

PROPOSTA DE MELHORIA NA JUNTA DE VEDAÇÃO DE UM TROCADOR DE CALOR TIPO TUBULAR APLICANDO O FMEA: ESTUDO DE CASO

Ricardo de Campos Krum (UTFPR) ricardockr@hotmail.com
Flávio Trojan,,Dr (UTFPR) trojan@utfpr.edu.br

Resumo:

Devido à alta incidência de vazamentos nos Trocadores de Calor na empresa SGS Agricultura, este artigo tem como foco propor melhorias para as falhas em juntas de vedação de um trocador de calor, utilizando a ferramenta FMEA. Na SGS, não foi realizado um estudo para instalação do novo material, amianto para não amianto. Cada vez que ocorre vazamento no trocador de calor, há uma parada de produção. Identificou-se que alguns procedimentos de operação, tipos de produto e erro de projeto estão interferindo na vida útil da junta de vedação. A empresa utiliza juntas de papelão e juntas de teflon simples, podendo utilizar outros tipos de juntas que atendam a todos os requisitos e propriedades do trocador de calor. As principais recomendações foram: Re-projetar os flanges, aumentando o número de parafusos no flange, diminuindo ou eliminando o problema de flambagem que é a falha mais crítica. A segunda mais importante foi à recomendação de uma junta com grafite flexível que resiste melhor a ciclagem térmica, esforço ao cisalhamento e mantém um maior aperto dos parafusos. Outra recomendação é a utilização de um sistema mola-prato que compensa a perda de aperto por relaxamento do conjunto, aumentando a elasticidade do sistema. Com a utilização do FMEA, essas medidas serão implantadas de modo seguro diminuindo as chances do produto ou processo falhar.

Palavras-chave: Falhas. FMEA. Trocador de Calor. Junta de Vedação

PROPOSAL FOR IMPROVING THE GASKET OF A HEAT EXCHANGER TYPE TUBULAR APPLYING FMEA: CASE STUDY

Abstract:

Due to the high incidence of leaks in heat exchangers in SGS Agriculture, this article focuses on proposing improvements for the flaws in gaskets of a heat exchanger using the FMEA tool. At SGS, a study for installation of new material, asbestos non asbestos was made. Each time there is leak in the heat exchanger, there is a production stop. It was identified that some operating procedures, product types and design error are interfering in the life of the gasket. The company uses cardboard gaskets and teflon gaskets simple and can use other types of joints that meet all the requirements and properties of the heat exchanger. The main recommendations were: Re-design the flanges, increasing the number of bolts in the flange, reducing or eliminating the problem of buckling which is the most critical failure. The second most important was the recommendation of a joint with flexible graphite that better resists thermal cycling, shear stress and maintains a further tightening of the screws. Another recommendation is to use a spring-plate system that compensates for the loss by relaxing the tightening of the set, increasing the elasticity of the system. With the use of FMEA, these measures will be implemented safely decreasing the chances of the product or process fails.

Key-words: Fault. FMEA. Heat Exchanger. Gasket Sealing

1. Introdução

O trocador de calor é um equipamento onde ocorrem trocas de calor entre dois fluidos. As trocas térmicas ou gradientes de temperatura ocorrem na diferença de temperatura entre o fluido aquecido e outro com uma menor temperatura, que durante todo o processo de troca térmica não entram em contato.

Conforme VEIGA (2008) o sucesso da vedação é decorrente de vários fatores entre os quais está a qualidade da matéria-prima utilizada, a correta seleção do tipo de junta do material da mesma e do conhecimento de todos os dados operacionais e de aplicação. Ou seja, uma união flangeada, para ser vedada corretamente, precisa ter uma especificação perfeita. Feita essa especificação, escolhido o tipo e material da junta, esta tem que ser confeccionada dentro de rígidos critérios de tecnologia de modo a atender todos os limites, quer dimensionais ou construtivos, de norma, garantindo, assim, o desempenho e boa selabilidade.

Na busca da identificação e classificação dos tipos de falhas e seus modos de ação podemos utilizar ferramentas que apóiem as soluções para a devida correção. Neste trabalho utilizaremos uma ferramenta da qualidade chamada FMEA.

A Associação Brasileira de Norma Técnica (ABNT), na norma NBR 5462 (1994), adota a sigla originária do inglês FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*) e a traduz como sendo Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos.

O FMEA é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto ou do processo. Este é o objetivo básico desta técnica, ou seja, prever falhas antes que se produza uma peça e/ou produto ou a melhoria do equipamento. Pode-se dizer que, com sua utilização, se está diminuindo as chances do produto ou o processo falhar, ou seja, buscando aumentar sua confiabilidade.

Devido ao trocador de calor localizar-se em um setor de extrema importância no funcionamento da fábrica, este não deve e não pode ficar inerte, pois se o mesmo não estiver funcionando irá ocorrer um atraso produtivo, gerando assim custos desnecessários.

Assim sendo o presente trabalho visa evitar paradas desnecessárias no processo produtivo e também mostrar que o conhecimento do tecnólogo no chão de fábrica é imprescindível no desenvolvimento e na solução dos problemas do dia-a-dia.

2. Referencial teórico

2.1 Fundamentação teórica sobre o fmea

2.1.1 Significado

É um método que busca evitar por meio do processo de análises de falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que venham a ocorrer falhas no projeto do processo ou do produto. O FMEA é um método analítico padronizado de detecção e eliminação de problemas potenciais de forma sistemática e completa. (HELMAN E ANDERY, 1995).

2.1.2 Objetivos

O objetivo básico deste procedimento é detectar falhas antes que se produza uma peça ou um produto, diminuindo a chance de implantação de uma ação corretiva. Com sua utilização, diminui as chances do produto ou processo falhar, ou seja, aumenta sua confiabilidade.

2.1.3 Tipos

São classificadas de acordo com o Instituto de Qualidade Automotiva (IQA – 2008).

- FMEA de processo são consideradas as falhas no planejamento e execução do processo, o objetivo desta análise é evitar falhas do processo, tendo como referência as não conformidades do produto com as especificações do projeto.

-FMEA de produto são as falhas que poderão ocorrer com o produto dentro das especificações do projeto. O objetivo desta análise é eliminar falhas no produto ou nos processos decorrentes do projeto. É conhecida também como FMEA de projeto

2.1.4 Benefícios

Alguns benefícios que a ferramenta FMEA traz, segundo (STAMATIS, 1995):

- Estabelece uma prioridade de ações de melhoria de projeto;
- Ajuda a identificar as características críticas ou significativas;
- Ajuda a identificar e eliminar os problemas potenciais de segurança;
- Estabelece uma prioridade de ações corretivas;
- Estabelece uma prioridade para ações de melhoria;
- Redução significativa dos custos;
- Auxilia nas análises dos fluxos de trabalho;
- Melhoria da qualidade;
- Ajuda a alcançar e superar as expectativas dos clientes;
- Melhor desempenho das equipes;
- Reduz o tempo de desenvolvimento dos produtos;
- Melhora a imagem da organização;
- Aumento do valor agregado nos produtos e processos;
- Ajuda a identificar antecipadamente as falhas, no desenvolvimento do produto

2.1.5 Avaliação dos Índices

Nesta etapa são definidos os índices de severidade (S), os índices de detecção (D), e os índices de ocorrência (O) para cada causa de falha.

- SEVERIDADE (S): é uma apreciação de quanto é sério o efeito do modo de falha potencial no seu cliente. O cliente neste caso poderia ser a próxima operação, subseqüentes operações ou usuário final. (THYSSENKRUPP, 2006).

- OCORRÊNCIA (O): é a probabilidade de um mecanismo/causa específico ocorrer durante a vida do projeto. A probabilidade de ocorrência tem um significado relativo mais importante que apenas um valor absoluto (MANUAL, 2003).

- DETECÇÃO (D): é a avaliação da probabilidade que o processo tem de detectar o modo da falha antes de o produto ser remetido para o cliente. Se a detecção for quase impossível, é lhe atribuída à pontuação 10, sendo praticamente garantida, a pontuação um. (THYSSENKRUPP, 2006).

2.1.6 Continuidade

Conforme (KUME, 1996), o FMEA é um documento “vivo”, ou seja, sempre que for alterado algum tipo de produto/processo que já possua uma análise já realizada, é necessária uma revisão nessas alterações.

3. Discussão de ações para melhorias

3.1 Flambagem do Flange

Através do cálculo de Rötischer chegamos à conclusão que o trocador de calor da empresa SGS apresenta erro de projeto, pois o espaçamento dos parafusos está incorreto. Esse erro ocasiona a flambagem e consecutivamente o vazamento de vapor. Dessa forma o cálculo do espaçamento dos parafusos deve ser (tabela 01):

Espaçamento dos parafusos projeto atual	Espaçamento correto calculado pelo Método Rötischer	Erro
80 mm	64 mm	+ 25%

Fonte: Autoria própria

Tabela 01 – Comparativo do espaçamento dos parafusos atual e recomendado

Com base nos estudos de Rötischer e com o espaçamento errado dos parafusos no flange da SGS apresentamos os seguintes passos para a execução da melhoria:

- 1º passo é realizar furação nos flanges com os furos reprojatados baseado na fórmula de Rötischer. Os flanges do trocador de calor passarão a conter 12 parafusos ao invés de 10. A usinagem do flange móvel deve ser executada em um torno convencional garantindo a tolerância e precisão das medidas. Para realizar a furação do flange fixo, utilizaremos a flange móvel como guia de furação, esse passo deve ser executado com uma furadeira eletromagnética e broca tipo copo.

3.2 Rompimento Total da Junta de Vedação

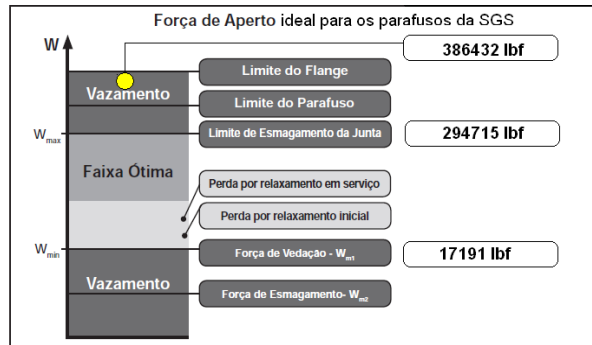
A proposta de melhoria é o teste da junta de vedação NA1100. Essa junta é fabricada com revestimento de grafite flexível que resiste melhor aos testes de ciclagem térmica, esforço ao cisalhamento e mantém um maior aperto dos parafusos quando comparada com a junta que não possui grafite flexível, no caso a NA1002.

A tabela 02 mostra a comparação do fator de aperto das juntas NA1002 e N1100.

Considerar os valores para juntas de 1,6 mm de espessura		
	Fator de aperto "m"	Esmagamento mínimo "y" (psi)
Junta NA1002	2	3500
Junta NA1100	2,9	3500

Fonte: www.teadit.com.br

Tabela 02: Fator de aperto “m” e esmagamento mínimo “y” da junta NA1002 E NA1100

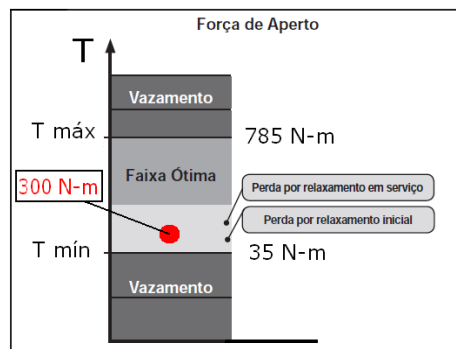


Fonte: José Carlos Veiga - Juntas Industriais. 5ª Edição. 2008

Gráfico 1: Força de aperto utilizado no projeto antigo

Concluimos que no projeto antigo a força máxima do aperto dos parafusos está na faixa de vazamento (gráfico 1), não atendendo as especificações para uma selabilidade eficaz.

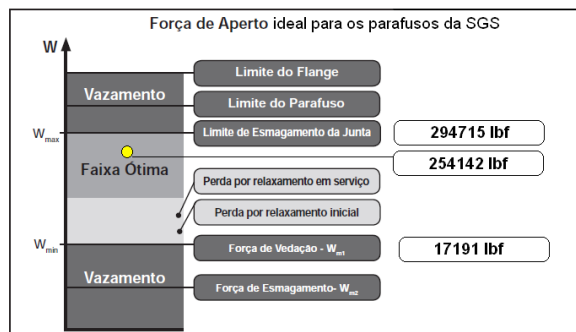
A empresa utiliza um torque de 221 lbf.ft = 300 N-m, ou seja neste caso os parafusos 3/4 pol não atendem a recomendação do projeto, conforme o gráfico 2 o torque ficará na faixa de perda de aperto por relaxamento inicial e também na faixa de perda de aperto por relaxamento serviço.



Fonte: José Carlos Veiga - Juntas Industriais. 5ª Edição. 2008

Gráfico 2: Torque dos parafusos utilizado no projeto antigo

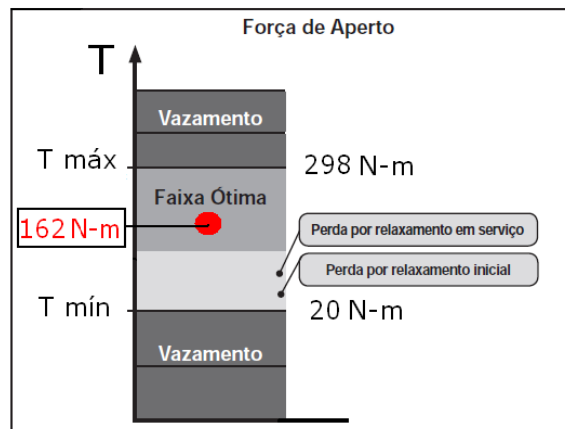
Cálculo da força ideal de aperto para a junta NA1100. O projeto com a proposta de melhoria utiliza 12 parafusos de aço ligado 5/8pol do tipo sextavado seguindo a norma ASMT A 193 B7. O valor da força máxima dos parafusos é menor que a força de esmagamento máxima da junta. Não haverá dados a junta mesmo que o aperto ultrapasse o valor objetivo.



Fonte: José Carlos Veiga - Juntas Industriais. 5ª Edição. 2008

Gráfico 03: Força de aperto ideal dos parafusos com alteração do projeto

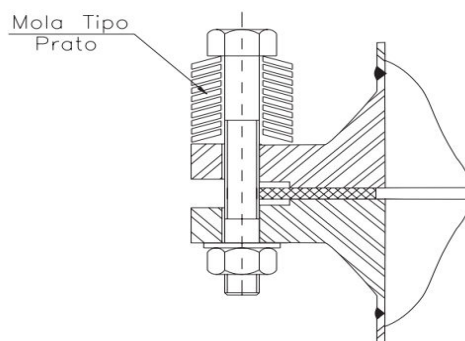
Utilizando a nova junta NA1100 os parafusos serão apertados com um torque de 120 lbf-ft = 162 N-m conforme norma PCC -1, sendo assim o torque em relação aos parafusos atende as condições do projeto, pois está na faixa ótima entre $T_{mín}$ e $T_{máx}$ (gráfico 04).



Fonte: José Carlos Veiga - Juntas Industriais. 5ª Edição. 2008

Gráfico 04: Torque ideal dos parafusos com alteração do projeto

Como propostas de ações de melhorias do projeto, recomendamos à empresa a compra de arruelas temperadas para colocar no conjunto, serão utilizadas duas arruelas por parafuso, uma arruela irá ser utilizada junto com a cabeça do parafuso e a outra junto com a porca. A função da arruela temperada é manter a força de aperto e reduzir o atrito do flange com o parafuso e com a porca. A arruela temperada tem resultados significativos melhores comparados com a arruela galvanizada. O custo dessa melhoria é relativamente baixo e a instalação da mesma pode ser feita enquanto o trocador de calor estiver em manutenção.



Fonte: Fonte: José Carlos Veiga - Juntas Industriais. 5ª Edição. 2008

Figura 1: Sistema Mola prato

3.3 Rompimento Parcial da Junta de Vedação

Na análise das OS tem-se registros do uso de teflon simples em testes pela empresa. No NPR, o rompimento parcial é o terceiro mais importante a ser analisado. A junta de vedação que sofreu o rompimento parcial era fabricada de PTFE simples (teflon), onde estava submetida a uma pressão de trabalho igual a 25bar e uma temperatura média de 200°C. O aperto dos parafusos de é de 30 N/mm² (4351 psi) padronizado com o torquímetro. O trocador de calor apresentou vazamento de vapor perdendo a sua eficiência. Ao analisar a junta ela apresentava avarias na sua estrutura e sinais de escoamento do material.

	Teste de ciclagem térmica	Fluência	Relaxamento sob elevada pressão
Junta de PTFE simples	63%	50%	60%
Junta de PTFE expandido TF1570	1%	10%	40%

Fonte: Artigo Petro & Química (2004 p.83)

Tabela 03: Testes realizados em juntas de PTFE simples e expandido

Através da bibliografia de VEIGA (2004), chegamos a conclusão de que a junta de vedação de PTFE aditivado e reestruturado possui melhor resistência a perda inicial de pressão no sistema. No teste de ciclagem térmica a junta de PTFE aditivado e reestruturado perde somente 1% da pressão inicial do sistema, a junta de PTFE simples perde cerca 63%.

No teste de deformação sob pressão a junta de PTFE simples se deforma perdendo sua estabilidade dimensional, esse teste comprova, a maior resistência à fluência (ou escoamento) do PTFE aditivado e reestruturado em comparação ao PTFE simples.

Quando a junta de vedação está submetida à força de aperto a quente, a 150°C (302 F), a fluência para o PTFE simples é de aproximadamente 50%, esse valor é muito elevado comparado com o resultado do PTFE aditivado que é de aproximadamente 10%. Sendo assim pode ser observado que o PTFE aditivado oferece melhor resistência à fluência a temperatura mais alta.

No teste de relaxamento sob elevada pressão, pode ser observado que os diversos produtos à base de PTFE aditivado exibem perda de aperto significativamente menor do que os produtos à base de PTFE simples, essa diferença pode chegar a 15 MPa.

Através da bibliografia indicamos a utilização de uma junta de vedação TF1570 de PTFE aditivado e reestruturado. Esse material foi indicado para tentar reduzir ao máximo a fluência e o relaxamento por escoamento que as juntas de PTFE simples apresentam quando são submetidas a compressão e ao aumento de temperatura.

4.1 Resultados

Nas Ordens de Serviço da empresa SGS são descritos os trabalhos executados pelo mecânico de manutenção onde podemos coletar dados como a falha ocorrida no equipamento e o tempo de execução. Os resultados obtidos com base nas OS geraram dados que mostram o tempo parado em minutos da junta do trocador de calor com e sem amianto, onde mostrou a necessidade de melhorar o rendimento do sistema devido ao elevado número de paradas.

Chegamos a essa conclusão, pois de maio de 2008 a julho de 2009, (14 meses) quando a empresa ainda utilizava o amianto o tempo parado do trocador de calor não excedeu a 36,8 horas neste período de tempo, obtendo uma média mensal de aproximadamente 2,62 horas.

Enquanto de janeiro de 2010 a dezembro de 2010 (11 meses) após a implantação da junta NA1002 sem adequação dos dados técnicos do trocador de calor, esse índice chegou a 61,5 horas, gerando uma média de aproximadamente 5,59 horas mensais, ou seja, um aumento de 113% de horas paradas do trocador de calor. A detecção das falhas ocorridas foram levantadas nas OS que são realizadas e registradas após inspeção diária do equipamento realizada pelo operador ou após a falha e a ação corretiva no trocador.

Definido os critérios de avaliação do RPN, foram identificadas as causas potenciais, os efeitos potenciais e as ocorrências nas OS, bem como uma análise das juntas e tipo de ruptura. No

entanto, os potenciais modos de falha foram identificados na bibliografia, o que resulta na falta de vedação do trocador do calor, como mostrado na tabela 04 que orienta o desenvolvimento do FMEA.

Tipos de FMEA	Potências modo de falha	Efeitos potenciais	S	Causas potenciais	O	Prevenção atual	Deteção	D	NP R	#
FMEA de projeto	Flambagem dos flanges	Vazamento de vapor	4	Diferença de compressão em de terminadas áreas do flange	3	Inexistente	Difícil	4	48	1º
FMEA de produto	Rompimento total da junta	Parada de produção	5	Diferença de temperatura do processo	4	Inexistente	Fácil	2	40	2º
FMEA de produto	Rompimento parcial da junta	Pressão baixa e temperatura baixa	4	Qualidade do material da junta de vedação	3	Inexistente	Moderada	3	36	3º
FMEA de produto	Uso de agentes de fixação	Vazamento de vapor e produto	4	Interfere no esmagamento da junta de vedação	3	Inexistente	Moderada	3	36	4º
FMEA de produto	Fabricação da junta de vedação	Redução do rendimento do trocador	2	Problemas com tolerâncias, Acabamento superficial	2	Inexistente	Difícil	5	20	5º

Fonte: Autoria própria

Tabela 04 – Nível de risco dos materiais e do processo

4.2 Análise e discussão

A empresa deve implantar o processo do FMEA completo, pois além da implantação da tabela 04 detalhada acima, requer o preenchimento do quadro 01 abaixo, onde se propõe melhorias das falhas. Toda vez que o equipamento falhar o quadro cinco deverá ser preenchido com ações recomendadas e medidas implantadas para posterior monitoramento geral do FMEA, possibilitando nova análise e conclusões da melhoria, se houver no processo do FMEA.

ANÁLISE DE FALHA				
SETOR :	ABERTURA		DATAS	FECHAMENTO
DESTILARIA	10/07/10			22/10
ORIGEM DA AF	SET_UP minutos	<input type="checkbox"/>	QUALIDADE	[TAG]
	DISPONIBILIDADE	<input checked="" type="checkbox"/>	VELOCIDADE	DES - TC 0201
TÍTULO DA FALHA	AVARIA NA JUNTA DE VEDAÇÃO			TIPO DA FALHA
EQUIPAMENTO	CONJUNTO	SUBCONJUNTO		COMPONENTE
Trocador de calor	Flange 05			Junta de Vedação
INÍCIO DA PARADA	FIM DA PARADA	OPERADOR	TURNO	
10/07/10 13:45	10/07/10 17:30	Jorge	B	
TEMPO TOTAL [min]		PERDA L ³	CUSTO [US\$] aprox	
285			500,00	
FALHA	FALHA [Descrição dos fatos e como ocorreu a Falha]			
	Vazamento de vapor e acido graxo pelo flange do trocador de calor, vazamento no flange 05.			
AÇÕES	ANÁLISE INICIAL			
	Rompimento total da junta de vedação			
	AÇÕES TOMADAS			
	Parado a bomba da cisão e fechado válvulas dos tanques de materia - prima			
CAUSA	Fechado válvulas da entrada do fluido térmico			
	Fabricação da junta de vedação e resfriamento do trocador de calor			
	Abertura do flange 05 do trocador de calor			
	Executado limpeza no flange			
Montagem da junta de vedação nova, com pasta de montagem				
Fechamento do flange 05 , realizado aperto com o torquimetro				
CAUSA PROVÁVEL				
Fadiga da junta de vedação (rompimento da junta)				
Diferença de temperatura (parafuso frouxo, assim ocorrendo vazamento de vapor				
COMPONENTE SUBSTITUÍDO				
Junta de vedação Teadit 1002				
CÓDIGO				
AF ABERTA POR:	AF EXECUTADA POR:	AF AVALIADA POR:		
Ricardo/ Yohann				

Fonte: Autoria própria

Quadro 02 - Ficha de análise de falha para coleta de dados e melhoria das soluções futuras

A ficha de análise de falha irá orientar a equipe responsável a preencher o quadro geral do FMEA (quadro 01) com segurança e clareza. A coleta de dados do tipo de falha, das ações tomadas e das causas prováveis será muito mais detalhada e confiável otimizando o controle do FMEA.

5 CONCLUSÕES

O trocador de calor da empresa SGS foi projetado para trabalhar com juntas de vedação que possuem amianto. Essas juntas de vedação resistem muito bem ao esforço de cisalhamento, causado pela dilatação diferencial dos flanges. Essa diferença é causada pela variação de aquecimento em função de distintas massas no material dos flanges. O amianto possui função estrutural, determinando principalmente as características de elevada resistência mecânica e térmica das juntas e aquelas relacionadas à ação e reação de agentes químicos e biológicos. Outras características que o amianto possui é a resistência a abrasão, boa flexibilidade e durabilidade, é ótimo isolante térmico e elétrico, não corrói e possui alta tensão a tração. Esta combinação única de propriedades faz do amianto um material extremamente útil. Com sua proibição no Brasil, a empresa passou a utilizar materiais isentos de amianto onde os mesmos não apresentaram um rendimento satisfatório.

Uma parada de produção por falha do equipamento ou da junta de vedação gera uma manutenção corretiva. A parada do equipamento para manutenção dura aproximadamente quatro horas quando existe o vazamento de vapor e também de produto pelos flanges do trocador de calor, considerando que essa falha acontece com certa frequência, em 2010 chegou a acumular cerca de 62 horas paradas.

Para tentar solucionar os problemas da junta de vedação NA1002, da junta de PTFE e do trocador de calor, utilizamos a ferramenta da qualidade chamada FMEA onde ela nos orientou a buscar soluções para o trocador de calor e também a manter o melhor rendimento possível para o qual foi projetado. Através do FMEA vimos que antes de instalar uma junta de vedação é necessário fazer um estudo como em base referências teóricas.

Nessas referências constatamos que alguns procedimentos de operação e projeto da empresa SGS não estão de acordo com a bibliografia estudada. Podemos citar alguns erros: Operação - através de cálculos de força de esmagamento da junta e do limite de escoamento do parafuso foi descoberto que a força de aperto dos parafusos está excessiva ocasionando o esmagamento da junta de vedação na hora da montagem. Existem erros de projeto no trocador de calor como disposição e quantidade dos parafusos dos flanges que estão interferindo na vida útil da junta de vedação chegando a causar a ruptura total da junta de vedação. Abaixo citaremos a lista das melhorias encontradas para solucionar o problema de vedação da empresa SGS:

- Recomendamos à empresa SGS a implantação do FMEA para acompanhar o desenvolvimento das melhorias propostas no trabalho e também para servir de base na aplicação em outras áreas crítica da empresa.
- Implantação da IT (instrução de trabalho) para a operação do trocador de calor e da ficha de análise da falha que irá substituir as O.S. Com essa ficha teremos um detalhamento melhor das falhas que irão ocorrer no trocador de calor e também irá servir para a coleta de dados para a continuidade do FMEA.
- Realizar a furação correta nos flanges do trocador de calor conforme a fórmula de Röttscher e através do cálculo das forças de esmagamento da junta e limite de escoamento dos parafusos podemos identificar a faixa de aperto ideal para os parafusos dos flanges, É recomendado o uso de arruelas temperadas e não galvanizadas, pois as arruelas temperadas diminuem o atrito entre a porca e a superfície dos flanges, como consequência diminui o relaxamento do conjunto. A utilização do sistema mola prato aumenta a elasticidade do conjunto e evita o relaxamento dos parafusos mantendo a sua força de aperto constante. Realizando todas essas medidas o problema da flambagem do conjunto que é o NPR mais crítico irá diminuir, aumentando a confiabilidade do conjunto e diminuindo o tempo de paradas para a manutenção do trocador de calor.
- Testar a junta de vedação NA1100 que é composta de fibra de carbono, com borracha (NBR) e um revestimento de grafite flexível, essa junta terá uma melhoria significativa na sua vida útil, pois o grafite é flexível, conformável, resiliente, apresenta baixo coeficiente de atrito sendo estruturalmente auto lubrificante. Possui excepcional resistência química e alta condutibilidade térmica e elétrica, propriedades que lhe garantem um longo tempo de serviço.
- O uso de agentes de fixação (pasta, graxa), é recomendado apenas para aplicação na rosca dos parafusos e não na montagem da junta de vedação como está sendo utilizado pela empresa, pois estes produtos provocam elevada extrusão e interferem no esmagamento correto da junta.

Se houver uma compreensão e comprometimento da empresa, a SGS certamente será surpreendida pelos benefícios resultantes das melhorias orientadas através do FMEA neste trabalho.

Referências

ALVES, M.D; COSTA, J.M. **Estratégia de gestão de obras de arte baseada numa análise de risco segundo a FMEA**. 2004. Disponível em: <http://www.fe.up.pt/si_uk/publs_pesquisa.FormView?P_ID=12633>. Acesso em: 01. jul.2010.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BARROS C.G. **Transmissão de calor**. Curitiba-Pr.Fev.2009. Disponível em www.portal.dos.professores.mec.gov/fichaTécnicaAula.html?aula=1671B. Acesso em 07.out.2010

BOYER, J. **Como preservar seu trocador de calor**. ITT Standard, EUA. Jun.2010. Disponível em: <http://www.sfeitora.com.br/tecnologiatermica/publicacoes.aspx?tipo=noticia&codigo=37>. Acesso em: 13. Nov.2010

CABANO ENGENHARIA - **Consultoria, projeto, assessoria e estudo em sistemas de ar condicionado, ventilação, salas limpas e refrigeração**. Belém – PA, Dez.2003. Disponível em http://www.cabano.com.br/trocadores_de_calor.html Acesso em: 07. jun.2010.

COSTA ARAÚJO, E. C. **Trocadores de Calor**. EdUFSCar, Rio de Janeiro, 2002. Disponível em: <http://www.enq.ufsc.br/muller/operacoes_unitarias_a/Trocadores_de_calor_2.pdf Acesso em: 05.set.2010.

DAILEY, K. W. **The FMEA Pocket Handbook**. DW Publishing, 2008.

HELMAN, H.; ANDERY, P. R. P., (1995). **Análise de falhas: aplicação dos métodos de FMEA e FTA**. Belo Horizonte: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1 ed.

INCROPERA, F.P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de transferência de calor e de massa**. Rio de Janeiro: LTC – Livros técnicos e Científicos, Editora S.A., 2008.

IQA- Instituto da Qualidade Automotiva. FMEA, **Análise de Modo e Efeitos de Falha em Potencial**: julho 2001. [São Paulo], 2001.

KREITH, F; BOHN, M. S. **Princípios da transferência de calor**. São Paulo: Thomson Learning, 2003.

LEAL, F; PINHO, A.F; ALMEIDA, D.A. **Análise das Falhas através da aplicação da do FMEA e da Teoria Grey**. Disponível em: <<http://www.pg.cefetpr.br/ppgep/revista/revista2006/pdf/RGIv02n01a8.pdf>>. Acesso em: 13.nov.2010.

MANUAIS da QS 9000. **Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)**: Manual de Referência. 1997.

MANUAL de Sistema de Treinamento em Core Tools da DaimlerChrysler, Ford, General Motors e Plexus, **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial (FMEA)**.-3.ed.2003.

MORETTI, D.C; BIGATTO, B.V. **Aplicação do FMEA: estudo de caso em uma empresa do setor de transporte de cargas**. Disponível em: <http://www.nortegubisian.com.br/artigos/fmea.pdf>. Acesso em: 02. Set. 2010.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falhas e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997

PORTAL O GERENTE. **Manuais da QS**. Disponível em :<http://www.ogerente.com.br/qual/dt/qualidade-dt-FMEA.htm>. Acesso em: 03. Jun.2010

QUALITY ASSOCIATES INTERNATIONAL. **Conteúdo básico sobre FMEA, e outras ferramentas como QFD e QS 9000**. Disponível em <http://www.quality-one.com>. Acesso em 03. Jun.2010.

SAKURADA, E. Y. **As técnicas de Análise dos Modos de Falhas e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. Florianópolis: Eng. Mecânica/UFSC, (Dissertação de mestrado), 2001.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis, FMEA from Theory to Execution**, ASQC Quality Press, Wisconsin, USA, First Edition. 1995

THYSSENKRUPP, Metalúrgica Campo Limpo Ltda- **Treinamento Seis Sigma sessão 1,2,3**. (Campo Limpo 2006.1).

TOLEDO, J.C; AMARAL, D.C. **FMEA: Análise do Tipo e Efeito de Falha**. Disponível em: <http://www.gepeq.dep.ufscar.br/arquivos/FMEA-APOSTILA.pdf>. Acesso em: 28 jun. 2010.