



FRAGILIZAÇÃO DE TROCADOR DE CALOR CRIOGÊNICO EM OPERAÇÃO CÍCLICA¹

Marcelo Oliveira de Souza²

Resumo

Este trabalho tem como objetivo mostrar a falha de um trocador de calor de alumínio de uma caixa fria de reciclo de uma planta criogênica em uma operação cíclica (parando no horário de ponta), suas tentativas de reparo e posterior tomada de decisão pela substituição do mesmo. Para as tentativas de reparo no trocador a metodologia adotada foi a de se isolar as passagens do trocador que poderiam permitir a passagem de gás para os pontos de vazamento, trazendo como consequência a redução parcial da capacidade de troca térmica do mesmo. Para a tomada de decisão de substituir o trocador: a metodologia adotada foi a de avaliação do risco e consequência de falha x custo total (manutenção + planta parada) de novas tentativas de reparo ou da substituição do trocador. Com base nas tentativas de reparo do trocador, na não identificação conclusiva do mecanismo de falha e na avaliação do risco e consequência de falha x custo total de novas tentativas de reparo ou da substituição do trocador: optou-se pela substituição deste trocador na primeira oportunidade possível.

Palavras-chave: Fragilização; Trocador de calor; Operação cíclica; Horário de ponta.

CRYOGENIC HEAT EXCHANGER FRAGILIZATION IN CYCLIC OPERATION

Abstract

This work aims to show the failure of a cryogenic plant recycle cold box Aluminum heat exchanger in a cyclic operation (stopping on pic hour), his attempts to repair and later decision-making by its replacement. Attempts to repair the Heat Exchanger (HEX) methodology adopted was to isolate the HEX passages that could allow the passage of gas for casting, bringing as a consequence the partial reduction of thermal exchange capacity. For the decision to replace the HEX: the methodology adopted was to risk assessment and the result of failure x total cost (maintenance + plant stopped) retries repair or replacement of the HEX. Based on the HEX repair attempts, not conclusive identification of the failure mechanism and the assessment of risk and consequence of failed x total cost of retries of repair or replacement of HEX: chosen by replacing this exchanger at the earliest possible opportunity.

Key words: Fragilization; Heat exchanger; Cyclic operation; Pic hour.

¹ Contribuição técnica ao 31º Seminário de Balanços Energéticos Globais e Utilidades e 25º Encontro de Produtores e Consumidores de Gases Industriais, 17 a 20 de agosto de 2010, Foz do Iguaçu, PR

² Gerente de Manutenção da Air Products Brasil Ltda



1 INTRODUÇÃO

No final de 2008 a planta de separação de ar da unidade de Mogi das Cruzes da Air Products apresentou um ponto de congelamento em sua caixa fria de reciclo. Verificou-se que a causa do congelamento era um vazamento de N₂ por uma trinca no trocador de reciclo.

Este trocador de placas e palhetas de alumínio foi fabricado pela Stewart Warner e encontra-se em operação desde 1974. Sua pressão de trabalho é de 720PSI e nos últimos 10 anos ele tem sido parado durante o horário de ponta, o que reduz sua pressão à pressão atmosférica e reduz sua temperatura na parte quente de 7°C para -40°C. Ver desenho esquemático do trocador de calor (Figura 1) e da sua forma construtiva (Figura 2).

Esta trinca foi soldada e nos meses seguintes novas trincas surgiram e novos reparos foram realizados; até o ponto em que concluímos que o trocador encontrava-se fragilizado e seria inviável continuar com as tentativas de reparos sendo, portanto decidido pela substituição do mesmo.

A seguir daremos mais detalhes sobre as trincas, os reparos e a metodologia aplicada para a tomada de decisão pela substituição do mesmo.

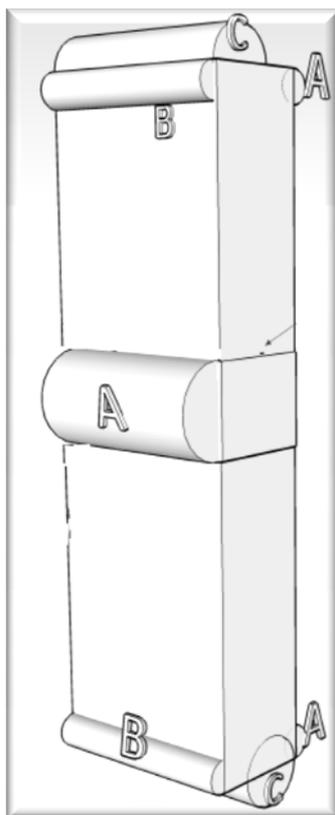


Figura 1: Desenho esquemático.

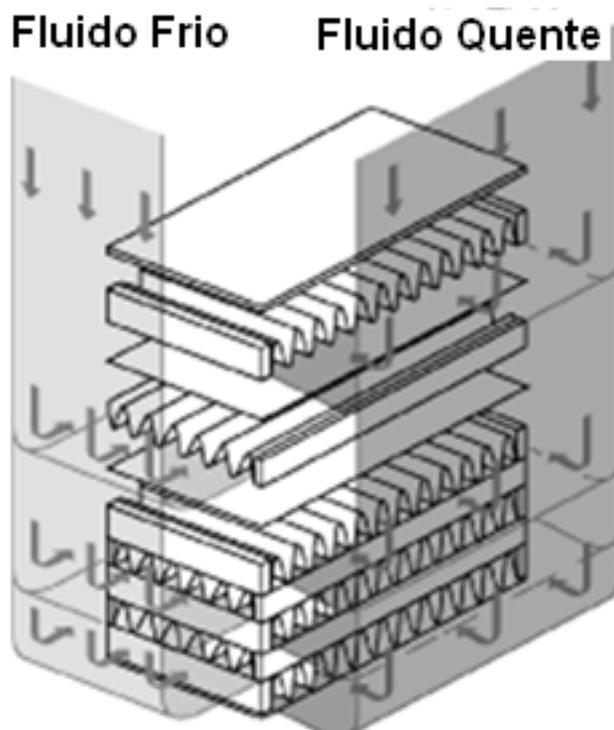


Figura 2: Forma construtiva.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Em janeiro de 2009 a caixa fria foi aberta e foi identificada uma trinca com vazamento de N₂ na parte inferior da solda do coletor da seção fria do trocador A (Figuras 3 e 4).



Figura 3: Localização da Trinca.

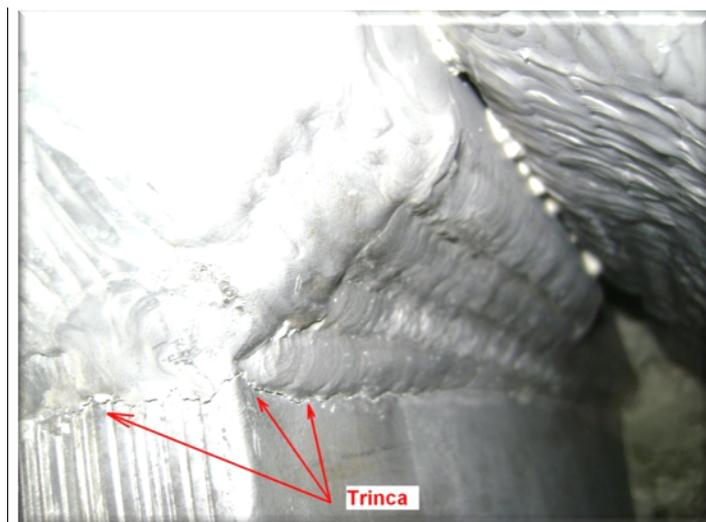


Figura 4: Detalhe da Trinca.

A trinca foi soldada (Figura 5) e o trocador colocado de volta em serviço.

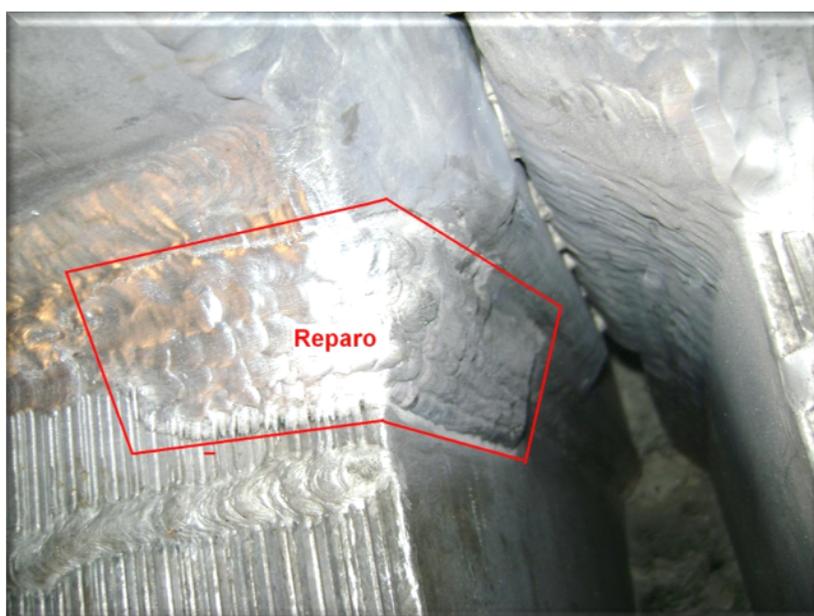


Figura 5: Reparo da Trinca.

Em novembro de 2009 nova trinca foi encontrada no mesmo trocador e foi definida a eliminação das 4 passagens que poderiam colaborar para o vazamento (Figuras 6 e 7).

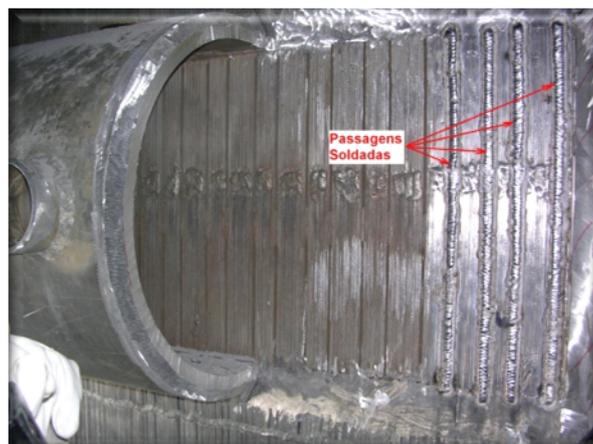


Figura 6: 4 Passagens Soldadas (*midpoint*).



Figura 7: 4 Passagens Soldadas (topo).

Ainda em novembro de 2009 foram encontradas duas novas trincas (Figuras 8 a 10) próximas às trincas soldadas em janeiro de 2009.



Figura 8: Localização das Trincas



Figura 9: Trinca #1.

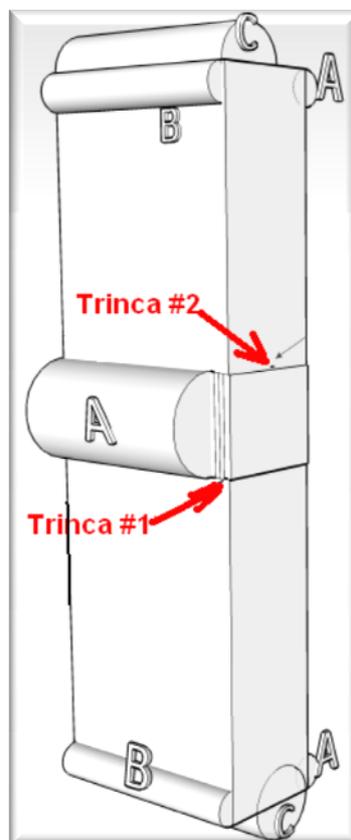


Figura 10: Localização das Trincas.



Para a eliminação dos vazamentos destas novas trincas foi decidida a eliminação de mais 22 passagens (Fig 11) que foram soldadas em janeiro de 2010.

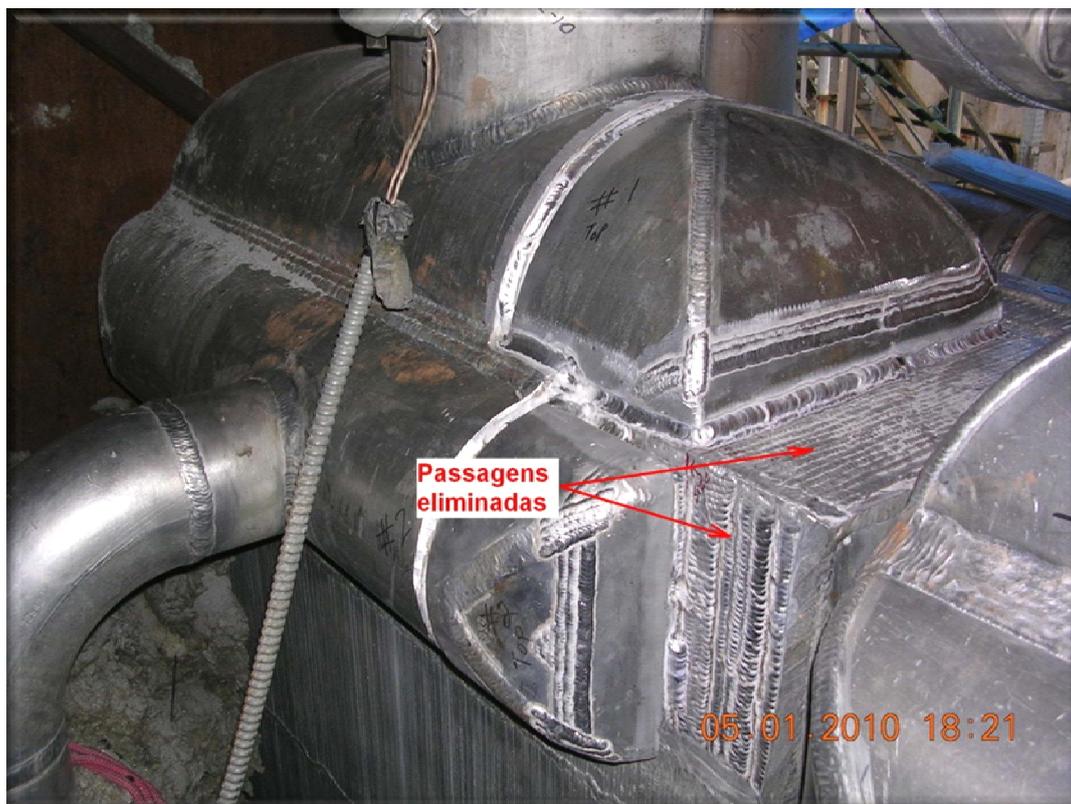


Figura 11: Total de 26 Passagens Soldadas (vista do topo).

Durante os testes de pressão deste último reparo foram detectados mais 3 pontos de vazamentos; desta vez na parte quente do trocador (Figura 12).



Figura 12: Novos vazamentos



3 RESULTADOS

Do total de 600 passagens do trocador, 26 foram isoladas, representando 4,3% da sua capacidade total de troca térmica: o que a princípio não representa impacto significativo em termos de produção da planta devido ao fato do mesmo não ser um dos gargalos de produção da planta de Mogi das Cruzes.

O trocador permanece com três pequenos vazamentos de N₂ na sua parte quente (topo). Por tratar-se de pequenos vazamentos não tem impacto na produção e por ser na parte quente não gera pontos de congelamento na caixa fria.

O acesso / reparo do trocador exige:

- montagem de andaimes ao redor da caixa fria;
- parada da planta;
- remoção da lã de rocha da caixa fria;
- procedimentos de segurança para espaço confinado e equipe de resgate; e
- M&O especializada para solda em alumínio.

O custo de manutenção das 3 intervenções (jan/09, nov/09 e jan/10) ficou na ordem de U\$ 500.000 sem contar os custos de logística e os de planta parada (aproximadamente 4 dias por reparo).

4 DISCUSSÃO

O que inicialmente nos parecia ser um problema em uma solda na parte externa da parte fria do trocador (midpoint), evoluiu para vazamentos em passagens restrito à parte fria do trocador e por fim mostrou haver vazamentos também na parte quente do trocador.

Algumas hipóteses foram levantadas quanto às causas das trincas neste trocador:

- **Fadiga:** Fadiga devido ao ciclo de pressurização (720PSI) / despressurização (1 Atm.) causado pela parada e partida diária da planta no horário de ponta nos últimos 10 anos neste trocador com 36 anos de uso. Esta hipótese sozinha não explica a razão das trincas aparecerem somente neste trocador; quando há outros dois trocadores na mesma caixa fria trabalhando em paralelo, sendo que um deles de mesma fabricação e idade. O terceiro trocador é 10 anos mais novo. No entanto, como esta hipótese não pode ser descartada levanta-se a suspeita sobre o risco de trincas aparecerem também nos outros dois trocadores, ou pelo menos no outro de mesma idade. Como a ciclagem não é alta: esta falha pode levar alguns anos para aparecer nos outros trocadores.
- **Umidade:** Umidade devido à vazamentos em intercoolers do compressor de N₂ está descartada, pois as trincas, caso esta fosse a causa, apareceriam em uma região mais alta do trocador mais próxima à região de 0° C, onde a umidade congelaria, e não próximo à região de -110° C onde as primeiras trincas surgiram. Outro ponto fraco desta hipótese é que as trincas surgiram no terceiro trocador do header; e neste caso devido à baixa temperatura do topo dos trocadores (7°C): a umidade tenderia a migrar para o primeiro e segundo trocadores do header e em menor quantidade para o último.
- **Inconsistência na Fabricação:** Na época da fabricação destes trocadores (1974) os processos de caldeagem de alumínio não eram tão bem controlados e alguma pequena inconsistência na fabricação pode ter



levado ao surgimento de trincas após os 36 longos anos de trabalho deste trocador.

- **Soldas em equipamento antigo e fragilizado:** Esta pode ser uma boa explicação para as trincas que surgiram após os reparos, pois reparos com solda em um equipamento já fragilizado aumentará o seu grau de fragilização e a sua susceptibilidade à novas trincas.

Das hipóteses levantadas acima, consideramos como causa da primeira trinca: a fragilização devido à idade do equipamento (36 anos) e à fadiga causada pela ciclagem de pressurização / despressurização gerados pelas paradas e partidas da planta devido ao horário de ponta, aliada a alguma pequena inconsistência na sua fabricação.

Para os vazamentos subseqüentes, consideramos como causa: a fragilização mencionada acima devido à idade e à fadiga; agravada pelas soldas dos reparos.

5 CONCLUSÃO

A estimativa de custo para substituição do trocador por um novo é da ordem de U\$ 500.000, ou seja, praticamente o que foi gasto (só com manutenção) nas 3 tentativas de reparo do trocador citado.

Devido à idade deste trocador (36 anos), às tentativas sem sucesso de reparos, ao risco muito baixo de uma falha catastrófica e aos custos indiretos das paradas para novas tentativas de reparo foi decidido pela substituição deste trocador por um novo que está sendo fabricado e será instalado assim que for entregue.

Assim que o trocador for substituído serão enviadas amostras do trocador danificado para os laboratórios da Air Products nos EUA para análises e a confirmação das hipóteses levantadas; a fim de definir a necessidade ou não de traçar um plano de ação para os outros 2 trocadores desta caixa fria.

Agradecimentos

Alcino Ferreira da Silva Junior
Anthony M. Pancerella