

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ELEVADAS TEMPERATURAS NO AÇO DE BAIXA LIGA CR-MO A335 GR P22

Helen Rodrigues Araújo, helen.2705@gmail.com¹

¹ Universidade Federal da Bahia, R. Prof. Aristides Novis, 2 - Federação, Salvador - BA, 40210-630,

Resumo: A busca por um maior grau de confiabilidade dos sistemas está diretamente relacionada com a questão da seleção do material mais adequado para as condições operacionais impostas. O presente trabalho se propõe a avaliar os efeitos da exposição do aço de baixa liga Cr-Mo, A335 Gr P22, a elevadas temperaturas, assim como analisar a influência destes no surgimento de falhas nesse tipo de material. Para isso, foram realizadas pesquisas a respeito das principais características dos fenômenos conhecidos como fluência e fadiga térmica, sendo suas consequências analisadas no estudo de caso que avalia o surgimento de trincas em trechos de uma tubulação cujo material é o aço de baixa liga especificado, que compõe um sistema de produção de vapor de água. Foi verificada a aplicabilidade desse tipo de material sob as condições de temperatura apresentadas no estudo, porém detectou-se que fatores de configuração do sistema contribuíram para o surgimento das trincas, sendo a responsabilidade atribuída à ocorrência da fadiga térmica.

Palavras-chave: Elevadas Temperaturas, Aços Cr-Mo A335 Gr P22, Fluência, Fadiga Térmica.

1. INTRODUÇÃO

Nas indústrias de processo, incluindo as grandes indústrias petroquímicas, existem condições específicas que exigem um maior grau de confiabilidade para os equipamentos e, conseqüentemente, para a seleção de materiais destes, já que os regimes de trabalho são quase sempre contínuos, onde seus diversos equipamentos formam uma cadeia contínua de produção, apresentando, muitas vezes, condições de grande risco, devido ao manuseio de fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos ou em elevadas pressões ou temperaturas, condições para as quais uma pequena falha ou vazamento pode resultar em um acidente grave ou até mesmo em um desastre.

Nessa perspectiva, Telles (1994) concebe que a seleção de um material específico para cada uma das partes de um equipamento de processo é um dos sérios problemas com o qual se defronta o projetista ou usuário desses equipamentos. Sendo que este problema consiste em selecionar e especificar um material que atenda com segurança às condições de serviços de uma determinada aplicação, com o menor custo possível, levando-se em conta as propriedades mecânicas dos materiais, resistência à corrosão, vida útil esperado, entre outros fatores. Para isso, é importante que todos os materiais empregados nesses equipamentos devam ter as qualidades e propriedades perfeitamente conhecidas e garantidas.

Os materiais que apresentam um comportamento adequado quando aplicados em sistemas cujas condições operacionais incluem temperaturas elevadas e ambientes agressivos tornaram-se uma necessidade científica, tecnológica e economicamente viável nos dias de hoje. Estudos têm sido realizados para o aprimoramento do processo de obtenção de novas ligas e, principalmente, para a reavaliação de ligas comerciais já existentes, por meio da aquisição de dados em condições de maior severidade. (REIS, 2005).

Com base na problemática apresentada que diz respeito à seleção do material ideal para sua respectiva aplicação a fim de garantir confiabilidade ao sistema, é caracterizada a proposta deste trabalho pela avaliação dos efeitos de elevadas temperaturas no comportamento do aço de baixa liga Cr-Mo, A335 Gr P22, assim como pela análise da influência destas no surgimento de falhas nesse tipo de material, cujo emprego integra um sistema de geração de vapor d'água.

Assim, o presente trabalho se propõe a: analisar as propriedades dos materiais de baixa liga Cr-Mo, com foco maior no material de estudo A335 Gr P22, bem como o comportamento destes quando expostos a altas temperaturas; avaliar o efeito da fluência como agente causador ou simplesmente propagador de falhas em sistemas que utilizam esse tipo de material; caracterizar as consequências do fenômeno conhecido como fadiga térmica, a partir da análise da influência deste na ocorrência de trincas neste tipo de aço.

Para este fim, será apresentado um estudo de caso que avaliará o surgimento de trincas em trechos da tubulação (localizada logo após uma válvula redutora de pressão), cujo material é o aço de baixa liga Cr-Mo (A 335 Gr P22), que compõe um sistema de produção de vapor de água com pressão de 42 kg/cm². Esse sistema está exposto a temperaturas

na faixa de 400°C a 514°C. A análise engloba também outras trincas que foram detectadas nos componentes do dessuperaquecedor, dispositivo responsável pelo gradiente de temperatura apresentado.

Para melhor entendimento do comportamento dos materiais metálicos, cuja aplicação envolve elevados valores de temperatura, torna-se necessária uma discussão acerca dos principais fenômenos decorrentes deste tipo de exposição do material, sendo estes a fluência e a fadiga térmica.

2. FLUÊNCIA

Telles (1994) define a fluência “como um fenômeno de deformação permanente, lenta e progressiva, que se observa nos metais e ligas metálicas, com o decorrer do tempo, quando submetidos a um esforço de tração em temperatura elevada”. Ainda segundo ele a faixa de temperatura cujo início da fluência passa a ser relevante é conhecida como “faixa de fluência” do metal em questão. Ou seja, quando uma peça metálica é submetida a um esforço de tração e está exposto a uma temperatura superior ao início da faixa de fluência, pode-se observar, com o passar do tempo, um aumento progressivo das deformações, mesmo conservando constante o esforço, e qualquer que seja seu valor. É possível observar que os acréscimos de deformação (isto é, deformações por fluência), são sempre permanentes, ainda que o valor da tensão inicial imposto ao material seja inferior ao limite de escoamento deste na temperatura considerada e, portanto, a deformação inicial seja não-permanente.

As deformações por fluência somente se observam após um longo período, com isso pode-se permitir, no nível usual de tensões de trabalho dos equipamentos, que o material seja submetido a valores de temperatura superiores à temperatura estabelecida no projeto, durante um curto espaço de tempo, sem que haja prejuízo ao material. Telles (1994) ressalta que a permanência por muito tempo em temperaturas acima das especificadas no projeto pode causar sérios danos ao material, mesmo que a diferença de temperaturas não seja grande, devido ao rápido aumento de deformações por fluência que decorre desse acréscimo de temperatura. Este cenário pode ocorrer por falha nos sistemas de controle de temperatura, por previsão errônea do valor da temperatura de operação de um equipamento, ou, simplesmente, pela operação fora das condições de projeto.

Materiais cujo regime de trabalho envolve temperaturas elevadas estão sujeitos a fenômenos que alterem suas propriedades podendo levar, muitas vezes, a ruptura. Além do fenômeno apresentado, o da fluência, tais materiais podem sofrer alterações devido à ocorrência de fadiga térmica, cujos conceitos e principais características são apresentados no tópico a seguir.

3. FADIGA TÉRMICA

O fenômeno da fadiga térmica é caracterizado por um processo de aplicação repetitiva de ciclos térmicos, durante o qual tensões e deformações são resultantes exclusivamente da imposição de gradientes de temperatura sem a aplicação de cargas mecânicas. O início da falha é visualizado a partir da ocorrência de trincas na superfície do material, que se propagam com a continuidade da aplicação dos ciclos térmicos, podendo causar a ruptura do material. (BRANDIM, SOUSA E ALVES, 2009)

O problema da fadiga térmica torna-se ainda mais complexo devido a alterações dos fatores metalúrgicos que ocorrem frequentemente em diversas aplicações que envolvem elevadas temperaturas. Estas modificações na estrutura metalúrgica podem estar ligadas unicamente ao tempo de exposição a determinadas temperaturas, ou podem também ser reforçadas devido a aplicações em condições que envolvam fadiga térmica. (DORN, 1961).

A escolha de um material ideal para determinada aplicação é uma das ferramentas disponíveis ao projetista, embora em muitos casos seja difícil decidir qual o melhor material a ser empregado. Determinadas propriedades devem ser sempre levadas em consideração nessa etapa de projeto. Por exemplo, um material que possua um baixo coeficiente de expansão é extremamente desejável, uma vez que na expansão são apresentadas as tensões térmicas.

Muitas abordagens e técnicas para mitigação da fadiga térmica estão disponíveis para o projetista. Estas devem, naturalmente, ser incorporadas, sempre que possível. Mesmo sob as circunstâncias mais favoráveis, no entanto, pode-se esperar que as peças submetidas ao fenômeno da fadiga térmica, em muitos casos, devam de ser concebidas para a vida finita.

4. AÇOS-LIGA

Todos os aços que apresentem em sua composição qualquer quantidade de outros elementos, além daqueles que normalmente fazem parte da composição química dos aços-carbono, são denominados de aços-liga. Estas quantidades são determinadas com o objetivo de promover mudanças nas propriedades físicas e mecânicas que permitam ao material desempenhar funções específicas. Estão inclusos nesse grupo os aços que contêm os mesmos elementos dos aços-carbono, porém, em proporções mais altas. (TELLES, 1994)

Como define Chiaverini (1996) a adição de outros elementos à estrutura regular do aço é motivada pelo desejo de alcançar efeitos específicos dos aços. Tais efeitos são caracterizados por: aumentar a dureza e a resistência mecânica dos mateis; conferir resistência uniforme através de toda a secção em peças de grandes dimensões; diminuir o peso; conferir resistência à corrosão; aumentar a resistência ao calor; aumentar a resistência ao desgaste; aumentar a capacidade de corte e melhorar as propriedades elétricas e magnéticas.

Telles (1994) pontua, ainda, que adição dos elementos cromo e molibdênio contribuem significativamente para o aumento da resistência do aço ao ataque pelo hidrogênio sob elevadas temperaturas e, por essa razão, os aços-liga contendo esses elementos também são aplicados em serviços com hidrogênio em temperaturas e pressões acima dos limites de aplicação dos aços-carbono. Cabe ressaltar que os aços contendo mais de 2% de cromo são imunes à descarbonetação interna, mas podem sofrer descarbonetação superficial.

5. METODOLOGIA

A unidade termoeletrica sob estudo, pertencente a uma industria petroquimica, produz vapor alta, media e baixa pressao, energia eletrica e ar de instrumento e ar de servico para alimentacao de uma planta de processamento petroquimico. O vapor de alta e gerado em caldeiras que podem queimar oleo e/ou gas combustivel. O vapor de media e baixa pressao sao provenientes do decaimento do vapor de alta pressao em turbogeradores de contrapressao.

Na Unidade Termoeletrica existem seis caldeiras do tipo aquatubular, sendo cinco do tipo convencional e uma caldeira de recuperacao. As caldeiras de alta pressao produzem vapor a pressao de 120 kgf/cm² e temperatura de 530°C. A capacidade nominal de producao dos geradores de vapor e de 400 t/h, enquanto que a caldeira de recuperacao pode produzir 100 t/h de vapor.

Parte do vapor de 120 kgf/cm² gerado é transferido para a planta petroquímica e o restante é utilizado para a alimentação dos turbogeradores de contrapressão, onde existe uma extração de vapor a 42 kgf/cm² e o exausto sai a 15 kgf/cm², ambos vapores superaquecidos que serão utilizados nos processos interno como também exportados para os clientes externos.

A unidade térmica dispõe de duas válvulas redutoras de pressão de vapor: uma de 120 para 42 kgf/cm², e outra de 42 para 15 kgf/cm².

A linha principal de vapor que conduz o vapor superaquecido com pressão de 42 kgf/cm² (logo após a válvula redutora de pressão) de uma das caldeiras dessa Unidade Termoeletrica se caracteriza como o objeto de estudo desse trabalho. A Figura 1, a seguir, apresenta o isométrico da linha de vapor sob análise.

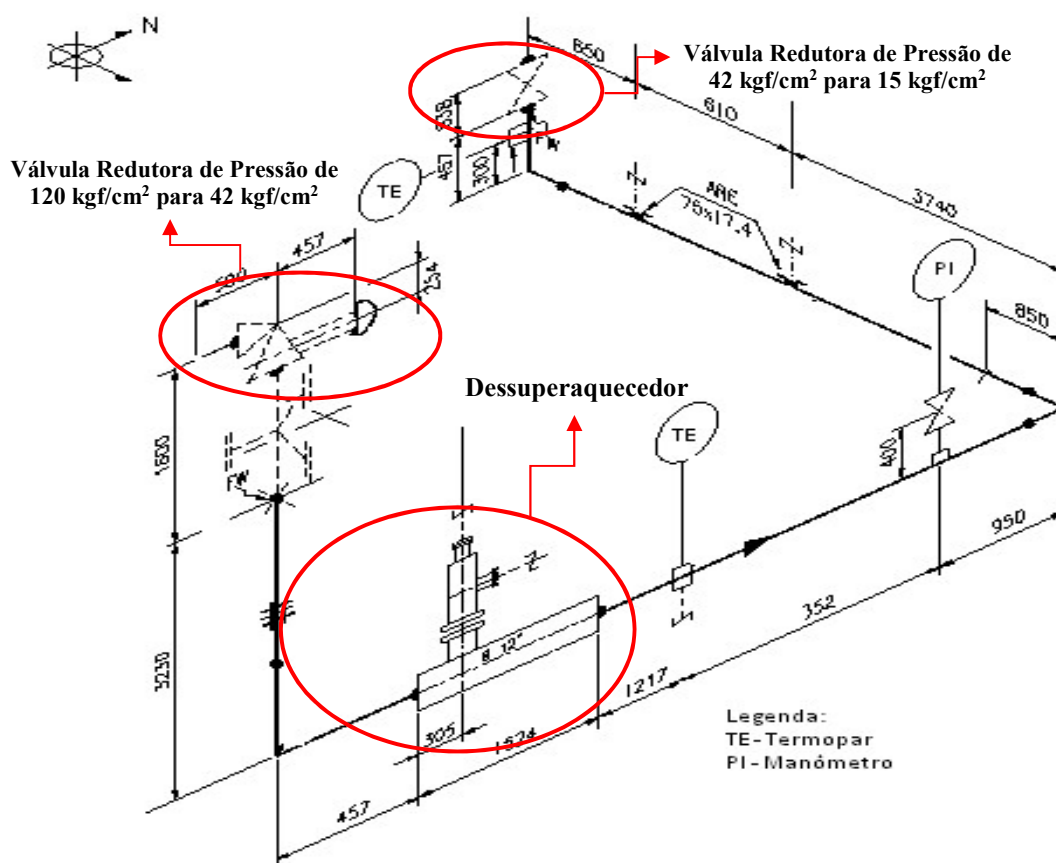


Figura 1: Isométrico da linha de vapor de 42 kgf/cm²

Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

O isométrico mostra a linha de saída da válvula redutora de pressão de 120 kgf/cm² para 42 kgf/cm², contemplando ainda o dessuperaquecedor que é utilizado para redução da temperatura do vapor superaquecido que está sendo conduzido para outra válvula redutora de pressão de 42 kgf/cm² para 15 kgf/cm².

O dessuperaquecedor, também conhecido como atemperador, é um dispositivo cujo funcionamento é caracterizado pela injeção direta de água líquida na tubulação para o controle da temperatura de saída do vapor superaquecido. A

temperatura de saída do atemperador é então controlada pela vazão de água injetada. A Figura 2 apresenta uma foto do dessuperaquecedor utilizado na linha de vapor sob análise, indicando a entrada de água desmineralizada e a entrada do vapor de atomização utilizado para a formação de gotículas.

Esse dispositivo é atualmente o método mais utilizado, pois proporciona ótimo controle e rápida resposta com a variação da carga, e independe do tipo de superaquecedor, seja de radiação, de convecção ou misto. (BIZZO, 2010)



Figura 2: Foto do dessuperaquecedor
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

O vapor, após passar pela válvula redutora de pressão, sai com pressão de 42 kgf/cm² e temperatura 514°C. Com a injeção de água desmineralizada (atomizada através da injeção de vapor), por atuação do dessuperaquecedor, a temperatura do vapor reduz para aproximadamente 400°C. Ao acoplar o dessuperaquecedor na tubulação, é necessário fazer uso de um tubo camisa.

O material da tubulação utilizada, bem como dos componentes do dessuperaquecedor, incluindo o tubo camisa, é o aço de baixa liga Cr-Mo, que segundo a ASTM (American Society for Testing and Materials) é classificada como A335 Gr P22, o qual possui em sua composição 2 ¼ Cr – ½ Mo.

Em janeiro de 2010, apenas 6 anos após a montagem desse sistema, foi identificada uma trinca no metal base do tubo logo após a redutora de pressão de 120x42 kgf/cm² e na tentativa de conter a propagação da trinca foram identificadas novas trincas, como mostrado nas figuras 3, 4, 5 e 6 a seguir:

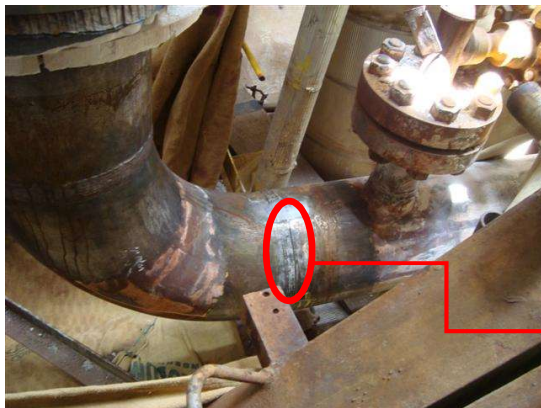


Figura 3: Identificação da trinca na tubulação após redutora
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

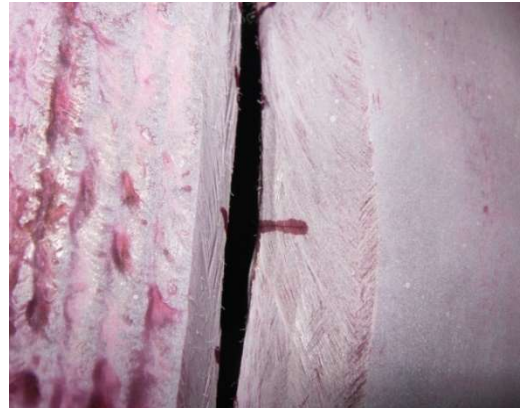


Figura 4: Detalhe da trinca identificada após ensaio de Líquido Penetrante.
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica



Figura 5: Extremidade do dessuperaquecedor
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica



Figura 6: Aspecto do tubo interno do dessuperaquecedor
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para determinação do fenômeno que contribuiu para a ocorrência das falhas apresentadas foram realizadas análises macroscópica (ou fractográfica) e microscópica de uma amostra do tubo camisa, devido ao fato desse dispositivo apresentar o pior cenário de degradação.

O material utilizado no tubo camisa, bem como de todo o sistema a fim de evitar problemas decorrentes de soldas de dissimilares, é o aço de baixa liga Cr-Mo, A335 Gr P22. Em sua composição esse material apresenta 2 ¼ Cr – 1 Mo e a seleção do mesmo foi devido, principalmente, às condições do vapor conduzido pelo tubo, numa pressão de 42 kg/cm² e o valor de temperatura variando entre 400°C e 514°C, sendo o dessuperaquecedor responsável por este gradiente.

De acordo com a Tab. 1, a temperatura limite para que esse aço-liga Cr-Mo apresente valores de resistência mecânica e resistência à fluência aceitáveis é 570°C, valor que justifica a aplicação para as condições operacionais do tubo camisa descritas.

Tabela 1: Aços-Liga Cromo-Molibdênio
Fonte: Telles (1994)

Elementos de liga (%nominal)	Limites máximos de temperatura (°C)					Resistência mecânica aceitável ²	Tensões admissíveis (kg/mm²)					
	Normas		Temperaturas de escamação ¹				Norma ASME Sec. VIII Div. 1					
	ASME Sec. I, VIII	ANSI B.31.3	Ao ar	Atmosfera sulfurosa			345°C	430°C	480°C	540°C	595°C	650°C
				Oxidante (SO ₂)	Redutor a (H ₂ S)							
1 ¼ Cr, ½ Mo	650	650	570	560	530	520	12,18	12,18	10,58	5,48	2,82	0,84
2 ¼ Cr, 1 Mo	650	650	590	580	550	570	12,06	11,84	10,36	5,48	2,96	1,13
5 Cr, ½ Mo	650	650	620	600	575	480	12,06	11,35	7,96	3,95	2,18	0,92
7 Cr, ½ Mo	650	650	650	610	585	480	9,44	8,80	6,68	3,52	1,76	0,84
9 Cr, 1 Mo	650	650	690	620	600	600	9,44	9,02	8,56	5,98	3,32	1,06

¹ Temperatura de escamação: esses limites só podem ser ultrapassados em picos de curta duração.

² Temperatura acima das quais a resistência mecânica (resistência à fluência) é muito baixa. Esses limites só podem ser ultrapassados, em serviço contínuo, para peças secundárias ou não-tensionadas. Para peças principais, só podem ser ultrapassados em picos de curta duração.

Por se tratar de um aço que possui o elemento molibdênio em sua estrutura, o A335 Gr P22, apresenta uma resistência maior ao fenômeno da fluência, já que o Mo contribui para a formação de precipitados de carbonetos que dificultam o deslizamento do contorno de grãos. A Figura 7 ilustra a análise microscópica da amostra apresentando os carbonetos distribuídos na matriz do material.



Figura 7: Material base da amostra apresentando carbonetos finos distribuídos na matriz. Aumento de 500x
Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

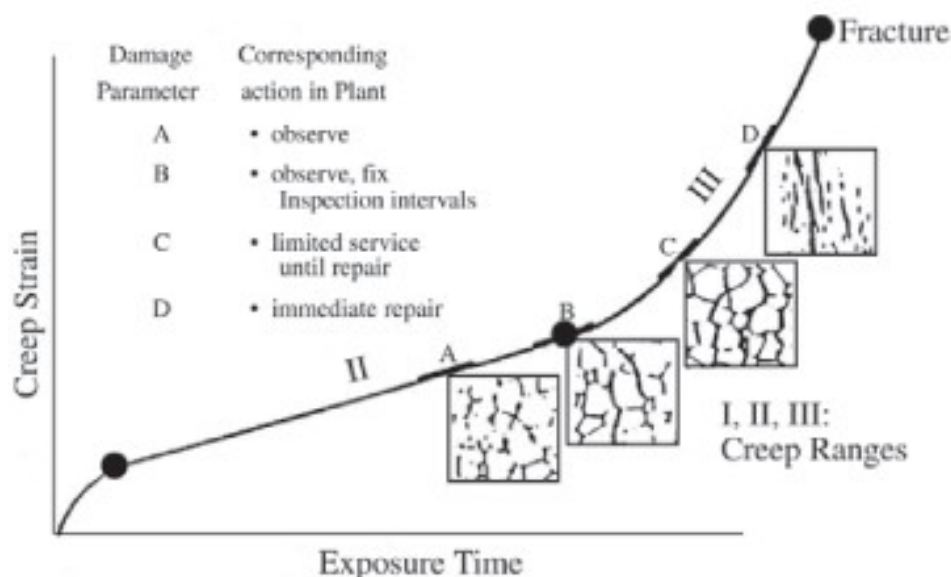


Figura 8: Aspecto do material sob fluência
Fonte: Furtado e May (2004)

Comparando as Figuras 7 e 8 é possível visualizar que o aspecto apresentado pelo material é compatível com o aspecto representado por A, podendo considerar que o material encontra-se na fase estável da fluência (estágio secundário).

O fenômeno da fluência está intimamente associado ao tempo de exposição do material a temperatura acima do limite estabelecido, sendo que o sistema foi montado no ano de 2004 e a detecção da trinca realizada em 2010, evidenciando um período de apenas 6 anos de operação, período considerado pequeno para ocorrência do fenômeno.

Tais informações enfraquecem a hipótese que de o fenômeno da fluência contribui para a formação das trincas analisadas.

Como o processo de geração de vapor é contínuo, o sistema formado pelo dessuperaquecedor e o tubo camisa está sempre exposto a variação de temperatura, com valores oscilando entre 400°C e 514°C. Esses ciclos de carga térmica fazem com que o material experimente ciclos de expansão (em valores mais elevados de temperatura) e contração (em valores mais baixos de temperatura). O conjunto de suportação da linha, bem como o travamento do revestimento externo aplicado, são fatores impeditivos   livre expansão (ou contra o) do material referido.

A análise fractográfica da amostra revela que as trincas detectadas na superfície externa apresentavam orienta o preferencial no sentido transversal do tubo camisa. Essa análise revelou ainda superfícies bastante lisas, com encontro das trincas externas e internas próximas a região da meia espessura do material, facilmente visualizado na Fig. 9 a seguir.



Figura 9: Detalhe da face de uma das fraturas, indicando uma linha próxima ao centro revelando o encontro das trincas internas e externas

Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

Avaliando-se outra face fraturada que indica aspecto liso e presença de discretas marcas de praia (também conhecidas como “beachmarks”), como revela a Fig. 10.



Figura 10: Outra face fraturada da amostra indicando a presença de "beachmarks"

Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

Como bem definem o fenômeno da fadiga térmica, Brandim, Sousa e Alves (2009) revelam que a exposição do material metálico a ciclos térmicos gera tensões e deformações decorrentes da aplicação de gradientes de temperatura, o que pode ser associado ao cenário já descrito onde o material do tubo camisa, bem como de todo o sistema que compreende o dessuperaquecedor, está sujeito a ciclos de carga térmica, porém existem fatores que impedem a livre expansão do aço como o conjunto de suportação da linha.

Outro fator que reforça a hipótese de que a fadiga térmica foi a grande responsável pelas trincas reveladas é a presença de marcas de praia (ou “beachmarks”) na face fraturada, característica típica de fratura causada pelo estresse térmico. Outra característica desse tipo de fadiga ressaltada por Araújo Júnior (2005) é a ocorrência de trincas transgranulares devido ao a movimentação de discordâncias na rede cristalina, sendo esse tipo de trinca detectada na amostra como mostra a Fig. 11.



**Figura 11: Micrografia da superfície interna, apresentando trincas transgranulares, retilíneas e paralelas.
Aumento de 100x**

Fonte: Setor de inspeção da Indústria Petroquímica

A montagem errônea do bico injetor do dessuperaquecedor contribuiu com a fadiga térmica do material do tubo camisa, já que este estava exposto a quedas bruscas de temperatura, devido ao fluxo turbulento oferecido pelo dessuperaquecedor.

A exposição do material a gradientes de temperatura gera tensões internas devido ao aquecimento não uniforme das camadas internas da amostra. A Figura 9 ilustra uma linha de encontro das trincas internas e externas, exemplificando a diferença de direção entre elas já que o processo de propagação dessas trincas deu-se de maneira diferente. As regiões da superfície de contato com o vapor tendem a aquecer mais do que as camadas mais internas, fazendo com que tensões sejam criadas na ligação entre as camadas da amostra. Essas tensões internas geradas contribuem para a propagação das trincas decorrentes do processo de fadiga térmica.

A ação imediata adotada pela indústria foi a substituição do conjunto formado pelo dessuperaquecedor e o tubo camisa e instalação correta do bico injetor do dessuperaquecedor, para que a mudança de temperatura (resfriamento do vapor) fosse gradativa.

Uma sugestão para a melhoria seria a instalação de um sistema de controle mais eficaz, com sensores de temperatura melhor distribuídos para captação dos valores de temperatura na entrada e na saída do vapor superaquecido pela tubulação do dessuperaquecedor para que este possa variar a vazão de água injetada para o resfriamento, bem como a vazão do vapor de atomização para que sejam formadas gotas menores para a calefação imediata, evitando assim que as gotículas entrem em contato com a superfície do tubo camisa, sendo essa variação dependente do valor de temperatura detectado pelos sensores.

Outra medida válida para evitar este tipo de cenário seria a realização de tratamento térmico do material do conjunto antes de sua aplicação a fim de conferir a este aço de baixa liga melhores propriedades mecânicas, além de atuar no alívio de tensões residuais provenientes do processo de fabricação das peças, da deformação plástica sofrida pelo material antes da aplicação e dos processos de soldagem por fusão.

7. CONCLUSÃO

A partir das análises realizadas no estudo de caso foi possível relacionar as características da fluência e da fadiga térmica, assim como do material utilizado, a fim de determinar os fatores responsáveis para o aparecimento das falhas. Com isso, foi verificado que apesar da aplicabilidade do aço Cr-Mo A335 Gr P22 para as condições operacionais descritas no estudo, fatores de configuração do sistema como a injeção direta de água na tubulação gerando ciclos térmicos proporcionaram a ocorrência do fenômeno da fadiga térmica, sendo este responsável pelo surgimento e propagação das trincas apresentadas.

Baseando-se nas conclusões obtidas no estudo de caso, foi possível apresentar sugestões em relação à configuração do sistema em estudo a fim de obter melhorias para o mesmo.

8. REFERÊNCIAS

ARAÚJO JÚNIOR. Influência de solicitações térmicas na resistência à fadiga do aço AISI 304L. (Dissertação) Departamento de Engenharia Mecânica da PUC Minas. Belo Horizonte, 2005. Disponível em: < www.mea.pucminas.br/dissert/053-completo.pdf >. Acesso em: 20 out. 2010.

- BIZZO, W. A. Geradores de vapor. Apostila: Geração, Distribuição e Utilização de Vapor. 2010. Disponível em: < www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf >. Acesso em: 15 nov. 2010.
- BRANDIM, A. S.; SOUSA, R. R. M.; ALVES Jr., C. Desenvolvimento de um equipamento para ensaio de fadiga térmica. Revista Matéria, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, abr. 2009. Disponível em: < http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762009000100009 >. Acesso em: 07 set. 2010.
- COUTINHO, C. B. Materiais Metálicos para Engenharia. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, 1992. 405p.
- CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos. 7. ed. São Paulo: ABM, 1996.
- DORN, J.E. Mechanical behavior of materials at elevated temperatures. New York: McGraw Hill, 1961. 529p.
- FURTADO, H. C.; MAY, I. L. High temperature degradation in power plants and refineries. Materials Research, São Carlos, v. 7, n. 1, jan./mar. 2004. Disponível em: < http://www.google.com.br/imgres?imgurl=http://www.scielo.br/img/revistas/mr/v7n1/19336f3.jpg&imgrefurl=http://www.scielo.br/scielo.php%3Fscript%3Dsci_arttext%26pid%3DS1516-14392004000100015 >. Acesso em: 03 out. 2010.
- REIS, D. A. P. Efeito do recobrimento cerâmico e da atmosfera de ensaio na fluência de liga metálica refratária de titânio. São José dos Campos: INPE, 2005. 199p.
- TELLES, P. C. S. Materiais para Equipamentos de Processo. 5 ed. (revista e ampliada). Rio de Janeiro: Interciência, 1994. 240p.

9. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“O(s) autor(es) é(são) o(s) único(s) responsável(is) pelo conteúdo deste trabalho”.

VALUATION OF THE INFLUENCE OF HIGH TEMPERATURES IN ALLOY STEEL CR-MO A335 GR P22

Helen Rodrigues Araújo, helen.2705@gmail.com¹

¹Universidade Federal da Bahia, R. Prof. Aristides Novis, 2 - Federação, Salvador - BA, 40210-630,

Abstract. *The search for a higher degree of reliability of systems is directly related to the issue of selecting the most suitable material for the imposed operating conditions. This study aims to evaluate the effects of exposure of low alloy steel Cr-Mo, A335 Gr P22, at high temperatures and also to analyze the influence of these effects in the emergence of faults in this type of material. To do so, research were made about the most important features of the known phenomena, as creep and thermal fatigue, and its consequences were analyzed in the case study that evaluates the appearance of cracks in portions of a pipe made of low alloy steel specified, that makes up a production system of water vapor. The applicability of such materials was verified under the temperature conditions shown in the study, but it was detected that the system configuration factors contributed to the appearance of cracks, and the responsibility was attributed to the occurrence of thermal fatigue.*

Keywords: *High Temperature, Cr-Mo Steel A335 Gr P22, Creep, Thermal Fatigue.*