



**19 Congresso de Iniciação Científica**

**ENSAIOS DE CORROSÃO INTERGRANULAR EM AÇOS INOXIDÁVEIS AUSTENÍTICOS APÓS SENSIBILIZAÇÃO, DE ACORDO COM AS PRÁTICAS A E E SEGUNDO ASTM A262**

**Autor(es)**

---

JOSE CARLOS ROCHA JUNIOR

**Orientador(es)**

---

RODOLFO LIBARDI

**Apoio Financeiro**

---

FAPIC/UNIMEP

**1. Introdução**

---

A extração metalúrgica de metais a partir do seu minério, acontece devido a reações químicas que remove o metal do estado estável (estado em que se encontra na natureza) ao estado de instável (como utilizado em indústrias para desenvolvimento de ferramentas, equipamentos, etc.). Esta instabilidade significa a tendência do material em retornar ao seu estado original, mais estável, estado natural. Essa é basicamente uma simples explicação da corrosão em materiais metálicos (PERRY, 2008).

O conceito aceito universalmente para se definir corrosão, é a deterioração de um material, geralmente metálico sendo este por ação química ou eletroquímica do meio ambiente aliada ou não a esforços mecânicos. Esse fenômeno indesejado representa alterações prejudiciais sofridas pelo material, como desgaste, variações químicas ou modificações estruturais que torna o material inadequado para uso. Sendo esse processo espontâneo, que está constantemente transformando os materiais metálicos de modo que as propriedades mecânicas deixam de satisfazer os fins a que se destinam (GENTIL, 1996).

Os aços inoxidáveis constituem um grupo de aços de alta liga com base nos sistemas Fe-Cr e Fe-Cr-Ni. O aço inoxidável austenítico (Fe-Cr-Ni) mais familiar tem 18% cromo e 8% de níquel (KEY TO METALS, 2011). Segundo a AISI os aços inoxidáveis austeníticos são classificados com três dígitos, sendo os mais usuais os aços AISI 304/304L e AISI 316/316L.

O fenômeno da sensibilização submete os aços inoxidáveis austeníticos a um dos tipos mais danosos de corrosão, a corrosão intergranular. Consiste na precipitação dos carbonetos nos contornos de grão e no empobrecimento em cromo da região vizinha, depois do material ter sido tratado termicamente ou aquecidos para trabalho a quente ou para soldagem numa certa faixa de temperatura entre 500°C e 850°C, mesmo quando por um tempo muito curto.

A corrosão intergranular nos aços inoxidáveis é geralmente resultado da sensibilização, é um ataque localizado e adjacente no contorno de grão com pequena corrosão dos grãos (FONTANA, 1986).

Este trabalho tem por objetivo verificar a suscetibilidade a corrosão intergranular dos aços inoxidáveis austeníticos AISI 304L e AISI 316L na condição de solubilizado a 1.100°C e sensibilizado à 675°C por 2 horas, de acordo com a norma ASTM A262 prática "A" e "E".

**2. Objetivos**

---

O objetivo desse projeto de pesquisa foi estudar a suscetibilidade dos aços inoxidáveis a corrosão intergranular após solubilização e sensibilização utilizando a norma ASTM A262 prática A e E.

### 3. Desenvolvimento

---

As amostras para as análises micrográficas e para os ensaios de corrosão dos aços AISI 304, 304L e AISI 316, 316L foram obtidas a partir de chapas de aços com espessura de 4,0mm e 2,85mm, respectivamente. A composição química foi basicamente a seguinte: AISI 304 0,07% C, 17,86% Cr, 0,57 % Mo e 8,11% Ni, AISI 316 0,046% C, 16,92% Cr, 2,02% Mo e 10,48% Ni, AISI 304L 0,033, 18,84% Cr, 0,043 % Mo e 8,13% Ni, AISI 316L 0,019, 17,46% Cr, 2,01% Mo e 10,39% Ni. Para os ensaios de corrosão segundo ASTM A262 as amostras foram solubilizadas a 1100° c por 2 horas e uma amostra de cada aço sensibilizada a 675°C por 2 horas.

Segundo a norma ASTM A262 prática A, as amostras foram cortadas, a partir das chapas, com dimensões de 26,5 mm por 11,0 mm. Após os tratamentos térmicos, elas foram embutidas e foi feito um furo na parte de baixo, onde se posicionou o parafuso para contato elétrico. A solução utilizada foi 100g de cristais de ácido oxálico (H<sub>2</sub>C<sub>2</sub>O<sub>4</sub> 2H<sub>2</sub>O), diluída em 900 ml de água destilada.

Utilizando-se de uma fonte e um amperímetro as amostras, após lixamento e polimento, com área de aproximadamente 3 cm<sup>2</sup>, foram submetidas ao ataque eletrolítico com uma corrente de 3A por 1,5 minutos.

De acordo com a norma ASTM A262 prática E, as amostras foram cortadas com dimensões de 75mm por 20mm, e a superfície lixada com lixa grana 120. A solução utilizada foi preparada com 100g de sulfato de cobre (CuSO<sub>4</sub> 5H<sub>2</sub>O) diluído em 700ml de água destilada, adicionou-se 100ml de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) e completou a solução até 1000 ml com água destilada. As amostras (02 de cada vez) foram posicionadas no fundo do erlenmeyer. Adicionou-se cobre eletrolítico granulado sobre toda a superfície e a seguir a solução de sulfato de cobre. Foi feito o aquecimento até a temperatura de ebulição quando iniciou a contagem do tempo. As amostras permaneceram por 18 horas na solução em ebulição. Foram retiradas, lavadas, secas e submetidas ao ensaio de dobramento à 180°. A figura 1 mostra o esquema do ensaio da prática e.

### 4. Resultado e Discussão

---

A microestrutura dos aços inoxidáveis AISI 304, AISI 316, AISI 304L e AISI 316L solubilizados e precipitados, respectivamente, atacados com água régia. Foram observados cristais de austenita.

Os resultados conforme a prática A para os aços AISI 304, 304L, 316 e 316L solubilizado foi observado a presença de step (desníveis entre os grãos), e para o aço AISI 304 solubilizado e precipitado a presença de Ditch (um ou mais grãos completamente circundados). A figura 2 ilustra a formação do Ditch no aço AISI 304.

Os resultados obtidos segundo a prática E seguem, o aço AISI 304 Solubilizado e sensibilizado sofreu corrosão intergranular conforme figura 3, evidenciando as trincas intergranular transcorrendo toda a superfície analisada, os demais aços sofreram o que se chama na metalurgia de Casca de Laranja.

### 5. Considerações Finais

---

De acordo com a revisão bibliográfica pesquisada, os resultados obtidos satisfazem os conceitos teóricos, pois era esperado a corrosão intergranular nos aços com teor mais alto de carbono, tipo AISI 304 e AISI 316.

A prática A da norma ASTM A262, obteve resultados satisfatórios, os materiais que foram submetidos ao processo de precipitação tipo AISI 304 e 316 apresentaram sua estrutura com mais de um contorno de grão corroído e os materiais com maior resistência a corrosão, que são os tipo AISI 304L e 316L sofreram indícios de início de corrosão, principalmente os que foram submetidos ao processo de precipitação.

A prática E da norma ASTM A262, possibilitou a visualização das trincas intergranulares transcorrendo a superfície da amostra, o material que foi mais suscetível a corrosão foi AISI 304 solubilizado e precipitado, os demais sofreram o que se chamam na metalurgia casca de laranja superfície enrugada devido ao início de corrosão no local analisado.

Esses resultados podem ser explicados devido a precipitação de carboneto de cromo, onde mesmo esses materiais possuindo alta resistência a corrosão os mesmos perdem uma de suas características e propriedade mais importante, a resistência a corrosão.

Portanto se confirma, precipitação de carbonetos de cromo submete o aço inoxidável austenítico a um dos tipo mais danosos de corrosão, devido ao déficit de cromo que pode ser encontrado em certa região.

### Referências Bibliográficas

---

Perrys Handbook of Chemical Engineers Handbook, 8ªed., Section 25, Materials of Construction, 2008, pg 25-3/25-6.

GENTIL, V., Corrosão, 3ª Edição, Rio de Janeiro, LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A.,1996, pg. 41.

KEYTOMETALS. The Basis of Ferrous Metallurgy: Microstructures in Austenitic Stainless Steels. Disponível em <http://www.keytometals.com/>. Último acesso Jan/2011

FONTANA, M. G. Corrosion Engineering, Ed. Mc Graw-Hill, 3ªed.,1986, pg 63-75.

**Anexos**



