

## O EFEITO DA SOLDADURA NA CORROSÃO DUM AÇO MACIO

Maria Cristina S. Nunes, Quitéria P. M. Silva, José Inácio F.P. Martins

Departamento de Engenharia Química, Laboratório de Catálise e Materiais  
FEUP, Rua dos Bragas 4099 - Porto Codex

### ABSTRACT

The corrosion behaviour of the areas affected by welding of a steel has been performed in aqueous solution, for a synthetic sea water, by the linear polarisation resistance method. Using a normalising heat treatment at 920°C for a duration of 15 min and then air cooling, it shown to be enough to eliminate the structural heterogeneity responsible by the anodic behaviour of stress material.

### INTRODUÇÃO

O processo de soldadura de compostos metálicos ferrosos introduz no sistema elevações de temperatura, compatíveis com transformações no estado sólido, susceptíveis de imporem estruturas metaestáveis à temperatura ambiente. Dai a presença de tensões internas residuais nessas áreas [1,2]. Estas quando em presença dum electrólito tomam em geral um comportamento anódico, dando lugar a uma corrosão do tipo microscópico. Este fenómeno, muito frequente e bastante estudado nos aços inox [3,4], não é desejável por só dele se ter conhecimento quando a estrutura cede.

O presente trabalho tem os seguintes objectivos: mostrar o diferente comportamento electroquímico das áreas contíguas ao cordão de soldadura dum aço macio e designadas por: ZS = zona de soldadura, ZAT = zona afectada pela soldadura e ZNAT = zona não afectada pela soldadura; analisar o comportamento das mesmas áreas após um tratamento térmico com vários tipos de arrefecimento; correlacionar os dados de corrosão com a microestrutura e tensões internas residuais.

### PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O aço utilizado é do tipo extramacio (ASTM 1015) com a seguinte composição química: 0.15%C, 0.22%Si, 0.77%Mn, 0.01%S, 0.01%P, 0.01%Cr, 0.01%Ni, 0.05%Al. A soldadura foi efectuada de topo pelo processo SWA. O tratamento térmico consistiu numa normalização a 920°C durante 15 min com leito de carbono seguida de um arrefecimento em ar, óleo e água.

As amostras das diferentes áreas afectas á soldadura foram individualizadas por corte em meio lubrificante e montadas numa resina Epofix. A superfície exposta foi então polida com lixas SiC de granulometria compreendida entre 150 e 4000 mesh com acabamento em pano de diamante de granulometria de 6 e 1µm.

A microestrutura das várias zonas foi analisada metalográficamente após ataque químico com nital a 2% para individualizar por contraste as fases presentes. As correspondentes tensões internas foram associadas ás respectivas microdurezas. Estas foram determinadas numa extensão considerada representativa de cada estado estrutural, e em número suficiente para reduzir a margem de erro tomada como aceitável.

Ensaios de corrosão foram realizados numa célula electroquímica do tipo de três eléctrodos, e a solução-teste utilizada foi uma água do mar sintética com a seguinte composição: 400ppm Ca<sup>2+</sup>, 10650ppm Na<sup>+</sup>, 21200ppm Cl<sup>-</sup>, 1350ppm SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, 2700ppm Mg<sup>2+</sup>, 150ppm HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>.

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A observação metalográfica da amostra de referência mostrou a seguinte evolução estrutural: grãos ferríticos e perlíticos igualmente distribuídos na zona não afectada termicamente (ZNAT) que se tornam sucessivamente de grão mais grosso na zona afectada termicamente (ZAT), passando a uma estrutura colunar na zona de soldadura (ZS). Após tratamento térmico, a estrutura obtida fica condicionada pelo tipo de arrefecimento aplicado: ao ar, uma estrutura do tipo banda de ferrite e perlite; em óleo, uma estrutura de grão mais grosso com um aumento significativo de colónias de perlite

Figura 1 - Microdurezas das áreas afectadas pela soldadura

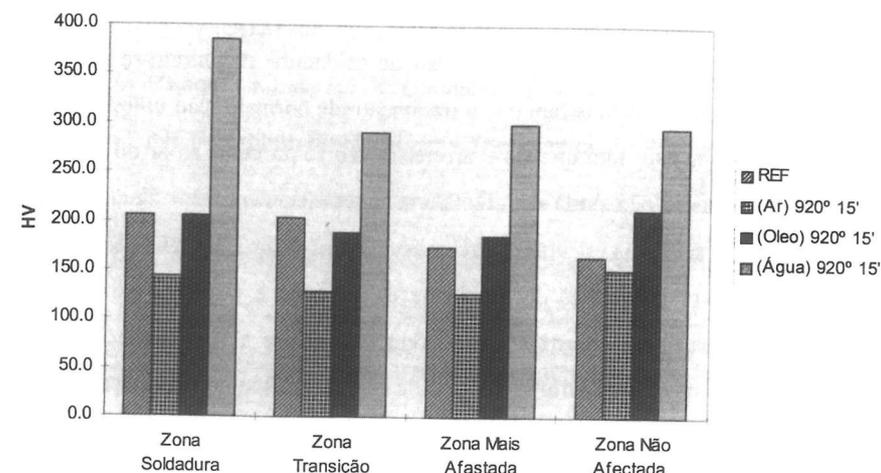


Tabela 1- Resultados da densidade de corrente e potencial de corrosão obtidos a partir do método da resistência de polarização linear [6].

Amostra	Tratamento térmico	Arrefecimento	Densidade de corrosão (A/cm <sup>2</sup> )*10 <sup>6</sup>	Potencial de corrosão vs SCE(V)
ZNAT	n	—	6.0	-0.595
ZAT	n	—	9.9	-0.561
ZS	n	—	18.7	-0.720
ZNAT	s	ar	5.8	-0.562
ZAT	s	ar	7.5	-0.639
ZS	s	ar	6.8	-0.642
ZNAT	s	água	18.3	-0.692
ZAT	s	água	10.7	-0.660
ZS	s	água	15.4	-0.706
ZNAT	s	óleo	6.8	-0.501
ZAT	s	óleo	7.8	-0.525
ZS	s	óleo	8.1	-0.530

fina; em água, uma estrutura onde se evidencia a presença significativa de perlite lamelar com alguma martensite fina.

As microdurezas das áreas afectas ao cordão de soldadura encontram-se expressos na Figura 1. Estes resultados mostram que o tratamento de normalização utilizado garante a homogeneização da estrutura quando o arrefecimento se processa ao ar ou em óleo. No entanto, o mesmo já não pode ser dito para o arrefecimento em água. Neste caso desenvolve-se mesmo uma estrutura extremamente dura do tipo martensítico [5].

A Tabela 1 mostra os valores da densidade de corrente e potencial de corrosão da amostra referência e das amostras após serem submetidas a tratamento térmico com diferentes procedimentos de arrefecimento. O carácter anódico do material aumenta com as tensões internas (maior dureza) e a corrosão triplica. Estes resultados vêm ratificar as conclusões tiradas anteriormente, pelas outras observações efectuadas, no que concerne ás condições necessárias para eliminar a heterogeneidade estrutural proveniente do efeito de temperatura no decurso duma soldadura - tratamento de normalização seguido de arrefecimento ao ar.

#### REFERÊNCIAS

1. L.L. Shreir, Corrosion, Metal / Environmental Reactions, vol.(Newnes, England: Butter, 1978), pp 9.102, 9.124
2. H.H. Uhlig, Corrosion Handbook (N.Y.: John Wiley and Sons, Inc, 1961), pp 595-597
3. D. C. Bennett, Pulp and Paper Industry Corrosion Problems, vol. 4, p.1, Swedish Corrosion Institute, Stockholm, Sweden, 1983
4. R. A. Page, Corrosion, 39, 10 (October 1983): pp. 409-421
5. G. Klaus, Heat Treatment and Processing Principles, (ASM International, 1990), pp 107-178
6. M. Stern and A.L. Geary, Journal of the Electrochemistry Society, 104, 1 (Jan.1957), pp 56-63

#### A MONITORIZAÇÃO DA CORROSÃO EM CIRCUITOS DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL DE BAIXA CONDUCTIVIDADE

C.M. Rangel<sup>1</sup>, A.I. de Sá<sup>1</sup>, V. Carvalho<sup>2</sup>, D.A. Eden<sup>3</sup>, D.W. Eden<sup>3</sup>

<sup>1</sup> INETI-Instituto de Materiais e Tecnologias de Produção

Paço do Lumiar, 22- Lisboa Codex

<sup>2</sup> CPPE, Companhia Portuguesa de Produção de Electricidade

Rua Mouzinho da Silveira nº10, 1250 Lisboa

<sup>3</sup> CML, Corrosion Management Ltd

Rutherford House, Manchester Science Park, Manchester, U.K.

#### Abstract

It is reported, for the first time in Portugal, the introduction of the electrochemical noise technique applied to the corrosion monitoring of the cooling circuit of a stator in a thermoelectric power station, allowing in real time, the detection and identification of a localised corrosion process.

The circuit uses electrolytic copper in contact with low conductivity water, less than  $1 \mu\text{Scm}^{-1}$ . A specially designed probe to be installed in a by-pass fashion to the cooling circuit, was developed by CML, U.K.

Results obtained during a monitoring period of 3 months are discussed.

#### Resumo

Neste trabalho introduz-se pela 1ª vez em Portugal a técnica do ruído electroquímico para a monitorização da corrosão no circuito de refrigeração do alternador duma Central Termoelectrica. Os resultados obtidos validaram a utilização desta técnica na monitorização de circuitos que utilizam cobre electrolítico em contacto com água de muito baixa conductividade eléctrica (inferior a  $1 \mu\text{S/cm}$ ), permitindo detectar e identificar processos de corrosão localizada.

A sonda utilizada num "by-pass" ao circuito em estudo, foi desenvolvida pela empresa CML (Corrosion Management Ltd, Manchester). O equipamento permite a recolha e armazenamento automático dos valores do ruído electroquímico do potencial e da corrente, assim como a posterior análise estatística.