Unisanta Science and Technology, 2021, 1, December
Published Online 2021 Vol.10 http://periodicos.unisanta.br/index.php/sat)

UNISANTA
Science and Technology
ISSN 2317-1316

Conceitos de Corrosão, Lubrificação e Fratura aplicados em modos de Falhas de Rolamentos

Everton Ferreira de Faria, Giovanni da Silva Antunes, Jhonnathan Christopher Dias Pereira, Luís Fernando Xavier Macedo, Thiago Costa Gomes Vieira

UNISANTA– Universidade Santa Cecília – Faculdade de Engenharia – Pós-Graduação em Engenharia da Confiabilidade
Rua Oswaldo Cruz, 266 - Santos-SP, Brasil - CEP: 11045-100

E-mail: willyank@unisanta.br
Received June, 2021

Resumo: Os rolamentos são considerados elementos críticos durante operação de uma máquina, e podem apresentar diferentes modos de falha, dos quais são divididos em seis categorias de acordo com a ISO 15243:2004. O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre corrosão, lubrificação e seus impactos na vida dos rolamentos e sobre os tipos de modos de falhas em rolamentos. Para elaboração deste trabalho aplicou-se a metodologia do tipo pesquisa bibliográfica em artigos de temas similares. Através deste trabalho será mostrado os principais tipos de falhas em rolamentos, com o objetivo de auxiliar na identificação das falhas potenciais e/ou funcionais, permitindo sua aplicação eficiente em diferentes tipos de seguimentos. Os resultados auxiliam na rápida identificação, proporcionando agilidade nas tomadas de ações. Através da aplicação de conceitos de corrosão, lubrificação e fratura, concluiu-se que a identificação dos modos de falhas em rolamento suportado por classificação ISO e manifestações visuais dos danos em rolamentos mais comuns que auxiliam em determinar o tipo de desgaste dominante.
Palavras chave: Confiabilidade. Avaliação Preventiva. Rolamento. Corrosão. Inspeção mecânica.

Concepts of Corrosion, Lubrication and Fracture applied in Bearing Failure modes

Abstract: Bearings are considered critical elements during machine operation, and can present different failure modes, which are divided into six categories according to ISO 15243:2004. The present work aims to discuss corrosion, lubrication and their impacts on the life of bearings and on the types of failure modes in bearings. For the elaboration of this work, a methodology of the bibliographical research type was applied in articles of similar subjects. Through this work, the main types of failures in bearings will be shown, with the aim of helping to identify potential and/or functional failures, allowing their efficient application in different types of segments. The results help in the quick identification, providing agility in taking actions. Through the application of concepts of corrosion, lubrication and fracture, it was concluded that the identification of failure modes in bearing supported by ISO classification and visual manifestations of damage in more common bearings that help to determine the type of dominant wear.

Keywords: Reliability. Preventive Assessment. Bearings. Corrosion. Mechanical inspection.

1. Introdução

Para que máquinas e equipamentos que tenham rolamentos agregados em seus sistemas operem com confiabilidade, condições de carregamento, velocidades, temperatura, precisão de giro e requisitos operacionais precisam ser especificados de modo a atender a operacionalidade, demanda de serviço e expectativa de vida do rolamento (SKF,2021), que muitas das vezes, é reduzida por eventos

Copyright © 2021 ISESC.

que causam falhas funcionais. Estes eventos, caracterizados como modos de falhas, são as principais causas de capabilidade reduzida de ativos.

Moubray (2001) considera que erros humanos, lubrificação deficiente e deterioração são fatores redutores de capabilidade de máquinas. Seguindo esta perspectiva, a busca contínua por melhoria de performance fez com que as indústrias adquirissem ativos com rolamentos de alta tecnologia, com o objetivo de reduzir o atrito entre as peças móveis e suportar condições de *stress* e desgaste, que eventualmente, associam-se à fadiga, corrosão, abrasão, erosão etc (MOUBRAY, 2001). Para facilitar a identificação destes eventos, a análise de falhas de rolamentos fornece uma visão da operação do equipamento e do dano no rolamento. As evidências precisam ser coletadas e interpretadas corretamente para determinar a causa raiz do problema. Por este ângulo, o conhecimento, habilidade e experiência do profissional é extremamente importante, haja vista a necessidade de separar informações úteis de indícios falsos ou enganosos.

1.1 Objetivos

Sabendo que rolamentos podem apresentar variedade de modos de falhas, este trabalho apresentará as principais falhas em rolamentos, tendo como objetivo a definição de conceitos de corrosão, tribologia e mecânica da fratura aplicada em rolamentos que auxiliam na identificação de modos de falha.

Ainda nesse contexto, será utilizado a norma ISO (Organização Internacional de Normalização) 15243:2004 como guia e instrumento de consulta para melhor entendimento da classificação e características de possíveis causas de falhas de rolamentos.

2. Referencial Teórico

2.1 Rolamentos

Segundo Santos (2007, p.33) os rolamentos no mundo da manutenção são definidos como dispositivos destinados a suportar cargas dinâmicas e transmitir movimento de rotação.

Basicamente, eles são compostos por em anéis externo e interno, esferas ou rolos distribuídos equidistantes entre os anéis e mantidos separados por um acessório chamado de gaiola.

Os rolamentos classificam-se com base na direção da carga que predominantemente acomodam: radial e axial. Os de cargas radiais são perpendiculares em relação ao eixo; os axiais suportam cargas que atuam, principalmente, ao longo do eixo e os de cargas mistas ou combinadas suportam tanto carga radial como axial.

A figura 1 traz exemplos de classificação de rolamentos e seus elementos.

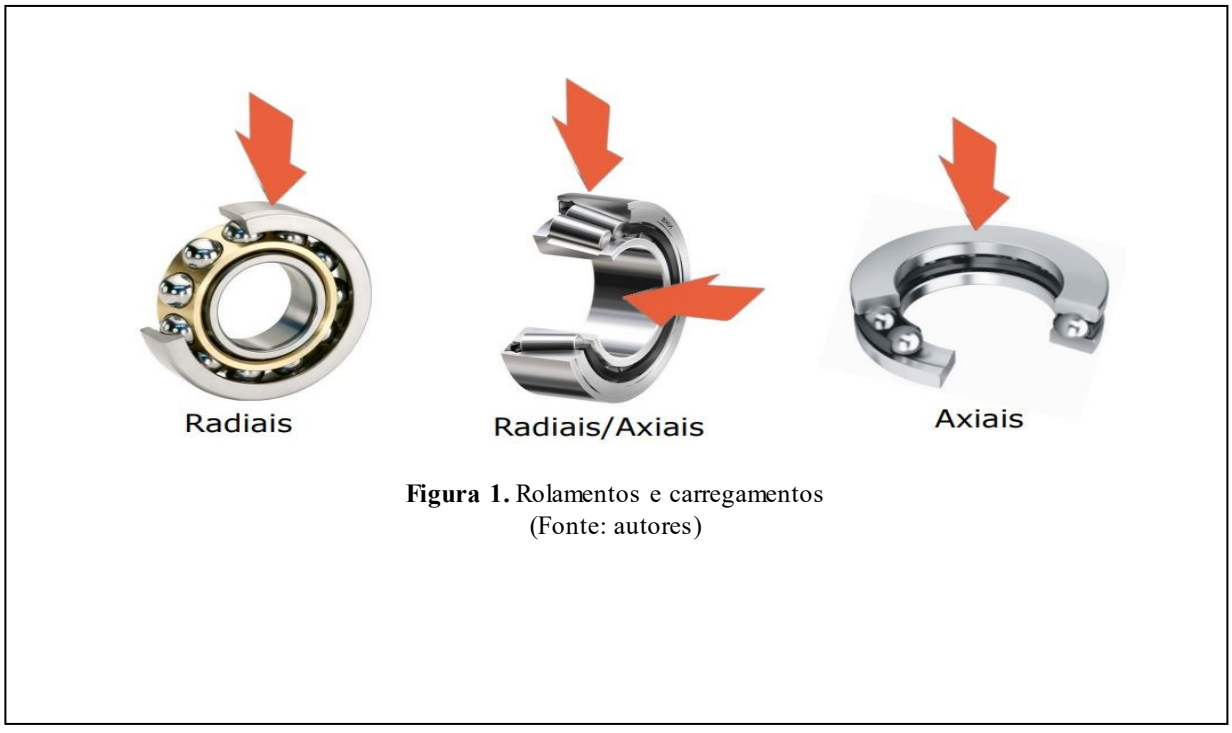


Figura 1. Rolamentos e carregamentos
(Fonte: autores)

Copyright © 2021 ISESC.

2.2 Corrosão

A eficiência de equipamentos rotativos depende de sua condição estrutural e dos componentes projetados para realizar movimentos de rotação. Um dos grandes problemas que ocorrem nos equipamentos rotativos das mais variadas aplicações industriais e que afetam as partes móveis iniciam através da corrosão, acarretando em perda de material e degradação. De acordo com Menna (2007), a corrosão refere-se a um processo eletroquímico de deterioração das propriedades úteis que elementos rotativos estão expostos em seu meio de operação, com início na superfície do material e que acarreta na redução gradual de massa, alteração de dimensões e de limite de fadiga.

Uma revisão sobre o comportamento da corrosão de materiais de engenharia feito por Kuruvila et al. (2018) atribui as seguintes classificações, figura 2, de corrosão: ataque uniforme, pite, galvânica, sob tensão, biológica e em fresta. A corrosão uniforme resulta em perda uniforme de material de superfície e ocorre quando o material é submetido a ambientes que contêm soluções ácidas e alcalinas. Na galvânica, a corrosão ocorre quando metais diferentes são eletricamente conectados em uma solução corrosiva, resultando na degradação acelerada do material de menor resistência a corrosão. Sedrikes (1996), menciona que a corrosão em fresta pode ser observada em regiões onde há a presença de soluções estancadas, e que este tipo de corrosão acontece quando a superfície metálica úmida de um material entra em contato com outra superfície com uma lacuna muito estreita. A corrosão sob tensão caracteriza-se pela propagação de trincas que têm formação devido a efeitos combinados de tensão presente nos materiais metálicos quando em um meio corrosivo. Quando as tensões presentes nos materiais excedem valores críticos há a ocorrência de falhas.

2.1 Corrosão e Rolamentos

Nos rolamentos, tem-se a corrosão por umidade, que é dado pela oxidação das superfícies em presença de umidade (NSK, 2021). Sua ocorrência, causas e ações corretivas é exemplificada na figura 3.

A corrosão por atrito trata-se de uma reação química ativada pelo micromovimento relativo entre as superfícies em contato, sob certas condições de atrito. Conforme figura 4, entre suas causas consta a lubrificação deficiente, impureza e escorregamento irregular dos elementos rolantes do rolamento (NSK, 2021).

Na corrosão por contato (Figura 5), considera-se a oxidação e o desgaste das asperezas superficiais devido ao micromovimento oscilatório. Dentre as causas deste tipo de mecanismo de corrosão, a NSK (2021) cita a vibração de pequena amplitude.

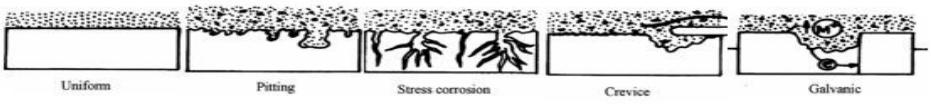


Figura 2. Classificação de corrosão. Fonte: Adaptado de Kuruvila et al. (2018).

Ocorrência	Possíveis causas	Ações corretivas
Oxidação e corrosão do rolamento são pontos na superfície dos anéis e elementos rolantes e podem ocorrer no espaçamento dos elementos rolantes sobre os anéis ou sobre toda superfície do rolamento.	• Entrada de gás corrosivo ou água. • Lubrificante inadequado. • Formação de partículas de água por condensação de umidade. • Alta temperatura e alta umidade quando a peça está parada. • Falha do protetivo contra corrosão durante o transporte e estocagem. • Manuseio inadequado.	• Melhorar o sistema de vedação. • Verificar o método de lubrificação. • Prevenir danos por oxidação quando o rolamento estiver parado. • Melhorar os métodos de estocagem. • Melhorar os métodos de manuseio.

Figura 3. Modos de falhas dos rolamentos por corrosão e oxidação(NSK, 2021).

Ocorrência	Possíveis causas	Ações corretivas
Desgaste é deterioração da superfície por atrito de escorregamento entre a superfície da pista, elementos rolantes, rolos e faces, rebordos, bolsos de gaiola, etc.	• Entrada de impurezas. • Progressão da oxidação e da corrosão elétrica. • Lubrificação deficiente. • Escorregamento feito pelo movimento irregular dos elementos.	• Melhorar os sistemas de vedação. • Limpar o alojamento. • Verificar o lubrificante e o método de lubrificação. • Prevenir o desalinhamento.

Figura 4. Modos de falhas dos rolamentos por corrosão por atrito (NSK, 2021).

Copyright © 2021 ISESC

Ocorrência	Possíveis causas	Ações corretivas
O desgaste ocorre devido ao deslizamento entre as duas superfícies. O escorregamento ocorre ao ajustar a superfície e também ao contato entre a pista e os elementos rolantes. A corrosão por contato ocorre na superfície de ajuste e também na área de contato entre as pistas e os elementos rolantes.	• Lubrificante deficiente. • Vibração de pequena amplitude. • Ajuste inadequado.	• Usar lubrificante apropriado. • Aplicar pré-carga. • Verificar o ajuste apropriado. • Aplicar um filme de lubrificante na superfície de contato.

Figura 5. Modos de falhas dos rolamentos por corrosão por contato (NSK, 2021)

2.4 Tribologia Aplicada em Rolamentos

A palavra tribologia deriva seu significado do grego triben, em tradução literal significa atritar, e é denominada como a ciência do estudo do atrito. Trata-se da ciência e tecnologia de superfícies atuantes em movimento relativo entre eles e todos os fenômenos decorrentes.

Segundo Belmiro e Carreteiro (2006), a lubrificação pode ser definida como fenômeno da redução de atrito entre duas superfícies em movimento relativo, por meio da introdução de uma substância entre as mesmas. Estas podem ser sólidas ou fluidas (correspondentes aos óleos e graxas). A função primária do lubrificante é permitir e substituir o atrito direto pelo atrito fluido. Assim sendo, espessura do filme lubrificante deverá ser superior às somas das alturas das rugosidades das superfícies. Além disso, o lubrificante, salvo algumas aplicações especiais ou limitações físicas da substância, também possui algumas funções, como: controle de desgaste, de corrosão, de temperatura, de contaminação e transmissão de força. Em máquinas industriais, a lubrificação desempenha um papel que visa fomentar o tempo de vida uútil do equipamento, redução de consumo energético, formação de vedação e amortecimento de choques (BELMIRO; CARRETEIRO, 2006).

A tribologia foca-se em várias diretrizes de estudos e análises um dos principais focos de estudo é o desgaste. Convencionalmente são aceitos por pesquisadores 4 modos de desgastes que são respectivamente ilustrados na figura 5 (KATO, 2001). Os mecanismos de desgaste (Figura 6) são descritos pela consideração de mudanças complexas na superfície durante o movimento. Em geral, o desgaste ocorre através de mais de um modo, portanto a compreensão de cada mecanismo de desgaste em cada modo se torna importante (KATO, 2001).

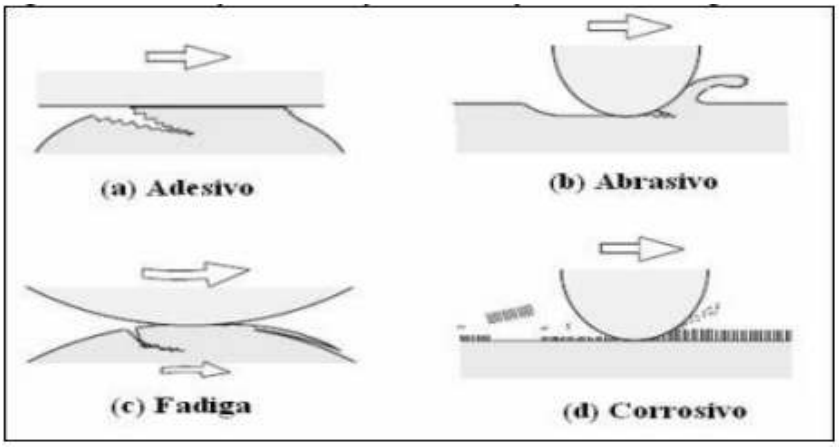


Figura 6. Desenho esquemático dos quatro modos representativos de desgaste. Fonte: RADI et al. (2007)

Copyright © 2021 ISESC.

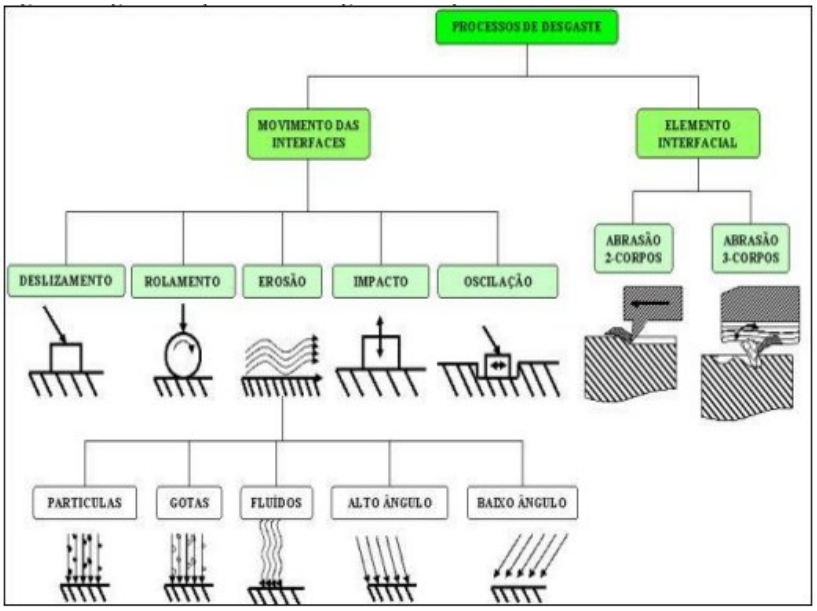


Figura 7. Diagrama dos processos de desgaste em função do elemento interfacial.
Fonte: Adaptado de Radi et al. (2007)

O desgaste ocorre em função da cinemática do sistema. Pode variar entre, deslizamento, rolamento, oscilação, impacto e erosão, dependendo do tipo de interação e do movimento das interfaces. A erosão pode ainda ser classificada pelo estado físico do contra-corpo, sólido ou líquido, ou pelo ângulo de ação, alto ou baixo. Os processos de desgaste também poderão ser classificados quanto ao elemento interfacial podendo ser de desgaste de 2-corpos ou estar sob ação de partículas sólidas pressionadas entre duas superfícies, por exemplo, poeira em lubrificantes ou minerais em rochas sob pressão, caracterizando um desgaste de 3-corpos (RADI et al, 2007, p. 4).

2.5 Mecânica da Fratura

Os materiais de engenharia utilizados na manufatura de componentes mecânicos, como os rolamentos, podem apresentar descontinuidades internas ou defeitos decorrentes do próprio processo de fabricação (SOUZA *et al*., 2015). Em rolamentos, defeitos e descontinuidades funcionam como mecanismo de dano proveniente de cargas de contato radial, axial e mistas, que atuam como concentradores de tensões e desencadeam trincas internas que demanda uma abordagem conduzida pela mecânica da fratura.

Para mecânica da fratura, a presença de microtrincas e/ou trincas nucleadas por fadiga ou corrosão sob tensão cria concentrações de tensões incentivados por defeitos de soldas, inclusões não metálicas, entalhes mecânicos etc, que causa escoamento em materias dúcteis, microfraturas nos frágeis ou rachadura local nos polímeros (NORTON, 2013). Strohaecker (2021), cita que a mecânica da fratura visa determinar a probabilidade de uma trinca levar o componente a fratura súbita e catastrófica, dando alternativa de quantificar a tenacidade à fratura, controlar tamanho de defeito admissível e tempo necessário para trinca alcançar um tamanho crítico.

Segundo Anderson (1994), as primeiras evidências quantitativas sobre os efeitos de concentração de tensão de falhas foi dado por Inglis, quem analisou furos elípticos em uma placa de comprimento 2b, figura 2, com trinca transversal de comprimento 2a e tensão normal σ aplicada considerando o maior eixo da elipse. Considerando uma tensão σ aplicada em uma placa com furo elíptico, Strohaecker (2021) propõe a equação 1 para definição do fator de concentração de tensão *Kt*.

$$Kt = \sigma máx/\sigma = 1 + 2a \qquad (1)$$

A fim de descrever a magnitude das tensões envolvidas em torno de uma trinca, Barcelos (2018) apresenta o fator de intensidade de tensões *Kic* como uma forma de representar a distribuição de tensões linear-elásticas na frente da trinca. O fator de intensidade de tensões depende da tensão aplicada (σ), do tamanho de trinca (a), e da geometria do corpo analisado, cujo é dado por um fator geométrico (Y).

Copyright © 2021 ISESC

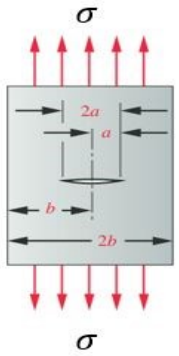


Figura 8. Placa com furo elíptico produzindo concentração de tensão. Fonte: Adaptado de Norton (2013).

Para determinar o fator de intensidade de tensões considerando os modos de carragemento de abertura de trinca por tração (I), cisalhamento perpendicular (II) e paralelo (III) (rasgamento por cisalhamento na direção paralela), Anderson (1994) propõe a seguinte equação.

$$Y\sigma\sqrt{\pi a}Kic = \quad (2)$$

Com a evolução de uma trinca, o fator de intensidade atinge um limite acima do qual a trinca começa a se propagar de forma instável. Este limite é denominado de tenacidade à fratura do material e é obtido por ensaio previsto na norma ASTM EM99.

De acordo com Lewis e Tomkins (2011), os rolamentos devem alcançar sua vida nominal básica, L10, ponto no qual 90% dos rolamentos atingiriam sua vida útil sobre condições de carregamento e regime de lubrificação idênticos. No entanto, devido a variedade de tensões de contato, sobretudo aquelas presentes em rolamentos de máquinas industriais, a expectiva de alcance de vida dos rolamentos é afetada por falhas que culminam em fratura. A fratura de um elemento com trincas pré-existentes dá-se na medida em que for atingido uma abertura crítica de trinca, e sua constatação é obtida através do CTOD (*Crack Tip Opening Displacement*), que verifica a integridade de um componente e a obtenção de critério de fratura de materiais que apresentam uma capacidade maior de deformação plástica à ponta de uma trinca. Conforme Anderson (1994),a abertura de deslocamento de trinca, definido como CTOD, é dado pela equação 3.

$$\delta = \frac{8\sigma ys}{\pi E}\ln\sec\left(\frac{\pi\sigma}{2\sigma ys}\right) \quad (3)$$

Onde δ é os CTOD, σys é tensão de escoamento, E refere-se ao módulo de elasticidade do material e σ a tensão aplicada no material.

3. Metodologia do Estudo

O artigo consiste numa revisão bibliográfica de classificação de danos em rolamentos e sua ligação com os modos de falhas.

3.1 Classificação de Danos em Rolamentos

Danos de rolamentos podem ser resultados de vários mecanismos operando simultaneamente, com uma combinação complexa de parâmetros influenciadores que, frequentemente, causam dificuldades no que diz respeito a estabilização de causa primária de dano. A fim de categorizar os danos em rolamentos, utilizou-se a norma ISO 15243:2004, que define, descreve e classifica as características, alterações na aparência e possíveis causas de falha de rolamentos, ocorridas em serviço. A classe de danos, representada na tabela 1, identifica 6 grupos e subgrupos falhas de rolamentos.

3.2 Modos de Falhas

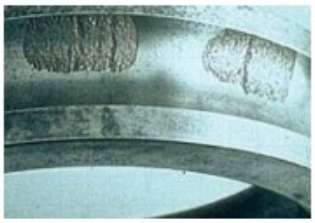
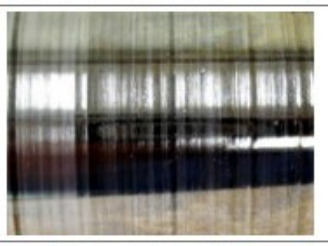
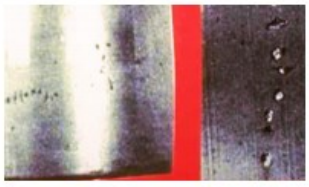
As causas e os mecanismos de falhas têm características identificáveis, e isto permite compreender as frequências e os riscos que um sistema composto por rolamento está exposto em razão das diferentes distribuições de falhas. A partir da classificação ISO de danos de rolamentos, foi elaborado a tabela 2 de definição e explicação de modo de falha.

Tabela 1. Classicação ISO de danos em rolamentos.

Grupo Principal	Subgrupo
Fadiga	Subsuperficial e iniciada na superfície
Desgaste	Abrasivo e Erosivo
Corrosão	Umida e Atrito (por contato ou falso brinelamento)
Erosão Elétrica	Tensão excessiva e Fulga de corrente
Deformação Plástica	Sobrecarga, Endentações por partículas ou manuseio
Fratura e Trinca	Forçada, fadiga e térmica

Copyright © 2021 ISESC.

Tabela 2. Modos de falha e suas definições.
Fonte: Adaptado de SKF (2021) e Aleksandar Vencl et al. (2017)

Modo de falha	Definição	Perfil de falha
Fadiga	Alteração na estrutura do material causada pelas tensões cíclicas desenvolvidas nas áreas de contato entre os elementos rolantes e as pistas. Fadiga subsuperficia e iniciada na superfície se manifestam em forma de pitting devido a perda de material	
Desgaste abrasivo	Remoção progressiva de material devido a interação de duas superfícies, resultado da presença de contaminantes sólidos.	
Desgaste Adesivo	O material é transferido de uma superfície para outra com o calor gerado pelo atrito, algumas vezes com têmpera ou reendurecimento da superfície. Desgaste leve se manifesta através da mudança de cor do material	
Corrosão	Ocorre devido as reações químicas da superfície metálica com o ambiente, e subsequente remoção de camada da superfície corroída devido ao movimento relativo dos elementos, e exposição a meios agressivos.	
Erosão elétrica	Desgaste erosivo que ocorre devido a passagem de corrente elétrica em áreas de espessura mínima de filme lubrificante	
Tribo-corrosão	Desgaste por atrito que ocorre devido aos micromovimentos relativo entre superfícies de acoplamento causado por vibração. Estes micromovimentos induzem oxidação na superfície do material	
Deformação plástica	Deformação que ocorre quando o limite de elasticidade é ultrapassado. Cargas de choque ou estáticas causam falso brinelamento devido a vibrações e folga insuficiente entre elemento rolante e pista.	

Copyright © 2021 ISESC

4. Resultados e Discussão

Chegou-se à um resumo dos modos de falhas em rolamentos brevemente abordados, é visível a grande importância do emprego das técnicas de manutenção preditiva, em especial a análise de vibração. A aplicação desta técnica em rolamentos identifica defeitos ocultos e, caso o mesmo esteja em fase inicial, é possível realizar a intervenção necessária, prolongando a vida útil do rolamento e de outros equipamentos que funcionam em conjunto com ele.

É de suma importância a implementação de políticas de melhoria contínua tais como: treinamento do pessoal responsável pela montagem de rolamentos, constante acompanhamento de verificação da eficácia dos procedimentos e dos sistemas responsáveis pela montagem dos rolamentos, verificação das condições do ambiente de trabalho e aos fatores de comportamento humano.

Essa abordagem consiste no acompanhamento periódico das condições reais de operação dos componentes, trazendo inúmeros benefícios, como por exemplo, evitando as quedas de eficiência, as substituições de peças sem necessidade e principalmente eliminando as quebras, além de buscar estender a vida útil dos elementos de máquinas e equipamentos.

5. Conclusões

A manutenção de máquinas e equipamentos é uma das áreas em que os esforços devem ser concentrados, tendo sempre a preocupação em manter os equipamentos funcionando dentro dos parâmetros recomendados. O desenvolvimento do presente estudo possibilitou, dentre as diferentes abordagens, a rápida identificação dos modos de falhas em rolamentos. Os rolamentos são fortemente presentes nos mais variados segmentos, são responsáveis por minimizar a fricção entre as peças móveis da máquina e suportar a carga. Como consequência de sua importância, é necessário aplicar, dentre outras, a técnica de análise de vibração, responsável por detectar defeitos ocultos e potencialmente presentes nos rolamentos. A literatura norteia a aplicação de técnicas e avaliações na identificação dos modos de falhas em rolamentos, com o foco em melhorar o desempenho e disponibilidade de máquinas e equipamentos, e na busca da utilização ao máximo do ativo, tendo como resultado a redução dos gastos com manutenção. É muito importante em uma analise de falha, identificar o máximo de informações, tendo como consequência tomadas de ações eficientes e eficazes na eliminação de falhas funcionais. Por fim, conclui-se que a identificação dos modo de falhas em rolamento suportado por classificação ISO e manifestações visuais dos danos em rolamentos mais comuns auxiliam em determinar o tipo de desgaste dominante, assim como o estabelecimento do tipo de desgaste mais influente, onde facilita a determinação de medidas de mitigação de falhas e aumento da vida útil e confiabilidade de máquinas que operam com cargas rotativas.

Referências

1. Aleksandar V. et al. “Fault tree analysis of most common rolling bearing tribological failures”, IOP Conference Series: Materials Science and Engineerig, IOP Publishing, 2017. p. 012048.
2. Anderson, T.L. Fracture Mechanics: fundamentals and applications, 2nd Ed., CRC Press, Boca Raton, 1994.
3. Bacelos, B. L. Predição de vida em fadiga de uma roda de caçambas utilizando meânica da fratura linear elástica, 2018, 135 f., Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
4. Carreteiri, R. P.; Belmiro, P. N. A. Lubrificantes e Lubrificação Industrial, São Paulo, 2006.
5. Catálogo geral de rolamentos da NSK. http://www.nsk.com.br/upload/file/Cat%C3%A1logo%20Geral%20NSK(1).pdf Arquivo capturado em 14 de maio de 2021, às 23h00min.
6. Kuruvila, R. et al. “A brief review on the erosion-corrosion behavior of engineering materials”, Corrosion Reviews, v. 36, n. 5, p. 435-447, 2018.
7. Kato, K., Adachi, K. “Wear Mechanisms”, Modern Tribology Handbook, Ed. CRC Press LLC Vol.2 Cap 22, 2001.
8. Menna, A. R. “Detecção de Falhas em Mancais de Rolamento por Análise de Vibração em Banda Larga: um caso prárico de aplicação em população de equipamentos rotativos”,2007, 166 páginas, Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Programa de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
9. Moubray, J. “Manutenção Centrada em Confiabilidade”, Ed. Aladon Ltd., Lutterworth, England, 2000.
10. NSK. 2021, Disponível na internet via WWW. URL: http://www.nsk.com.br/upload/file/B08.pdf. Arquivo capturado em 12 de junho de 2021, às 11h00min.
11. Norton, R. L. “Projetos de máquinas: uma abordagem integrada”, 4ª Edição, Editora Bookman, Porto Alegre, 2013.
12. PMR 3103. “Mancais de Rolamentos”, 2021. Disponível na internet via WWW. URL: https:https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5784402/mod_resource/content/1/PMR3103_MancaisRolamento_2020%20Lopes.pdf. Arquivo capturado em 10 de julho de 2021, às 23h00min.

Copyright © 2021 ISESC.

13. Radi et al. “Tribologia, Conceitos e Aplicações”, 13º Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA – XIII ENCITA, Instituto Tecnológico de Aeronáutica, São José dos Campos, São Paulo, 2010.
14. Santos, V. A. Manual prático da manutenção industrial. São Paulo: Ícone, 2007.
15. Sedrikes AJ. Corrosion of stainless steels. Hoboken, NJ: Wiley-Interscience, 1996.
16. SKF. 2021, Disponível na internet via WWW. URL: https://www.skf.com/br/services. Arquivo capturado em 28 de abril de 2021, às 22h00min.
17. Souza, V. B. et al. Estudo do comportamento de uma trinca utilizando conceitos de mecânica da fratura, Revista Interdisciplinar Pensamento Científico, v. 1, n. 1, 2015.

Copyright © 2021 ISESC