono tem se mostrado uma excelente técnica de proteção anticorrosiva;
- Os revestimentos de zinco são perfeitamente adequados ao uso nas diversas situações da construção civil, sejam aparentes ou nos internos de lajes e paredes;
- O respeito às especificações e uma inspeção sistemática realizada por fabricantes e galvanizadores podem propiciar tubos e conexões com durabilidade compatível com seu uso;
- É importante ressaltar que as galvanizadoras e as lojas de materiais de construção devem informar aos usuários a espessura e o tempo de vida útil de tais materiais.

7- REFERÊNCIAS

ABNT - NBR7397-MB25-I, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco

por imersão a quente. Determinação da massa do revestimento por unidade de área, 1990a

ABNT - NBR7398-MB25-II, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da aderência do revestimento, 1990b

ABNT - NBR7399-MB25-III, Produto de aço ou ferro fundido revestido de zinco por imersão a quente - Verificação da espessura do revestimento por processo não-destrutivo, 1990c

ABNT - NBR7400-MB25-IV, Produto de aço ou ferro fundido - Revestimento de zinco por imersão a quente - Verificação da uniformidade do revestimento, 1990d

ALMEIDA, Neusvaldo L. de & PANOSSIAN, Zehbour, Corrosão atmosférica 17 anos. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de S. Paulo, S. Paulo, 1999.

ASTM - A 153-98, Standard Specification for Zinc Coating (Hot-Dip) on Iron and Steel Hardware, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1998a.

ASTM - A 385-98, Standard Practice for Providing High-Quality Zinc Coatings (Hot-Dip), American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1998b.

CHAVES, Risomá & Wolyneç, Stephan, Comportamento do Zinco em soluções saturadas de hidróxido de cálcio, Anais: 3º Congresso Ibero-Americano de Corrosão e Proteção- Congresso Brasileiro de Corrosão/89, vol I, Rio de Janeiro, p.145-155.

ECO, U. Como se faz uma tese. São Paulo: Perspectiva, 1989

MAINIER, F. B. Desempenho do inibidor de corrosão à base de butilamina na proteção de aço-carbono em soluções de ácido clorídrico. Anais (CD-Rom): 19º Congresso Brasileiro de Corrosão, Associação Brasileira de Corrosão, 10-13 de maio, Rio de Janeiro, 1999, 7p.