

## **Avaliação da efetividade de procedimentos de passivação utilizados em trocadores de calor que operam em sistemas de água de resfriamento.**

Francisco de Assis Eufrauzino Júnior (Mestrando - GETEC), [eufrajr@gmail.com](mailto:eufrajr@gmail.com);

Manuel Carreira Neto (Orientador - GETEC), [mcarreiraneo@gmail.com](mailto:mcarreiraneo@gmail.com);

Faculdade SENAI CIMATEC

Palavras Chave: *Inibidores de corrosão, água de resfriamento e trocador de calor*

### **Introdução**

O sistema de água de resfriamento é essencial nas indústrias de petróleo & gás, petroquímicas e químicas para retirar o calor excedente do processamento. Normalmente utiliza-se, nesses sistemas, equipamentos e tubulações construídos em aço carbono devido ao custo benefício, já que a utilização de materiais mais nobres, com adição de cromo por exemplo, tornaria esses sistemas muito caros. Porém a água de resfriamento, se não tratada adequadamente, torna-se bastante agressiva ao aço comum promovendo corrosão e deficiência na troca térmica dos permutadores de calor e comprometendo a continuidade operacional nas indústrias. (BARD, 2001; DEEN, 2010). O tratamento desses sistemas consiste em dosar inibidores de corrosão (catódicos e anódicos) para promover um filme protetor na superfície do metal funcionando como barreira entre a água (eletrólito) e o substrato, dispersantes para controlar a deposição e incrustação atuando na solubilidade de contaminantes, e biocidas que evitam a proliferação de bactérias e algas (BARD, 2001; LIU, 2012). É prática na grande indústria condicionar os trocadores de calor antes que entrem em operação, consistindo em circular uma solução passivante, com concentrações elevadas de inibidores, com a finalidade de formar o filme protetor inicial na superfície do metal e que seja compatível com o tratamento contínuo que a água de resfriamento recebe em operação. O tratamento contínuo fica com a função de manter o filme preestabelecido (CHENG, 2004; LIU, 2012; RAMESH,2004).

O objetivo desse estudo é verificar a eficácia dos procedimentos de passivação propostos por empresas de tratamento químico simulando, em laboratório, o processo de passivação praticado nas plantas e realizando ensaios eletroquímicos.

Seminário Anual de Pesquisa – 2017

Faculdade SENAI CIMATEC

Programa de Pós-Graduação em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial

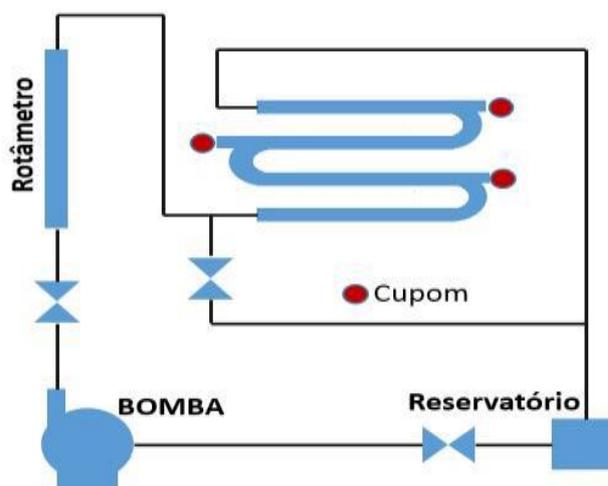
Programa de Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Industrial

III Workshop de Gestão, Tecnologia Industrial e Modelagem Computacional.

ISSN online 2447-9640

### **Métodos e Resultados parciais**

Foi montado um sistema piloto em laboratório para simular o processo de passivação em trocadores de calor conforme figura 1 com o objeto de testar procedimentos de passivação propostos por empresas de tratamento químico de água. Com o mesmo circuito vamos verificar o melhor procedimento e aprimorá-lo alterando concentrações, tempo de exposição ou induzindo a formação da camada protetora com injeção de corrente.



**Figura 1.** Esquema do sistema piloto para circulação da solução passivante.

Nesse circuito foram instalados cupons em aço carbono (SAE 1018) com área de exposição igual a 21,18 cm<sup>2</sup>. A formação da camada passiva após a exposição por 12 horas foi verificada com a análise de deslocamento do cobre, que consiste em expor a

superfície a uma solução com 4 g de sulfato pentahidratado de cobre ( $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  em 250 ml de água destilada) e verificar o tempo em que ocorreu a deposição do cobre na superfície. Isso ocorre quando a camada é destruída expondo o  $\text{Fe}^+$  que se combina com o  $\text{Cu}^-$  e deposita na superfície. A água utilizada no preparo da solução foi a clarificada (AGC) com a composição vista na tabela 1.

**Tabela 1.** Resultado da análise da água clarificada (AGC)

Análise	AGC
pH	8,1
Dureza de Cálcio (ppm $\text{CaCO}_3$ )	10
Alcalinidade -M (ppm $\text{CaCO}_3$ )	20
Cloreto (ppm Cl <sup>-</sup> )	60,7
Sulfato (ppm)	11
Sólidos suspensos (ppm)	1
Condutividade ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	128,4

Foram testados 3 procedimentos de passivação fornecidos por 3 empresas de tratamento químico de água de acordo com a tabela 2. A circulação teve duração de 12 horas e o pH ficou entre 7 e 8.

**Tabela 2.** Procedimentos das 3 empresas, os produtos e concentrações utilizados.

Procedimento	Produto	Concentração mg/l (ppm)
1	Inibidor à base de Hexametáfosfato e Zinco	300
2	Dispersante à base de Polímero	150
	Inibidor à base de Ortofosfato	100
	Sequestrante de ferro Pirofosfato	50
3	Inibidor à base de Fosfato	180
	Inibidor à base de Zinco	4
	Dispersante à base de Terpolímero	90

Todos os cupons passivados apresentaram um tempo maior de resistência quando comparado ao cupom virgem (referência). Porém o cupom exposto ao procedimento 1 obteve maior resistência entre eles, como pode ser visto na tabela 3.

**Tabela 3.** Resultado do teste de deslocamento de cobre

Procedimento	Tempo (s)	Imagem obtida no teste
Cupom Virgem	90	
1	300	
2	180	
3	230	

Outras análises serão realizadas para comparar os procedimentos testados, como medição da camada passiva com auxílio de Microscopia Óptica de Varredura (MEV), análise da composição química da camada com Espectroscopia de Energia Dispersiva (EDS) e o comportamento da camada com medição da impedância eletroquímica em células de corrosão.

## Conclusões

Os três procedimentos testados apresentaram eficiência na formação de uma camada protetora na superfície dos cupons. O procedimento 1 apresentou melhor performance, o que pode estar relacionado com a concentração de químicos na solução. Os próximos passos consistirão em padronizar as concentrações de ativos químicos na solução, verificar a eficácia de cada produto e utilizando, além do teste de deslocamento de cobre, MEV, EDS e ensaios eletroquímicos (impedância eletroquímica e potencial de circuito aberto).

## Referências

- BARD, Allen J. et al. **Fundamentals and applications**. Electrochemical Methods, 2nd ed.; Wiley: New York, 2001.
- CHENG, Y. F.; STEWARD, F. R. **Corrosion of carbon steels in high-temperature water studied by electrochemical techniques**. Corrosion science, v. 46, n. 10, p. 2405-2420, 2004.
- DEEN, K. M. et al. **Failure investigation of heat exchanger plates due to pitting corrosion**. Engineering Failure Analysis, v. 17, n. 4, p. 886-893, 2010.
- LIU, Z. Y.; LI, X. G.; CHENG, Y. F. **Understand the occurrence of pitting corrosion of pipeline carbon steel under cathodic polarization**. Electrochimica Acta, v. 60, p. 259-263, 2012.
- RAMESH, S.; RAJESWARI, S. **Corrosion inhibition of mild steel in neutral aqueous solution by new triazole derivatives**. Electrochimica Acta, v. 49, n. 5, p. 811-820, 2004.