Copyright 2018, ABRACO
Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.
As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Efeito do meio de exposição atmosférica acelerada na avaliação da performance anticorrosiva de diferentes revestimentos aplicados nas ligas Al-Mn e Al-Mg

Monica Scarabotto[a], Eliena J. Birriel[b], Lisete C. Scienza[c]

Abstract

Aluminum is a very reactive metal and it has a great affinity for oxygen, forming a thin, adherent oxide film on the surface exposed to the environment, making it very resistant to most natural environments; which is affected by the presence of alloying elements. The physico-chemical stability of the oxide film is dependent on the composition of the corrosive medium, mainly the presence of Cl^- ions, and the pH of the medium, since it is stable in the pH range of 4 to 8. Thus, how the substrate composition and the exposure medium influences the corrosive process is critical for selecting the most suitable protection method for a given alloy. In the present study, the corrosion behavior of aluminum alloys 3105 (Al-Mn) and 5052 (Al-Mg), untreated and with coatings based on Chromium III, Chromium VI, Nanoceramic and a paint system in neutral salt spray (ASTM B117) and acetic salt spray chamber (ASTM G85). For uncoated alloys, white corrosion and presence of pits (more intense on the Al-Mn alloy) were evidenced after 8 h of exposure in both assays. The increase of the acidity of the medium, caused by the reduction of the pH (acetic salt spray), was more expressive in the evaluation of the coatings, showing start of the corrosive process of both alloys treated with Chromium III and Nanoceramic in shorter time. The Al-Mg alloy treated with Chromium VI remained unchanged for 96 h, while Al-Mn showing white corrosion only after 24 h of exposure. The paint system was approved in the neutral salt spray test, which lasted 1000 h without any infiltration or blisters, but failed when exposed to the acetic saline medium, presenting blistering in 48 h of exposure only. It was concluded that the neutral pH salt medium did not provide an adequate atmosphere for the evaluation of the anticorrosive performance of coatings in aluminum alloys or even a comparative study between Al-Mn and Al-Mg alloys.

Keywords: corrosion, protection, neutral salt spray, acetic salt spray.

Resumo

O alumínio é um metal bastante reativo e apresenta grande afinidade pelo oxigênio, formando um filme de óxido fino e aderente sobre a superfície exposta ao ambiente, tornando-o muito resistente à maioria dos meios naturais; resistência afetada pela presença de elementos de liga. A estabilidade físico-química do filme de óxido é dependente da composição do meio

[a] Mestranda, Engenheira Química – PPGE3M/ UFRGS
[b] Doutora, Bacharel em Química – LCOR/UCS
[c] PhD, Engenheira Química – DEMAT/UFRGS

corrosivo, principalmente da presença de íons Cl^-, e do pH do meio, uma vez que é estável na faixa de pH de 4 a 8. Assim, a compreensão da forma com que a composição do substrato e o meio de exposição influenciam no processo corrosivo é fundamental para selecionar o método de proteção mais adequado para uma determinada liga. No presente estudo foi avaliado o comportamento à corrosão das ligas de alumínio 3105 (Al-Mn) e 5052 (Al-Mg), sem tratamento e com revestimentos à base de Cromo III, Cromo VI, Nanocerâmico e um sistema de pintura, em névoa salina neutra (ASTM B117) e névoa salina acética (ASTM G85). Para as ligas não revestidas, corrosão branca e a presença de pites (mais intensos na liga Al-Mn) foram evidenciadas após 8 h de exposição em ambos os ensaios. O aumento da agressividade do meio, ocasionado pela redução do pH (névoa salina acética), foi mais expressivo na avaliação dos revestimentos, com antecipação do tempo de início do processo corrosivo de ambas as ligas tratadas com Cromo III e Nanocerâmico. A liga Al-Mg tratada à base de Cromo VI permaneceu sem alteração por 96 h, enquanto que a Al-Mn apresentou corrosão branca em apenas 24 h de exposição. O sistema de pintura foi aprovado no ensaio de névoa salina neutra, resistindo 1000 h sem a ocorrência de infiltração ou bolhas, mas falhou quando exposto ao meio salino acético, apresentando empolamento em apenas 48 h de exposição. Concluiu-se que o meio salino de pH neutro não proporcionou uma atmosfera adequada para a avaliação da performance anticorrosiva de revestimentos em ligas de alumínio ou mesmo um estudo comparativo entre as ligas Al-Mn e Al-Mg.

Palavras-chave: corrosão, proteção, alumínio, névoa salina neutra, névoa salina acética.

Introdução

Ligas de alumínio são amplamente utilizadas como materiais estruturais tanto na área civil como militar devido às suas excelentes propriedades físicas e mecânicas. Por ser um metal altamente reativo, quando em contato com o ar, permite a rápida formação de uma película fina e contínua de óxido protetor na superfície. Embora a presença desta fina camada de óxido proporcione boa resistência à corrosão e durabilidade, em ambientes agressivos este óxido não fornece resistência à corrosão por longos períodos de tempo, o que resulta em ataque localizado na superfície do substrato, podendo restringir sua aplicação (1).

As ligas de alumínio são suscetíveis à corrosão localizada tal como a puntiforme, intergranular, por frestas, filiforme e corrosão sobtensão, o que justifica estudos dos mecanismos de corrosão em diferentes ligas a fim de melhorar sua proteção à corrosão (2). A resistência à corrosão e a forma como ela se manifesta depende tanto do meio (composição, temperatura, pH, tempo de exposição) quanto do metal (composição e estado metalúrgico). As ligas das séries 3XXX e 5XXX, amplamente empregadas no setor automotivo, possuem algumas características peculiares. As ligas forjadas das séries 3XXX (Al-Mn e Al-Mn-Mg) possuem uma resistência bastante elevada à corrosão. O manganês está presente na forma de solução sólida, mas também em precipitados na forma de partículas submicroscópicas e microscópicas de $A_{l6}(Mn,Fe)$ ou $Al_{12}(Mn,Fe)_3Si$, fases que têm potenciais similares aos da solução sólida. A resistência à corrosão das ligas fundidas 3XXX é fortemente influenciada pelo teor de cobre, que pode ser tão elevado quanto 5% em algumas composições. (AFSA, 2011). As ligas forjadas da série 5XXX (Al-Mg, Al-Cr-Mg, Al-Mn-Cr) e ligas de fundição da série 5XXX (Al-Mg) possuem elevada resistência à corrosão. Quando em concentrações superiores a 4%, o magnésio tem influência no comportamento da corrosão a longo prazo. A

razão é que nestas quantidades o magnésio apresenta a tendência da fase β-AlMg em precipitar nos contornos dos grãos (3).

Estudando a liga 5052 em solução de NaCl, Krawiec et al. (4) identificaram partículas intermetálicas de Al_3Fe e Al_2Cu presentes, ambas catódicas em relação à matriz. Lyndon et al. (5) investigaram a relevância do efeito do pH da solução no comportamento eletroquímico da fase intermetálica β-Mg_2Al_3 em solução diluída de NaCl. Priyotomo e Astawa (6) fizeram um estudo comparativo do comportamento à corrosão ao alumínio puro e da liga 5052 em soluções aquosas neutras com diferentes concentrações do íon Cl^-. Eles constataram diferenças no mecanismo de formação de pite que, na liga 5052, envolvia um efeito sinérgico da ação do íon cloreto com a corrosão galvânica entre a matriz alumínio e as partículas dos constituintes contendo Fe.

O tratamento superficial do alumínio tem como finalidade o estudo de meios de como inibir o processo deterioração dos metais através de reações químicas e eletroquímicas, num meio corrosivo, ocasionando perda de propriedades. Dentre os métodos utilizados para a proteção contra a corrosão pode-se citar os revestimentos nos quais o princípio básico da proteção é impedir o contato do meio corrosivo com o material que se deseja proteger (7). Portanto as ligas podem ser revestidas através de diferentes processos, dentre os quais destacam-se a anodização, a eletrodeposição, a cromatização, o tratamento nanocerâmico, a fosfatização e o sistema de pintura. Tratamentos como nanocerâmicos e cromatização trivalente têm surgido como processos alternativos à fosfatização e à cromatização hexavalente, reconhecidos pela sua toxicidade.

No setor industrial a resistência à corrosão de metais e revestimentos é usualmente avaliada através de ensaios de névoa salina. Considerando que as composições do substrato e do meio de exposição podem influenciar significativamente no desempenho de um revestimento à corrosão, um mesmo método de proteção pode apresentar resultados diferenciados. Com base nisto, o presente estudo consistiu em avaliar as ligas 3105 (Al-Mn) e 5052 (Al-Mg), com diferentes tratamentos anticorrosivos, quando expostas às atmosferas salina neutra (NSN) e salina ácida (NSA).

Metodologia

Neste trabalho foram utilizados corpos-de-prova na forma de painéis com nas dimensões de 100 mm x 200 mm x 1,2 mm das ligas de alumínio AA3105 H16 e AA5052 H34 (ambas fabricadas pela Companhia Brasileira do Alumínio), com composição química apresentada na Tabela 1.

Os materiais e procedimentos empregados para tratar as superfícies, baseados em produtos e procedimentos comerciais empregados na indústria, estão descritos na Tabela 2.

Tabela 1. Composição das ligas de alumínio (%m)

Liga	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Zn	Ti	Outros
AA3105	0,2	0,6	0,01	0,8	0,8	0,20	0,05	0,40	0,10	0,15
AA5052	0,08	0,29	0,06	0,04	2,4	0,20	-	0,01	0,01	0,01

Tabela 2. Tratamentos efetuados nos substratos

Processo	Sequência de tratamento e produtos comerciais utilizados
Sem tratamento	Desengraxe por esfregamento com pano de algodão branco embebido em solvente de limpeza.
Nanocerâmico	Desengraxe Kemtex 278 (75 ºC, 10 min), enxague 1, enxague 2, decapante Desmutter NF2 (25ºC, 3 min), enxague, conversor de camada Interlox 5707 (50ºC, 2 min), enxague 3, enxague 4, enxague 5, secagem em estufa (140 ºC)
Cromo trivalente	Desengraxe Saloclean 667N (4%, 6 0ºC, 5 min), enxague 1, ativação Salodecap 411 (10%, 40 ºC, 1 min), enxague 2, Salodine 210 (3%, 25ºC, 3 min), enxague 3, secagem em estufa (140ºC).
Cromo hexavalente	Desengraxe Saloclean 667N (4%, 60ºC, 5 min), enxague 1, ativação Salodecap 411 (10%, 40 ºC, 1 min), enxague 2, Salodine 206, enxague, secagem em estufa (140 ºC).
Sistema de pintura	Limpeza da superfície com solvente de limpeza, aplicação de primer epóxi com pistola manual, aplicação de tinta base poliuretano com pistola manual, cura em estufa (60 ºC, 30 min). Espessura do revestimento após a cura: 90 ± 10 μm.

O ensaio de névoa salina neutra (NSN) foi realizado em uma câmara da marca Equilam modelo SS1000E/2015. As condições de ensaio seguiram a norma ASTM B117-11, as quais consistiram na pulverização contínua de uma solução aquosa de cloreto de sódio 5% (m/v), com temperatura de 35 ± 2°C, pH entre 6,5 e 7,2 e umidade relativa de aproximadamente 97%. A exposição à névoa salina acética (NSA) foi realizada em uma câmara da marca Equilam modelo SS600E/2013 e seguiu as condições regidas pelas normas ASTM G85-11. As condições de ensaio foram as mesmas empregados na névoa salina neutra, porém solução de pulverização foi acidificada com ácido acético a fim de manter o pH na faixa de 3,1 a 3,3.

Os painéis tiveram suas bordas protegidas com parafina antes de serem submetidos aos ensaios de corrosão acelerada. Previamente ao ensaio, somente nas amostras revestidas com o Sistema de pintura foi realizada uma incisão em forma de "X" para verificação da migração subcutânea. Para estas amostras, o grau e a intensidade de empolamento avaliados durante o ensaio foram classificados de acordo com a norma ASTM D714-02 e, após 1000 h de exposição, realizou-se a avaliação da migração subcutânea conforme a norma ASTM D 1654-08. Todos os ensaios foram conduzidos em triplicata

Resultados e discussão

As alterações ocorridas na superfície das ligas 3105 e 5052 durante a exposição nos ensaios de NSN e NSA são apresenta Com base nos resultados é possível avaliar diferença do grau de agressividade do meio de exposição devido aos diferentes pHs. Em todas as amostras

expostas a NSA foi observado a ocorrência de pites distribuídos na superfície. A corrosão por pite normalmente ocorre em materiais metálicos passivos que estejam expostos a íons cloreto, como no caso do sistema investigado. A intensificação do processo corrosivo ocorre devido à acidez do meio, que impossibilitou a formação de produtos de corrosão insolúveis, capazes de atenuar a corrosão. Nas amostras expostas à NSN a ocorrência de pites concentrou-se na região de interface com o isolamento de borda. É possível que nestes locais tenha havido maior retenção do eletrólito após sua condensação sobre a amostra, acentuando o processo corrosivo naqueles locais. Como o eletrólito empregado é menos agressivo que o da NSA, o ataque foi menos intenso.

Pela análise visual a liga AA3105 apresentou maior intensidade de corrosão por pites (em termos de densidade e profundidade de pites) que a liga AA5052, em ambos os meios. Conforme Hatch (8) as ligas Al-Mg (série 5XXX) apresentam menor possibilidade de formação e penetração de pites. As ligas Al-Mn (série 3XXX) mostram comportamento comparável aos da série 5XXX quando apresentam teor de cobre muito baixo (inferior a 0,04%), porém quando o teor de cobre atinge concentrações maiores, como no caso da liga em estudo (0,30% Cu), a formação de pites é mais acentuada, especialmente em presença de cloretos. Em ambas as ligas há a formação de intermetálicos como o Al_3Fe e Al_2Cu. Devido aos teores de Cu e Fe da liga 3105 serem superiores (3 e 1,75 vezes, respectivamente) ao da liga 5052, é esperado uma maior densidade de partículas intermetálicas nesta liga. Segundo Krawiek et al. (4) estas partículas são catódicas em relação à matriz e atuam como uma célula galvânica, propiciando a iniciação e propagação de pites nestes locais.

Tabela 3 - Resultados dos ensaios de NSN e NSA para as ligas 3105 e 5052 Sem tratamento

Tempo de exposição (h)	Liga 3105		Liga 5052	
	NSN	NSA	NSN	NSA
8	Leves manchas escuras	Início de corrosão branca	Sem alteração	Início de leve corrosão branca
24	Início de leve corrosão branca (pontos localizados)	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites	Sem alteração	Intensificação de corrosão branca e início de pontos localizados de corrosão por pites
48	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites. Manchas escuras	Sem alteração	Sem alteração
72	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites. Intensificação das manchas escuras.	Sem alteração	Sem alteração
96	Corrosão por pites nas bordas isoladas (corrosão por frestas)	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites. Intensificação das manchas escuras.	Moderada Corrosão por pites nas bordas isoladas (corrosão por frestas)	Sem alteração

Figura 1 – Aspecto da superfície das ligas Sem tratamento após 96 h de exposição à NSN e NSA

A Tabela 4 e a Figura 2 apresentam os resultados obtidos para as ligas de alumínio com tratamento Nanocerâmico. A observação visual mostrou um comportamento qualitativo similar para ambas as ligas, embora quantitativamente tenha sido possível constatar um ataque mais intenso na liga 3105, principalmente em NSA. As partículas intermetálicas de Al_3Fe e Al_2Cu, supostamente presentes em maior quantidade na liga 3105, são catódicas à matriz e propiciam a formação de sítios galvânicos que favorecem a iniciação e propagação de pites, mesmo sob um revestimento Nanocerâmico.

Novamente foi possível avaliar diferença entre os ensaios em pH neutro (NSN) e ácida (NSA). Comparando com as ligas Sem tratamento, o tratamento Nanocerâmico providenciou efetiva proteção para ambas as ligas até 96 h de exposição em NSN. Contudo, em NSA, houve o aparecimento de corrosão branca e pites em apenas 24 h de exposição.

O comportamento à corrosão das ligas submetidas aos tratamentos à base de Cromo III e de Cromo VI é mostrado, respectivamente, nas Tabelas 5 e 6 e Figuras 3 e 4.

Tabela 4 - Resultados dos ensaios de NSN e NSA para as ligas 3105 e 5052 com tratamento Nanocerâmico

Tempo de exposição (h)	Liga 3105 + Nanocerâmico		Liga 5052 + Nanocerâmico	
	NSN	NSA	NSN	NSA
8	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
24	Sem alteração	Início de corrosão branca localizada	Sem alteração	Início de corrosão branca localizada
48	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites	Sem alteração	Sem alteração
72	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites e aparecimento de pontos escuros
96	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração

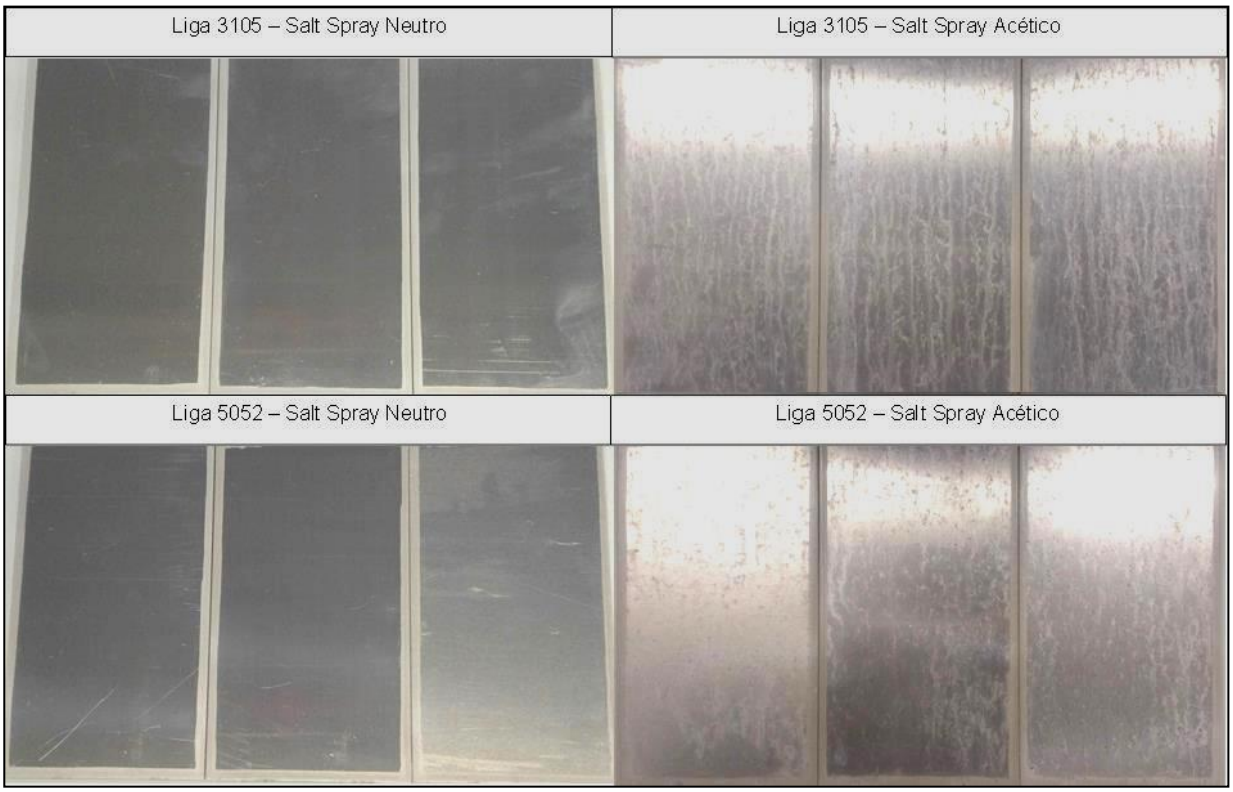

Figura 2 – Aspecto da superfície das ligas com tratamento Nanocerâmico após 96 h de exposição à NSN e NSA

Tabela 5 - Resultados dos ensaios de NSN e NSA para as ligas 3105 e 5052 com tratamento de Cromo III

Tempo de exposição (h)	Liga 3105 + Cromo III		Liga 5052 + Cromo III	
	NSN	NSA	NSN	NSA
8	Sem alteração	Início de corrosão branca e pontos escuros	Sem alteração	Início de corrosão branca e pontos escuros localizados
24	Início de pontos escuros e corrosão por pites em pontos localizados	Intensificação da corrosão branca, pontos escuros e início de corrosão por pites	Início de pontos escuros localizados	Intensificação da corrosão branca, pontos escuros e início de corrosão por pites
48	Intensificação dos pontos escuros e pites	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites	Início de corrosão por pites em pontos localizados	Sem alteração
72	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Intensificação da corrosão
96	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração

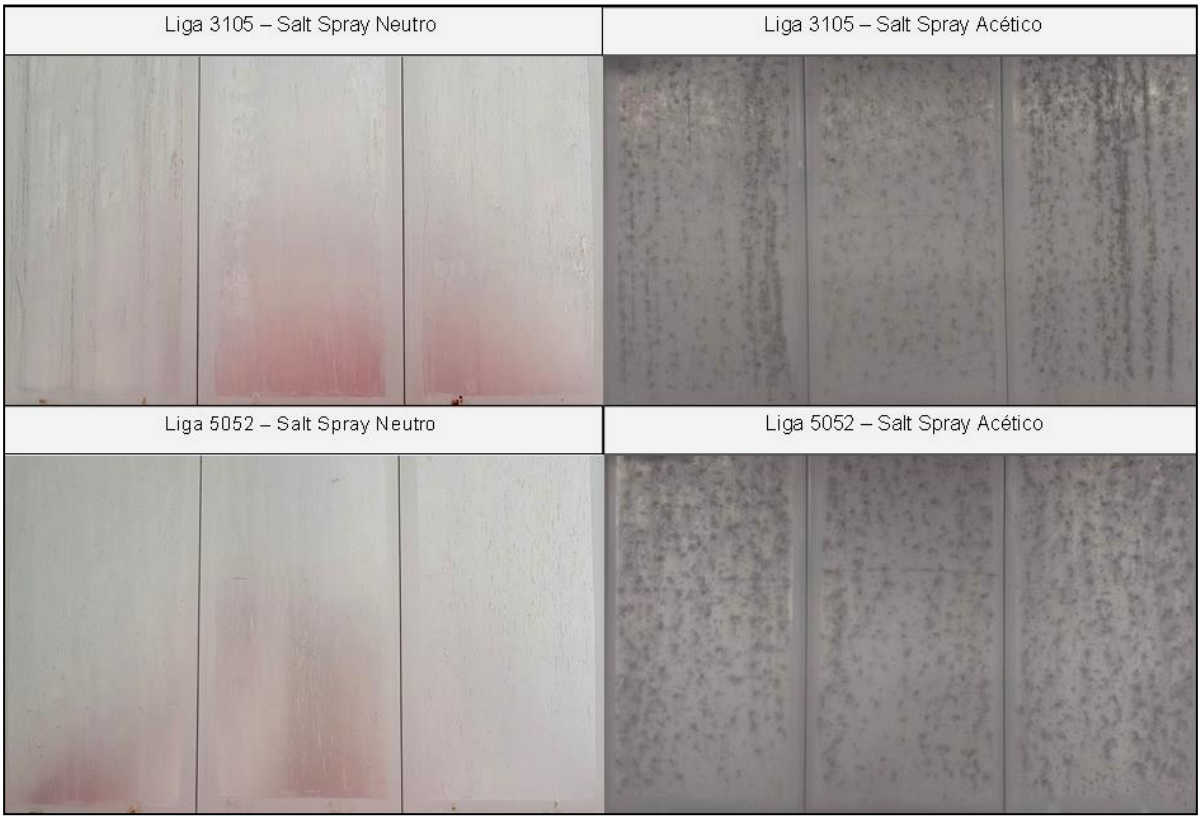

Figura 3 – Aspecto da superfície das ligas com tratamento à base de Cromo III após 96 h de exposição à NSN e NSA

Tabela 6 - Resultados dos ensaios de NSN e NSA para as ligas 3105 e 5052 com tratamento de Cromo VI

Tempo de exposição (h)	Liga 3105 + Cromo VI		Liga 5052 + Cromo VI	
	NSN	NSA	NSN	NSA
8	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
24	Corrosão branca localizada. Pontos escuros localizados	Aparecimento de manchas claras	Sem alteração	Sem alteração
48	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites. Intensificação dos pontos escuros	Início de corrosão branca	Sem alteração	Sem alteração
72	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
96	Sem alteração	Intensificação da corrosão branca e corrosão por pites. Pequenos pontos escuros localizados.	Sem alteração	Sem alteração

Figura 4 – Aspecto da superfície das ligas com tratamento à base de Cromo VI após 96 h de exposição à NSN e NSA

As amostras revestidas com Cromo III apresentaram resistência à corrosão inferior às amostras revestidas com Cromo IV. Segundo Rosa (9) estes banhos têm sais de cromo trivalente, ácido nítrico (ou sulfúrico) e peróxido de hidrogênio e não possuem cromatos em seu processo, o que justifica a resistência à corrosão inferior as obtidas por banhos de cromo hexavalente. Também é possível observar na Tabela 5 que as amostras sofreram menor ataque quando expostas ao meio neutro do que em meio ácido. Quanto ao substrato, a diferença referente à composição das ligas é claramente observada na Figura 3, evidenciando a maior intensidade de ataque ocorrido na liga 5052.

Conforme os resultados mostrados na Tabela 6 a liga de alumínio 5052 com revestimento Cromo IV não houve alteração ao longo dos ensaios, na liga 3105 ocorreu corrosão branca em alguns pontos localizados, possivelmente devido a alguns danos previamente existentes na superfície. Segundo Santos (7), o tratamento de conversão com formação de óxido de cromo é o pré-tratamento mais difundido e que apresenta excelentes propriedades anticorrosivas, pois apresenta cromatos em sua composição que é um excelente inibidor ativo de corrosão. O resultado após 96 h de exposição (Figura 4) mostra apenas um desmerecimento da coloração amarela do tratamento com Cromo VI.

A Tabela 7 e Figura 5 apresentam os resultados obtidos com um sistema de pintura sobre as ligas em estudo. No alumínio pintado, o ataque tem início nos locais desprotegidos (incisão em “X”), pois a capacidade natural do alumínio de autorregenerar sua camada de óxido é dificultada pela presença do eletrólito formado pelo íon cloreto juntamente com a umidade, o que é agravado pela acidez do meio. Os elementos de liga existentes formarão uma diferença de potencial com a matriz alumínio, dando início à formação de células de corrosão filiforme. Observa-se que durante o período de exposição não houve alterações nas amostras expostas em meio salino neutro, demonstrando que este revestimento orgânico apresentou desempenho igualmente satisfatório em ambas as ligas. Contudo, quando expostas ao meio ácido, o início de corrosão subcutânea próximo à incisão foi observado em apenas 48 h de exposição. A liga 3105 sofreu mais alterações que liga 5052 ao longo do ensaio, porém, ao final do ensaio, constatou-se migração subcutânea média de 0,63 mm, inferior ao valor observado para a liga 5052 (1,31 mm).

Estes resultados indicam que mesmo um revestimento orgânico (sistema de pintura) aplicado sobre superfície de alumínio pode apresentar desempenho diferenciado dependendo da composição da liga e que a maior acidez do meio (ensaio de NSA) tem efeito pronunciado na resistência à corrosão. O fato de terem sido observados alterações (infiltração, bolhas, corrosão filiforme) apenas nas proximidades da incisão em “X” mostra que o revestimento aplicado apresenta boa qualidade (película contínua, aderente e não porosa), porém, uma vez mecanicamente danificada (incisão em “X”), o efeito barreira fica comprometido e o progresso da corrosão dependerá fortemente da composição da liga e do pH do meio. O efeito da composição de uma liga de alumínio é tão importante que a norma ABNT NBR 14125 – Tratamento de Superfície do alumínio e suas ligas - Revestimento Orgânico para Fins Arquitetônicos – Pintura faz referência às ligas de alumínio a serem utilizadas e chama as normas complementares ABNT NBR 8 116/2000 - Alumínio e suas Ligas - Produtos Extrudados e a ABNT NBR 6 835/2000 - Alumínio e suas Ligas - Classificação das Têmperas.

Tabela 7 - Resultados dos ensaios de NSN e NSA para as ligas 3105 e 5052 com Sistema de pintura

Tempo de exposição (h)	Liga 3105 + Sistema de Pintura		Liga 5052 + Sistema de Pintura	
	NSN	NSA	NSN	NSA
8	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
24	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
48	Sem alteração	Aparente início de infiltração no “X”	Sem alteração	Início de infiltração e empolamento no “X” (grau 6F)
72	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
96	Sem alteração	Intensificação da infiltração	Sem alteração	Sem alteração
245	Sem alteração	Corrosão filiforme próximo ao “X”	Sem alteração	Sem alteração
293	Sem alteração	Início de empolamento próximo ao “X” (grau 8F)	Sem alteração	Sem alteração
365	Sem alteração	Intensificação da corrosão filiforme	Sem alteração	Sem alteração
527	Sem alteração	Intensificação do empolamento (grau 6F)	Sem alteração	Sem alteração
580	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Início de corrosão filiforme no “X”
628	Sem alteração	Intensificação da corrosão filiforme	Sem alteração	Intensificação do empolamento (grau 8F)
748	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração	Sem alteração
796	Sem alteração	Intensificação do empolamento (grau 4F)	Sem alteração	Sem alteração
868	Sem alteração	Intensificação da corrosão filiforme e de empolamento (grau 4F)	Sem alteração	Sem alteração
1000	Sem alteração	Sem alteração. (Migração subcutânea = 0,63 mm)	Sem alteração	Intensificação da corrosão filiforme. (Migração subcutânea = 1,31 mm)

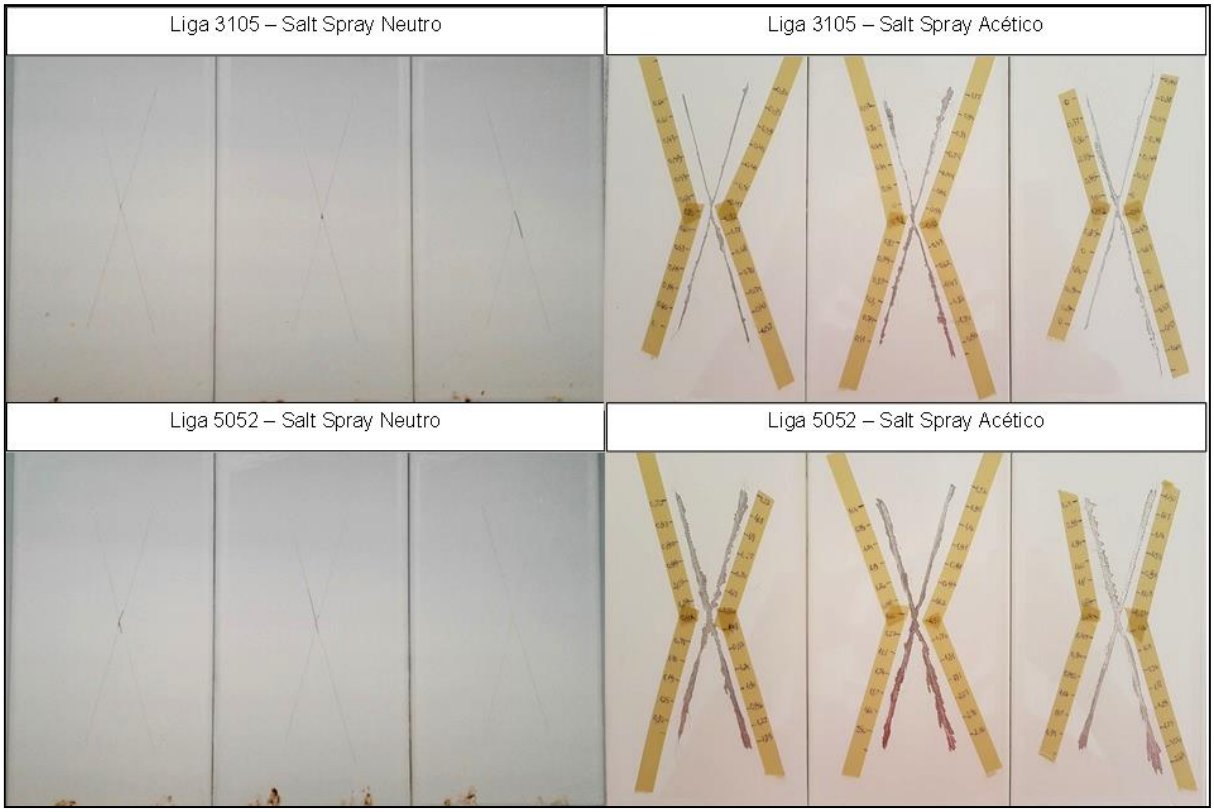

Figura 5 – Aspecto da superfície das ligas com Sistema de pintura após 1000 h de exposição à NSN e NSA, após o ensaio de migração subcutânea

Conclusões

As ligas de alumínio 3105 (Al-Mn) e 5052 (Al-Mg), sem tratamento e tratadas com Nanocerâmico, Cromo II, Cromo VI e Sistema de pintura, foram submetidas aos ensaios acelerados de névoa salina neutra e névoa salina acética. Foi constatado que a composição da liga exerce efeito pronunciado no comportamento à corrosão do substrato, fato que deve ser levado em consideração na seleção de um tratamento de proteção adequado. A liga 3105 apresentou ataque corrosivo em maior intensidade comparado à liga 5052, o que deve estar associado à natureza e quantidade de partículas intermetálicas presentes.

Outro fator relevante na escolha do tratamento de superfície é a agressividade do meio de exposição. Em todos os casos, a exposição à névoa salina ácida (NSA) providenciou um maior ataque nas ligas, permitindo uma melhor avaliação do desempenho dos revestimentos testados. O tratamento Nanocerâmico, por exemplo, demonstrou proteção satisfatória para ambas as ligas expostas em meio neutro, mas falhou em 24 h de exposição em meio ácido. O ensaio de NSA também foi mais adequado na avaliação de superfícies pintadas, onde foi constatada a ocorrência de bolhas e corrosão filiforme, enquanto que na névoa salina neutra (NSN) o Sistema de pintura testado comprovou bom desempenho, sem apresentar qualquer alteração em 1000 h de exposição. Na comparação entre os tratamentos à base de cromo, o Cromo VI comprovou proporcionar excelente proteção para as ligas estudadas, tanto em atmosfera salina neutra como acética.

Em resumo, devem ser aprofundados os estudos sobre o comportamento à corrosão de diferentes ligas de alumínio a fim de estabelecer o mecanismo de corrosão pertinente, de modo a garantir a escolha de um método de proteção mais adequado. O ensaio de NSA deve ser considerado na avaliação de revestimentos protetores para ligas de alumínio por fornecer resultados mais confiáveis que aqueles obtidos por NSN.

Referências bibliográficas

(1) FLAMINI, D.O.; TRUEBA, M.; TRASATTI, S.P. Aniline-based silane as a primer for corrosion inhibition of aluminium. **Progress in Organic Coatings,** [S.I], v.74, p. 302-310, nov. 2011.

(2) XUE, M.; XIE, J.; Li, W.; WANG, F., Ou, J., YANG, C.; Li, C.; ZONG, Z.; JIANG, Z. Changes in surface morphology and work function caused by corrosion in aluminum alloys. **Journal of Physics and Chemistry of Solids,** v. 73,p. 781–787, 2012.

(3) AFSA, Aluminium Federation of South Africa. **Corrosion resistance of aluminium: and protective measures where appropriate.** South Africa: AFSA, 2011. 36 p.

(4) KRAWIEC, H.; SZKLARZ, Z.; VIGNAL, V. Influence of applied strain on the microstructural corrosion of $AlMg_2$ as-cast aluminium alloy in sodium chloride solution. **Corrosion Science.** Oxford, v. 65, p. 387-396. Set. 2012.

(5) LYNDON, J.A.; GUPTA, R.K.; GIBSON, M.A.; BIRBILIS, N. lectrochemical behaviour of the β-phase intermetallic (Mg_2Al_3) as a function of pH as relevant to corrosion of aluminium–magnesium alloys. **Corrosion Science**. Oxford, v. 70, p. 290-293, May 2013.

(6) PRIYOTOMO, G.; ASTAWA, N.G.P.. The effect of Fe-enrich phase on the pitting corrosion resistance of Al alloy in various neutral sodium chloride solutions. **International Journal of science and Egineering**, v.. 7, n. 2, p. 143-149, Oct. 2014.

(7) SANTOS, W.I.A. **Caracterização da resistência à corrosão de ligas de alumínio após tratamentos alternativos à cromatização, com e sem revestimento orgânico**. 2011. 120 p. Dissertação (Ciências na Área de Tecnologia Nuclear – Materiais)- Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

(8) HATCH, J.E. **Aluminum: Properties and Physical Metallurgy.** ASM, Metals Park, USA, 1990.

(9) ROSA, R. L. **Estudo do processo de cromatização de arames galvanizados e propostas de alternativas para retardamento da ocorrência prematura de oxidação branca.** 2009. 67 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e de Materiais - PPGEM, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

* * *