



Engenharia de Produção:

NOVAS PESQUISAS e TENDÊNCIAS

2

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Engenharias

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Me. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Me. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Pauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Ma. Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2021 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas desta obra são integralmente de responsabilidade de seus autores.

E576 Engenharia da produção: novas pesquisas e tendências [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2021. 258 p. – ISBN 978-65-88580-85-1

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader.

Modo de acesso: World Wide Web.

DOI 10.47573/aya.88580.2.51

1. Engenharia de produção. 2. Logística. 3. Sustentabilidade. 4. Comportamento organizacional. I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 658.5

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de
Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

Estudo de caso: análise da fratura precoce de uma vara de sustentação de aço inox AISI 304 de um transportador terrestre

Mailson Pereira Ribeiro

Escola Superior de tecnologia (EST), Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, AM, Brasil

Guilherme dos Santos Moreira

Escola Superior de tecnologia (EST), Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, AM, Brasil

Carlos Renato Motta

Escola Superior de tecnologia (EST), Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, AM, Brasil

Luiz Antônio Verçosa

Escola Superior de tecnologia (EST), Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, AM, Brasil

José Costa de Macedo Neto

Escola Superior de tecnologia (EST), Departamento de Engenharia de Materiais, Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus, AM, Brasil

DOI: 10.47573/aya.88580.2.51.12

Resumo

O objetivo do presente trabalho foi realizar um estudo investigativo com a finalidade de detectar as possíveis causas da ocorrência de uma fratura precoce de característica frágil localizada na base de uma vara de aço inoxidável austenítico AISI 304 que opera como base de sustentação de tanques para um transportador terrestre, especificamente no setor de pintura de uma empresa do polo de duas rodas. A amostra do material foi submetida à ensaios de análise química por espectrometria de fluorescência de raio X, dureza e ao método microestrutural para análise de sensitização – Prática A, além de serem simulados em laboratório as condições reais do procedimento de decapagem por temperatura no qual o material é submetido usualmente para possível avaliação de influência na estrutura do material. Os resultados levaram a conclusão de que o procedimento de decapagem térmica promove a combinação do carbono com o cromo, precipitando para carboneto de cromo ($M_{23}C_6$) a partir do fenômeno de sensitização. Esta precipitação ocorre nos contornos de grão do material e provoca um empobrecimento de cromo em solução sólida nas regiões adjacentes dos mesmos, resultando na redução das características anticorrosivas e conseqüente fragilização do material.

Palavras-chave: aço inoxidável austenítico. corrosão. decapagem térmica. AISI 304.

INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações atuais do mundo industrial pauta-se na garantia e eficiência do processo de produção, a intenção é que este ocorra com o mínimo de dano físico e financeiro, para tanto é necessário que cada equipamento utilizado apresente grau elevado de confiabilidade, na intenção de atender a demanda diária de maneira eficaz, sendo necessário ainda o uso contínuo de um plano de manutenção e cuidados preventivos. Contudo, mesmo assim ainda há casos em que equipamentos apresentam comportamentos ou falhas inesperadas, ocasionando paradas no processo e resultando em transtornos e prejuízos econômicos para as empresas. (FOGLIATTO,2009; RANGEL *et al.*, 2012)

O presente estudo visa detectar as possíveis causas da ocorrência de uma fratura precoce recorrente em varas de aço inox de um transportador terrestre e detectar as prováveis causas que levaram à ruptura do material, a ocorrência da fratura precoce do referido equipamento além de resultar em danos econômicos para empresa devido à parada inesperada do processo produtivo também constitui preocupante potencial de fator ocasional de danos físicos aos colaboradores, uma vez que a fratura do equipamento ocorre em posição indefinida do processo.

A vara de sustentação dos tanques (figura 1) é composta de um aço austenítico AISI 304, possui base densa e um ponto de solda que a liga a uma continuação oca com diâmetro de 30mm até a superfície da peça que possui 2,2 metros de altura, a mesma é fixada por encaixe pela base a um carrinho que é tracionado ao longo do processo a partir de um motor redutor. As etapas do processo exigem a passagem da vara de sustentação por uma cabine de lavagem, duas estufas com 110°C e 137°C respectivamente, e uma cabine de aplicação de verniz, o ciclo de processo completo tem duração aproximada de 3 horas e se repete ininterruptamente em dois turnos de produção salvo os intervalos das refeições.

Figura1 - Vara de aço austenítico AISI 304 utilizada para sustentação de tanques durante o processo de pintura



Uma vez a cada semana devido ao excesso de verniz proveniente do processo automatizado de pintura das peças, as varas são submetidas a um procedimento de decapagem tér-

mica realizado por empresa terceirizada, no qual as mesmas são inseridas em um forno a uma temperatura de 600°C por um período de cinco horas com o intuito de retirar todo o revestimento impregnado nas mesmas em consequência do processo produtivo.

Figura 2 - Procedimento de decação térmica realizado por empresa terceirizada



A fratura tem se apresentado de forma localizada (como mostra a figura 3) aproximadamente dois centímetros acima do ponto de solda, apresenta características de fratura frágil sem presença de deformação plástica nem formação de pescoço, após observação é possível visualizar em alguns casos a presença de formação de trinca a partir de um aparente ponto de oxidação em varas que ainda não apresentaram fratura.

Figura 3 - Vara de sustentação de tanques com presença de fratura frágil.



PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Material e metodologia

Os materiais empregados nos experimentos foram amostras do aço inoxidável austenítico do tipo AISI 304, removidas a partir de um mecanismo de corte de varas com a incidência de fratura retiradas do processo industrial. A composição química nominal das varas de aço foi especificada na ficha técnica disponibilizada pelo fornecedor a empresa e estão apresentadas na Tabela 1.

A vara de aço foi cortada em pedaços de aproximadamente 5,0 cm para os ensaios de Dureza e Análise Microestrutural. Realizou-se ainda em laboratório uma simulação do processo de decapagem térmica observando-se de forma criteriosa os parâmetros utilizados pela empresa terceirizada que realiza o procedimento, após a simulação foram realizados de forma intercaladas ensaios de espectrometria e dureza respeitando-se a periodicidade de 7 dias entre um ciclo de ensaios e outro, e por fim foi realizado um ensaio metalográfico microestrutural para a avaliação da suscetibilidade a sensitização.

Figura 4 - Amostra de aço AISI 304 retirada da vara para ensaios



Simulação de decapagem térmica

O processo simulado de decapagem foi realizado com a utilização de um forno MUFLA modelo 318D24 da marca QUIMIS, o material foi submetido a uma temperatura de 600°C durante um intervalo de tempo de 5 horas e posteriormente resfriado a temperatura ambiente, o procedimento foi repetido por quatro vezes respeitando-se o ciclo de 7 dias entre uma simulação

e outra.

Figura 5 - Simulação do procedimento de decapagem térmica realizado em laboratório



Ensaio de espectrometria por fluorescência de raios X

As análises por espectrometria de fluorescência de raio X foram realizadas a partir de um espectrômetro da marca SpectroMax X utilizando-se da norma técnica ABNT NBR 11303. Foram realizados cinco ensaios, um para referência e outros quatro consecutivos as simulações de decapagem térmica.

Figura 6 - Análise química por espectrometria por fluorescência de raio X

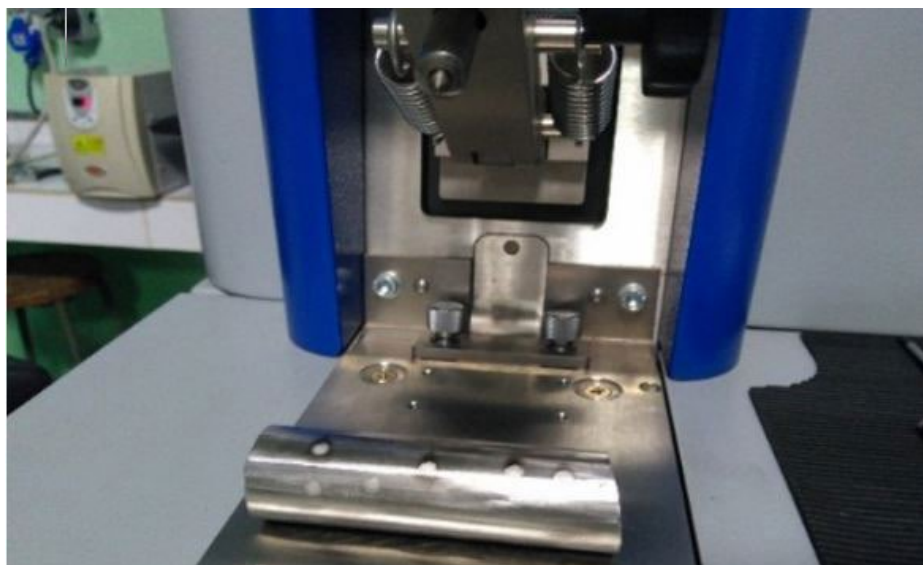


Tabela 1 - Composição química do material

	NI(%)	Cr(%)	C	Fe(%)	Mn(%)	Si(%)	P(%)	N2(%)
AISI 304	8 – 10,5	18-20	0,08	Bal.	2	0,75	0,05	0,1

Método microestrutural para análise de sensitização – Prática A

O método para avaliação microestrutural da suscetibilidade a corrosão intergranular em aços inoxidáveis austeníticos é normatizado pela ASTM A 262 – Prática A. Nesta prática o ácido oxálico 10% em peso é utilizado como solução nos ataques eletrolíticos para caracterização estrutural dos aços inoxidáveis austeníticos.

Para a realização dos experimentos, as amostras foram lixadas e polidas. Após, para o ataque eletrolítico foi utilizado uma densidade de corrente de 1A/ cm².

Por final, as amostras foram examinadas em um microscópio óptico.

Para a execução do método da prática A, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Bateria, capaz de fornecer 6V e 20A;
- Um amperímetro com variação de 0 a 30A;
- Um grampo elétrico, para segurar o corpo de prova;
- Microscópio eletrônico para examinar a estrutura atacada.
- Eletrodos;
- Eletrólitos – Reagente Ácido Oxálico H₂C₂O₄·2H₂O 10% em peso de solução;

Microscopia óptica

Os aspectos morfológicos dos materiais ensaiados foram examinados em um microscópio da marca Olympus BX51. Este equipamento possui um software (Image-Pro-Plus®) integrado para aquisição de imagens, que está acoplado a um computador, onde as imagens são capturadas.

Ensaio de microdureza Vickers

As medidas de dureza foram realizadas nas amostras de aço inoxidáveis AISI 304 de forma intercalada com as simulações de decapagem térmicas com carga de 320.000 mN/20s conforme norma ISO 14577-1: Metallic materials – Instrumented indentation test for hardness and materials parameters. O equipamento utilizado foi o microdurometro da marca Fischerscope, modelo HM-2000, type: HP100CXYPT3. O durômetro é de propriedade da Universidade do Estado do Amazonas e está instalado nas dependências do laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento do curso de Engenharia de Materiais.

Figura 7 - Microdurometro Fischerscope, modelo HM-2000



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta seção, foram avaliados os resultados dos ensaios à amostra do aço inoxidável AISI 304, que foi submetida a simulações de decapagem térmica, espectrometria, dureza e técnica da prática A da norma ASTM A 262. Estes ensaios foram essenciais para que fosse possível atender ao escopo do trabalho, que visa encontrar a real motivação da fragilização do material e consequente suscetibilidade a fratura.

Análise química

Os resultados obtidos para os elementos analisados: níquel, cromo, carbono, ferro, manganês, silício, fosforo e molibdênio, através das baterias de análises realizadas nos espectrômetros de emissão óptica estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Ciclos de análise por espectrometria

Análise	Ni(%)	Cr(%)	C	Fe	Mn	Si	P	Mo
Referência	8,81	12,85	0,071	0,71	2	0,72	0,051	0,087
1	8,79	12,65	0,070	0,73	2	0,72	0,051	0,085
2	8,81	12,47	0,070	0,70	2	0,71	0,052	0,087
3	8,80	12,39	0,069	0,71	1,97	0,70	0,051	0,083
4	8,80	12,21	0,067	0,70	1,99	0,71	0,050	0,085
Média	8,80	12,51	0,069	0,71	1,99	0,71	0,051	0,085
L.S.	8,81	12,85	0,071	0,73	2	0,72	0,052	0,087
σ	0,077	0,219	0,002	0,034	0,031	0,077	0,000	0,001
L.I.	8,79	12,21	0,067	0,70	1,97	0,70	0,050	0,083

O tratamento estatístico dos dados foi baseado na norma ISO Guide 35 (1989). Os limites dos valores médios correspondem ao nível de 95% de confiança.

A média apresentada da Tabela 2 refere-se a média aritmética entre os valores médios em percentual de massa fornecidos pela análise para cada elemento, o símbolo σ corresponde ao desvio padrão amostral entre os valores medidos e calculados. Significa um parâmetro que mede a dispersão dos resultados.

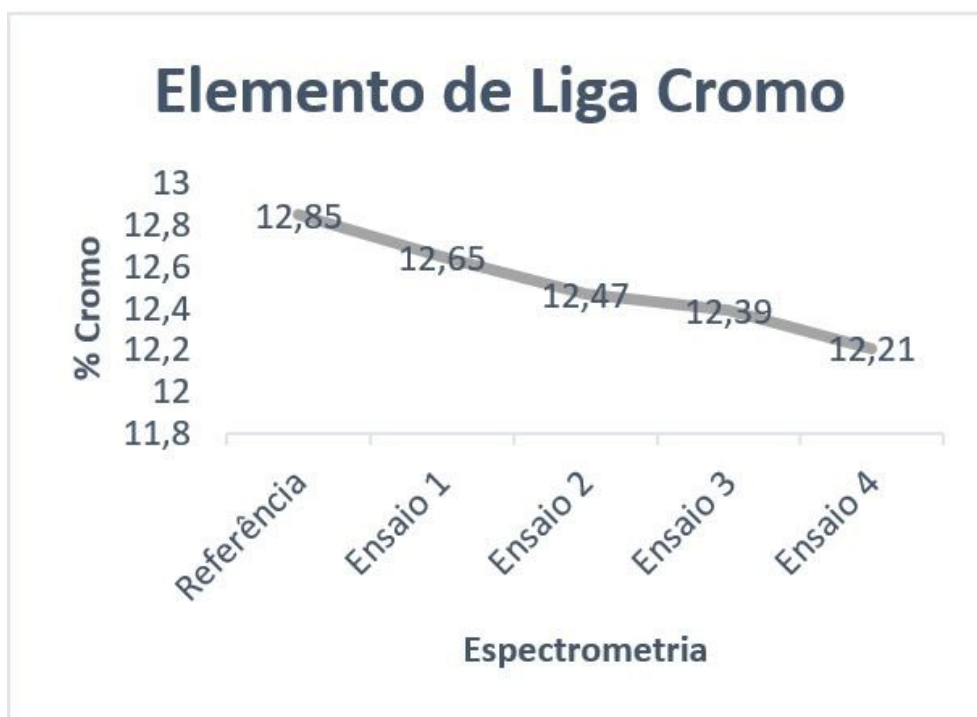
O limite superior (LS) e o limite inferior (LI) correspondem ao intervalo de confiança das medidas que se refere a faixa de valores, dentro da qual deve ficar localizado o valor de referência que, neste caso, é o valor médio (Meyer, 1973).

Após o tratamento estatístico dos dados foi possível concluir que o elemento Cr (Cromo) apresentado na Tabela 2 possui uma taxa de variação constante diretamente relacionada as etapas da simulação de decapagem térmica.

O cromo é considerado o elemento mais importante relacionado as características anticorrosivas do material. Se por algum motivo a liga apresentar valores mais baixos, a taxa de corrosão terá um efeito mais acentuado à medida que o seu teor diminui. (CHIAVERINI, 2002).

A figura abaixo (Figura 7) representa o gráfico dos resultados para o elemento Cromo resultantes dos ensaios.

Figura7 - Resultados % teor Cromo



Analisando os resultados obtidos no gráfico da figura 7 é possível concluir que a porcentagem do elemento de liga cromo diminui ao longo das simulações térmicas.

A teoria de empobrecimento em cromo da zona adjacente ao contorno de grão é válida para entender o mecanismo de ocorrência de corrosão intergranular nos aços inoxidáveis. A adição de cromo em ligas proporciona um aumento significativo na sua resistência à corrosão,

sendo que teores acima de 11% são necessários para permitir uma completa passivação da liga.

Segundo Panossian (1993) Quando os aços inoxidáveis austeníticos são aquecidos e mantidos na faixa de temperatura entre 425°C e 815°C (faixa favorável à ocorrência de sensitização), as velocidades de difusão do carbono e do nitrogênio para os contornos ainda são bem elevadas. Por outro lado, o cromo possui baixas velocidades de difusão nesta faixa de temperatura, não tendo tempo suficiente para se difundir e causar homogeneização, e assim, contribuindo na formação de constituintes ricos em cromo, precipitando-se nos contornos de grão.

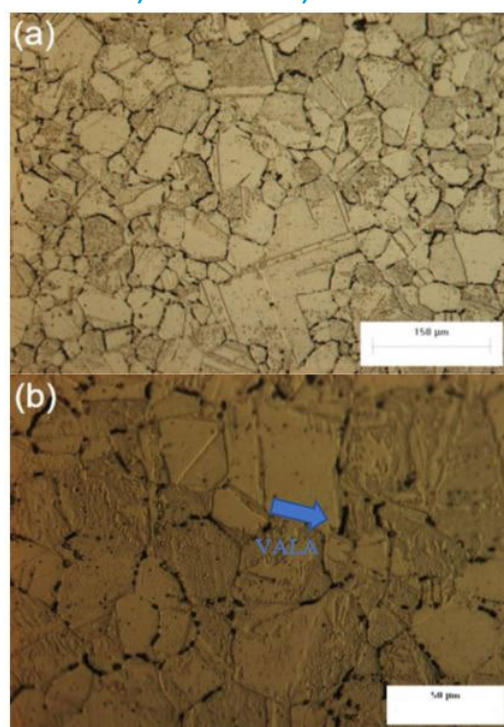
O fenômeno chamado de sensitização ocasionado pela elevada temperatura a que o material é exposto durante o procedimento de decapagem térmica pode resultar na alteração química do material modificando suas propriedades mecânicas pela deficiência de cromo em sua liga.

Método microestrutural - Prática A

O procedimento do preparo das amostras para a realização da prática A seguiu os preceitos da norma ASTM A 262. Para a investigação da microestrutura foi utilizado uma amostra de aço austenítico AISI-304 de uma vara que apresentou fratura e em seguida comparou-se os resultados com um segundo ensaio posterior as simulações de decapagem térmica com o objetivo de estabelecer relação entre a fragilização do material e o fenômeno de sensitização.

Na figura 8 estão apresentados os resultados obtidos na execução da prática A antes de a amostra passar pelo procedimento de simulação térmica onde foi identificado a presença de estrutura, que na qual, pode ser classificada como vala de acordo com relato de Serna (2006) e ASTM A 262 (1993). Isto se deve ao fato de a microestrutura apresentar pelo menos um grão circundado por valas.

Figura 8 - Metalografia da amostra retirada de vara com fratura, obtida após o ensaio de seguindo a norma ASTM A262 - Prática A, analisada em um microscópio óptico com ampliação de a) 200 vezes b) 500 vezes



Fonte: Autoria Própria

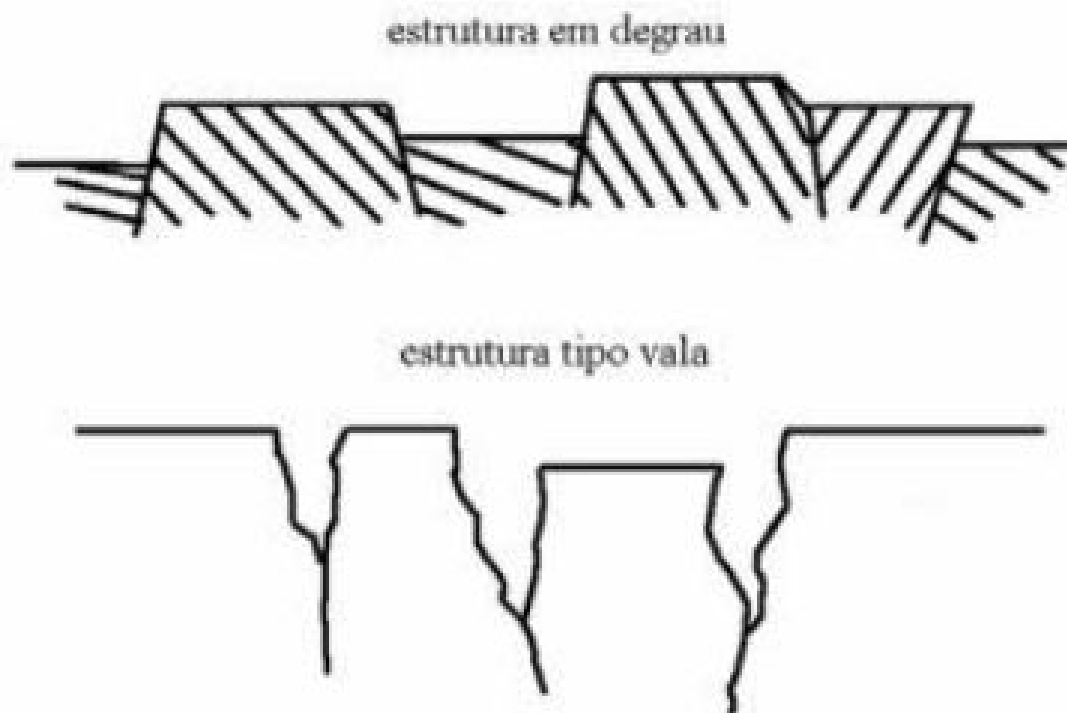
Serna (2006) detalha os diferentes aspectos que a microestrutura resultante do ataque pode apresentar. A Figura 9 demonstra um exemplo da seção transversal da estrutura obtida após ataque com ácido oxálico. A formação de degraus é ocasionada mediante a diferença nas velocidades de dissolução dos grãos devido à orientação cristalográfica. Este tipo de estrutura significa que o material não está sensitizado. Por outro lado, a formação da estrutura em formato de vala é evidenciada pela presença de carbonetos de cromo nos contornos de grão, que na qual, são dissolvidos durante ataques potenciais.

Fica evidenciando o ataque intergranular provocado pelo ácido oxálico, apesar de alguns grãos não apresentarem valetas em todo o contorno, no entanto, pode-se afirmar com segurança que o material está sensitizado. Esta constatação está fundamentada na literatura apresentada abaixo.

Segundo ASTM (1993) a estrutura obtida pode ser classificada da seguinte maneira:

- Vala: Quando um ou mais grãos são cercados por valas;
- Degrau: Quando apenas degraus podem ser observados ao redor dos contornos de grão;
- Mista: Contém degraus e valas, entretanto, sem contornar completamente um único grão;

Figura 9 - Seção transversal de estrutura obtida após ataque com ácido oxálico (Fonte: Serna, 2006, p, 49).

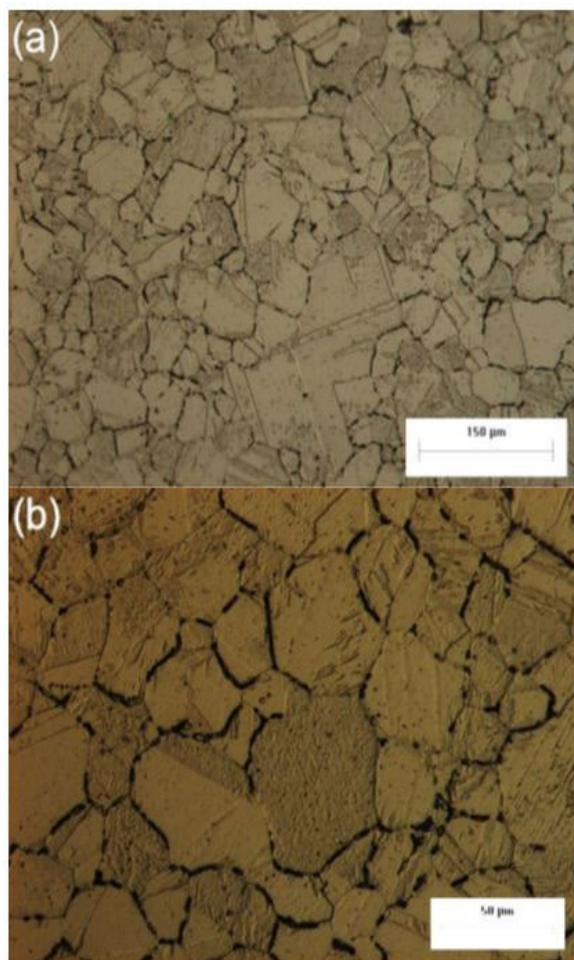


De acordo com a norma ASTM A262, estes precipitados criam buracos profundos ao redor do contorno de grão, assim, acentuando a corrosão intergranular.

O fenômeno de sensitização também foi observado nas metalografias obtidas por meio da prática A nas amostras que foram submetidas ao procedimento simulado de decapagem térmica apresentada na figura 10, foi possível constatar a influência do procedimento térmico no

grau de sensitização após os ataques eletrolíticos. As amostras simuladas termicamente apresentaram claramente uma maior presença de valas provenientes da dissolução dos carbonetos distribuídas por toda a microestrutura.

Figura 10 - Metalografia da amostra após procedimento simulado de decapagem térmica obtida após o ensaio seguindo a norma ASTM A262 - Prática A, analisada em um microscópio óptico com ampliação de a) 200 vezes b) 500 vezes



Fonte: Aatoria Própria

Segundo Teodoro (1995) a sensitização dos aços inoxidáveis ocorre a partir da formação de carbonetos complexos de cromo, resultantes da combinação do cromo com o carbono livre existentes nos aços; este fenômeno ocorre quando os aços cromo-níquel, em geral são submetidos a temperaturas entre 450°C e 850°C, por um tempo suficiente, como consequência de tratamentos térmicos ou soldagem, nessas condições o material fica susceptível à corrosão intergranular.

As regiões com deficiência em cromo nos contornos de grão ocasionados pela sensitização formam-se durante a precipitação de carbonetos ocasionadas pela grande diferença nas velocidades de difusão do cromo e carbono na austenita. Para que o aço não fique sujeito à corrosão intergranular a região adjacente ao contorno de grão não deverá apresentar teor de cromo inferior a 12%. A insuficiência de cromo nos contornos de grão produz a quebra localizada do filme passivo, rico em cromo, o qual protege os aços inoxidáveis, conferindo aos mesmos susceptibilidade à corrosão intergranular e à corrosão sob tensão (SEDRIKS, 1996).

As metalografias provenientes da Prática A da norma ASTM A 262 demonstraram o aumento na quantidade de valas dispersas pela estrutura a partir das etapas de simulações térmicas de decapagem.

Com base na análise dos resultados fica evidente a relação direta do procedimento térmico com a deficiência de cromo na liga e o fenômeno de sensitização do aço.

Ensaio dureza Vickers

Os resultados de microdureza das amostras de aços AISI 304 são apresentadas na tabela 4. As endentações foram realizadas na secção transversal das amostras das varas em amostras embutidas, após polimento. Para as medidas de microdureza foi utilizada carga de 320.000 mN/20s. O resultado representa a média de quatro medições de microdureza por amostra.

Tabela 3 - Média de deformação real e dureza Vickers das amostras de aço inoxidável AISI 304

Dureza Vickers	408,3	413,5	414,3	411,5
Deformação	0,328	0,359	0,392	0,367

Com base nos resultados apresentados na tabela 4 é coerente afirmar que não houve alteração dos valores de dureza durante os procedimentos intercalados de decapagem térmica simulados, estando estes dentro dos parâmetros informados pelo fornecedor.

A alteração da dureza seria o principal preceito para investigação da perda de propriedades plásticas do material possível fator motivador das características frágeis apresentadas na fratura, descartando com isso possível relação com o procedimento térmico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões obtidas do presente trabalho são as seguintes:

1) A vara de aço inoxidável austenítico AISI 304 sofreu sensitização reduzindo a concentração de cromo na liga e tornado a mesma suscetível a corrosão intergranular sobe tenção ocasionando a fragilização do material.

2) Ficou constatado que o principal mecanismo pelo qual ocorre a sensitização é a partir do procedimento de decapagem térmica por temperatura.

3) A utilização da prática A permitiu observar o aumento do grau de sensitização em consequência ao procedimento térmico.

4) Os parâmetros de dureza das amostras não apresentaram alterações durante os procedimentos intercalados de decapagem térmica simulados, estando estes dentro dos valores de referência informados pelo fornecedor.

REFERÊNCIAS

- [1] ASTM – American Society for Testing and Materials. 1993. “Standard Practical for Detecting Susceptibility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steel.” ASTM A 262: 01-17.
- [2] ASTM – American Society for Testing and Materials. 1999. “Standard Test Method for Electrochemical Reactivation (EPR) for Detecting Sensitization of AISI Type 304 e 304L Stainless Steels.” ASTM G-108-94 3.02: 325-34.
- [3] CALLISTER, Jr.; WILLIAM D. Fundamentos da ciência e engenharia dos materiais. 2ª Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006. P. 518.
- [4] CHIAVERINI, V. (2002). Aços e ferros fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. São Paulo: ABM.
- [5] FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. Confiabilidade e Manutenção Industrial. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- [6] MEYER, P.L. Probabilidade: Aplicações à Estatística. Livros Técnicos e Científicos, 2a. ed. 1973.
- [7] PADILHA, A. F. Aços Inoxidáveis Austeníticos: Microestrutura e Propriedads. Curitiba: Hemus, 2004.
- [8] Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas.. Z PANOSSIAN. São Paulo : Graphium Publicidade e Editora 2, 636, 1993.
- [9] RANGEL, D. A. *et al.* Aumento da Eficiência Produtiva através da Redução do Tempo de Setup: aplicando a troca rápida de ferramentas em uma empresa do setor de bebidas. P&D em Engenharia de Produção, Itajubá, v. 10, n. 1, p. 36-49, 2012.
- [10] SEDRIKS, A. J. Corrosion of stainless steels. 2. ed. New York; Chichester; Brisbane: John Wiley, 1996.
- [11] Serna-Giraldo, C. A. (2006). Resistência à corrosão intergranular do aço inoxidável ferrítico UNS S43000: avaliação por método de reativação eletroquímica, efeito de tratamento isotérmico e mecanismo de sensibilização. Resistência à corrosão intergranular do aço inoxidável ferrítico UNS S43000: avaliação por método de reativação eletroquímica, efeito de tratamento isotérmico e mecanismo de sensibilização.
- [12] TEODORO, C.A.; WOLYNEC, S. Estudo da Sensitização de Aços Inoxidáveis austeníticos e do inconel 600 por meio de método eletroquímico. Tese de doutorado EPUSP 1995.p.4-5.
- [13] Viana, P. R. P., Venturini, L., & Souza, Y. S. (2015). Intergranular Corrosion of AISI 304 Heat Treated at 800 C Varying Range Times. J. Chem, 9, 262-268. [V](#)

