

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).

Estudo da Técnica de “Weld Overlay” para Mitigação da Corrosão Sob Tensão em Soldas à Base de Ligas de Níquel Submetidas às Condições de Reator PWR

¹Marco Antônio Dutra Quinan, ²Mônica Maria de Abreu Mendonça Schvartzman, ³Luciana Iglésias Lourenço Lima, ⁴Jose Eduardo de Almeida Maneschy, ⁵Emerson Giovani Rabello, ⁶Paulo de Tarso Vida Gomes, ⁷Cartergiane Júnio de Oliveira

Abstract

Stress corrosion crack in a primary circuit of a nuclear pressurized water reactor, also represented as PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Crack), consists of a degradation process in which aggressive media, stress and material susceptibility are present. The nickel alloy Inconel® 600, 82 and 182, originally selected due to its high corrosion resistance, presented, during the nuclear plant operation, susceptibility to the PWSCC. In Angra 1, the alloys are used in several components as, for example, dissimilar welds in nozzles on the reactor pressure vessel and the pressurizer. A PWSCC mitigation alternative in the nozzle welds region, consists in a deposition, for welding process, of a compatible structural layer in the external surface of the nozzle to induce compression in the PWSCC region. In this work, will be present an analysis of the overlay deposition technique, used in stress corrosion crack mitigation. The analysis methodology includes, basically, the physical model (mock-up) construction and subsequent testing and characterization to evaluate welds and effectiveness of the weld overlay.

The physical model are represented by a pipe of the low alloy steel A508 connected to another of the 316L stainless steel. The weld will be performed with Inconel® 82/182. Subsequently, the model will receive a structural weld overlay with Inconel® 82 and samples will be collected to metallurgic characterization and stress corrosion resistance tests.

Resumo

A corrosão sob tensão (CST) em ambiente do circuito primário de usinas nucleares do tipo PWR, conhecida pela sigla PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Crack), consiste de um processo de degradação que envolve a presença de um ambiente agressivo, tensões de tração

¹Dr-Tecnologista - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

²Dr-Tecnologista - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

³Doutoranda-Estudante - Universidade Federal de Minas Gerais

⁴Dr-Engenheiro - Eletrobras Termonuclear S.A.

⁵Dr-Tecnologista - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

⁶Dr-Tecnologista - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

⁷Bolsista de Iniciação Científica - Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear

e um material suscetível. As ligas Inconel® 600, 82 e 182, originalmente selecionadas por sua alta resistência à corrosão, apresentaram, ao longo da operação em usinas nucleares semelhantes a Angra 1, suscetibilidade ao processo de PWSCC. Em Angra 1, verifica-se o emprego destes materiais em diversos componentes como, por exemplo, em soldas dissimilares existentes nos bocais do vaso de pressão do reator e do pressurizador. Uma alternativa de mitigação da PWSCC nestas soldas consiste na deposição, por processo de soldagem, de uma camada de material compatível na superfície externa do bocal com o objetivo de provocar a compressão da região sujeita à PWSCC. Este trabalho descreve a metodologia utilizada para o estudo da mitigação da CST utilizando a deposição de sobrecamada de solda em um bocal similar ao do pressurizador de Angra 1. Essa metodologia consiste inicialmente da construção de modelo físico (mock-up) e posteriores ensaios e caracterizações visando avaliar a qualidade das soldas e efetividade da deposição da sobrecamada. O mock-up foi construído com tubulações de aço baixa liga A508 e de aço inoxidável 316L soldadas com material de adição Inconel® 82/182, recebendo, posteriormente, uma sobrecamada de solda de Inconel® 52. Dele foram retirados corpos-de-prova para ensaios de caracterização metalúrgica e verificação do comportamento frente à CST.

Palavras-chave: Inconel 600, reator PWR, sobrecamada de solda, solda dissimilar

Introdução

A corrosão sob tensão (CST) em ambiente de água do circuito primário em usinas nucleares do tipo PWR, conhecida, também, pela sigla PWSCC (Primary Water Stress Corrosion Crack), consiste em um processo de degradação que envolve a presença de ambiente agressivo, a presença de tensões de tração e um material suscetível. As ligas Inconel® 600, 82 e 182, embora originalmente selecionadas por sua alta resistência à corrosão, apresentaram, com a continuidade da operação, indicações de susceptibilidade ao processo de PWSCC [1].

Na usina nuclear Angra 1, assim como em usinas semelhantes, verifica-se o emprego destes materiais suscetíveis à PWSCC em diversos componentes tais como o feixe tubular dos geradores de vapor, nas soldas das penetrações dos mecanismos de acionamento das barras de controle na tampa do vaso de pressão do reator (VPR), nas soldas das peças intermediárias de conexão dos bocais do VPR à tubulação assim como nas soldas dos bocais do pressurizador [2].

Este trabalho tem como objetivo apresentar uma metodologia para a avaliação da técnica de deposição de sobrecamada de solda (“weld overlay”) destinada à mitigação da corrosão sob tensão a que estão sujeitos os bocais do pressurizador de usinas nucleares do tipo PWR, em cuja construção empreguem-se as ligas Inconel® 82 e 182. Esse estudo foi financiado pela Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP, pela Eletrobrás Termonuclear S.A. – Eletronuclear e pela FAPEMIG, e sua aplicação direcionada à Unidade 1 da Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (Angra 1). Angra 1 e as usinas contemporâneas fabricadas com estas mesmas ligas vêm demandando ações que incluem inspeções, análises, medidas de prevenção, reparos e substituições.

Metodologia

Para a prevenção e a mitigação de PWSCC existem várias abordagens, que podem ser utilizadas separadamente ou em conjunto. Estas abordagens se baseiam em métodos específicos para modificar o material, o ambiente ou condição de tensões dos locais susceptíveis. Dentre os métodos utilizados podem-se citar os processos de melhoria das tensões (Stress Improvement - SI) tais como o processo de aquecimento de indução (Induction Heating Stress Improvement - IHSI) e os processos por métodos mecânicos (Mechanical Stress Improvement Process - MSIP™); modificações do meio ou controle da química da água, como o do teor de hidrogênio dissolvido (Hydrogen Water Chemistry - HWC), e alterações dos materiais suscetíveis por materiais mais resistentes [3].

A aplicação de uma cobertura estrutural de solda, se for feita com um material resistente (por exemplo Inconel® 52), também se apresenta como uma alternativa à mitigação de PWSCC, principalmente em bocais com soldas dissimilares. Embora o material suscetível permaneça exposto ao refrigerante do circuito primário (uma vez que o revestimento de solda é aplicado à superfície externa da solda) e pode, inclusive, conter trincas, a espessura do revestimento é suficiente para satisfazer os fatores de segurança necessários sem necessitar dos efeitos estruturais proporcionados pela parede original do tubo. Se porventura existir uma trinca passante na parede original, o diâmetro interno do revestimento de solda ficaria exposto ao ambiente. No entanto, uma vez que o Inconel® 52 é uma liga resistente à PWSCC, o trincamento seria considerado mitigado. Note também que a solda, por ser estrutural, atua, também, como um processo de Stress Improvement (SI), sujeitando a parte interna do tubo a tensões de compressão [4].

O presente trabalho consistiu em se construir um modelo (também chamado de “mock up”) que reproduzisse as soldas das peças intermediárias de conexões de bocais típicos de um pressurizador de usina PWR e que, posteriormente, recebesse uma cobertura de solda (weld overlay). O modelo em questão foi construído em aço baixa liga soldado a um elemento de tubulação de aço inoxidável (também denominado “safe end”), utilizando nesta solda Inconel® 82 e 182, como metais de adição. A sobrecamada de solda foi realizada tendo o Inconel® 52 como metal de deposição. Do modelo construído, foram retiradas amostras para a realização de ensaios. O trabalho foi dividido nas seguintes etapas: revisão bibliográfica, projeto do mock up, construção de dispositivos de soldagem, construção de dispositivos para medições de tensões residuais, construção do mock up, avaliação das tensões residuais na condição inicial, dimensionamento das sobrecamadas de solda, execução das sobrecamadas de solda, avaliação das tensões residuais após a execução das sobrecamadas de solda, corte do mock up e preparação de corpos-de-prova, execução de ensaios de corrosão sob tensão e avaliação de resultados. A seguir, são detalhadas cada uma das etapas do trabalho.

Projeto do mock up – Esta etapa foi constituída de uma fase de concepção e dimensionamento do mock up, na qual foram levados em conta os aspectos ligados à sua realização prática, tais como, tamanho, disponibilidade de materiais, etc. ., levando-se em conta que as soldas tiveram que reproduzir, da maneira mais fiel possível, as mesmas condições observadas no componente original de Angra 1. A seguir, foram estabelecidos os procedimentos de soldagem e de inspeção que, posteriormente, foram qualificados.

Após estudar os diversos tipos de bocais existentes, foi escolhido, como modelo para os estudos, um dos bocais das linhas de segurança /alívio do pressurizador de Angra 1. Este bocal apresenta geometria e características adequadas ao desenvolvimento dos estudos. Ele é constituído de uma peça forjada, fabricada em aço baixa liga SA-508 Grau 3, cladeado com aço inoxidável 309, cujo chanfro de soldagem possui um “amanteigamento” (buttering) de Inconel® 82, soldado com Inconel® 82 (passe de raiz) e Inconel® 182 (preenchimento) a um

“safe end” de aço inoxidável 316L que, por sua vez, é soldado à tubulação de aço inoxidável 316L. O seu diâmetro interno é de aproximadamente 130 mm. Baseado nestas características foi projetado o modelo (mock up) utilizado no trabalho, que por razões de simplificação, não foi construído com o cladeamento. Na Figura 1 pode ser visualizado o desenho deste modelo. Para qualificar o procedimento de soldagem, foram construídos 3 conjuntos de chapas de aço SA-508 Grau 3 e 316L, com as mesmas espessuras das paredes dos modelos e com as dimensões de 130 x 300 mm, cada uma. Em cada etapa da qualificação do procedimento de soldagem foram realizados ensaios não destrutivos, como por exemplo, Ensaio por Líquido Penetrante, para assegurar a qualidade da solda (Figura 2).

Construção de dispositivos de soldagem – Para a realização das soldagens, tanto dos corpos de prova para qualificação quanto do mock up propriamente dito, foram construídos alguns dispositivos e gabaritos de soldagem. São, todos eles, dispositivos, mas de fundamental importância para a execução dos trabalhos. A Figura 3 apresenta detalhes destes dispositivos

Construção de dispositivos para medições de tensões residuais – O método utilizado para a medição de tensões residuais nos modelos, antes e após a execução da sobrecamada, é o do furo central, que consiste em se colar extensômetros elétricos (“strain gages”) no ponto de interesse e executar um pequeno furo para alívio das tensões que são, assim, medidas. Uma vez que os equipamentos, disponíveis no mercado, para este tipo de medida são de porte maior do que o diâmetro interno do mock up, optou-se por desenvolver e construir um equipamento que realize tal função. Na Figura 4 é mostrado o equipamento convencional (neste caso realizando medições nos corpos de prova para qualificação do procedimento de soldagem) e o equipamento desenvolvido.

Construção do “mock up” – A primeira etapa da construção do mock up foi a usinagem dos componentes. No caso da parte constituída pelo aço A508, esta usinagem se deu a partir de uma chapa de 130 mm de espessura (Figura 5). O “safe end” foi usinado a partir de uma barra de aço inox 316L, enquanto que o tubo a ser soldado ao “safe end” foi obtido a partir de um tubo de aço inox 316L, Schedule 160.

Todas as superfícies a serem soldadas, tanto do aço A508 quanto dos aços inoxidáveis, foram submetidas a ensaio de líquido penetrante (Figura 6).

Foi realizado, a seguir, sobre a superfície de solda da peça de aço A508, um depósito de solda (amanteigamento). Este depósito consistiu de algumas camadas de Inconel[®] 82 depositadas pelo processo de soldagem GTAW (Gas-Shielded Tungsten Arc Welding) (Figura 7).

Em seguida, esta superfície foi usinada, formando o chanfro de soldagem, e a peça foi tratada termicamente com a finalidade de se aliviar as tensões provenientes da deposição do Inconel[®] 82 (Figura 8).

Foi, então, realizada a solda do aço A508 com o “safe end”. Esta solda, a exemplo do corpo de prova de qualificação do procedimento de soldagem, foi dividida em duas fases. A primeira foram os passes de raiz, realizados pelo processo GTAW, tendo como metal de adição Inconel[®] 82. A segunda foi realizada pelo processo SMAW ((Shielded Metal Arc Welding), utilizando Inconel[®] 182 como material de adição. Durante todo o processo de soldagem, os parâmetros de tensão, corrente e tempo foram monitorados (Figura 9).

Estes componentes receberam uma usinagem interna e externa com a finalidade de se retirar o excesso de solda e em seguida foi soldado, ao “safe end”, um pedaço de tubo de aço inox 316L (Figura 10)

Avaliação das tensões residuais na condição inicial – Após a soldagem, utilizando o equipamento desenvolvido, as tensões residuais foram medidas na região interna do “mock up”, em regiões adjacentes à raiz da solda, tanto na região do aço baixa liga, quanto na do aço inoxidável (Figura 11).

Dimensionamento das sobrecamadas de solda – Com a finalidade de se avaliar a contribuição da sobrecamada de solda na melhoria das tensões internas do mock up, foram realizadas simulações numéricas utilizando o método de elementos finitos. Estas simulações estimam a distribuição de tensões provocadas pela deposição destas sobrecamadas de solda. A Figura 12 apresenta o modelo de elementos finitos desenvolvido e o resultado de uma destas simulações.

Execução das sobrecamadas de solda - Para a realização das sobrecamadas de solda, foram, inicialmente, realizadas várias soldagens experimentais visando a determinação dos melhores parâmetros. A sobrecamada de solda sob o mock up consistiu de diversos cordões circunferenciais, dispostos em camadas. Ao todo foram 486 cordões dispostos em 21 camadas, para os quais utilizou-se o processo de soldagem a arco GTAW, tendo como material de adição arame de Inconel[®] 52, com espessura de 1,2 mm. Durante todo o processo de soldagem, houve circulação de água no interior do mock up, com a finalidade de aumentar a velocidade de resfriamento dos cordões, proporcionando maiores tensões de compressão na parede interna. A Figura 13 apresenta o mock up com a sobrecamada de solda depositada.

Avaliação das tensões residuais após execução das sobrecamadas de solda – Após a deposição da sobrecamada de solda foram realizadas as medidas as tensões residuais na região interna do mock up, seguindo os mesmos procedimentos utilizados anteriormente.

Corte dos “mock ups” e preparação de corpos-de-prova – Após a realização de um planejamento de cortes, o mock up foi seccionado e dele foram retiradas amostras e usinados corpos de prova para serem utilizados nos diversos ensaios.

Execução de ensaios de corrosão sob tensão e de propagação de trincas – Nesta etapa, estão sendo realizados os ensaios de corrosão sob tensão. Um dos tipos de ensaio é o de deformação lenta (também conhecido pelas siglas SSRT – Slow Strain Rate Test ou CERT – Constant Extension Rate Test). Este ensaio consiste na aplicação de uma taxa de deformação lenta, a qual é alcançada pela taxa de extensão (alongamento) constante no corpo-de-prova, com o monitoramento da carga e deformação. O grau de suscetibilidade à CST é avaliado por meio da observação de diferenças existentes no comportamento do material nos meios de teste e neutro (no caso N₂ seco) comparando-se parâmetros como tempo de falha, deformação e/ou redução de área do corpo de prova, micrografias, fractografia e, muitas vezes, a combinação destes parâmetros. O ensaio de deformação lenta é utilizado para avaliações comparativas ou seletivas, relativamente rápidas, de meios, variáveis metalúrgicas ou de processos, etc. Devido à realização do ensaio em condições que levam o corpo de prova ao colapso, os resultados não representam, necessariamente, as condições de serviço, mas fornecem bases para se detectar e entender a interação material/meio e para avaliações comparativas de efeitos metalúrgicos e do meio no processo de CST [5, 6].

Para contornar este problema, serão realizados, adicionalmente, ensaios de carga constante, que é o mais empregado para avaliar a propagação de trincas por CST. Este ensaio possibilita elevada aproximação das condições reais de trabalho do material com o meio. Porém, dependendo do sistema metal/meio, o ensaio pode ser muito demorado, o que de certa forma

limita sua utilização. Esta técnica consiste em aplicar, uma carga constante, provocando o tensionamento do corpo-de-prova que se apresenta com entalhe definido através de conceitos da mecânica de fratura (p. ex. corpos de prova do tipo CT pré-trincados). O corpo de prova é colocado no meio em estudo e os esforços de tração são aplicados constantemente [7].

Diferentemente do ensaio com taxa de deformação lenta, este ensaio possibilita maior aproximação das condições reais de trabalho do material no meio, devido ao caráter estático deste tipo de teste. Um estudo de propagação de trinca importante que será realizado é o que vai medir a diferença de taxa de propagação de trinca em corpos de prova que possuem a transição entre o Inconel® 182 (utilizado na solda dissimilar) e o Inconel® 52 (utilizado na sobrecamada de solda).

Atualmente estão sendo realizados ensaios de SSRT nas diferentes regiões da solda (zonas termicamente afetadas e zona fundida) com variações na temperatura do ensaio e nas concentrações de H₂ dissolvido em meio similar ao existente no circuito primário de um reator PWR. Os ensaios iniciais foram executados segundo a norma ASTM G 129-95 no metal base e na zona termicamente afetada (ZTA) do aço AISI 316L. Empregou-se uma taxa de deformação de 3×10^{-7} s⁻¹, a qual permite a observação dos efeitos da corrosão sob tensão no meio estudado. O meio empregado foi uma solução de composição química similar à de operação do circuito primário de um reator PWR (água deionizada contendo 1000 ppm de boro, 1,5-2,0 ppm de lítio, < 5 ppb de oxigênio dissolvido e 25 cm³ H₂/kg H₂O). Os ensaios foram realizados à temperatura de 325°C e à pressão de 12,5 MPa.

Os corpos-de-prova (CPs) utilizados nos ensaios de CST foram usinados de acordo com as normas ASTM G49 [22] e ASTM E8 [23], com comprimento útil de 12 mm e diâmetro de 2,4 mm (Figura 13).

Na Figura 14a são mostradas as diferenças no comportamento do metal base e da ZAC do aço AISI 316L, no meio teste e à temperatura de 325°C. Observa-se que a ZAC apresentou menores valores de limite de resistência e ductilidade, indicando sua maior suscetibilidade à CST. Este comportamento foi atribuído ao aumento da dureza da ZAC provocada pelas tensões geradas durante os ciclos térmicos de soldagem. Na Figura 14b e na Tabela 1 estão apresentadas as curvas tensão versus deformação para a ZAC do aço AISI 316L e as propriedades mecânicas, respectivamente, obtidas nos ensaios de SSRT realizados nas temperaturas de 303°C e 325°C. Os valores expressos nesta tabela referem-se aos valores obtidos nos dois ensaios realizados para cada condição. É evidente, nos resultados destes ensaios, a diferença na resposta do material quando exposto ao meio teste e a diferentes temperaturas. Observa-se que ocorreu uma redução do limite de resistência e da ductilidade do material com a elevação da temperatura. Esta redução foi atribuída ao processo de CST que provocou a fragilização do material. Verifica-se também que a ZAC do aço AISI 316L mostrou baixa suscetibilidade à corrosão sob tensão quando submetida a um ambiente similar ao do circuito primário de um reator PWR e à temperatura de 303°C.

Conclusões

Na busca de uma metodologia para estudos de corrosão sob tensão - CST em soldas dissimilares em ambiente de reatores nucleares (temperaturas e pressões da ordem de 325°C e 12,5 MPa), verificou-se a importância de se construir um modelo físico (mock up) similar ao original, para a partir dele se realizar a qualificação dos procedimentos de soldagem e o estudo da corrosão sob tensão. Estes estudos poderão subsidiar na escolha de materiais e das condições de operação de modo a minimizar o processo de CST.

Referências bibliográficas

- [1] Jang, C., Lee, J., Kim, J. S., Jim, T. E., Mechanical property variation within Inconel 82/182 dissimilar metal weld between low alloy steel and 316 stainless steel. **Int. J. of Press. Vessels and Piping**, in press.
- [2] NETWORK FOR EVALUATING STRUCTURAL COMPONENTS – NESC. Assesment of Dissimilar Weld Integrity: Final Report of the NESC-III Projectt, Luxembourg, 2006. ISSN 1018-5593.
- [3] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE – EPRI. Materials Reliability Program: Evaluation of the Capabilities and Limitations of Existing Technologies for Mitigation of PWSCC. Palo Alto, California, 2004.
- [4] ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE – EPRI. Inconel Weld-Overlay Repair for Low-Alloy Steel Nozzle to Safe-End Joint. San Jose, California, 1991.
- [5] Andresen, P. L. Experimental quality guidelines for SCC Testing. January, 1998
- [6] ASTM G129 - American Society for Testing and Materials. Standard practice for slow strain rate testing to evaluate the susceptibility of metallic materials to environmentally assisted cracking. In: _ Annual Book of ASTM Standards, West Conshohocken. 1995.
- [7] Radek, N.; Filippo, S.; Debarberis, L.; Petr, S.; Kytka, M. Testing environmentally assisted cracking of reactor materials using pneumatic servo-controlled fracture mechanics device. **International Journal of Pressure Vessels and Piping**, v. 83, p. 701-706, 2006.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FINEP, ELETRONUCLEAR E FAPEMIG pelo apoio financeiro. Agradecem, também, aos técnicos Antônio Edicleto Gomes Soares, Geraldo A. Scoralick Martins, José Marcos Messias e Antônio Eugênio de Aguiar pelo apoio nas atividades técnicas.

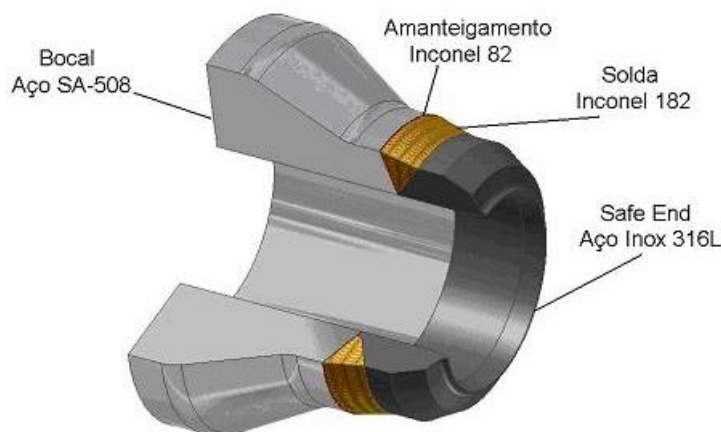


Figura 1 – Desenho esquemático do “mock up”, mostrando os diversos materiais empregados na sua fabricação.



Figura 2 – Corpos de prova para qualificação do procedimento de soldagem sendo ensaiados por Líquido Penetrante.



(a) Gabaritos para soldagem de corpos de prova



(b) Sistema para girar o mock up durante a deposição da sobrecamada de solda

Figura 3 – Dispositivos para soldagem.



(a) Equipamento convencional para



(b) Equipamento desenvolvido para medições

medições de tensões residuais de tensões residuais no interior do mock up
Figura 4 – Dispositivos para medições de tensões residuais.

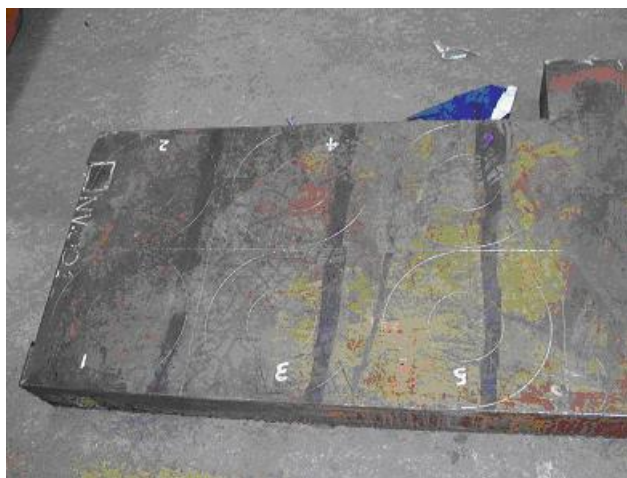


Figura 5 - Chapa de aço baixa liga SA-508 Grau 3, de 130 mm de espessura.

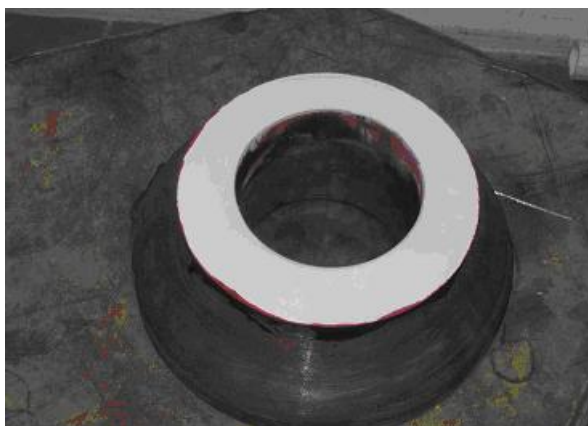


Figura 6 - Ensaio de líquido penetrante no bocal de aço A508.



Figura 7 – Detalhe do amateigamento no bocal de aço A508.



Figura 8 – Tratamento térmico do bocal de aço A508.

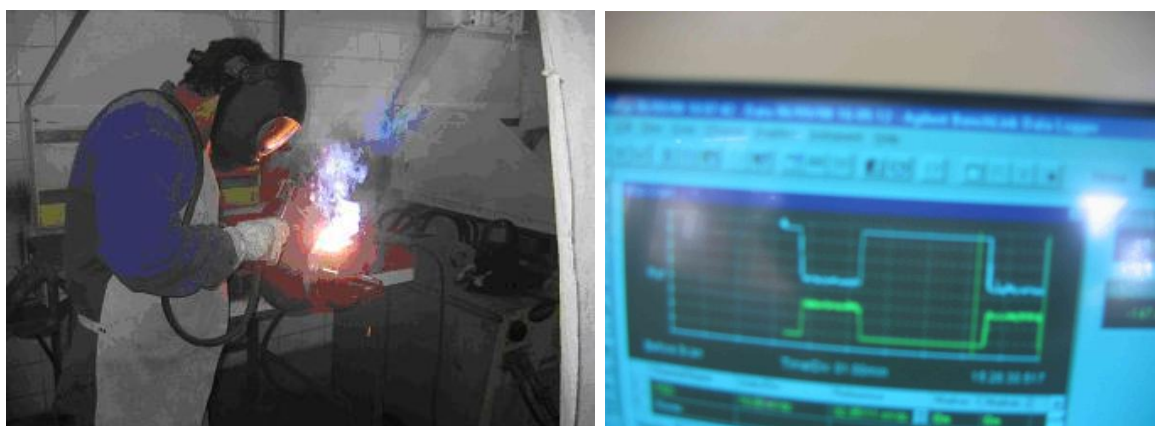


Figura 9 – Soldagem do bocal e detalhe do sistema de aquisição de dados.



Figura 10 – Detalhe mostrando o tubo de aço inox a ser soldado ao safe end.

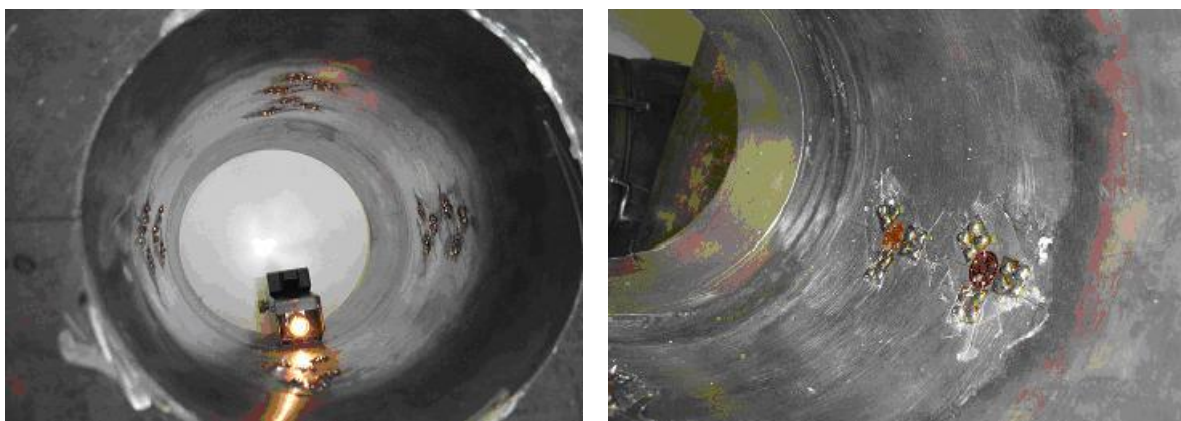


Figura 11 – Medições de tensões residuais no interior do mock up.

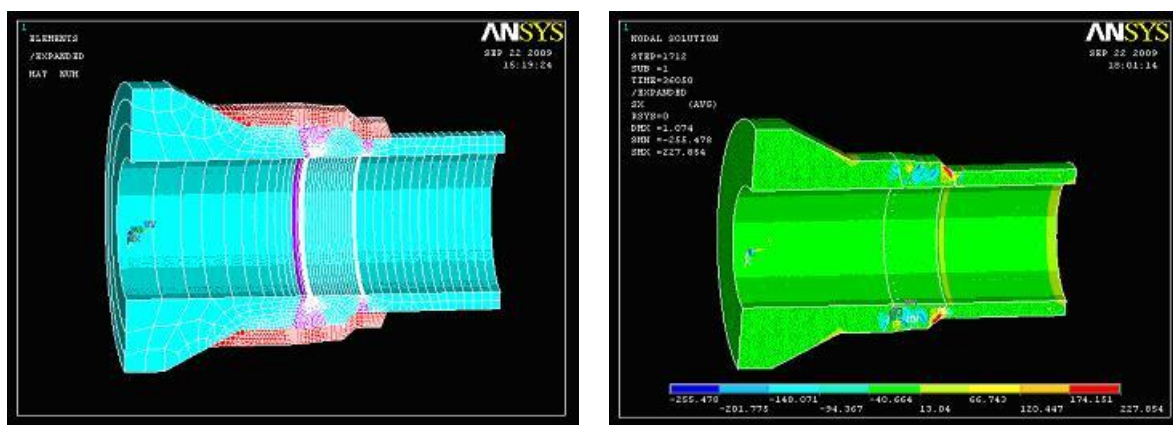


Figura 12 – Modelo de elementos finitos e o resultado de simulação numérica mostrando o campo de tensões após a deposição de sobrecamada de solda.



Figura 12 – Mock up após a deposição da sobrecamada de solda.

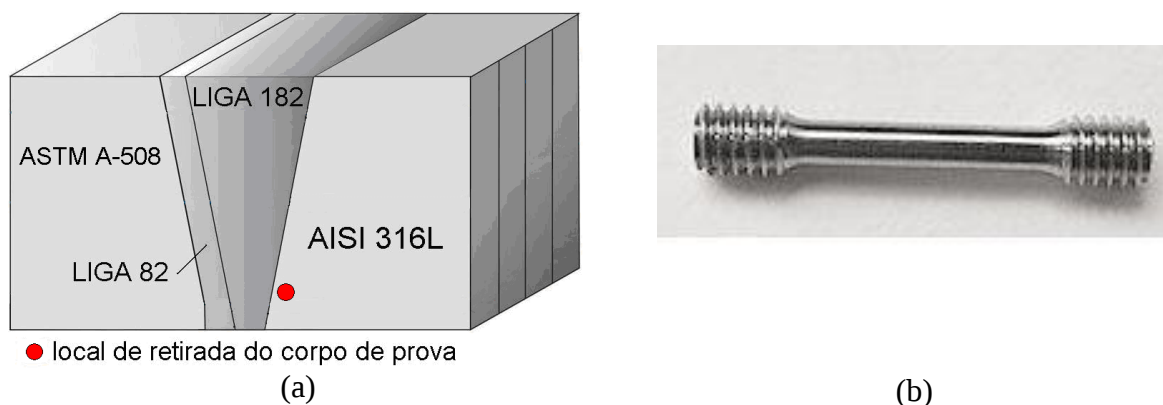


Figura 13 - (a) Local de retirada das amostras. (b) corpo-de-prova utilizado nos ensaios de corrosão sob tensão.

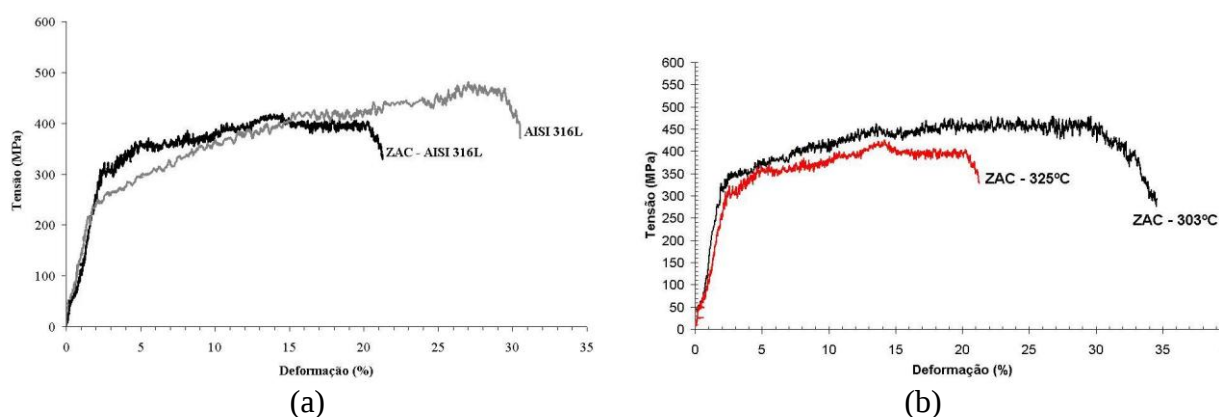


Figura 14 - Ensaios de CST realizados (a) no aço AISI 316L e na ZAC do aço AISI 316L em meio teste a 325°C e (b) na ZAC do aço AISI 316L em meio teste à temperaturas de 303°C e 325°C. Taxa de deformação: $3,0 \times 10^{-7}$.

Tabela 1 - Resultados dos ensaios de SSRT, realizados na ZAC do aço AISI 316L à 303°C e 325°C.

Condição	σ_{UTS} (MPa)	Deformação total (%)
ZAC AISI 316L / meio teste / 303°C	478 - 492	32 - 34
ZAC AISI 316L / meio teste / 325°C	414 - 430	17,5 – 20,5