

ANÁLISE DE FALHA APLICADA A UMA BOMBA DE VÁCUO

FAILURE ANALYSIS APPLIED TO A VACUUM PUMP

Caio V. L. Martins
kaio.vinicius.martins@hotmail.com

Gustavo G. Fontes
gomes_fortes@hotmail.com

Marcelo José Simonetti
mjsimonetti@yahoo.com.br

Centro Universitário Facens – Sorocaba, SP, Brasil.

Submetido em: 01 dez. 2021. Aceito em: 20 jun. de 2022.

RESUMO

De forma geral, as empresas vêm buscando, cada vez mais, a eficiência de seus sistemas. Neste contexto, essas empresas buscam aprimorar seus sistemas de manufatura buscando se aprimorar aplicando conceitos relacionados à excelência na confiabilidade, análise de falhas, planos preventivos, etc. Esse artigo tem como objetivo principal o de mostrar um caso de sucesso da aplicação de uma análise de causa raiz, ou análise de falha, em uma bomba de vácuo utilizada em uma empresa do segmento petroquímico. Diversos estudos foram realizados na busca de eliminar um sério problema em uma bomba, que apresentava necessidade de substituição de rolamentos em curtos períodos de tempo. Após uma implementação de sistemas de proteção contra entrada de umidade e substituição da graxa que lubrifica os rolamentos, foi obtido um resultado duradouro para todo o sistema, demonstrando que a análise de forma criteriosa sobre uma falha traz resultados positivos para as estratégias globais da empresa.

Palavras-chave: análise de falha. segmento petroquímico. bomba de vácuo.

ABSTRACT

In general, companies are, increasingly, looking for high efficiencies in their systems. In this context, manufacturing systems seek to improve themselves by applying concepts related to excellence in reliability, failure analysis, preventive plans, etc. This article aims to show a successful case of applying a root cause analysis, or failure analysis, to a vacuum pump used in a company in the petrochemical segment. Several studies were carried out in an attempt to eliminate a serious problem in a pump, which had a high frequency of replacement bearings. After an implementation of protection systems against moisture ingress and the replacement of the grease that lubricates the bearings, a long lasting result was obtained for the entire system, demonstrating that the careful analysis of a failure brings positive results for the global strategies of the company.

Keyword: Failure analysis. Petrochemical company. Success case. Vacuum pump.

1. INTRODUÇÃO

No atual momento em que as questões voltadas para eficiência operacional, segurança, alta disponibilidade dos ativos, baixo custo de operação e manutenção preocupam as lideranças empresariais, torna-se necessária a utilização de estudos e técnicas disponíveis para a sustentabilidade e perenização da empresa em seu ramo de negócio, no mercado, com máxima eficiência e baixo risco.

Este trabalho tem por objetivo um estudo de análise de falhas realizado em uma indústria petroquímica, devido a um elevado número de manutenções da bomba de vácuo (substituição dos rolamentos).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONFIABILIDADE

Por confiabilidade entende-se a probabilidade de um produto (peça, equipamento, circuito, máquina, sistema, componente, etc.), fabricado em conformidade com dado projeto, operar durante um período especificado de tempo sem apresentar falhas identificáveis, desde que sujeito a manutenção de conformidade com as instruções do fabricante e que não tenha sofrido tensões superiores àquelas estipuladas por limites indicados pelo fornecedor e não tenha sido exposto a condições ambientais adversas de conformidade com os termos de fornecimento ou aquisição. (NEPOMUCENO 2014).

A confiabilidade, desta forma, é um atributo inerente ao projeto do produto, representando uma capacidade potencial que dificilmente será atingida em condições habituais, exceto quando fabricado exatamente conforme o projeto e mantido exatamente nas condições prescritas pelo fornecedor.

2.2. BOMBA DE VÁCUO

As bombas de vácuo são dispositivos usados para a criação de vácuo em uma pequena câmara, a fim de mover líquidos ou outros materiais durante a função de um aplicativo (IDCON, 2003)

As bombas de vácuo funcionam por meio da exaustão de moléculas de gás para fora da câmara ou por condensação das moléculas para criar um vácuo de luz. As bombas de vácuo usam uma das três principais técnicas de criação de um vácuo:

- **Deslocamento positivo na bomba a vácuo:** este processo envolve expandir artificialmente parte de uma câmara de moléculas de gás de escape.
- **Dinâmica de transferência:** transferência de momento - usa um dispositivo de deslocamento positivo para reunir moléculas e, em seguida, jatos de óleo ou mercúrio para esgotar o gás.
- **Armadilha:** refrigera as moléculas de gás para que elas se reúnam em uma superfície de uma bomba de vácuo e criem um vácuo de luz, sendo o principal método de aprisionamento.

Figura 1 - Imagem de uma bomba de vácuo



Fonte: <https://www.gardnerdenver.com>. Acesso em: 24 set. 2021¹.

2.2.1. BOMBA DE VÁCUO APLICADO NA INDÚSTRIA PETROQUÍMICA

A bomba de vácuo é um equipamento muito importante para o processo petroquímico, pois ela é a responsável pela criação do vácuo no sistema de fracionamento do produto semiacabado. Segue abaixo uma imagem simplificada do processo de fracionamento de óleo, no qual se faz necessário o uso de vácuo.

Figura 2 - Torre de destilação



Fonte: <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/refinamento-petroleo.htm>. Disponível em 24/09/2021

LAPELLE (1972) define que as bombas de vácuo operam a partir da pressão atmosférica ou a partir de pressões sub-atmosféricas. Estas últimas, portanto, requerem a conexão com outra bomba, a bomba primária ou bomba de apoio, para que seja produzido o vácuo inicial. No caso das bombas de transferência, a primária funciona continuamente para remover os gases para a atmosfera.

¹ <https://www.gardnerdenver.com/pt-br/nash/liquid-ring-vacuum-pumps/vectra-xl-liquid-ring-pump-compressor>

2.3. ROLAMENTOS

Rolamento é um elemento de máquina cuja função principal é a redução de atritos. Carrega e suporta cargas, reduzindo o esforço ou força de movimento dele.

Segundo Blndt (2012) sua aplicação é muito ampla, sendo um dos componentes mais utilizados na construção de equipamentos, máquinas e ferramentas.

Em função desta vasta gama de aplicações, pode ser definido como um importante elemento de máquina, sendo o principal responsável quando se precisa de movimento de rotação.

3. ESTUDO DE CASO

Esse trabalho foi realizado em uma empresa do segmento petroquímico, sem nome a ser divulgado, e que está apresentando algumas falhas quanto à sua utilização.

Um dos equipamentos instalados na empresa estava apresentando falhas recorrentes, assim incapacitando o seu funcionamento e gerando impacto diretamente na produção. Uma das falhas reportadas pela produção está relacionada a uma bomba de vácuo. Devido às inúmeras paradas para a manutenção do equipamento, realizou-se um estudo para eliminar tais falhas, assim aumentando a disponibilidade da bomba de vácuo para fábrica.

3.1. LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES

A falha mais recorrente do equipamento foi identificada nas rotas de análises de vibração. Em todas as análises de vibração sempre ficou constatado que as falhas eram provenientes dos rolamentos.

As manutenções ocorriam em intervalos de 3 a 4 meses e apenas em um caso, o intervalo entre as manutenções foi de 1 ano, tempo menor que o determinado e esperado pelos departamentos de manutenção e produção.

Abaixo, histórico de vibração do rolamento em questão, no qual cada círculo vermelho representa uma substituição dos rolamentos.

Figura 3 - Histórico de vibração e substituição do rolamento



Fonte: Próprio autor

3.2. AVALIAR AS FALHAS

Todas as falhas foram estudadas pela equipe de engenharia e manutenção visando a encontrar a causa raiz da situação problema, sendo tais análises descritas nos tópicos a seguir:

- **Problema estático:** O problema estático foi identificado na análise visual realizada no rolamento que foi substituído, apresentando os rolamentos as mesmas marcas em todas as substituições já realizadas.

Figura 4 - Imagem dos elementos girantes com marcas de corrosão



Fonte: Próprio autor

- **Contaminação do lubrificante:** A contaminação do lubrificante foi identificada em análise visual após as manutenções, nas quais os mancais apresentavam uma grande quantidade de água, coloração do lubrificante alterada e sujidade (poeira).

Figura 5 - Imagem do rolamento com o lubrificante contaminado.



Fonte: Próprio autor

Após realizar todo o levantamento das informações e estudar as falhas dos rolamentos da bomba de vácuo, foram identificados os principais motivos para a ocorrência das falhas e traçado um cronograma para o plano de ação, o qual será mais bem detalhado no item 3.3.

Tabela 1: Análise das falhas.

Falha/Problema	Motivo	Ação	Responsável	Prazo de execução
Estático (Marcas nos rolamentos)	Não se enquadra no plano de inversão	Elaborar um plano de inversão do equipamento	Planejamento/Engenharia de manutenção	2 meses
Contaminação do lubrificante (água/poeira)	Limpeza da área com água industrial	Fabricar uma caixa de proteção para os mancais da bomba	Manutenção	2 meses
Lubrificante EP	Recomendação técnica	Substituir o lubrificante	Engenharia de manutenção	Após as manutenções

Fonte: Próprio autor

3.3. PLANO DE AÇÃO.

A fim de mitigar os problemas identificados em nossa análise de falha, foram realizadas as seguintes melhorias:

3.3.1. ELABORAÇÃO DO PLANO DE INVERSÃO.

Considerando-se que a bomba de vácuo se trata de um equipamento extremamente importante para o processo e a fim de se evitar paradas prolongadas ocasionados por uma eventual falha, a empresa adotou um equipamento que permanece em *stand-by*.

Como um dos problemas apresentados na análise de falha foi o problema estático, foi então elaborado um plano de inversão para que o equipamento reserva não ficasse fora de operação por mais de três semanas e, assim, mitigando o risco de danificar os rolamentos por tal problema.

3.3.2. SUBSTITUIÇÃO DO LUBRIFICANTE.

A recomendação do fabricante da bomba era de utilização de um aditivo EP (extrema pressão), lubrificante este que era então sempre utilizado por fazer parte do manual do equipamento.

Mediante exaustivo estudo com o fabricante do rolamento NSK, foi recomendada a substituição do lubrificante sem este aditivo (EP), uma vez que foi detectado que o equipamento não chega a operar na rotação recomendada, não necessitando a utilização do mesmo.

3.3.3. PROTEÇÃO DA CAIXA DE MANCAL.

Como procedimento de rotina de trabalho da empresa é comum a utilização de água para a limpeza do pátio, a qual, em muitas das vezes, acabava entrando pelo dreno do mancal, dreno este que é responsável pela eliminação da graxa em excesso.

Para evitar a contaminação de água nos mancais, foram fabricadas caixas de proteção para os mesmos, com isto evitando tal contaminação do lubrificante.

Figura 6 - Proteção dos mancais

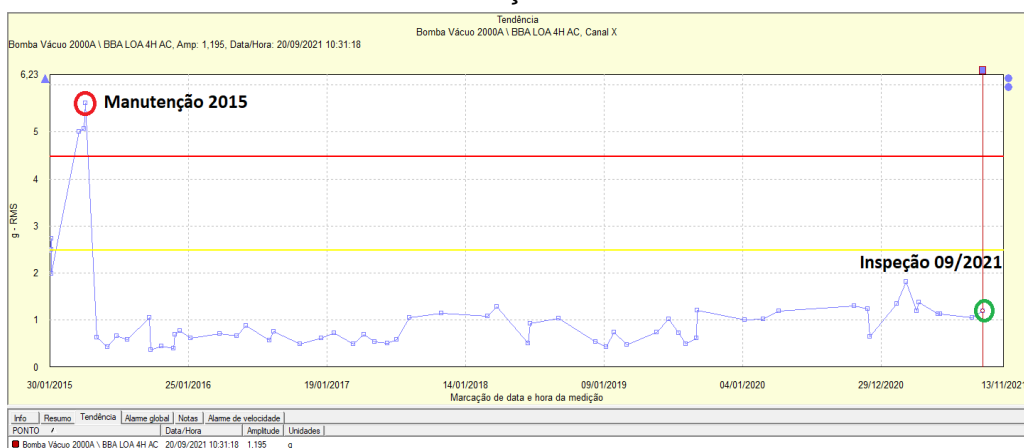


Fonte: Próprio autor

4. RESULTADOS OBTIDOS

Como procedimento determinado pela engenharia de manutenção da empresa em questão, as análises de vibração continuam sendo realizadas com os períodos previamente definidos e, após as melhorias quanto a utilização do novo lubrificante estudado pelo fabricante do rolamento, bem como as caixas de proteção para os mancais, aplicadas no equipamento em questão, pode-se observar, por meio da imagem a seguir, que desde maio de 2015 até o presente momento, ainda não foi necessário realizar uma nova intervenção.

Foto 7: Histórico de vibração do rolamento da bomba.



Fonte: Próprio autor

Observa-se por meio do histórico de vibração acima, circulado em vermelho, a última substituição do rolamento, demonstrando que a ação tomada pela engenharia de manutenção foi de extrema eficiência.

5. CONCLUSÃO

Após o presente estudo aplicado na bomba de vácuo, com algumas ferramentas utilizadas pela área de Engenharia de Confiabilidade, foi evidenciado que com a criação de um plano de inversão para os equipamentos, bem como com a fabricação de uma proteção para os mancais expostos e a troca do lubrificante do equipamento, não houve mais nenhuma intervenção na bomba de vácuo, desde o ano de 2015.

REFERENCIAS

A. Roth. **Vacuum Technology**, Elsevier, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462**

Confiabilidade e Manutenibilidade BS EN 15341:2019

IDCON. **Condition Monitoring Standards**, v. 3, 2003.

LAPELLE, R.R. **Practical Vacuum Systems**, McGraw-Hill, 1972.

NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de manutenção preditiva**, v. 1, 2014.

NEPOMUCENO, L.X. **Técnicas de Manutenção Preditiva**, v. 2, 2014.

RIPPER, A. P. **Vibrações mecânicas**, 2007.

The British Institute of Non-Destructive Testing: **Análise de Vibrações 1 WI 202**, SKF, 2012.