

## RESOLUÇÃO DO PROBLEMA DO AÇO INOXIDÁVEL DA EMPRESA APERAMI

Grazieli Viana Tuler<sup>2</sup>, Skarllet Toledo Caetano<sup>3</sup>

**Resumo:** *Uma Empresa x localizada no interior de São Pulo solicitou um apoio técnico para a avaliação da origem da formação de algumas trincas, observadas após 10-20 dias de uso; que ocorreram em placas de um lote específico de aço austenítico AISI 304 produzido na Aperam South America. A Empresa x produz placas eutéticas de refrigeração, para utilização em baús frigoríficos. Estas placas contêm em seu interior uma solução química, chamada de solução eutética, que congela a uma temperatura negativa em torno de -40°C. Foram realizadas análises de dureza, composição química, micropureza, tamanho de grão e análises metalográficas. As análises feitas na região fora da trinca se mantiveram dentro do padrão. Após as avaliações observou-se que o material não apresentou nenhum parâmetro fora da especificação, portanto, descartou-se a possibilidade da trinca ter se formado por um problema no material. Ao analisar a região da trinca verificou-se a formação de martensita induzida por deformação. A transformação martensítica neste nível, não é esperado para este material em uma condição ideal de processamento. Uma possibilidade é que tenha havido alguma falha durante o processo de estampagem, ocasionada por falta de lubrificação ou condições inadequadas de ajuste da prensa chapa, o que indica que o processo de estampagem da Empresa x é o responsável pela trinca.*

**Palavras-chave:** *Estampagem, martensita, placas eutéticas*

---

1Parte do Trabalho apresentado na conclusão do estagio da Grazieli Viana Tuler à Aperam South America;

2Graduada em Química – UEMG; Graduada em Engenharia Química – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA. e-mail: grazituler@hotmail.com

3Mestre em Engenharia Química – UFRRJ; Professora da Engenharia Química – FAVIÇOSA/UNIVIÇOSA e-mail: skarllet.toledo@yahoo.com.br

**Abstract:** *A Company x located in São Pulo requested technical support to assess the origin of the formation of some cracks observed after 10-20 days of use; that occurred on plates of a specific lot of austenitic steel AISI 304 produced in Aperam South America. The Company produces x cooling eutectic plates for use in refrigerated chests. These plates contain in their interior a chemical solution called eutectic solution which freezes at a negative temperature around  $-40^{\circ}\text{C}$ . Hardness tests were conducted, chemical composition, micro-purity, grain size and metallographic analysis. The analyzes carried out in the region of the crack remained within the norm. After the evaluations it was observed that the material does not show any out of specification parameter therefore discarded the possibility of crack to be formed by a problem in the material. When analyzing the region of the crack verified the formation of strain-induced martensite. The martensitic transformation at this level is not expected for this material in an ideal condition for processing. One possibility is that there was a failure during the stamping process, caused by lack of lubrication or inadequate conditions of the plate press fit, which indicates that the printing process of the Company x is responsible for the set.*

**Keywords:** *Eutetic plates, martensite, stamping*

## Introdução

Os aços inoxidáveis são ligas de ferro (Fe), carbono (C) e cromo (Cr), com um mínimo de 10,50% de cromo. Existem outros elementos metálicos que também interagem com as ligas, mas o cromo é considerado o elemento mais importante, porque é o que dá aos aços inoxidáveis uma elevada resistência à corrosão (CARBÓ, 2008).

Já foi comprovado que existe a adição de outros elementos no aço inoxidável, como o silício (Si), manganês (Mn), fósforo (P) e enxofre (S) (BLASS, 1985), que permitem formar um extenso conjunto de materiais. Os elementos que se destacam são o cromo, que está sempre presente devido ao seu importante papel na resistência à corrosão e o níquel, por sua contribuição

na melhoria das propriedades mecânicas. Os aços inoxidáveis são divididos em dois grandes grupos, a série 400 e a série 300 (CALLISTER, 1991).

A série 400, é a dos aços inoxidáveis ferríticos, são aços magnéticos com estrutura cúbica de corpo centrado (CCC), sendo basicamente ligas de Fe-Cr. Ela pode ser dividida ainda em dois subgrupos; sendo eles os ferríticos propriamente dito que em geral apresentam quantidade de cromo mais alto e carbono mais baixo. E o subgrupo dos martensíticos que predomina uma quantidade de cromo mais baixo, e de carbono mais alto (LIMA & LEBRÃO, 2016).

A série 300 é a dos aços inoxidáveis austeníticos, que são aços não magnéticos. Sua estrutura é cúbica de face centrada (CFC), basicamente são feitos de ligas de Fe-Cr-Ni (LIMA & LEBRÃO, 2016).

Dentre os aços inoxidáveis austeníticos, o 304 (18%Cr-8%Ni) é o mais utilizado, pois tem excelente resistência à corrosão, excelente ductilidade e excelente soldabilidade. É um material com grandes possibilidades em suas aplicações, pois podemos encontrá-lo em nossas casas (em um garfo ou em uma panela, por exemplo) como também em uma vasta área industrial (indústria alimentícia, aeronáutica, ferroviária, petrolífera, química e petroquímica, papel e celulose, construção civil, etc.) (MESQUITA & RUGANI, 2007).

O processo de estampagem requer a lubrificação na superfície do material. A lubrificação diminui a fricção entre a ferramenta e a chapa e também absorve o calor causado pela deformação. A quantidade de lubrificante depende do material e da espessura da chapa. Os três lubrificantes mais usados são sebo, utilizado na fabricação de velas; sebo misturado com óleo e sabão misturado com óleo (CAVALER, 2010).

Os aços austeníticos não são magnéticos, mas após um processo de estampagem, ou em uma conformação a frio, como na laminação, pode ser observado certo caráter magnético nas partes que sofreram maior deformação. Isso é consequência da transformação parcial da austenita em martensita, que ocorre por deformação a frio (CARBÓ, 2008).

O objetivo deste trabalho foi analisar a origem da formação de algumas

trincas ocorridas em um lote específico de aço AISI 304 (UM 502307B9003B), produzido na Aperam South America; nas placas eutéticas de refrigeração utilizadas em baús frigoríficos de uma Empresa x do interior de São Paulo, após 10-20 dias de uso.

### Material e Métodos

Uma Empresa x localizada no interior de São Paulo enviou para a Aperam South America a placa eutética de refrigeração com uma trinca para ser investigada a origem do problema. O estudo foi realizado no laboratório do Centro de Pesquisa localizado da Aperam; onde foi realizada as análises de dureza, composição química, micropureza, tamanho de grão e análises metalográficas, através do Microscópio Óptico e do Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV).

### Resultados e Discussão

#### ANÁLISE DA AMOSTRA:

##### Análise da Região Fora da Trinca (Metal Base):

Foi realizada composição química do material através da Espectrometria de Massas; no laboratório do Centro de Pesquisas da Aperam South America, conforme a Tabela 1:

**Tabela 1- Composição química da amostra da placa eutética de refrigeração enviada pela Empresa x**

ELEMENTO	S	Ti	Sn	Nb	P	V	Mo	C	Cu	Co	Sj	Mn	Ni	Cr	N
<b>304A</b> (% PESO)	0,0003	0,0037	0,0048	0,0055	0,0263	0,0441	0,0458	0,052	0,0845	0,1768	0,3893	1,1355	8,0743	18,1246	484

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram que se trata do aço AISI 304, ou P304A.

Foi realizado também o ensaio de dureza na placa, utilizando o equipamento Durômetro da marca Heckert WPM modelo HPO 250. A amostra analisada apresentou 88 HRB que segundo ASTM A240 (dureza HRB máxima de 92) está dentro do padrão.

A análise de micropureza foi realizada segundo a norma ASTM E45- método D, e de acordo com a quantidade de partículas de impurezas encontradas no material, o mesmo foi classificado como nível 1, ou seja, apresenta baixo teor de impurezas, conforme mostrado na Figura 1. Em seguida, foi realizada a caracterização microestrutural. O tamanho de grão ASTM se manteve na faixa de altura entre 6-7, conforme mostrado na Figura 2. O tamanho padrão de grão, para a distribuição é entre 6 – 9, mostrando que o resultado esta de acordo com a especificação do material.



Figura 1 - Campo de avaliação de micropureza

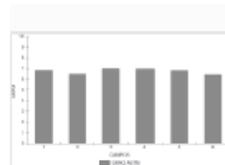


Figura 2- Tamanho de grão ASTM da amostra

Após as avaliações do produto verificou-se que o material não apresentou nenhum dos parâmetros fora da especificação. Portanto, descartou-se a hipótese da formação da trinca ter sido causada por um problema de produção da Aperam.

Dessa forma, iniciou-se a avaliação na região da trinca a fim de verificar a formação de martensita induzida por deformação. Esta análise foi inicialmente realizada no Centro de Pesquisa da Aperam com um imã. Em princípio, os aços austeníticos são não magnéticos, porém, quando sofrem transformação martensítica, após deformação, passam a apresentar um grau de magnetismo devido à martensita possuir caráter magnético. O imã não causou atração em nenhum local, como esperado, nem no metal base, nem nas regiões deformadas, com exceção da região deformada próxima a trinca.

Após a avaliação com o imã, utilizou-se o ferritoscópio, para quantificar a variação do percentual de fases magnéticas nas regiões fora e próximas à trinca. Fora da trinca foram encontrados percentuais de fase magnética na ordem de 0,22%, já próximo à trinca este percentual chegou a alcançar 8%.

Foram realizadas análises metalográficas na região da trinca para

confirmar o efeito de transformação martensítica. Foi verificado através do ataque com Água Régia, que na região da trinca, existe uma intensa presença de martensita caracterizada pela cor cinza escuro, conforme ilustra a Figura 3; já através do ataque Behara a martensita tornou-se mais evidente na cor preta, conforme mostrado na Figura 4.

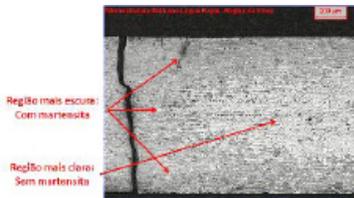


Figura 3 - Análise metalográfica, com ataque Água Régia, evidenciando a presença de martensita.

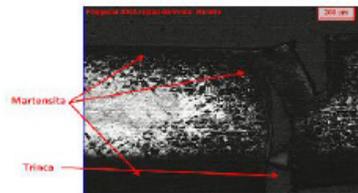


Figura 4- Análise metalográfica, com ataque Behara, evidenciando a presença de martensita

A transformação martensítica neste nível não é esperado para este material em uma condição ideal de processamento. Uma possibilidade é que tenha havido alguma falha durante o processo de estampagem. Esta falha pode ter sido causada pela falta de lubrificação ou condições inadequadas de ajuste da prensa chapa.

Foi solicitado à Empresa x que realizasse um teste com o imã em outra peça que também ocorreu a trinca, e como esperado o imã pegou somente no lugar onde ocorreu a trinca, confirmando a falta de lubrificação somente no mesmo local.

Por fim, foi feita uma análise no Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) em diversos pontos da trinca com o objetivo de identificar as fases e os constituintes presentes na microestrutura da amostra trincada; evidenciando novamente a presença de martensita no local.

## Conclusões

A amostra analisada com a trinca está com a composição química típica de um AISI 304. Os parâmetros de micropureza, dureza, tamanho de grão também análises metalográficas estão dentro dos padrões estabelecidos

para um aço AISI 304.

A região com trinca apresentou forte transformação martensítica. Esta transformação só ocorreu em algumas regiões estampadas da placa. Indicando que o processo de estampagem da Empresa x é responsável pelo problema do material.

### **Referências Bibliográficas**

BLASS, A. Estampagem. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Apostila. 1985.

MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING An Introduction  
William D. Callister, Jr. - John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, 1991.

CARBÓ, H.M. Aços inoxidáveis: Aplicações e especificações. Acelor Mittal. Inox Brasil- São Paulo-2008.

CAVALER, L.C de C. Parâmetros de conformação para a estampagem incremental de chapas de aço inoxidável AISI 304L. Porto Alegre, 2010.

LIMA, W.M de; LEBRÃO, S.M.G. Análise da sensitização de juntas soldadas em aço inoxidável aisi 439 para uso em sistema de exaustão veicular. Mauá, 2016.

MESQUITA, E.L.A; RUGANI, L.L. Estampagem dos aços inoxidáveis- ACESITAS.A. 1997.

TULER, G.V; CAETANO, S.T. Apoio técnico à trinca ocasionada no aço inoxidável P304A. In: VIII SIMPÓSIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE, 8, 2016, Viçosa. Anais... Viçosa: FACISA, Outubro, 2016