

EQUIPAMENTO PARA ENSAIO DE CORROSÃO SOB TENSÃO COM TAXA DE DEFORMAÇÃO LENTA¹

*Luiz Fernando Satler Filho²
Marco Antônio Dutra Quinan³
Mônica Maria de Abreu Mendonça Schwartzman³
Raphael Gomes de Paula²*

Resumo

A corrosão sob tensão (CST) é um fenômeno que ocorre em componentes metálicos que estão sujeitos ao efeito simultâneo de tensão mecânica e de um ambiente aquoso de composições diversas. Este trabalho tem por objetivo mostrar o equipamento desenvolvido para realizar ensaios de CST com taxa de deformação lenta utilizando-se um motor de passo. Este tipo de ensaio permite submeter corpos-de-prova de diferentes materiais a esforços trativos em diversos meios. Inicialmente realizou-se o projeto mecânico com o detalhamento de todos os componentes a serem construídos, juntamente com o projeto de instrumentação. Esta é constituída de sensores de carga e deslocamento monitorados e controlados por um software. Com esse equipamento é possível utilizar diferentes células de corrosão, inclusive um autoclave que permite realizar ensaios de CST a temperatura e pressões elevadas.

Palavras-chave: Corrosão sob tensão; Motor de passo; Ensaios de CST com taxa de deformação lenta.

SLOW STRAIN RATE TESTING FACILITY FOR STRESS CORROSION CRACKING

Abstract

The Stress Corrosion Cracking (SCC) is a phenomenon that occurs in metallic components and requires the simultaneous presence of tensile stresses and specific environmental factors. The objective of this work is to present the development of slow strain rate testing facility for stress corrosion cracking using a step motor. The slow strain rate test is a technique that is possible to subject specimens to a tensile stress in different environments to assess the material stress corrosion cracking susceptibility. A mechanical and instrumentation design was done with the description of all mechanical components, load cell and displacement sensors controlled through a computer software. This testing facility allows using different corrosion cells and an autoclave that is possible to do stress corrosion cracking tests in a high temperature and pressure environment.

Key words: Stress corrosion cracking; Step motor; Slow strain rate test

¹ *Contribuição técnica ao 64º Congresso Anual da ABM, 13 a 17 de julho de 2009, Belo Horizonte, MG, Brasil.*

² *Bolsista de Iniciação Científica - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear*

³ *Doutor - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear*

1 INTRODUÇÃO

Corrosão é o processo de deterioração que sofrem os metais e ligas, causada pela reação química e/ou eletroquímica, com o meio ambiente, aliada ou não a esforços mecânicos. Sendo a corrosão, em geral, um processo espontâneo, está constantemente degradando os materiais metálicos reduzindo a durabilidade e o desempenho dos mesmos. A corrosão sob tensão (CST) é um importante tipo de corrosão que ocorre em componentes metálicos que estão sujeitos ao efeito simultâneo de tensão mecânica e de um ambiente aquoso de composições diversas. É um dos mecanismos de envelhecimento que gradualmente introduz danos nos componentes, modificando suas características e propriedades com o tempo ou uso. Falhas estruturais devido à CST são normalmente súbitas e imprevisíveis, levando muitas vezes a catástrofes, com sérios impactos sociais, ambientais e econômicos.⁽¹⁾

Após o aparecimento de uma trinca por CST em um material, a vida útil do componente estará limitada pela velocidade de propagação dessa trinca. Para avaliar o estágio inicial e a cinética de crescimento de trinca devem ser realizados ensaios em corpos-de-prova padronizados, em condições que simulem a operação real dos componentes avaliados. Uma característica dos ensaios de CST é, usualmente, fornecer informações mais rápidas do que as que podem ser obtidas através de experiências em serviço com as condições similares, e ao mesmo tempo visa prever o comportamento em tal condição. Um dos ensaios utilizados para este fim é o de aplicação de cargas de tração com taxa de deformação lenta, conhecido como SSRT (Slow Strain Rate Test).⁽²⁾

O objetivo deste trabalho é apresentar o projeto e montagem de um equipamento para a realização de ensaios de corrosão sob tensão com taxa de deformação lenta, utilizando motor de passo. Este equipamento permite submeter corpos-de-prova de diferentes materiais a esforços trativos, com taxas de deformação variando de 10^{-4} a 10^{-8} s⁻¹, em diversos meios corrosivos.

1.1 Ensaios de Corrosão sob Tensão com Taxa de Deformação Lenta

Um dos métodos mais recentes para avaliar o processo de corrosão sob tensão (CST) em ensaios de laboratório é o que aplica taxas de deformação relativamente lentas durante a exposição de um material a um determinado meio corrosivo. Esta técnica de avaliação é consistente com os vários mecanismos propostos para a CST, a maioria dos quais incluem microdeformações plásticas e ruptura de filmes formados na superfície.⁽³⁾

Os ensaios de deformação lenta podem ser utilizados em diferentes tipos de corpos-de-prova. Podem ser realizados em tração ou flexão e em amostras planas, entalhadas ou com pré-trincas. A principal vantagem deste tipo de ensaio é a rapidez relativa com que se pode estimar a suscetibilidade à CST de ligas em um determinado meio. Os ensaios de deformação lenta sempre terminam com a falha do corpo de prova e, assim, o modo e as superfícies de fratura podem ser comparadas com o material testado em um meio neutro (onde o sistema material/meio não sofre o processo de CST).⁽⁴⁾

Um parâmetro significativo nos ensaios de deformação lenta é a taxa de deformação utilizada. Se ela é muito alta, uma fratura dúctil irá ocorrer antes que os mecanismos de corrosão possam atuar. Desta forma, deve-se utilizar baixas taxas de deformação. Entretanto, se a taxa for muito baixa, a corrosão pode ser prevenida devido a repassivação ou reparação do filme formado na superfície do material, de

maneira que as reações no metal não são sustentadas e, conseqüentemente, a CST não irá ocorrer. Para a maior parte dos metais, as taxas de deformação críticas se situam entre 10^{-5} e 10^{-7} s^{-1} . Entretanto, dependendo do metal ou do meio a serem ensaiados, a taxa de deformação crítica deve ser determinada para cada situação.⁽⁵⁾

Os equipamentos utilizados nestes ensaios são, basicamente, máquinas para ensaios de tração. Entretanto, elas devem possibilitar a aplicação de cargas com taxas de deformação lentas. Normalmente são utilizados atuadores servohidráulicos, servomotores ou motores de passo acoplados a redutores.⁽⁶⁾ As principais características destes equipamentos são:

- Rigidez suficiente para não se deformar significativamente quando da aplicação das cargas aos corpos-de-prova;
- Um sistema capaz de prover, de maneira reproduzível, taxas de deformação constante na faixa de 10^{-4} a 10^{-8} s^{-1} ;
- Uma célula para colocação da solução química; e
- Equipamentos para controlar as condições do ambiente corrosivo e registro dos dados.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios de SSRT, apesar de serem considerados acelerados, exigem tempos de execução relativamente longos (normalmente de algumas semanas). Sendo assim, o desenvolvimento deste equipamento permitirá a realização de maior número de ensaios e ampliação de linhas de pesquisa na área de CST do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear (CDTN).

O mecanismo de tração consta, basicamente, de uma estrutura metálica rígida na qual são acoplados os sistemas de aplicação e de medição de carga e do deslocamento. Para se aplicar a carga foi desenvolvido um sistema constituído de um motor de passo acoplado a dois redutores (Figura 1). Esse conjunto, por sua vez, foi acoplado a um fuso de esfera. O motor de passo utilizado é um modelo do tipo NEMA 34, torque máximo de 9,24 N.m. Os redutores são do tipo planetário duplo e possuem fator de redução de 100:1, cada um. O fuso de esfera utilizado possui castanha dupla, diâmetro de 32 mm e carga dinâmica de 3000 kgf (Figura 2). O sistema de medição e controle foi conectado em um microcomputador, que tem por finalidade controlar o motor de passo e medir a carga e o deslocamento aplicados.

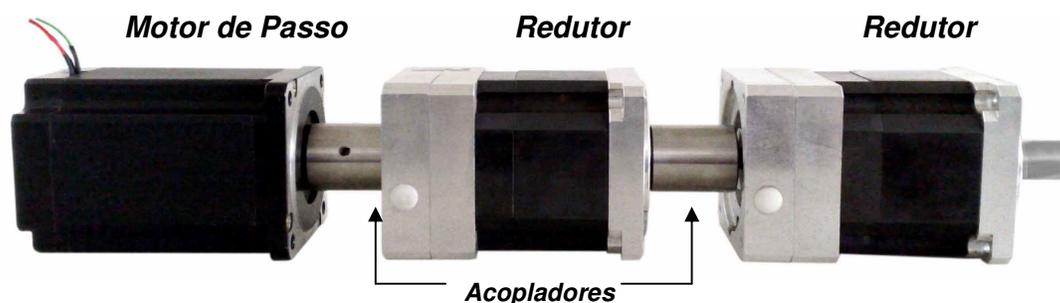


Figura 1. Conjunto Motor de passo e redutores.



Figura 2. Fuso de esfera modelo DKN, em detalhe o sistema do rolamento de esferas responsável pela eficiência do equipamento.

Para realizar estas medições são utilizados uma célula de carga e um sensor de deslocamento (Figura 3).

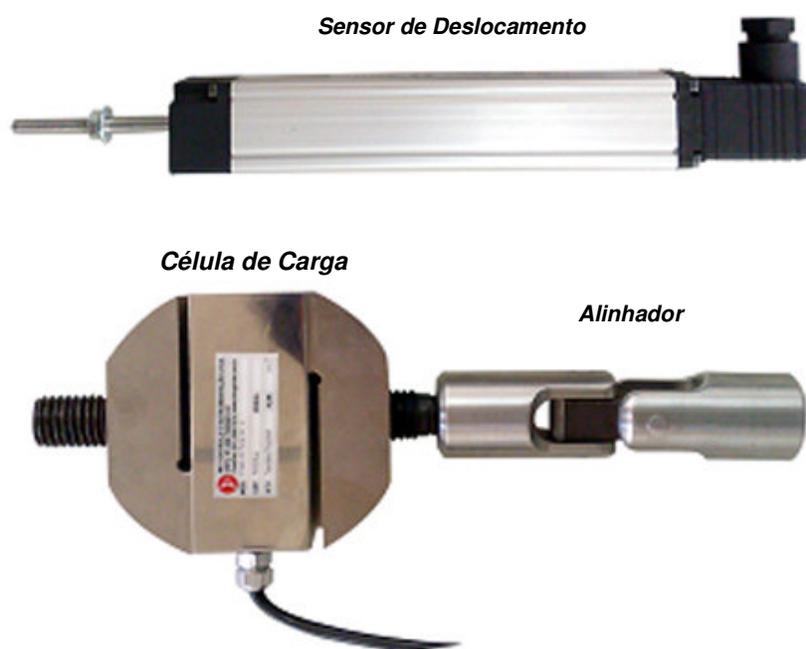


Figura 3. Sensores de carga e deslocamento que compõem a instrumentação do equipamento para ensaio de CST com taxa de deformação lenta.

3 RESULTADOS

O principal resultado neste projeto é o protótipo de equipamento para ensaio de corrosão sob tensão com taxa de deformação lenta. A Figura 4 apresenta o equipamento com seus principais componentes.

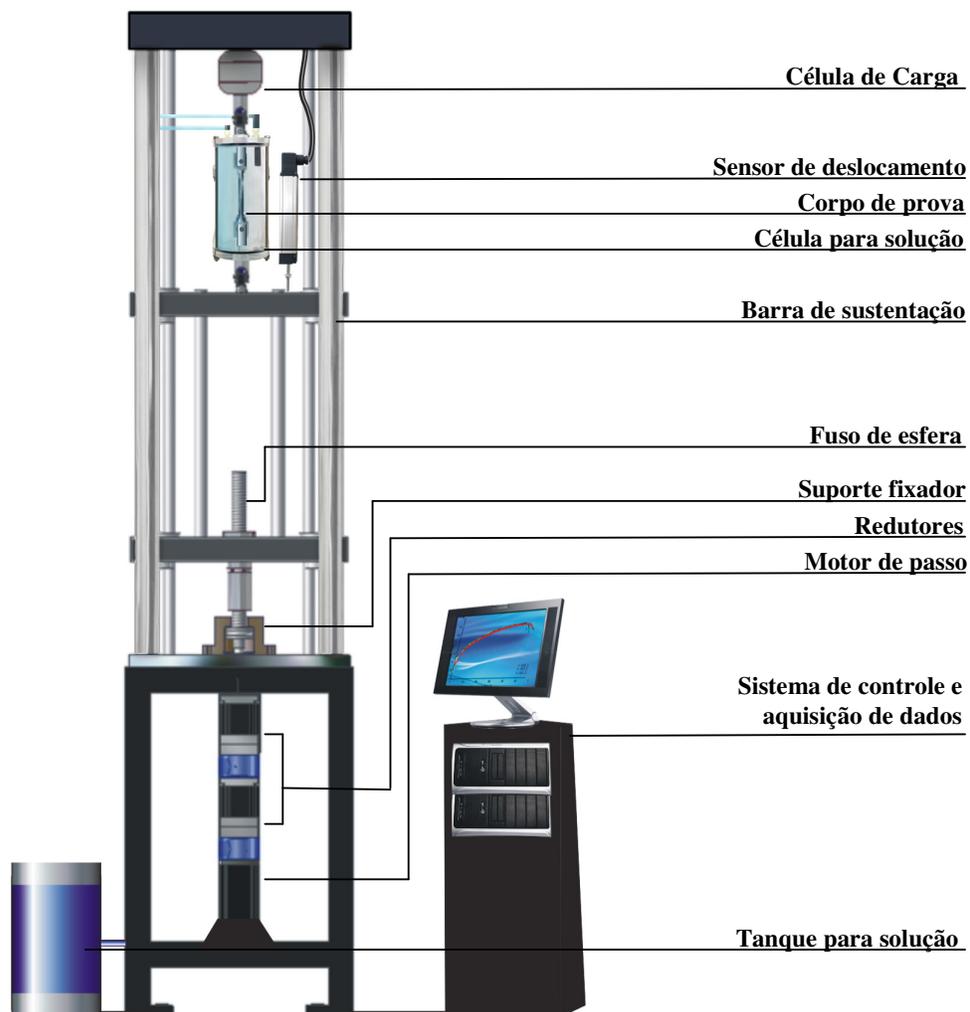


Figura 4. Equipamento para ensaio de corrosão sob tensão com taxa de deformação lenta.

4 DISCUSSÃO

O equipamento desenvolvido permite realizar ensaios de SSRT com taxas de deformação variando de 10^{-4} a 10^{-8} s^{-1} , com cargas de até 3 kN. Para a realização dos ensaios em diversos meios corrosivos, pode-se utilizar variados tipos de células. Essas células podem ser construídas em material plástico (Figura 5), aço inoxidável (para utilização em altas temperatura e pressão), etc.

Este equipamento poderá, ainda, ser adaptado para realização de ensaios em corpos-de-prova flexionados e também, em ensaios de corrosão fadiga.



Figura 5. Célula para ensaio de corrosão sob tensão.

5 CONCLUSÃO

Com o término deste projeto, o Laboratório de Corrosão do CDTN passou a contar com um moderno sistema de ensaio de CST com taxa de deformação lenta. Este sistema possibilita o registro de cargas e deslocamentos durante o ensaio e pode, ainda, ser controlado de maneira a se variar a taxa de carregamento e o uso em ensaios de corrosão fadiga. O desenvolvimento deste equipamento possibilitou, ainda, a consolidação da competência da equipe do CDTN, tanto no que diz respeito ao projeto e construção de equipamentos, mas, também, aos ensaios e estudos de corrosão. A execução deste projeto permitirá o desenvolvimento de trabalhos conjuntos e pesquisas tecnológicas envolvendo a formação de alunos no nível de iniciação científica, mestrado e doutorado.

Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio dado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG.

REFERÊNCIAS

- 1 GENTIL, VICENTE, Corrosão, LTC Editora, Rio de Janeiro, Brasil, 2003.
- 2 AMERICAN SOCIETY OF METALS. Metals Handbook. 8th Edition . Metal Park, Ohio, 1961.
- 3 LANDES, J.D., Fracture Mechanics and the Nuclear Industry. Metallurgical Transactions, Vol. 21A , may 1990, pp. 1097-1104.
- 4 SEDRIKS, J. Stress Corrosion Cracking Methods. Office of Naval Research, jan 1990, pp. 11–15, Arlington, Virginia, USA.
- 5 RUSKAK, M. Testing Facility for Assessment of Environmentally Assisted Cracking. Nuclear Research Institute, Rez, 1998, Praga.
- 6 SHREIR, L. L et al, Corrosion. Volume 1: Metal/Environment Reactions, Oxford, 3ver.Ed. Butterworth-Heinemann, 2000.