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).

Determinação do Grau de Sensitização do Metal de Adição Inconel 182 depositado em diferentes condições de Aporte Térmico de Soldagem.

Guilherme M Silva[1], Alexandre Q Bracarense[2], Mônica M A M Schvartzman[3], Ana L B C Costa[4],Tiago M. Pereira[5], Marcos S. Chaim[6]

Abstract

Alloy NiCrFe (Inconel ® 600 with its weld metal, alloy 82 and 182) is one of the most filler metal used in dissimilar welds in primary circuits of pressurized water reactors (PWR). The sensitization of alloy 600 is dependent on the thermomechanic history of the alloy and is related to the formation of carbides at grain boundaries and chromium depletion around them. This study aimed to evaluate the effect of different weld heat inputs applied using alloy 182 as filler metal, on the degree of sensitization of the welds considering different situations. Three different conditions of heat input were produced in the laboratory: the 1st and the 3rd used the normal parameterization of welding; the 2nd has three times the heat input for 1st and 3rd. A water cooling system of the specimen 3rd was used. The sensitization was explored using the technique of Double Loop Electrochemical Reactivation Potenciokinetic - DL-EPR. The electrolytes used (H_2SO_4 + CH_3CSNH_2 e and H_2SO_4 + KSCN) were tested at different concentrations.

Key-words: Sensitization, Alloy Inconel – 182, Heat Input.

Resumo

As ligas NiCrFe (Inconel® 600 com seus metais de adição, ligas 82 e 182) são empregadas nas soldas dissimilares existentes nos circuitos primários de reatores a água pressurizada (PWR). A sensitização da liga 600 é dependente da história termo-mecânica da liga e está relacionada à formação de carbonetos nos contornos de grão e ao empobrecimento de cromo ao redor dos mesmos. Este trabalho tem objetivo de avaliar o efeito de diferentes aportes térmicos, aplicados durante a soldagem utilizando-se o metal de adição, liga 182, no grau de sensitização dos metais depositados em diferentes situações. Três condições distintas de aporte térmico foram produzidas em laboratório: na 1ª e 3ª utilizou-se a parametrização normal de soldagem, na 2ª triplicou-se o aporte térmico em relação às outras. Utilizou-se um sistema de resfriamento do corpo-de-prova pela circulação de água na 3ª condição. A sensitização foi avaliada empregando-se a técnica Eletroquímica de Reativação Potenciocinética - DL-EPR (double loop electrochemical potenciokinetic reactivation method). Os eletrólitos utilizados (H_2SO_4+CH_3CSNH_2 e H_2SO_4+KSCN) foram testados em diferentes concentrações.

Palavras-chave: Sensitização, Liga Inconel - 182, Aporte Térmico.

[1] Mestre, Engenheiro Mecânico – CEFET-MG
[2] PHD, Físico – UFMG
[3] Dr., Engenheira Química – CDTN
[4] Graduanda, Engenharia Química – UFMG
[5] Graduando, Engenharia Metalúrgica – UFMG
[6] Graduando, Engenharia Química – UFMG

Introdução

A Liga de níquel 600 assim como seus metais de adição (ligas 82 e 182) de composições similares e utilizada em processos de soldagem é encontrada nos principais componentes de usinas nucleares: no vaso de pressão do reator, nos geradores de vapor e nos pressurizadores. Sua utilização foi devido ao fato destes materiais possuírem elevada resistência mecânica, grande ductilidade e alta resistência à corrosão nas condições de operação das centrais nucleares tipo PWR. Porém, após longo período de operação (da ordem de 2 décadas) observou-se que estas ligas eram susceptíveis à corrosão sob tensão nas condições de operação dos circuitos primário e secundário desses reatores. Este trabalho tem por objetivo, utilizando-se a técnica eletroquímica de reativação potenciocinética DL-EPR (double loop eletrochemical potenciokinetic reactivation method), avaliar o grau de sensitização do metal de solda, liga 182, depositado sob diferentes condições de soldagem, considerando-se que a sensitização é um dos fatores que afetam o comportamento à corrosão deste material.

1 Revisão bibliográfica

Soldas Dissimilares em Reatores Nucleares

A união ou soldagem entre dois diferentes materiais, denominada de soldagem dissimilar é um processo que pode ser aplicado na união de tubulações em aços inoxidáveis com componentes em aços de baixa liga dos diversos vasos de pressão (reator, gerador de vapor e pressurizador) existentes nas centrais nucleares. As características das juntas dissimilares dependem de uma série de fatores, incluindo o tipo de usina nuclear, os materiais usados e o procedimento de soldagem.

É usual em usinas nucleares, tipo PWR (*Pressurized Water Reactor*), adotarem-se um ou mais dos métodos a seguir:

-soldagem direta dos dois materiais,

-soldagem dos dois materiais após o amanteigamento de um deles e,

-uso de uma peça intermediária entre os dois materiais.

A existência de centrais nucleares oriundas de diversos fabricantes resulta em um elevado número de soldagens dissimilares apresentando diferentes configurações. Uma avaliação em dezesseis reatores dos tipos PWR e BWR (Boiling Water Reactor), em operação nos EUA, identificou-se quinze configurações típicas de soldagens dissimilares e também dez tipos de juntas [1].

Um método considerado adequado, em termos de aplicação prática é a utilização de uma camada de amanteigamento, utilizando-se o processo GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*), sobre o aço de baixa liga (ASTM A 508 G3) seguido de alívio de tensões e usinagem do chanfro. A camada de amanteigamento é uma alternativa benéfica para reduzir a diferença dos valores de pontos de fusão dos metais dissimilares além de promover a transição entre os materiais com diferentes valores de coeficiente de expansão térmica. Em seguida faz-se a união do aço do tipo ASTM A-508 amanteigado ao aço inoxidável AISI 316L utilizando-se o processo GTAW e tendo como metal de adição a liga de níquel 82 nos passes de raiz. O preenchimento da junta é feito com a liga de níquel 182 empregando-se o processo de soldagem a arco manual SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*). Esta configuração elimina a necessidade de aliviar novamente as tensões após o processo de soldagem, evitando-se assim expor o aço inoxidável AISI 316L a temperaturas onde o mesmo poderia tornar-se sensitizado, criando-se áreas com maior susceptibilidade à corrosão.

O processo de soldagem GTAW é um processo que utiliza um arco entre um eletrodo não consumível de tungstênio e a poça de fusão. Este processo foi executado na operação de

amanteigamento do aço de baixa liga, por ser considerado um processo que permite um melhor controle de arco garantindo-se assim uma solda de melhor qualidade, ou seja, um aporte térmico controlado com menor afetamento térmico do metal de base, uma poça de fusão onde se pode controlar a diluição e a taxa de deposição e, conseqüentemente menor incidência de defeitos. Em usinas nucleares há necessidade de se obter soldas de elevado nível de sanidade e estanqueidade da região soldada, desta forma, o processo GTAW se apresenta como um dos mais adequados para utilizações em passes de raiz e amanteigamentos.

A soldagem a arco com eletrodo revestido (SMAW) é um processo que produz a coalescência entre metais pelo aquecimento destes com um arco elétrico estabelecido entre um eletrodo metálico revestido e as peças que estão sendo unidas. Este processo foi utilizado somente para a operação de enchimento da junta dissimilar por permitir uma maior flexibilidade e um menor custo. Os eletrodos revestidos oferecem uma melhor operacionalidade na execução da solda em suas diversas posições.

A corrosão sob tensão nos circuitos primários dos reatores ocorre principalmente nas juntas dissimilares. Desta forma, conhecer-se o efeito da operação de soldagem sobre as características do metal depositado é importante para a identificação de possíveis fatores que venham a contribuir para o aparecimento da CST.

Aporte Térmico em Soldagem

Na soldagem ao arco elétrico a energia é transferida do eletrodo ao metal base por um arco elétrico. Quando o soldador inicia o arco, tanto o metal base quanto o metal de enchimento são fundidos para criar a solda. Esta fusão só é possível porque uma quantidade suficiente de energia (transferida por unidade de tempo) é fornecida ao sistema. O aporte térmico é uma medida relativa da energia transmitida por unidade de comprimento da solda. É uma característica importante porque como o pré-aquecimento e a temperatura entre passes, influencia a taxa de resfriamento da poça de fusão, o que pode afetar as propriedades mecânicas e a estrutura metalúrgica da solda e de sua ZTA (zona termicamente afetada). O aporte térmico é normalmente calculado como a relação entre a potência (tensão x corrente) e a velocidade da fonte de calor (arco) da seguinte forma:

$$H = \frac{60\ EI}{S}$$

onde,
H = Aporte Térmico (J/mm)
E = Tensão (V)
I = Corrente (A)
S = Velocidade da fonte (mm/min)

Corrosão intergranular e Sensitização

A corrosão intergranular nas ligas de níquel é geralmente resultado da sensitização, termo, usualmente, empregado para descrever o fenômeno de alteração química de regiões próximas aos contornos de grãos, que podem tornar uma liga susceptível à corrosão intergranular. O mecanismo mais aceito para explicar a sensitização se baseia na precipitação de carbonetos ricos em cromo nos contornos de grão. O aparecimento de carbonetos faz surgir nas suas adjacências uma zona empobrecida em cromo, susceptível ao ataque preferencial num meio corrosivo. As regiões com deficiência em cromo, nos contornos de grão formam-se durante a precipitação de carbonetos ocasionada pela diferença nas velocidades de difusão do cromo e do carbono na austenita. Para que o material não fique sujeito à corrosão intergranular a região adjacente ao contorno de grão não deverá

apresentar teor de cromo inferior a 10,5%. A insuficiência de cromo nos contornos de grão facilita a quebra localizada do filme passivo protetor, rico em cromo, conferindo a susceptibilidade à corrosão intergranular e à corrosão sob tensão.

A sensitização pode resultar de tratamentos térmicos, soldagem, resfriamento lento através da faixa de temperatura de sensitização ou de condições de trabalho nesta faixa. É comum a utilização de ensaios para se verificar a integridade dos componentes após a realização de processos que envolvem aquecimento do material a fim de atender aos fatores de projeto, previamente estabelecidos. [7]

O método de Reativação Eletroquímica Potenciodinânica (Eletrochemical Potentiokinetic Reativation - EPR) vem sendo utilizado de modo quantitativo e não destrutivo para avaliar a suscetibilidade à corrosão intergranular das ligas austeníticas. Esta técnica consiste de dois procedimentos – SL-EPR (Single Loop) e DL-EPR (Double Loop). Na técnica SL-EPR a quantidade de carga gerada durante a polarização do material desde a faixa de passivação até o potencial de corrosão ativo é utilizada para detectar a suscetibilidade ao ataque intergranular associado com a precipitação de carbonetos de cromo nos contornos de grão. Uma modificação deste procedimento é a técnica de DL-EPR, que envolve a polarização da superfície metálica desde o potencial de circuito aberto na região ativa até o potencial na faixa de passivação, seguido da polarização na direção oposta voltando para o potencial de circuito aberto. A realização da polarização anódica dispensa um polimento mais fino da amostra, sendo suficiente o polimento até a grana 100 mesh, ao passo que em outros métodos seria necessário o polimento até a pasta de diamante com 1μm. A polarização anódica se encarrega de completar o polimento da amostra.

A razão da corrente máxima gerada na reativação pela corrente máxima gerada na varredura anódica (Ir /Ia) determina o grau de sensitização neste método. Materiais sensitizados apresentam maiores valores de Ir do que aqueles solubilizados. A principal vantagem desta técnica é a maior sensibilidade para determinar baixos graus de sensitização.

Esta técnica tem sido utilizada para aços inoxidáveis austeníticos, entretanto para a liga 600, sua utilização depende da solução utilizada [11].

2 Materiais e Métodos

Neste trabalho estudou-se a sensitização do metal de adição da liga de níquel 182. Os corpos-de-prova foram retirados de três blocos de teste preenchidos com o eletrodo revestido de liga 182, cujo croqui está mostrado na Figura 1. No Bloco de Teste n°1 procurou-se reproduzir uma junta soldada dissimilar de um bocal do pressurizador de um reator do tipo PWR. Baseando-se nos parâmetros definidos para a soldagem do bloco 1, triplicou-se o aporte térmico para a soldagem do bloco 2. No caso do bloco 3 repetiram-se os parâmetros iniciais e ainda utilizou-se um sistema de refrigeração da junta soldada. Esta situação dos três blocos tende a reproduzir em maior escala as diversas microrregiões dentro de uma única solda, por exemplo, o interior da solda tende a ser mais aquecido que as regiões periféricas.

Foi realizado um estudo preliminar da bibliografia disponível e se optou pela junta dissimilar com camada de amanteigamento dentre as três principais formas de soldagem dissimilar utilizadas na indústria nuclear.

Foram elaborados e aprovados procedimentos de qualificação de soldagem e de soldador.

O bloco de teste é constituído de uma chapa metálica com dimensões: 100mm X 90mm X 49mm, em aço ASTM A 508 G 3, sobre a qual foi feito um rasgo com25mm de largura no fundo, 50mm de largura no topo e com uma profundidade de 30mm. Neste rasgo foi realizada uma operação de amanteigamento utilizando-se o processo GTAW com Vareta na liga 82. Após o amanteigamento foi realizada uma operação de tratamento térmico para

alívio de tensões a 600º C, seguida de uma usinagem para acerto de dimensões. Esta etapa se manteve a mesma para os três blocos. Finalmente, foi feito o enchimento do mesmo através do processo SMAW com eletrodo na liga 182. Os parâmetros de soldagem utilizados na produção dos três blocos de teste estão apresentados nas Tabelas 1 e 2. Em cada um dos três blocos de teste foi feito um enchimento com diferentes valores de aportes térmicos, como descritos a seguir:

-No 1º bloco o aporte térmico foi de H=845,7 J/mm e se utilizou a parametrização normal de soldagem,

-no 2º bloco o aporte foi de H=2496,8 J/mm, aproximadamente, três vezes o aporte térmico em relação ao 1º bloco

-no 3º bloco o aporte foi de H=982,2J/mm, neste caso utilizou-se um sistema de resfriamento do bloco de teste através de circulação forçada de água.

Os ensaios eletroquímicos realizados para a avaliação do grau de sensitização foram feitos em um potenciostato/galvanostato Autolab PGSTAT20, com eletrodo de Ag/AgCl 1,0 mol/L como referência e eletrodo de Platina como contra-eletrodo. A taxa de varredura utilizada foi igual a 1,67 mV/s.

Os ensaios foram conduzidos à temperatura de (30±1)ºC contendo o eletrólito desaerado por 50 minutos com nitrogênio. Antes de cada ensaio as amostras foram lixadas com lixa 600.

Os eletrólitos estudados são apresentados a seguir:

(a) 0,05M H_2SO_4+0,003M CH_3CSNH_2

(b) 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2

(c) 0,01 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2

(d) 0,1 M de H_2S0_4 + 0,001 M KSCN,

O valor do grau de sensitização (GS) de cada amostra testada foi calculado através da relação *Ir/Ia*, onde *Ir é* a corrente máxima obtida na reativação e *Ia* e a corrente máxima obtida na ativação (anódica). Após cada ensaio as amostras foram analisadas metalograficamente.

3 Resultados e Discussão

O efeito do calor gerado pela soldagem manual pode variar de soldador para soldador, de junta para junta, em função do uso de diferentes fontes de soldagem e etc, neste trabalho procurou-se investigar a influencia ou não da precipitação de fases tanto intra como intergranulares. A opção pelo ensaio de sensitização é decorrente da necessidade de verificar, neste caso, se variação no aporte térmico tem efeito na precipitação de carbonetos de cromo.

3.1 – Análises Químicas

A composição química dos metais envolvidos foi analisada por espectrometria de absorção atômica, os resultados encontrados estão mostrados na Tabela 3.

3.2 – Microestruturas das amostras

Foram retiradas amostras dos três blocos de teste que foram preparadas e atacadas para visualização de sua microestrutura, como mostrado na Figura 2.

Observa-se uma microestrutura completamente austenítica que não sofreu transformação alotrópica durante a operação de soldagem e alguns precipitados. Nota-se uma textura dendrítica. A estrutura dos grãos é anisotrópica, à medida que se formam grãos colunares na direção do fluxo de calor, aproximadamente normais à direção de soldagem. Os contornos de grãos formados entre os pacotes de dendritas, que têm diferentes orientações

cristalográficas, são ondulados e não retilíneos em contraste com os contornos de grãos poligonais nos casos de materiais forjados e laminados. O contorno de grão é definido como a linha entre os pacotes de dendritas cujas orientações cristalográficas sejam superiores a 15°[12].

3.3 – Ensaios de DL EPR

Foram realizados ensaios nas seções transversais das soldas dos três blocos de teste. Na Figura 3 estão apresentadas as amostras embutidas em resina epóxi, seccionadas dos três blocos, utilizadas para análise.

A solução inicialmente utilizada nos ensaios DL-EPR para avaliação do grau de sensitização do material foi 0,05M H2SO4+0,003M CH3CSNH2. O ataque resultante foi considerado generalizado, pois não houve em nenhuma das três amostras um ataque preferencial que pudesse caracterizar metalograficamente, uma corrosão nos contornos de grãos, apesar de haverem sido verificadas diferentes correntes de ativação e reativação. A Figura 4 apresenta as curvas do ensaio duplo loop das três amostras e na Figura 5 está mostrada a micrografia das mesmas após o ensaio eletroquímico, evidenciando que ocorreu uma extensiva dissolução da matriz da solda neste meio.

Em função do ataque generalizado ocorrido utilizando-se a solução de 0,05M H_2SO_4+0,003M CH_3CSNH_2, foram testadas diferentes soluções e concentrações que estão descritas a seguir:

(a) 0,1 M de H_2S0_4 + 0,001 M KSCN,
(b) 0,01 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2
(c) 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2

Os ensaios utilizando-se as soluções: 0,1 M de H_2S0_4 + 0,001 M KSCN e 0,01 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2 não apresentaram resultados satisfatórios. Em função desta situação não se utilizaram estas soluções.

A solução apresentada na letra (c) - 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2 foi a mais adequada devido ao melhor ataque nos contornos de grão percebido nas três amostras. A figura 6 apresenta o gráfico dos ensaios DL-EPR das três amostras testadas nesta solução. A tabela 4 apresenta os valores de GS das três amostras, também nesta solução As microestruturas das três amostras após o ensaio, também nesta solução, estão apresentadas na Figura 7.

Os ensaios e análises realizados evidenciaram que as regiões de solda (liga 182), nas três diferentes condições de aporte térmico, apresentam baixos valores de Grau de Sensitização. Acredita-se que o processo de soldagem em si não provoque ou permita uma grande migração e precipitação de Cromo em forma de carbonetos nos contornos de grãos. Considera-se que a presença de Nióbio na liga seja um fator limitador da precipitação de carbonetos de Cromo, pois o Nióbio reage preferencialmente com o Carbono, dificultando a reação Cromo-Carbono. Uma evidência de que não há uma migração de Cromo para as regiões de contorno de grão destas amostras está apresentada na Figura 8, que em uma análise química de uma região de contorno não evidenciou concentração de cromo no contorno do grão. No caso da liga 182, estudos mostraram que somente após tratamentos térmicos em temperaturas capazes de sensitizar este tipo de material é possível encontrar valores significativos no grau de sensitização, conforme demonstrado por Tsai [11].

4 Conclusões

Das quatro soluções testadas considerou-se que a solução de 0,05M H_2SO_4+0,0001M CH_3CSNH_2 foi a mais adequada para avaliar o grau de sensitização do metal de solda da liga

182. Os resultados obtidos para as três amostras foram semelhantes, tanto em termos de Grau de Sensitização (GS) como em termos de aspecto micrográfico.

Foi observado neste trabalho que, no estado bruto de soldagem, a variação no aporte térmico não é suficiente para provocar uma sensitização significativa na liga 182.

5 Bibliografia

1. MITEVA, R. AND TAYLOR, N. G.-"**General Review of Dissimilar Metal Welds in Piping Systems of Pressurized Water Reactors**" NESC EUR 22469, 2006.
2. PENG, Q. ET AL, **Intergranular environmentally assisted cracking of Alloy 182 weld metal in simulated normal water chemistry of boiling water reactor**, Fracture and Reliability Research Institute, Tohoku University, Aramaki Aoba 6-6-01, Aoba-ku, Sendai City 980-8579, Japan, Corrosion Science 49 2767–2780, (2007), Elsevier Ltd
3. ANITA, T. ET ALL - **Assessment of stress corrosion crack initiation and propagation in AISI type 316 stainless steel by electrochemical noise technique -** Corrosion Science and Technology Division, Indira Gandhi Centre for Atomic Research, Kalpakkam 603 102, Tamil Nadu, India - November 2005 –Elsevier.
4. SZKLARSKA-SMIALOWSKA, Z. REBAK, R.B. **Stress Corrosion Cracking of Alloy 600 in High Temperature Aqueous Solutions: Influencing factors, Mechanisms and Models**. The Ohio State University- 1995
5. ASTM STANDARD A 262-02a(2008), **Standard Practices for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels** , Annual Book of ASTM Standards, Vol. 01.03, 2008.
6. ASTM STANDARD G 5-94(2004) "**Standard Reference Test Method for Making Potentiostatic and Potentiodynamic Anodic Polarization Measurements**", Annual Book of ASTM Standards, Vol. 3.02, 2004.
7. ZANETI S.T, FALLEIROS N.A. **Determinação do Grau de Sensitização de Aços Inoxidáveis Austeníticos pelo Método DL-EPR** EPUSP
8. LIM,Y. S, KIM, H. P, HAN, J. H, KIM, J.S, KWON, H. S. **Influence of laser surface melting on the susceptibility to intergranular corrosion of sensitized Alloy 600**. Corrosion Science, v. 43, p. 1321-1335,2001.
9. MADAY, M. F, MIGNONE, A, VITTORI, M. **The application of the electrochemical potentiokinetic reactivation method for detecting sensitization in Inconel 600. The influence of some testing parameters**. Corrosion Science, v. 28, n. 9, p. 887-900, 1998.
10. FRANGINI, S ET. MIGNONE, A. - **Modified Electrochemical Potentiokinetic Reactivation Method for Detecting Sensitization in 12 wt% Cr Ferritic Stainless Steels**- CORROSION–Vol. 48, No. 9
11. TSAI, WT ET ALL- **Effect of Heat Treatment on the sensitization of Alloy 182 weld** - Scripta Materialia 53 (2005)- 505/509
12. EPRI - Electric Power Research Institute. Review of SCC of Alloys 182, 82 in PWR Primary Service. Materials Reliability Program – MRP 220, 2007. Disponível em: www.epriweb.com/public/000000000001015427.pdf

FIGURAS E TABELAS

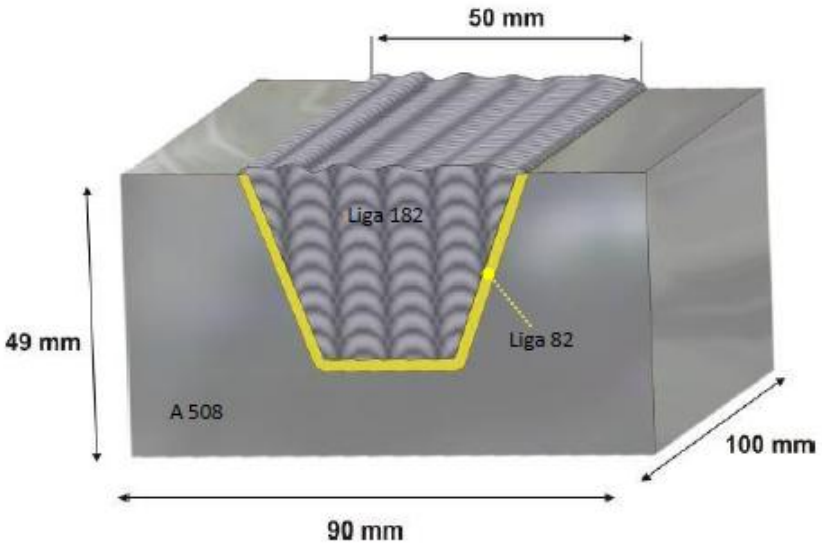


Figura 1 Esquema ilustrativo do bloco de teste

Parâmetros	Valores (para os três blocos)
Diâmetro da Vareta	2,4mm
Diâmetro do Eletrodo W-Rh	2,5mm
Diâmetro do Bocal	10,0mm
Stick Out	6,0mm
Ângulo da ponta do eletrodo	60º
Ângulo de tocha	80º
Ângulo de Oscilação	+- 15º
Posição	Plana
Gás de Proteção	Argônio
Vazão de Gás	20 L/min
Corrente	140 -160 A
Tensão	18 V
Velocidade de Soldagem	2 – 3 mm/s
Aporte Térmico	700 – 1000 J/mm
Temperatura de Pré-aquecimento	150ºC
Temperatura entre Passes	150 a 200ºC
Tratamento pós-soldagem	Alívio de Tensões

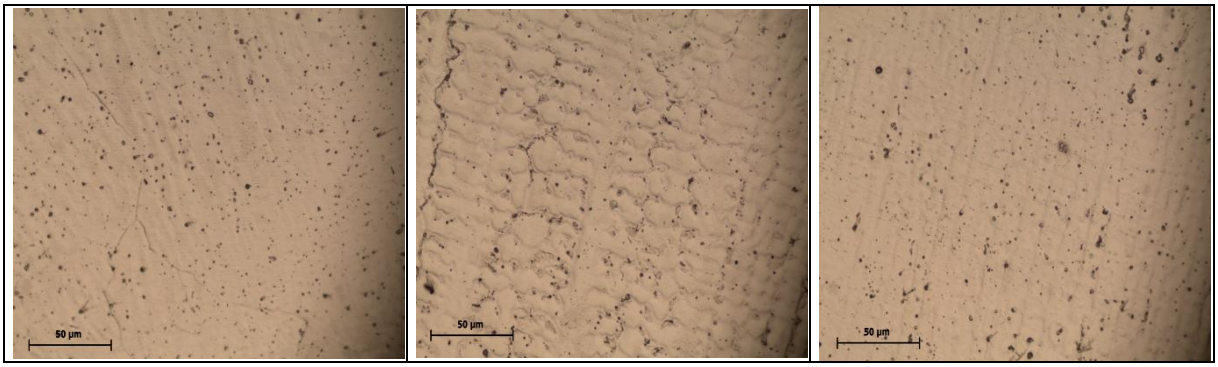
Tabela 1 – Parâmetros de Soldagem (GTAW) usados na operação de amanteigamento dos três blocos.

Parâmetros	Valores		
	Bloco 1	Bloco 2	Bloco 3
Diâmetro do Eletrodo	4 mm	4 mm	4 mm
Corrente	120/130 A	170/180A	120/130 A
Tensão	18 a 25 V	18 a 25	18 a 25 V
Velocidade de Soldagem	3 a 4 mm/s	0,5 a 1,5 mm/s	3 a 4 mm/s
Aporte Térmico	845,7J/mm	2496,8J/mm	982,2J/mm
Temperatura entre Passes	150 a 200 ºC	150 a 200 ºC	40 a 60 ºC

Tabela 2 – Parâmetros de Soldagem (SMAW) usados no enchimento dos três blocos.

Elemento	Bloco ASTM A 508 C3	Vareta Liga 82 (Amanteigamento)	Eletrodo Liga 182 (Enchimento)
Carbono	0,2135	0,0400	0,0456
Manganês	1,3369	2,8100	6,2400
Silício	0,2274	0,0900	0,3710
Fósforo	0,0059	0,0030	0,0119
Enxofre	0,0034	0,0010	0,0098
Cromo	0,0892	19,6000	14,2700
Níquel	0,6823	73,1000	70,4000
Molibdênio	0,5054	--	0,2430
Titânio	0,0014	0,3500	0,0407
Vanádio	0,0056	--	--
Nióbio	0,0022	2,4400	2,0000
Ferro	Restante	Restante	Restante

Tabela 3 Composição Química dos materiais utilizados.



Amostra 1 - Bloco 1 Amostra 2 - Bloco 2 Amostra 3 - Bloco 3

Figura 2- Microestruturas de amostras analisadas dos três blocos.

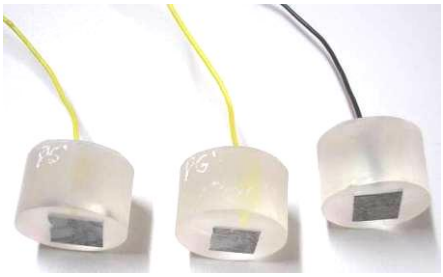


Figura 3 – Aspecto das três amostras embutidas retiradas dos três blocos.

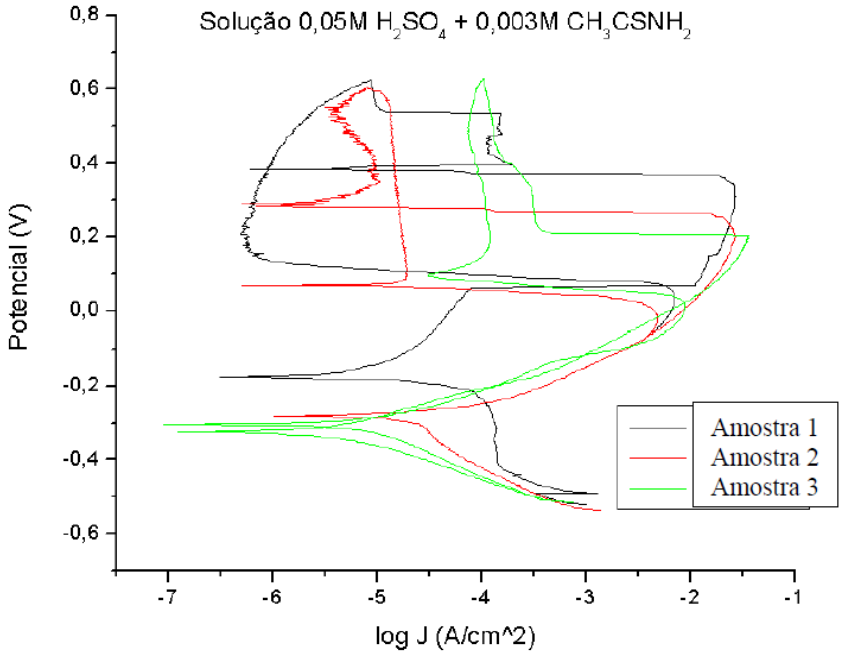
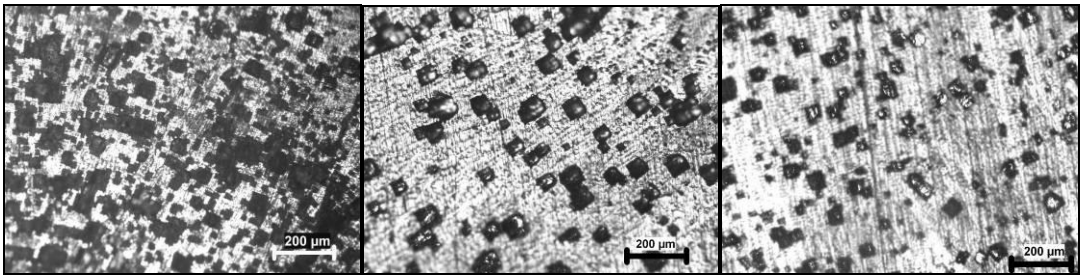


Figura 4- Gráficos DL EPR das 3 amostras ensaiadas em 0,05M H_2SO_4+0,003M CH_3CSNH_2 plotados juntos.



Amostra 1 Amostra 2 Amostra 3

Figura 5 – Micrografias das três amostras após ensaio DL EPR na solução 0,05M H_2SO_4+0,003M CH_3CSNH_2

.

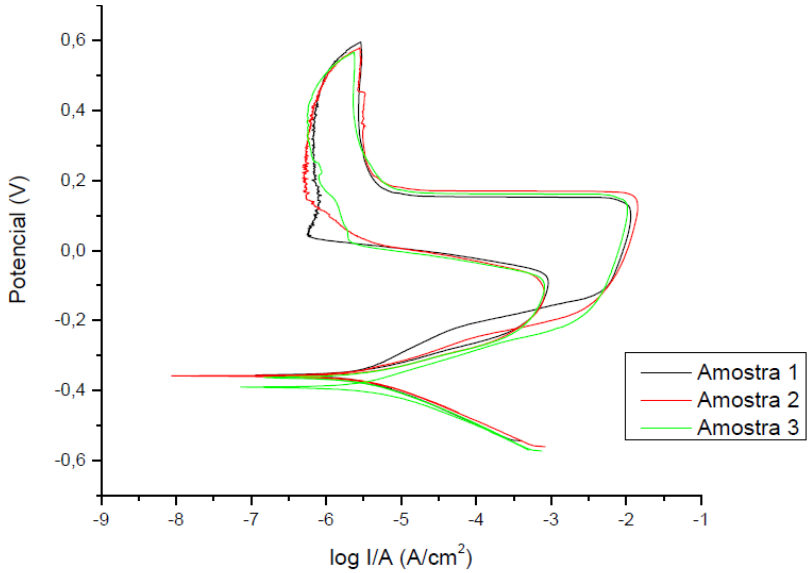
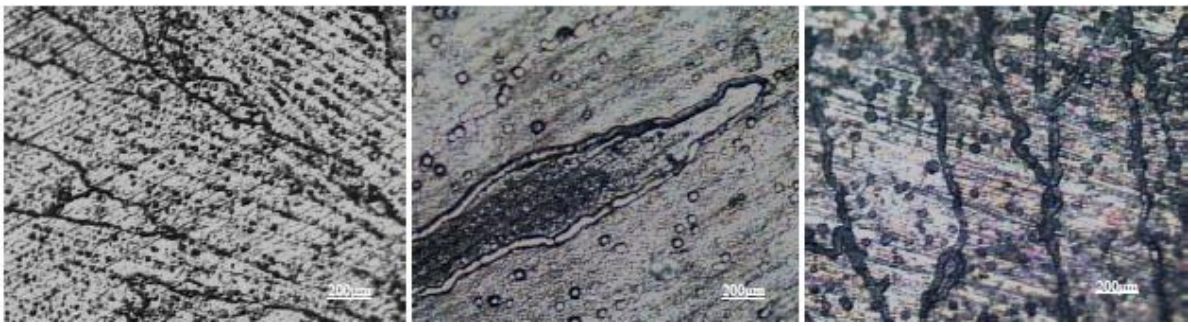


Figura 6 – Gráfico de DL das três amostras na solução 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2 plotados juntos.



Amostra 1 Amostra 2 Amostra 3

Figura 7 – Micrografias das três amostras após ensaio DL na solução 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2.

AMOSTRAS	$I_{reativação}$ (mA)	$I_{ativação}$(mA)	GS = I_{ret}/I_{ati}
1	2,08	26,24	0,079
2	1,43	25,21	0,057
3	2,10	26,69	0,079

Tabela 4 – Valores das correntes de Reativação e Ativação e os Graus de Sensitização das três amostra ensaiadas na solução 0,05 M de H_2S0_4 + 0,0001 M CH_3CSNH_2.

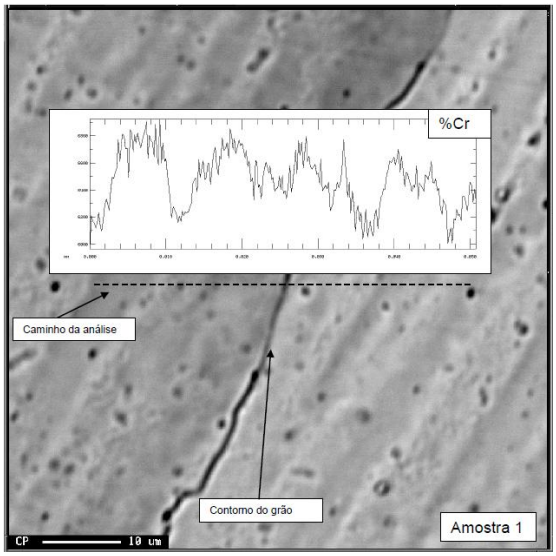


Figura 8- Microfotografia da amostra 1 obtida no MEV e analisada por EDS mostrando a variação do teor de cromo entre dois grãos adjacentes em uma região da liga 182. Nota-se que não há evidência de redução do teor de cromo nas regiões próximas ao contorno do grão e tão pouco um aumento deste teor no contorno do grão.