

# COMPORTAMENTO ELECTROQUÍMICO DA BANDA DE AÇO PRÉ-REVESTIDO DEFORMADA POR ESTAMPAGEM

A. C. Bastos<sup>1</sup>, A. M. Simões<sup>1</sup>, M. G. Ferreira<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, DEQ, Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisboa, Portugal

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia de Cerâmica e do Vidro, Universidade de Aveiro, 3810-193 Aveiro, Portugal

psimoes@alfa.ist.utl.pt

## Introdução

A banda de aço pré-revestido é um material bastante utilizado no revestimento de grandes superfícies como paredes e coberturas de naves industriais, no fabrico de electrodomésticos e maquinaria industrial e está a ser introduzido na indústria automóvel onde já é utilizado em alguns componentes. As razões para a sua preferência devem-se ao processo de fabrico, que permite obter um produto final reprodutível, com minimização de perdas – nomeadamente de solventes orgânicos – o que se traduz num menor impacto ambiental. A principal desvantagem reside nas operações de corte, dobragem e estampagem, que originam locais mais susceptíveis à perda de aderência da tinta e a processos de corrosão [1-3]. Neste trabalho estudou-se o efeito da deformação no desempenho anticorrosivo de um aço electrozincado pré-revestido através da espectroscopia de impedância electroquímica e da microscopia electrónica de varrimento.



FIGURA 1 – Processo de fabrico da banda pré-revestida e alguns produtos finais.

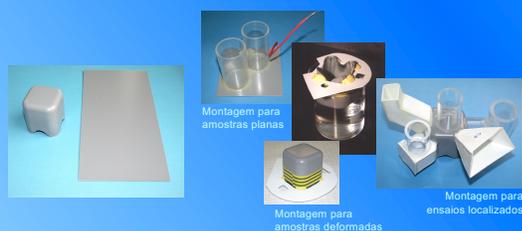


FIGURA 2 – Amostras e electrodos de trabalho utilizados.

## Experimental

**AMOSTRAS:** Aço ST14 (DIN 1623) de 0,8mm de espessura coberto por uma camada de zinco de 7µm, sobre o qual foi aplicado um pré-tratamento (fosfatação+banho de cromatos) e um esquema de pintura (5µm de primário poliéster e 15µm de camada intermédia de poliuretano). As medições electroquímicas foram efectuadas em painéis planos e painéis deformados por estampagem.

**ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELECTROQUÍMICA:** Os ensaios foram efectuados com a instrumentação Gamry FAS1 Femtostat + placa controladora PC4, à temperatura ambiente e numa gaiola de Faraday. As células electroquímicas consistiram num arranjo a 3 electrodos: electrodo de calomelanos saturado como referência, contra-electrodo de platina e a área delimitada da amostra correspondeu ao electrodo de trabalho (Figura 2). O meio de ensaio foi uma solução aquosa de NaCl 5%(massa). As medições foram realizadas ao potencial de circuito aberto utilizando uma perturbação sinusoidal de 10mV de amplitude nominal e varrendo a gama de frequências dos 50kHz aos 5mHz.

## Resultados

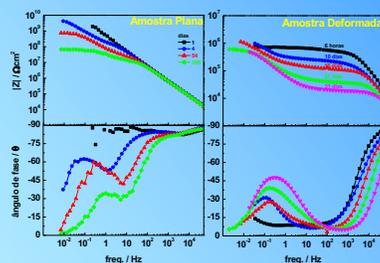
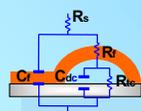


FIGURA 3 – Espectros de impedância obtidos para amostras planas e deformadas.



$R_s$  – resistência da solução  
 $C_f$  – capacidade do filme  
 $R_f$  – resistência do filme  
 $C_{dl}$  – c. da dupla camada  
 $R_{ct}$  – r. transferência de carga

FIGURA 4 – Circuito eléctrico equivalente utilizado.



FIGURA 5 – Aspecto da amostra deformada, após imersão.

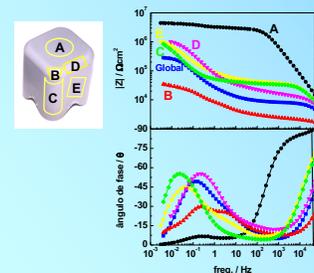


FIGURA 6 – Diagrama de Bode da impedância medida aos 21 dias de imersão em NaCl 5% para uma amostra deformada e suas diferentes regiões.

Numa primeira fase, comparou-se o comportamento anticorrosivo de amostras sem deformação com amostras sujeitas a deformação por estampagem (Figura 3). Para o tratamento de resultados recorreu-se ao ajuste numérico da resposta do circuito eléctrico da Figura 4, à resposta de cada resultado experimental. Os resultados mostraram uma elevada impedância para as amostras não deformadas, com um comportamento capacitivo no início do ensaio e resistência do filme elevada mesmo após 105 dias de imersão. Em contraste, as amostras deformadas cedo mostraram um comportamento resistivo e uma rápida diminuição de  $R_f$ . Para estas, verificou-se também um quase imediato aparecimento da dupla camada na superfície metálica, seguido de um rápido aumento do seu valor. A observação macroscópica das amostras deformadas (Figura 5) mostrou estados de degradação distintos, distribuídos pelas várias regiões da amostra.

Uma segunda fase consistiu em obter as respostas electroquímicas das várias regiões da amostra deformada. Na Figura 6 apresenta-se a resposta global de uma amostra e das diferentes regiões individuais. Nela se observam respostas distintas e características para cada zona. Na Figura 7 representa-se a variação de  $R_f$  para cada região, ao longo do período de ensaio, onde podem ser identificados três andamentos: os cantos (B) e as arestas horizontais (D) apresentaram a maior degradação; o topo (A), menos sujeito às forças de deformação, permaneceu praticamente intacto. Entre estes dois extremos encontra-se a resposta das regiões laterais (C e E).

A inspecção da superfície da tinta por microscopia electrónica de varrimento permitiu identificar uma das causas para as diferenças observadas: na Figura 8 observa-se a superfície da amostra sem deformação e de duas zonas da amostra deformada, B e C. Nas zonas deformadas encontram-se muitos orifícios que parecem ter sido originados durante o processo de estampagem e onde os pigmentos parecem ter um papel fundamental pois todos os orifícios apareceram junto de pigmentos. O número e dimensão dos orifícios varia conforme a região e de acordo com o grau de solitação mecânica a que ela foi sujeita. A micro-análise por raios X (Figura 9) mostrou que os pontos mais claros das micrografias correspondem a pigmentos e cargas presentes na tinta.

## Conclusões

- A montagem desenvolvida para os ensaios locais permitiu ordenar os vários graus de degradação existentes na amostra deformada.
- A deformação de sistemas pintados diminui a protecção anticorrosiva por eles conferida.
- Diferentes deformações conduzem a diferentes graus de protecção anticorrosiva e a resposta das áreas menos protectoras condiciona fortemente a resposta de todo o sistema.
- A deformação introduz defeitos (orifícios) na superfície da tinta que explicam em grande medida a perda de protecção observada.

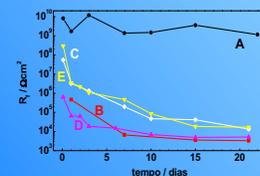


FIGURA 7 – Variação da resistência do filme em cada região durante o período de ensaio.

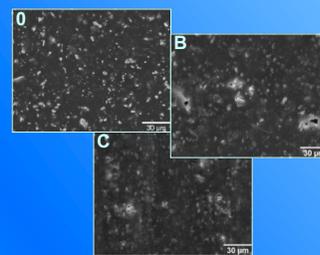


FIGURA 8 – Micrografias da superfície da tinta em amostras: sem deformação; B) deformada, região B; C) região C.

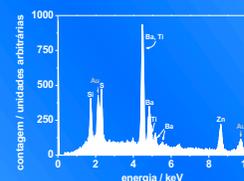


FIGURA 9 – Espectro de raios X obtido incidindo o feixe sobre os pigmentos constituintes da tinta.

### BIBLIOGRAFIA

1. F. Delafontaine, L. Fedrizzi, S. Rossi, *Corros. Sci.* 42 (2000) 157
2. A. S. Costello, A. M. P. Simões, M. G. S. Ferreira, *Mater. Sci. Forum* 289-292 (1998) 247
3. V. Lavaert, P. Praet, M. Moors, E. Welfinck, B. Verheghe, *Prog. Org. Coat.* 39 (2000) 157