



Inspeções e Análise de Falhas em Rolamentos

Serie: Inspeções Industriais

Edição 2024
Jonathan da Silva Oliveira

Introdução: Inspeção e Análise de Falhas em Rolamentos

Este livro oferece uma abordagem técnica e prática para a detecção e prevenção de falhas em rolamentos, com foco em métodos de inspeção e diagnóstico de problemas comuns. Explorando tópicos essenciais como folga em rolamentos e seus métodos de detecção, ele também aborda a identificação visual e soluções para corrosão e contaminação. A obra detalha as medidas preventivas que podem ser adotadas para minimizar esses danos, além de aprofundar-se nas causas e efeitos de quebras na pista externa, gaiolas internas e fadiga de materiais. Ideal para profissionais da indústria e manutenção, este livro técnico fornece as ferramentas necessárias para aumentar a vida útil dos rolamentos e garantir o bom funcionamento dos equipamentos.

Em um ambiente industrial, a confiabilidade dos equipamentos é essencial para garantir a produtividade e evitar paradas inesperadas. Entre os componentes mais críticos estão os **rolamentos**, presentes em uma vasta gama de máquinas e equipamentos rotativos. O correto diagnóstico de falhas, como folga, corrosão, contaminação e fadiga, pode ser a diferença entre uma operação eficiente e uma falha catastrófica.

Este livro foi desenvolvido **especialmente para você**, profissional de manutenção, técnico ou engenheiro, que busca aprimorar seus conhecimentos em **inspeção e análise de rolamentos**. Aqui, você encontrará métodos práticos e eficazes para identificar problemas antes que eles causem danos maiores. Além disso, abordamos medidas preventivas e técnicas de manutenção que garantirão uma maior durabilidade dos rolamentos e a máxima disponibilidade dos seus equipamentos.

Meu objetivo é oferecer um conteúdo acessível e direto, que você possa aplicar no seu dia a dia, melhorando a confiabilidade das máquinas e evitando paradas não planejadas. Seja na identificação de corrosão, detecção de folga ou prevenção de contaminação, este livro será um guia essencial para quem deseja estar à frente quando o assunto é **manutenção industrial**.

Com exemplos práticos, estudos de caso e instruções detalhadas, você estará preparado para enfrentar os desafios mais comuns e, assim, garantir que sua planta opere com o melhor desempenho possível.

Glossário

Importância da confiabilidade dos rolamentos em ambientes industriais: 2

Inspeção 360° e classificação de equipamentos por criticidade (A, B e C): 6

Métodos de detecção de folgas em rolamentos (radial, axial e interna): 8

Tipos de corrosão em rolamentos e suas causas: 10

Contaminação em rolamentos: 12

Medidas preventivas contra contaminação em rolamentos: 13

Efeitos da corrosão em rolamentos: 15

Quebra da pista externa e da gaiola interna: 17

Fadiga em rolamentos: 20

Desgaste entre bucha cônica e rolamento: 22

Desgaste no mancal: 24

Falta de aperto em buchas cônicas: 26

A blindagem e seus problemas: 29

Súbito do rolamento (estouramento): 31

Defeito de carga axial em rolamentos: 33

Passagem de corrente elétrica em rolamentos: 35

Falhas em rolamentos e suas principais causas: 38

Ciclo de manutenção dos rolamentos: 43

Falhas térmicas em rolamentos: 46

Falhas provocadas por incompatibilidade de materiais: 48

Falta de monitoramento contínuo: 49

Sensores da Dynamox em campo: 50

Dynagateway: 54

Corrosão por contato: 55

Desalinhamento de eixos: 57

Falha na montagem I: 61

Uso prolongado de rolamentos: 64

Gambiarras: 69

Falha na montagem II: 72

Bucha frouxa: 74

Desalinhamento de mancais e eixos: 77

Agradecimentos: 80

Inspeção e Análise de Falhas em Rolamentos

Quando falamos de inspeções em máquinas, é fundamental compreender que essas atividades são focadas em diversos aspectos. Dentre eles, destacam-se a **prevenção de falhas e quebras**, a **manutenção da disponibilidade operacional** e a **garantia da segurança de todos os envolvidos**. Aqui, vou destacar os principais fatores que envolvem a inspeção de rolamentos, um dos componentes mais críticos em muitos equipamentos industriais.

A principal missão do inspetor é antecipar problemas, identificando sinais de desgaste antes que eles resultem em uma falha. Para isso, ele deve adotar uma abordagem sistemática, que chamamos de **inspeção 360°**, abrangendo todos os aspectos do funcionamento do equipamento. Isso significa classificar os equipamentos em diferentes níveis de prioridade: **A, B e C**.

- **Equipamentos de ranking A** são aqueles que apresentam menor criticidade. Embora possam precisar de manutenção ocasional, a sua parada não afeta diretamente a linha de produção. Neste caso, é possível desativar o equipamento para reparos planejados, sem comprometer o fluxo geral.

- **Equipamentos de ranking B** são moderadamente críticos. A falha de um componente pode resultar em uma interrupção não planejada na produção, exigindo atenção mais frequente. Durante as inspeções, é importante observar não apenas o funcionamento geral, mas também os sinais iniciais de desgaste em componentes chave.

- **Equipamentos de ranking C** são os mais críticos. Uma falha nesse grupo pode causar a paralisação completa da produção ou gerar danos sérios. Portanto, eles demandam inspeções mais frequentes e detalhadas. Cada componente, especialmente rolamentos, deve ser verificado minuciosamente. Caso se detecte uma anomalia, é crucial programar uma manutenção preventiva imediata, priorizando a integridade e o funcionamento do equipamento.

O inspetor deve utilizar não apenas ferramentas tecnológicas, mas também confiar em seus sentidos naturais, como a **visão**, a **audição**, o **tato** e o **faro**. Um profissional bem treinado consegue identificar sons anormais, vibrações excessivas ou mesmo cheiros que indicam superaquecimento ou desgaste, muito antes que os sinais mais evidentes apareçam.

Um inspetor experiente está familiarizado com os padrões normais de operação de cada máquina. Isso o torna capaz de detectar mudanças sutis que poderiam passar despercebidas por outros. Sua expertise e atenção aos detalhes são essenciais para evitar falhas catastróficas, mantendo a produção em funcionamento contínuo e eficiente.

Folga em Rolamentos

A **localização de folgas em rolamentos** é uma etapa fundamental na inspeção para garantir o funcionamento adequado do equipamento e evitar falhas precoces. As folgas podem ser detectadas em diferentes pontos do rolamento e influenciam diretamente na performance da máquina. Existem três tipos principais de folgas que o inspetor deve verificar:

1.0 - Folga Radial

A folga radial é o espaço entre os elementos rolantes (esferas ou roletes) e as pistas do rolamento no sentido perpendicular ao eixo. Quando essa folga está além dos limites aceitáveis, o eixo ou a peça onde o rolamento está montado pode se mover lateralmente. A detecção dessa folga pode ser feita de maneira visual e tátil, movendo o eixo ou a peça na direção radial (de cima para baixo ou lateralmente) e observando qualquer movimento excessivo.

1.1 - Folga Axial

A folga axial é o espaço que permite o movimento ao longo do eixo do rolamento. Quando essa folga é excessiva, o componente pode se mover longitudinalmente, ou seja, para frente e para trás ao longo do eixo. Visualmente, esse movimento pode ser notado ao empurrar e puxar o eixo ou a peça na direção axial, percebendo se há algum deslocamento além do esperado.

1.2 - Folga Interna

A folga interna refere-se ao espaço entre os elementos rolantes e as pistas internas e externas do rolamento. Embora não seja diretamente visível, essa folga pode ser percebida através de sinais como **vibração excessiva, aumento de temperatura ou ruídos anormais** durante a operação do equipamento. O aumento da folga interna pode ser um sinal de desgaste, falta de lubrificação ou falha em outros componentes do sistema.

Métodos para Detectar Folga

Além das observações visuais e manuais, o uso de instrumentos como **relógios comparadores e analisadores de vibração** pode ajudar na medição precisa das folgas, principalmente as internas. Essas ferramentas permitem quantificar o nível de folga e determinar a necessidade de intervenção antes que o problema se agrave.



Corrosão em Rolamentos

A **corrosão em rolamentos** é um dos principais problemas que afeta a vida útil e o desempenho dos componentes, podendo levar a falhas prematuras e comprometer a operação de equipamentos industriais. A corrosão ocorre quando os rolamentos são expostos a ambientes úmidos, contaminados ou inadequadamente protegidos contra agentes corrosivos, como água, ácidos e outros produtos químicos.

Causas Comuns de Corrosão em Rolamentos

2.0 - Exposição à Umidade: A presença de água ou umidade elevada pode causar oxidação nas superfícies metálicas dos rolamentos. Isso ocorre especialmente quando há falhas na vedação ou quando o lubrificante perde sua capacidade de repelir a umidade.

2.1 - Contaminação: Partículas de sujeira, poeira, produtos químicos ou fluidos corrosivos podem entrar nos rolamentos através de vedações inadequadas ou ausentes, acelerando o processo de corrosão. Além de oxidar as superfícies, essas partículas podem causar desgaste adicional.

2.2 - Lubrificação Deficiente: A lubrificação inadequada ou insuficiente pode reduzir a proteção contra a corrosão. Um lubrificante de baixa qualidade ou vencido perde a capacidade de formar uma barreira protetora entre as partes metálicas do rolamento e o ambiente.

2.3 - Falha nas Vedações: Vedações danificadas ou mal dimensionadas permitem a entrada de contaminantes e umidade, promovendo a corrosão nas superfícies internas do rolamento.

Identificação Visual da Corrosão

Durante a inspeção, a **corrosão em rolamentos** pode ser facilmente identificada pela presença de manchas de ferrugem, descoloração ou áreas escuras nas superfícies metálicas. Em estágios mais avançados, podem ser notados pequenos buracos ou cavidades, conhecidos como "**pitting**", nas pistas e nos elementos rolantes. Esses sinais indicam que o rolamento já está comprometido e precisa de substituição.

A **corrosão é um problema irreversível**, portanto, é fundamental preveni-la com inspeções regulares, lubrificação correta e vedação eficiente. Ao detectar sinais iniciais de corrosão, é possível evitar danos maiores e garantir a operação segura e contínua dos equipamentos.



Em ambientes industriais onde há exposição constante a água, vapor e poeira, como em indústrias de papel, alimentícias, químicas ou siderúrgicas, a contaminação dos rolamentos é um desafio recorrente. Esses elementos são altamente prejudiciais, pois cada um pode causar diferentes tipos de danos:

3.0 - Água: A água é uma das maiores inimigas dos rolamentos, pois pode penetrar nas vedações e misturar-se ao lubrificante, causando perda de suas propriedades e promovendo oxidação nas superfícies internas. A corrosão resultante leva à falha prematura do rolamento.

3.1 - Vapor: O vapor, especialmente em ambientes de alta temperatura, pode enfraquecer as vedações e alterar a viscosidade do lubrificante, levando à degradação do filme lubrificante e à corrosão. O vapor também carrega partículas de água que podem condensar no interior do rolamento.

3.2 - Poeira: Partículas de poeira, mesmo que pequenas, quando em contato com os rolamentos, podem entrar nas folgas, criando abrasão. Isso resulta em desgaste nas pistas e nos elementos rolantes, afetando a suavidade do funcionamento do rolamento e gerando ruídos e vibrações anormais.

Medidas preventivas contra contaminação:

- **Vedações adequadas:** Usar rolamentos com vedações especiais, como vedações de contato ou labirinto, que resistem melhor à penetração de água, vapor e partículas.
- **Lubrificação frequente:** Manter uma rotina rigorosa de lubrificação, utilizando lubrificantes adequados para altas temperaturas e ambientes úmidos, além de garantir que eles sejam à prova de contaminação.
- **Proteção externa:** Implementar sistemas de proteção como defletores, capas ou proteções mecânicas para impedir a entrada de contaminantes

nos rolamentos.

- **Monitoramento:** Utilizar sensores de vibração ou de temperatura (como IOT) para identificar precocemente problemas de contaminação e desgaste, permitindo intervenções antes de uma falha crítica.

Essas práticas garantem maior durabilidade e confiabilidade dos rolamentos em ambientes adversos com exposição a água, vapor e poeira.



Efeitos da Corrosão

- **Pitting (Picotamento):** A corrosão causa pequenas cavidades nas superfícies das pistas e dos elementos rolantes, criando áreas de concentração de tensão que podem resultar em falhas mecânicas.
- **Desgaste Prematuro:** O material corroído se solta das superfícies dos rolamentos, resultando em um aumento do atrito, vibração e desgaste acelerado. Isso diminui significativamente a vida útil do rolamento.
- **Aumento de Temperatura:** A corrosão pode gerar atrito excessivo, levando a um aquecimento anormal do rolamento durante a operação, o que agrava ainda mais o problema.

Como Prevenir a Corrosão

4.0 - Manutenção Adequada das Vedações: Assegurar que as vedações dos rolamentos estejam em boas condições e adequadamente dimensionadas para evitar a entrada de contaminantes e umidade.

4.1 - Uso de Lubrificantes Adequados: Utilizar lubrificantes de qualidade, adequados ao ambiente de operação, com propriedades anticorrosivas. É importante seguir as recomendações de reabastecimento de lubrificante regularmente para manter a proteção eficaz.

4.2 - Controle Ambiental: Se possível, controlar a umidade e a presença de contaminantes no ambiente onde os rolamentos operam. Ambientes mais limpos e controlados prolongam a vida útil dos componentes.

4.3 - Revestimentos Protéticos: Em ambientes altamente corrosivos, pode ser necessário utilizar rolamentos com revestimentos protetores, como cromo ou cerâmica, para resistir à ação de agentes corrosivos.



Acima deixo exemplo do Pitting (Picotamento) e corrosão em rolamentos.

Quebra da Pista Externa

A **quebra da pista externa de um rolamento** pode ocorrer por diversos fatores combinados, como **fadiga, falta de lubrificação e vibração excessiva**, sendo todas essas condições potencialmente interligadas e agravantes entre si. Além disso, a **quebra da gaiola interna** também pode ser uma consequência dessas falhas, comprometendo o funcionamento do rolamento de forma ainda mais crítica.

5.0 - Fadiga da pista externa

A fadiga é um processo de desgaste natural que ocorre ao longo do tempo devido às **cargas cíclicas** repetidas. À medida que os elementos rolantes (esferas ou rolos) giram sobre as pistas, ocorre uma distribuição de tensões nas superfícies de contato. Com o tempo, essas tensões geram microfissuras nas pistas. Quando a fadiga avança, essas fissuras podem se propagar, resultando na **descamação** ou até na **quebra completa** da pista externa.

No caso de fadiga acentuada, é comum que as trincas comecem debaixo da superfície da pista, tornando o processo difícil de detectar até que a falha já esteja avançada. Quando a fadiga progride, há uma perda significativa da integridade estrutural da pista externa, resultando na fratura.

5.1 - Falta de lubrificação

A lubrificação inadequada é um dos maiores inimigos dos rolamentos.

A **falta de lubrificação** ou o uso de lubrificantes inadequados leva a um aumento significativo do atrito entre os elementos rolantes e as pistas. O atrito excessivo resulta em um aumento de temperatura e no desgaste acelerado das superfícies.

Além disso, a ausência de uma camada de lubrificante pode gerar o que é chamado de **desgaste adesivo**, onde partes das superfícies metálicas entram em contato direto, acelerando a formação de trincas por fadiga. O calor gerado pelo atrito também degrada o material da pista externa, tornando-a mais suscetível à quebra por fragilidade e fadiga acelerada.

5.2 - Vibração excessiva

A **vibração excessiva** em máquinas e equipamentos é uma causa comum de falha em rolamentos. Vibrações constantes criam impactos repetitivos nos elementos rolantes e nas pistas, aumentando as tensões locais. Esse processo causa a concentração de forças em áreas limitadas da pista externa, levando à **fadiga precoce** e à **formação de trincas**.

Além disso, as vibrações podem causar **microimpactos** repetitivos entre os componentes do rolamento, o que, quando combinado com a lubrificação inadequada, acelera significativamente o processo de desgaste e fadiga, culminando na quebra da pista externa.

5.3 - Quebra da gaiola interna

A **gaiola do rolamento** é responsável por manter os elementos rolantes espaçados e organizados dentro da pista, permitindo uma rotação suave. No entanto, quando há condições severas, como fadiga nas pistas, falta de lubrificação e vibração excessiva, a gaiola também pode sofrer danos.

- A **falta de lubrificação** faz com que os elementos rolantes se movam de maneira irregular, gerando estresse adicional na gaiola, que pode acabar se deformando ou quebrando.

- As **vibrações excessivas** também afetam a gaiola, que é uma parte relativamente delicada do rolamento. Elas podem fazer com que os elementos rolantes se movam de forma descontrolada, impactando a gaiola, que se desgasta ou se rompe.

- Quando a **pista externa ou interna** se quebra, pedaços podem se soltar e colidir com a gaiola, danificando-a e provocando sua ruptura.

A **quebra da gaiola interna** é crítica, pois compromete o alinhamento e o espaçamento dos elementos rolantes, resultando em uma falha catastrófica do rolamento.



A Fadiga

A fadiga em rolamentos é um dos principais modos de falha e ocorre quando as superfícies dos componentes do rolamento, como as pistas e os elementos rolantes, sofrem tensões repetidas ao longo do tempo. Isso causa microfissuras que, com o tempo, levam à formação de lascas ou descamação do material. Esse tipo de desgaste é conhecido como **fadiga por contato** e está diretamente relacionado à quantidade de ciclos de carga que o rolamento suporta. Fatores como cargas excessivas, lubrificação inadequada e desbalanceamento de eixos podem acelerar o processo de fadiga.

O atrito, por outro lado, desempenha um papel crítico na vida útil dos rolamentos. Em um rolamento bem lubrificado, o objetivo é minimizar o contato direto entre as superfícies metálicas, reduzindo o atrito e o calor gerado. No entanto, quando a lubrificação é inadequada ou há contaminação, o atrito aumenta, levando ao desgaste acelerado e falhas como a fadiga. Em condições de lubrificação insuficiente, o atrito pode causar o aumento da temperatura do rolamento, o que contribui para a degradação do lubrificante e a aceleração da fadiga dos materiais.

Resumindo:

- **Fadiga** ocorre pelo ciclo repetido de cargas, levando à falha por descamação.
- **Atrito** deve ser controlado com lubrificação adequada para evitar desgastes prematuros e falhas.



Desgaste Entre Bucha Cônica e Rolamento

Para identificar o desgaste ou folga em uma bucha de rolamento montada em um mancal bipartido, é necessário prestar atenção em alguns sinais e realizar inspeções específicas:

6.0 - Inspeção visual: Abra o mancal bipartido e observe a condição da bucha. Desgastes visíveis, como ranhuras, marcas de abrasão ou descoloração, indicam problemas. A descoloração pode ser um sinal de superaquecimento.

6.1 - Folga excessiva: Use um calibrador ou medidor de folga para verificar a folga entre a bucha e o eixo. Se a folga estiver além das especificações do fabricante, isso pode indicar que a bucha está desgastada.

6.2 - Ruídos anormais: Durante a operação do equipamento, ouça por ruídos incomuns, como batidas ou rangidos, que podem ser causados por uma bucha com folga.

6.3 - Vibração: O aumento da vibração é um dos primeiros sinais de folga excessiva na bucha. Sensores de vibração, como os utilizados em sistemas de monitoramento de condição (como IoT da Dynamox), podem ser úteis para detectar esse problema.

6.4 - Desgaste no eixo: Verifique também o eixo para sinais de desgaste. Se a bucha estiver excessivamente desgastada ou com folga, o eixo pode apresentar marcas ou corrosão.

Uma vez identificada a folga ou desgaste, a substituição do rolamento ou ajuste da folga é recomendada para evitar danos maiores ao rolamento e ao equipamento.



Desgaste no Mancal

O desgaste entre o mancal e o rolamento pode ocorrer devido a problemas de montagem, desalinhamento ou falhas no ajuste entre as peças. Uma das causas mais comuns para a pista externa do rolamento girar de forma independente no mancal é um ajuste incorreto ou frouxo. O ideal é que a pista externa do rolamento fique fixa no alojamento (mancal), permitindo que apenas os elementos rolantes (esferas ou rolos) realizem o movimento.

Se a pista externa girar junto com o rolamento, isso pode indicar folga entre o mancal e o rolamento, causada por um ajuste inadequado ou desgaste do material do mancal. Essa folga permite que a pista externa se mova, o que resulta em atrito excessivo, vibrações, aumento da temperatura e, eventualmente, danos ao mancal e ao rolamento. O giro independente da pista externa no mancal é considerado um problema grave, pois compromete a funcionalidade do rolamento e pode causar falhas prematuras no equipamento.

Para evitar isso, é essencial garantir um ajuste preciso entre o mancal e o rolamento, usando as tolerâncias corretas durante a instalação e fazendo uma inspeção regular para identificar sinais de desgaste ou folgas excessivas. Além disso, o uso de um material adequado no mancal, bem como o correto dimensionamento das peças, é fundamental para garantir a fixação apropriada.



Falta de aperto em Buchas Cônicas

Quando a bucha cônica de um rolamento está frouxa ou com pouco aperto no eixo, isso pode gerar uma série de problemas graves, tanto para o rolamento quanto para o eixo. A bucha cônica é projetada para fornecer uma fixação firme, mantendo o rolamento devidamente alinhado e assegurando a transferência eficiente de forças rotacionais. Quando essa bucha não está corretamente apertada, ocorrem desgastes internos e outros danos que afetam o desempenho do equipamento.

Aqui estão os principais efeitos desse problema:

7.0 - Micromovimentos e desgaste por fretting

Se a bucha não estiver firmemente presa ao eixo, ocorre uma leve movimentação entre a bucha e o eixo, resultando em um desgaste por fretting. Esse tipo de desgaste é caracterizado por pequenas vibrações e movimentos repetidos em baixa amplitude que causam abrasão entre as superfícies de contato. Como resultado, há a formação de pequenas ranhuras e oxidação, que aceleram o desgaste das peças.

7.1 - Deformação interna da bucha

O ajuste frouxo gera uma distribuição irregular de forças na bucha. Com isso, áreas específicas da superfície interna da bucha podem ser submetidas a pressões localizadas, causando deformação plástica nessas regiões. Isso compromete a eficiência do encaixe, agravando ainda mais o problema de folga entre o eixo e a bucha.

7.2 - Aumento da folga e vibrações

Quando a bucha cônica não está corretamente fixada, ela pode perder gradualmente sua capacidade de fixação firme, resultando em uma folga crescente entre o rolamento, a bucha e o eixo. Esse aumento de folga leva a vibrações excessivas, que, por sua vez, podem acelerar o desgaste dos elementos internos do rolamento, como a pista e os elementos rolantes, além de prejudicar o alinhamento geral do sistema.

7.3 - Desgaste do eixo

Além dos danos internos na bucha, o movimento excessivo entre a bucha e o eixo pode também provocar desgaste na superfície do eixo. Esse desgaste se manifesta na forma de ranhuras e escoriações, que dificultam a remontagem adequada da bucha e comprometem a precisão de futuras instalações.

7.4 - Sobreaquecimento

O movimento excessivo e o atrito entre a bucha frouxa e o eixo podem gerar calor adicional. Esse calor pode causar expansão térmica desigual das peças, levando a um desgaste acelerado, falhas nos lubrificantes e, eventualmente, falhas prematuras no rolamento.

7.5 - Falha no rolamento

Com o tempo, a falta de aperto adequado na bucha cônica pode comprometer o desempenho do rolamento, levando a falhas críticas. A bucha frouxa afeta o funcionamento do rolamento, causando desalinhamento dos elementos rolantes, aumento da carga irregular e desgaste acelerado das pistas do rolamento.

Prevenção

Para evitar esses problemas, é fundamental garantir que a bucha cônica esteja corretamente apertada ao eixo, conforme as especificações do fabricante. Utilizar os torques corretos, ferramentas adequadas e realizar inspeções periódicas são medidas essenciais para evitar desgastes internos na bucha e garantir a operação segura e eficiente do rolamento.



A Blindagem

Quando a blindagem de um rolamento se desprende, diversos problemas podem surgir, comprometendo o desempenho e a vida útil do equipamento. A blindagem é responsável por proteger o interior do rolamento contra a entrada de contaminantes, como poeira, umidade e partículas abrasivas, além de ajudar a manter a lubrificação no lugar correto. Quando ela se solta, o rolamento fica exposto a esses elementos prejudiciais, o que pode resultar em desgaste prematuro, aumento da temperatura de operação, falhas por atrito excessivo e até travamento.

Sem a blindagem, a lubrificação tende a se dissipar mais rapidamente, gerando atrito entre os componentes internos do rolamento. A entrada de contaminantes também pode causar pitting (fissuras microscópicas na superfície) e a formação de desgaste abrasivo, que aceleram a degradação das pistas e dos elementos rolantes.



Acima podemos ver um rolamento com sua blindagem solta.

O Súbito do Rolamento

O estouramento de um rolamento, ou sua falha catastrófica, pode ocorrer por vários motivos, normalmente ligados a condições inadequadas de operação, instalação ou manutenção. Entre as causas mais comuns estão:

8.0 - Sobrecarga: Quando o rolamento é submetido a cargas excessivas, além da capacidade projetada, isso gera tensões elevadas nos componentes internos, como esferas, roletes e pistas, causando deformações e eventual falha.

8.1 - Lubrificação inadequada: A falta ou uso incorreto de lubrificação é uma das principais causas de falhas em rolamentos. Sem a lubrificação adequada, o atrito entre os elementos rolantes e as pistas aumenta, levando ao desgaste acelerado e superaquecimento, o que pode causar o estouramento.

8.2 - Contaminação: A entrada de partículas, poeira, umidade ou outros contaminantes no rolamento danifica as superfícies internas, causando desgaste e pitting, o que leva ao colapso estrutural.

8.3 - Alinhamento incorreto: Se o rolamento for instalado de forma desalinhada, ele sofrerá tensões irregulares durante a operação, o que pode levar ao desgaste desigual e à quebra.

8.4 - Velocidade excessiva: Operar o rolamento em velocidades acima de sua capacidade de projeto aumenta a tensão interna e a temperatura, o que pode causar falhas por fadiga ou deformação plástica.

8.5 - Montagem inadequada: A aplicação de forças excessivas ou incorretas ao instalar o rolamento pode causar danos permanentes aos elementos rolantes e às pistas, comprometendo sua integridade e levando a falhas prematuras.

Esses fatores, isoladamente ou em combinação, podem levar a um aumento rápido de temperatura e tensão no rolamento, causando sua falha de forma súbita, o que muitas vezes é descrito como "estourar".



Defeito de Carga Axial em Rolamentos

O defeito de carga axial em rolamentos ocorre quando há uma força exercida no sentido do eixo do rolamento, o que não é comum para todos os tipos de rolamentos. A carga axial pode causar problemas, especialmente em rolamentos projetados para suportar principalmente cargas radiais, como os rolamentos de esferas.

Esse tipo de carga pode causar os seguintes efeitos adversos:

9.0 - Desgaste prematuro: Como o rolamento não foi projetado para lidar com a carga axial, as esferas ou rolos podem se desgastar de forma irregular, reduzindo a vida útil do componente.

9.1 - Desalinhamento: A pressão axial excessiva pode causar o desalinhamento entre o eixo e o alojamento, o que gera mais atrito e aumenta o desgaste.

9.2 - Aumento de temperatura: O atrito adicional gerado pelo desalinhamento e pelo esforço inadequado eleva a temperatura no rolamento, o que pode comprometer o lubrificante e provocar falhas mais rápidas.

9.3 - Marcas de escorregamento ou afundamento: Com o tempo, a carga axial pode fazer com que as esferas ou rolos deslizem em vez de rolarem, causando marcas visíveis nos caminhos de rolagem, conhecidas como "marcas de deslizamento" ou "pitting", o que compromete a integridade do rolamento.

Para mitigar os efeitos da carga axial em rolamentos que não foram

projetados para esse tipo de esforço, é importante analisar as condições operacionais e, se necessário, utilizar rolamentos que suportem tanto cargas radiais quanto axiais, como os rolamentos de contato angular ou os rolamentos de rolos cônicos.



Passagem de Corrente Elétrica em Rolamentos

O defeito de passagem de corrente elétrica em rolamentos é um problema comum em máquinas elétricas, especialmente em motores e geradores. Esse fenômeno ocorre quando há uma corrente elétrica indesejada fluindo através dos componentes do rolamento, como o anel interno, o anel externo e os elementos rolantes. A passagem de corrente elétrica provoca erosão na superfície do rolamento, levando ao desgaste prematuro.

Causas

A principal causa é a diferença de potencial elétrico entre o eixo e a carcaça do motor. Isso pode ocorrer devido a:

10.0 - Capacidades parasitas: A presença de capacitâncias entre o estator e o rotor pode gerar correntes induzidas.

10.1 - Harmônicos de frequência: Motores controlados por inversores de frequência são mais suscetíveis a esse tipo de problema devido aos harmônicos gerados pelo acionamento eletrônico.

10.2 - Desbalanceamento de tensões: Diferenças de potencial entre os terminais do motor podem levar a correntes vagantes pelo eixo e, consequentemente, através dos rolamentos.

Efeitos no rolamento

A passagem de corrente gera pequenos arcos elétricos que danificam a superfície dos anéis e dos elementos rolantes, criando microfuros e cavidades. Isso pode resultar em:

10.3 - Erosão elétrica: O contato constante da corrente com o material do rolamento gera desgaste excessivo e irregularidades.

10.4 - Ruído excessivo: O rolamento afetado tende a gerar ruídos incomuns devido ao atrito causado pelas irregularidades.

10.5 - Danos permanentes: Com o tempo, o rolamento pode falhar por completo, gerando perda de desempenho e, eventualmente, danos a outros componentes da máquina.

Soluções e prevenção

Para mitigar ou evitar o defeito de passagem de corrente, algumas soluções são comumente adotadas:

10.6 - Isolamento elétrico: Usar rolamentos isolados ou adicionar isoladores no eixo para prevenir a passagem da corrente.

10.7 - Anéis de aterramento: Instalar anéis de aterramento que conduzem a corrente diretamente para a carcaça, evitando que passe pelos rolamentos.

10.8 - Filtros nos inversores de frequência: Filtros passivos ou ativos podem ser usados para reduzir os harmônicos que induzem correntes nos rolamentos.

Essas medidas ajudam a prolongar a vida útil dos rolamentos e garantir o funcionamento seguro e eficiente dos equipamentos.



Acima exemplo de erosões elétricas em um rolamento.

FALHAS EM ROLAMENTOS E SUAS PRINCIPAIS CAUSAS

As falhas em rolamentos são responsáveis por grande parte das paradas e problemas em máquinas rotativas. As principais causas de falhas prematuras incluem:

- Lubrificação inadequada (36%);
- Fadiga (34%);
- Montagem incorreta (16%);
- Contaminação (14%);



A imagem apresenta quatro esferas metálicas representando falhas comuns em rolamentos industriais: Montagem, Lubrificação, Desalinhamento e Contaminação.

Montagem: A falha ocorre devido a erros durante a instalação, como uso inadequado de ferramentas ou aplicação de força incorreta, o que pode danificar os componentes internos do rolamento.

Lubrificação: O uso inadequado de lubrificante (excesso ou falta) leva ao desgaste prematuro dos elementos rolantes, gerando aquecimento excessivo e falhas no funcionamento.

Desalinhamento: Ocorre quando o eixo não está corretamente alinhado com o rolamento, provocando cargas desiguais que resultam em desgastes irregulares.

Contaminação: A presença de partículas externas (poeira, detritos, umidade) dentro do rolamento afeta sua operação, aumentando o atrito e acelerando o desgaste.

Esses são alguns dos principais fatores que afetam a durabilidade e o desempenho dos rolamentos, sendo essenciais em qualquer programa de inspeção e manutenção preditiva.

Lubrificação Inadequada

é a razão para

36 %

das falhas
prematuras em
rolamentos



A lubrificação inadequada é o assunto mais repercutido na indústria dos últimos anos, ela é mencionada como a causa de 36% das falhas prematuras em rolamentos.

Lubrificação inadequada pode ocorrer de várias formas: falta de lubrificante, uso de lubrificantes incorretos, contaminação ou envelhecimento do lubrificante. A função principal do lubrificante é reduzir o atrito entre as superfícies rolantes e os anéis do rolamento, além de dissipar o calor gerado durante a operação.

Quando há falhas na lubrificação, o atrito aumenta, levando ao desgaste acelerado das partes internas do rolamento, aquecimento excessivo e possível travamento. A falta de lubrificação também pode criar condições favoráveis à corrosão e ao aparecimento de microfissuras.

Para evitar esse tipo de falha, é fundamental seguir um plano de lubrificação bem estruturado, com inspeções regulares da quantidade e qualidade do lubrificante, e o uso correto conforme as especificações do fabricante.



A fadiga é a responsável por 34% das falhas prematuras em rolamentos.

A fadiga em rolamentos como mencionado algumas páginas acima, ocorre devido à repetida aplicação de cargas sobre as superfícies de contato, gerando microfissuras no material. Essas fissuras aumentam com o tempo e levam à falha completa do rolamento. Fatores como a carga excessiva, alta rotação, vibração e temperaturas elevadas podem acelerar o processo de fadiga.

Essa é uma das causas mais comuns de falhas em rolamentos e, geralmente, está relacionada ao uso prolongado ou inadequado de componentes, reforçando a importância de uma manutenção preditiva e de inspeções periódicas para identificar sinais de desgaste antes de ocorrerem falhas catastróficas.

Contaminação

é a razão para

14%

das falhas
prematuras em
rolamentos



A contaminação é responsável por 14% das falhas prematuras em rolamentos. Esse tipo de falha ocorre quando partículas externas, como poeira, sujeira, água ou detritos, penetram no rolamento, afetando o filme lubrificante e gerando desgaste abrasivo nas superfícies rolantes.

Contaminantes aumentam o atrito, o que pode provocar deformações nas pistas e nos elementos rolantes, resultando em vibrações excessivas, aquecimento e perda de eficiência. Além disso, a contaminação pode acelerar o processo de corrosão, principalmente em ambientes úmidos ou industriais onde produtos químicos estão presentes.

Para evitar esse tipo de falha, é importante garantir uma vedação eficaz do rolamento, usar lubrificantes de qualidade e realizar inspeções regulares para identificar sinais de contaminação ou desgaste prematuro. Uma boa prática é também manter o ambiente de trabalho limpo, minimizando as fontes de contaminantes.



A montagem incorreta é responsável por 16% das falhas prematuras em rolamentos. Esse tipo de falha ocorre quando o rolamento é instalado de forma inadequada, seja por métodos inadequados, falta de cuidado ou uso de ferramentas impróprias.

Erros comuns incluem a aplicação excessiva de força, desalinhamento durante a instalação, ou a falta de controle no ajuste entre o eixo e o alojamento. Esses fatores podem gerar tensões internas indesejadas, danificar as pistas e os elementos rolantes, resultando em um desgaste irregular e falhas prematuras.

Para evitar falhas por montagem incorreta, é fundamental seguir as recomendações do fabricante, utilizar ferramentas adequadas, como aquecedores de indução e prensas, e garantir que o rolamento esteja corretamente alinhado e com ajuste preciso. Uma instalação adequada prolonga a vida útil do rolamento e melhora o desempenho do sistema como um todo.



Acima temos um diagrama intitulado "Ciclo de Manutenção dos Rolamentos." Este ciclo é composto por várias etapas essenciais para garantir a longevidade e o desempenho ideal dos rolamentos. Aqui estão as etapas descritas no diagrama:

11.0 - Desmontagem: Remover o rolamento do equipamento para inspeção e manutenção.

11.1 - Montagem: Instalar o novo rolamento corretamente após a manutenção, algumas empresas optam por inspecionar, relubrificar e instalar o mesmo rolamento se não apresenta defeito aparente.

11.2 - Lubrificação: Aplicar lubrificante adequado para reduzir o atrito e o desgaste.

11.3 - Alinhamento: Garantir que o rolamento esteja corretamente alinhado para evitar desgaste irregular.

11.4 - Relubrificação: Aplicar lubrificante adicional conforme necessário durante a operação.

11.5 - Inspeção: Verificar regularmente o estado do rolamento para identificar sinais de desgaste ou danos.

Seguir este ciclo de manutenção ajuda a prevenir falhas prematuras e a manter o equipamento funcionando de maneira eficiente.

FALHAS TERMICAS EM ROLAMENTOS

Falhas térmicas em rolamentos ocorrem quando há um desequilíbrio na dissipação de calor, resultando em superaquecimento. O calor excessivo pode ser gerado por vários fatores, como atrito inadequado, lubrificação deficiente, carga excessiva ou desalinhamento do rolamento. Quando o rolamento opera acima da temperatura recomendada, os componentes internos, como esferas e anéis, podem se expandir, alterando as folgas internas e causando fadiga acelerada. Além disso, o calor pode degradar a qualidade do lubrificante, aumentando o atrito e agravando o problema.

Alguns sinais de falha térmica em rolamentos incluem:

12.0 - Descoloração: O excesso de calor pode causar uma coloração azulada ou preta nos componentes do rolamento.

12.1 - Deformação: As altas temperaturas podem deformar as superfícies de contato, gerando vibrações e ruídos anormais.

12.2 - Fissuras ou trincas: A exposição prolongada ao calor pode gerar microfissuras, comprometendo a integridade estrutural.

12.3 - Queima do lubrificante: O lubrificante pode carbonizar, perdendo suas propriedades de proteção e aumentando o atrito.

Para evitar falhas térmicas, é essencial garantir uma lubrificação adequada, manter o alinhamento correto e monitorar as temperaturas durante o funcionamento, usando tecnologias como sensores IoT, que podem fornecer dados em tempo real.



Acima exemplo de acompanhamento termografico em um rolamento, após algumas semanas ativo em alta temperatura foi necessário substituição.

FALHAS PROVOCADAS POR INCOMPATIBILIDADE DE MATERIAIS

A incompatibilidade de materiais ocorre quando os materiais usados nos rolamentos ou em seus componentes associados não são adequados para as condições de operação. Isso pode incluir fatores como temperatura, umidade, exposição a substâncias químicas corrosivas, ou até mesmo cargas e velocidades específicas. Por exemplo, se um rolamento for feito de um material que não possui resistência adequada à corrosão em ambientes úmidos ou químicos, ele pode se desgastar mais rapidamente ou até falhar prematuramente. Da mesma forma, materiais que não suportam as tensões ou fricções impostas podem sofrer danos por desgaste acelerado, levando a falhas mecânicas.

A escolha incorreta dos materiais também pode resultar em problemas como degradação por abrasão, oxidação ou até reações químicas inesperadas, comprometendo a longevidade do rolamento. Por isso, é essencial considerar tanto o ambiente quanto as exigências operacionais ao selecionar materiais para garantir a durabilidade e o desempenho esperados.

FALTA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO

A falta de monitoramento contínuo em equipamentos industriais representa um risco significativo para a confiabilidade e o desempenho dos sistemas. Sem o uso de sistemas que acompanhem parâmetros críticos, como vibração, temperatura, pressão e desgaste, as falhas podem passar despercebidas até atingirem um estágio avançado, tornando-as mais difíceis e custosas de reparar. Esse tipo de monitoramento permite a detecção precoce de falhas incipientes, o que possibilita a tomada de decisões preventivas e a implementação de manutenções preditivas. Sem essa visibilidade, as falhas podem ocorrer de forma inesperada, resultando em paradas não programadas, prejuízos financeiros e até riscos à segurança operacional.

Como mencionado anteriormente, o uso de tecnologias como sensores IoT, por exemplo, pode melhorar esse cenário, fornecendo dados em tempo real e permitindo uma análise contínua das condições de operação dos equipamentos.

OS SENSORES DA DYNAMOX EM CAMPO

Os sensores IoT da Dynamox representam uma inovação tecnológica de grande impacto para o monitoramento de ativos industriais, com destaque para a aplicação em rolamentos. Utilizando-se de sensores como os Dynasensors, é possível realizar um monitoramento contínuo e preciso das condições operacionais de equipamentos críticos, permitindo a detecção precoce de falhas e evitando paradas não planejadas.

O papel dos sensores IoT no monitoramento industrial

Os sensores IoT (Internet of Things) são dispositivos que, conectados à internet, permitem a coleta, processamento e transmissão de dados em tempo real sobre o estado de máquinas e equipamentos. Eles são fundamentais em estratégias de manutenção preditiva, onde a análise de dados permite prever falhas antes que ocorram, aumentando a confiabilidade e disponibilidade dos ativos.

A Dynamox desenvolveu soluções completas de monitoramento utilizando sensores IoT que capturam dados críticos, como vibração, temperatura e aceleração. Esses parâmetros são fundamentais para a análise de falhas em rolamentos, uma das principais causas de paradas em equipamentos rotativos.

Monitoramento de rolamentos com os sensores IoT da Dynamox

Os rolamentos estão entre os componentes mais utilizados em máquinas rotativas e também são os mais suscetíveis a falhas devido às condições severas de operação, como alta carga, velocidade e temperatura. O monitoramento tradicional de rolamentos costuma ser feito por meio de inspeções periódicas, que podem não ser suficientes para detectar problemas incipientes.

Com os sensores IoT da Dynamox, é possível realizar um monitoramento em tempo real, o que oferece uma série de vantagens:

13.0 - Coleta contínua de dados: Os sensores, como o Dynasensor, monitoram constantemente os rolamentos, fornecendo dados de vibração e temperatura em tempo real. Isso elimina a necessidade de inspeções manuais frequentes e possibilita a detecção precoce de problemas.

13.1 - Análise de vibrações: O comportamento vibracional de um rolamento é um indicador chave de seu estado de saúde. Pequenas variações nos padrões de vibração podem indicar desgaste nos componentes, desalinhamento, falta de lubrificação ou até mesmo rachaduras. O sensor IoT da Dynamox identifica essas alterações e envia alertas antes que a falha ocorra, permitindo uma manutenção planejada.

13.2 - Monitoramento da temperatura: O aumento na temperatura de um rolamento geralmente indica falhas como sobrecarga ou lubrificação inadequada. Com a instalação de sensores IoT, a temperatura é monitorada continuamente, alertando sobre qualquer elevação incomum e permitindo ações corretivas.

13.3 - Detecção de falhas incipientes: Um dos grandes diferenciais dos sensores IoT é a capacidade de identificar problemas em fases iniciais. Vibrações anômalas e elevações de temperatura são os primeiros sinais de desgaste nos rolamentos. Com a análise em tempo real, esses sinais são capturados precocemente, evitando falhas catastróficas.

Aplicações práticas

Em indústrias como papel e celulose, mineração, siderurgia e alimentos, os rolamentos são fundamentais para o bom funcionamento de equipamentos como ventiladores, redutores, transportadores de correia e motores. Nesses ambientes, a instalação dos sensores IoT da Dynamox trouxe benefícios tangíveis:

13.4 - Redução de custos de manutenção: A manutenção preditiva, possibilitada pelo monitoramento contínuo, evita falhas catastróficas que poderiam gerar altos custos de reparo e perda de produção.

13.5 - Aumento da vida útil dos rolamentos: O monitoramento constante permite a identificação de pequenos problemas, como falta de lubrificação, que podem ser corrigidos antes de causar danos permanentes ao rolamento.

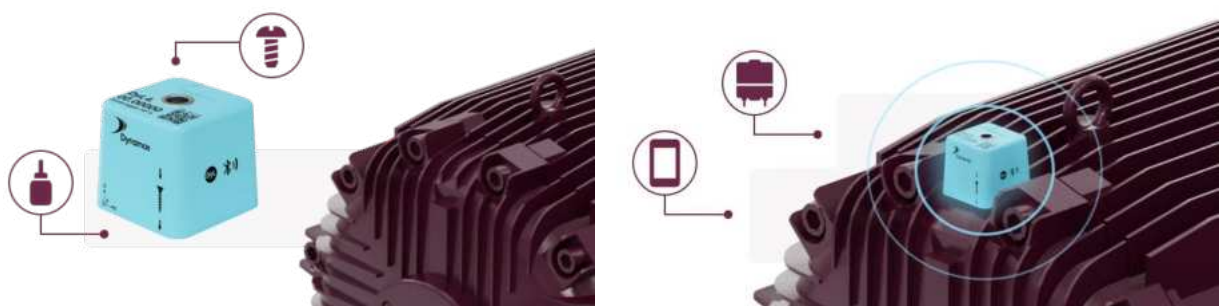
13.6 - Maior disponibilidade de máquinas: Ao eliminar falhas inesperadas, a produção se torna mais contínua e eficiente, maximizando a disponibilidade dos equipamentos.

Integração com plataformas de análise

Os sensores IoT da Dynamox não se limitam apenas à coleta de dados; eles também integram-se com plataformas de análise de dados, permitindo uma interpretação avançada das informações coletadas. Essas plataformas utilizam algoritmos que identificam tendências e padrões, fornecendo insights detalhados sobre o estado dos rolamentos e outros componentes.

Esses insights ajudam as equipes de manutenção a tomar decisões mais informadas, planejando intervenções antes que uma falha ocorra e garantindo a confiabilidade dos ativos.

O uso de sensores IoT da Dynamox para o monitoramento de rolamentos é uma solução tecnológica que transforma o modo como a manutenção industrial é realizada. A capacidade de monitorar ativos em tempo real, identificar falhas precoces e aumentar a vida útil dos equipamentos trazem melhorias significativas para a eficiência operacional e reduzem custos. Para indústrias que dependem de rolamentos em suas operações críticas, os sensores IoT são uma ferramenta indispensável para garantir a continuidade e confiabilidade dos processos.



DYNAGATEWAY

O Dynagateway é uma solução da Dynamox voltada para a conectividade de sensores de monitoramento industrial, como os Dynasensors. Ele atua como uma ponte entre os sensores e a nuvem, facilitando a coleta e o envio de dados em tempo real. Esses dados são relacionados a vibrações, temperaturas e outros parâmetros críticos de máquinas e equipamentos industriais.

O Dynagateway permite a comunicação sem fio e de longa distância com os sensores, viabilizando o monitoramento contínuo e remoto de ativos em plantas industriais. Com isso, empresas podem detectar falhas potenciais antes que causem paradas inesperadas, otimizando a manutenção preditiva e aumentando a eficiência operacional.

Em conjunto com a plataforma DynaPredict, o Dynagateway possibilita a visualização e análise dos dados coletados, gerando insights que ajudam na tomada de decisões mais informadas e rápidas sobre a condição dos equipamentos monitorados.



CORROSÃO POR CONTATO

A corrosão por contato em rolamentos ocorre quando há a interação entre superfícies metálicas em contato, geralmente em situações onde há vibração ou micromovimentos entre as partes. Esse tipo de corrosão é conhecido como fretting corrosion e acontece com frequência em rolamentos quando o lubrificante é inadequado ou insuficiente, permitindo o contato direto entre os componentes metálicos, como os elementos rolantes e as pistas.

As principais causas dessa corrosão incluem:

14 0 - Falta de lubrificação adequada: Sem a película de óleo ou graxa, há atrito entre as superfícies, causando desgaste e oxidação.

14.1 - Vibrações e movimentos relativos: Pequenos movimentos entre as partes do rolamento, como durante a operação em baixa rotação ou quando o equipamento está parado, podem gerar pontos de contato repetitivo e danos.

14.2 - Contaminação: Presença de partículas abrasivas, como poeira ou umidade, pode acelerar o processo de corrosão por contato.

As consequências da corrosão por contato incluem o desgaste prematuro do rolamento, diminuição da vida útil do componente, além de ruído excessivo e falhas prematuras. Para evitar esse problema, é importante realizar inspeções regulares, garantir a lubrificação adequada e monitorar vibrações e possíveis desalinhamentos nos equipamentos.



Imagens retiradas do site da NSK.

DESALINHAMENTO DE EIXOS

O desalinhamento de eixo e a falta de aperto nas buchas de um rolamento autocompensador de duas carreiras de rolo podem causar uma série de falhas críticas. Em um caso específico que irei demonstrar mais abaixo, onde a roldana deslocou sentido axial e desprende o eixo da bucha de fixação do rolamento, o desalinhamento e falta de aperto pode-se observar as seguintes consequências:

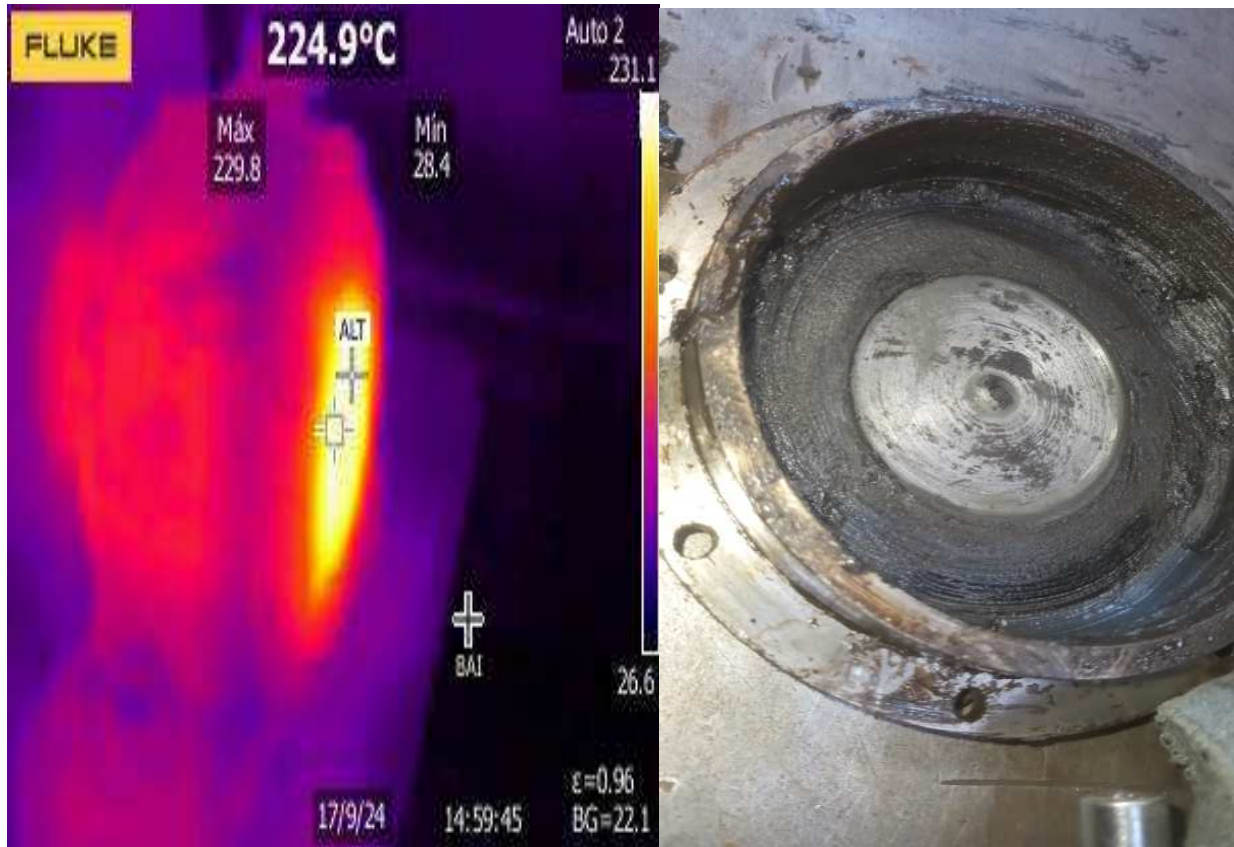
15.0 - Desgaste prematuro no rolamento: O desalinhamento leva a uma distribuição desigual de carga nos rolos, fazendo com que alguns rolos suportem mais peso que outros. Isso aumenta o desgaste em pontos localizados do rolamento, causando danos prematuros à pista e aos elementos rolantes.

15.1 - Aquecimento anormal: A falta de aperto adequado nas buchas faz com que o rolamento se mova levemente durante a operação. Isso cria uma condição onde o rolamento pode girar dentro de sua sede ou eixo, gerando atrito excessivo e aquecimento anormal. Esse calor pode acelerar a degradação do lubrificante, levando à falta de lubrificação.

15.2 - Oscilações e vibrações: A falha no aperto das buchas também pode causar vibrações, pois o rolamento não estará devidamente fixado. O movimento adicional resultante disso coloca ainda mais pressão sobre os componentes, ampliando o risco de falhas estruturais.

15.3 - Falhas de vedação: Como o rolamento não está fixo adequadamente, pode haver comprometimento nas vedações, permitindo a entrada de contaminantes, como poeira ou umidade. Isso afeta ainda mais o desempenho e a vida útil do rolamento.

A falha crítica que surge é a parada de operação do equipamento, pois o desgaste acentuado e a elevação de temperatura podem culminar na quebra do rolamento, travamento ou até mesmo no rompimento do tambor ou outros componentes do sistema, resultando em danos severos e caros ao equipamento e sua estrutura.





Nesse cenário específico, a falta de aperto nas buchas permitiu que o eixo se deslocasse axialmente, gerando uma série de problemas. Esse movimento axial pode ter causado uma pressão indevida sobre a roldana, que, ao ceder, transferiu forças adicionais para o rolamento oposto. Esse desequilíbrio de forças levou ao colapso do rolamento oposto, culminando em uma falha catastrófica.

A falha no aperto das buchas, ao permitir o deslocamento do eixo, aumenta consideravelmente as tensões nos rolamentos e componentes adjacentes. O eixo deslocado provoca desalinhamento severo, que por sua vez cria uma sobrecarga no rolamento do lado oposto, resultando em ruptura. Esse tipo de falha não só interrompe a operação, mas também pode danificar outras partes da máquina, como a carcaça, vedação e até a roldana.

Para evitar isso, é crucial garantir o correto torque nas buchas durante a montagem e realizar monitoramentos periódicos da fixação, alinhamento do eixo e das condições de operação dos rolamentos, para evitar deslocamentos axiais e sobrecargas.

FALHA NA MONTAGEM I

A perda devido a uma parada não programada para manutenção pode ser significativa e afeta diversos aspectos operacionais e financeiros da empresa. Quando um equipamento falha inesperadamente, como no caso que você relatou, os impactos incluem:

16.0 - Tempo de parada elevado: O tempo necessário para identificar o problema, desmontar, substituir ou reparar peças, e remontar o equipamento pode ser extenso. Isso resulta em horas ou até dias de produção perdida, dependendo da complexidade do conserto.

16.1 - Aumento dos custos de manutenção: Manutenções emergenciais são geralmente mais caras do que as programadas, pois exigem recursos adicionais, como técnicos de prontidão, reposição de peças sobressalentes e, em alguns casos, trabalho em turnos extras para acelerar o reparo.

16.2 - Impacto na produção: Paradas não programadas interrompem o fluxo de produção, o que pode gerar gargalos e atrasos no atendimento de prazos e entregas, além de criar um efeito cascata em outras áreas dependentes do equipamento que parou. Isso pode resultar em multas contratuais ou até na perda de contratos e clientes.

16.3 - Perda de material e eficiência: Muitas vezes, as paradas bruscas podem gerar perda de produtos ou materiais em processamento, que ficam parados ou se deterioram. Além disso, o reestabelecimento da operação após o reparo pode exigir tempo para que a linha retome sua eficiência máxima.

16.4 - Custo de oportunidade: Durante o período em que o equipamento está parado, a empresa perde oportunidades de produzir, vender e gerar receita. Esse tempo parado afeta diretamente o lucro e a competitividade da empresa, especialmente em indústrias onde margens de tempo e produção são críticas.

16.5 - Riscos operacionais adicionais: A execução de manutenções de emergência pode expor os colaboradores a condições de trabalho mais intensas ou perigosas, devido à pressão para restabelecer a operação rapidamente, o que pode aumentar o risco de acidentes.





USO PROLONGADO DE ROLAMENTOS

O desgaste, a quebra da bucha e a utilização prolongada de rolamentos estão fortemente associados a condições adversas de operação, lubrificação inadequada e a ausência de manutenção preventiva, fatores que aceleram falhas e prejudicam o desempenho dos sistemas mecânicos.

Desgaste da bucha:

A bucha desempenha um papel essencial no alinhamento e suporte do eixo dentro do rolamento. Com o tempo, a superfície interna da bucha sofre uma perda gradual de material, criando folgas excessivas que reduzem sua eficiência no suporte de cargas, o que pode levar a vibrações, desalinhamento e falhas no conjunto.

Principais fatores do desgaste:

Uso prolongado: Quando um equipamento opera por muito tempo sem manutenção, o desgaste da bucha é inevitável, resultando em fadiga dos materiais.

Falta de lubrificação: A ausência de lubrificação apropriada gera atrito excessivo entre a bucha e o eixo, promovendo abrasão e a consequente remoção de material.

Cargas elevadas: O sobrepeso contínuo no rolamento provoca uma pressão excessiva na bucha, acelerando o processo de desgaste.

Desalinhamento: Caso o eixo e o rolamento não estejam devidamente alinhados, o desgaste da bucha tende a ocorrer de forma localizada, levando a falhas mais graves.

Quebra da bucha:

A ruptura da bucha é uma falha crítica, normalmente decorrente de um desgaste avançado ou da aplicação de cargas excessivas ou choques mecânicos. Quando a bucha se rompe, o eixo perde suporte, o que pode comprometer todo o sistema do rolamento.

Fatores que causam a quebra:

Desgaste extremo: Se o desgaste não for detectado e tratado, a bucha pode se afinar tanto que se tornará incapaz de suportar a carga, resultando na sua ruptura.

Impactos repetitivos e vibrações: Condições operacionais com alta incidência de choques mecânicos podem criar microfissuras na bucha, que com o tempo evoluem para uma falha total.

Material inadequado: Buchas feitas com materiais de baixa resistência, ou com tratamentos térmicos deficientes, têm maior propensão a quebrar.

Deslizamento e fadiga:

Outro problema recorrente é o deslizamento dos corpos rolantes aliado à fadiga localizada. O deslizamento, causado por falhas na lubrificação ou na distribuição de cargas, costuma polir as pistas, deixando-as com um aspecto brilhante, indicando desgaste.

A fadiga localizada acontece quando a carga se concentra em uma área específica da pista, causando pequenas fissuras e descamações. Se não corrigida, a fadiga se intensifica e compromete a estrutura do rolamento, exigindo sua substituição.

Indícios de falhas:

Brilho nas pistas: A superfície polida nas pistas sugere deslizamento, geralmente causado pela falta de lubrificação ou má distribuição de carga.

Perda de material: Ocorre nas áreas de maior atrito, indicando desgaste abrasivo por longos períodos de operação sem manutenção adequada.

Descamações e fissuras: São sinais de fadiga, onde o material se solta devido ao estresse mecânico, comprometendo a integridade da pista.

Folgas excessivas: O desgaste tanto da bucha quanto das pistas resulta em um espaço excessivo, provocando falhas operacionais.

Uso prolongado:

O uso prolongado sem a devida manutenção intensifica o desgaste e a fadiga dos componentes. Com o tempo, a corrosão, o aumento das folgas e a geração de ruídos tornam-se evidentes, indicando que o rolamento já está operando em condições críticas. Vibrações e aumento da temperatura também são indicativos de desgaste avançado.

Prevenção:

Para evitar problemas como desgaste acelerado, quebra de buchas e falhas por deslizamento e fadiga, é essencial:

Realizar manutenção preventiva: Inspeções periódicas e substituição de peças desgastadas antes que atinjam níveis críticos aumentam a durabilidade do sistema.

Corrigir desalinhamentos: Verificar o alinhamento do eixo e rolamento previne tensões excessivas e prolonga a vida útil da bucha.

Aplicar lubrificação adequada: Usar o lubrificante correto diminui o atrito e previne o desgaste excessivo dos componentes.

Monitorar constantemente: O uso de sistemas de monitoramento, como sensores de vibração e temperatura, permite detectar sinais de falhas antes que elas se agravem.

Portanto, tanto o desgaste quanto a quebra da bucha, aliados ao deslizamento e à fadiga, são falhas que podem ser mitigadas com um bom plano de manutenção e monitoramento. Ignorar essas práticas eleva o risco de falhas catastróficas, que podem aumentar os custos de reparo e comprometer a operação do sistema.





GAMBIARRAS

A utilização de enxertos para compensar o desgaste em mancais e no assentamento de rolamentos é uma prática incorreta e perigosa, que pode levar a diversas falhas e até mesmo acidentes. Apesar de parecer uma solução rápida e barata, essa gambiarra pode trazer sérias consequências a longo prazo.

Por que essa prática é incorreta?

Desalinhamento: O uso de enxertos, como chapas ou papelão, impede o correto assentamento do rolamento no mancal, causando desalinhamento. Isso aumenta o atrito e a vibração, reduzindo a vida útil do rolamento e podendo danificar outros componentes da máquina.

Folga excessiva: A folga criada pelo enxerto compromete a precisão do movimento e a capacidade de carga do rolamento. Isso pode levar a vibrações excessivas, ruídos e até mesmo a falha prematura do rolamento.

Dificuldade de lubrificação: O enxerto pode impedir a correta lubrificação do rolamento, aumentando o atrito e o desgaste.

Superaquecimento: O atrito excessivo causado pelo desalinhamento e pela falta de lubrificação gera calor, o que pode levar ao superaquecimento do rolamento e do mancal, causando danos permanentes.

Risco de acidentes: Em casos extremos, a falha do rolamento pode causar o travamento da máquina ou o desprendimento de peças, colocando em risco a segurança dos operadores.

Quais os perigos e falhas?

Falha prematura do rolamento: O desalinhamento, a folga excessiva e a falta de lubrificação aceleram o desgaste do rolamento, reduzindo sua vida útil.

Danos ao mancal: O atrito excessivo e o superaquecimento podem danificar o mancal, exigindo reparos ou até mesmo a substituição da peça.

Vibrações e ruídos: O desalinhamento e a folga excessiva causam vibrações e ruídos excessivos, o que pode prejudicar o desempenho da máquina e causar desconforto aos operadores.

Paradas não planejadas: A falha do rolamento pode levar a paradas não planejadas da máquina, causando prejuízos financeiros e atrasos na produção.

Acidentes: Em casos extremos, a falha do rolamento pode causar acidentes graves, com risco de lesões para os operadores.

Qual a solução correta?

A solução correta para o desgaste em mancais e o assentamento do rolamento é a recuperação ou substituição do mancal. Essa medida garante o correto funcionamento do rolamento, evitando os problemas e riscos mencionados anteriormente.

Em alguns casos, é possível recuperar o mancal através de técnicas como a metalização, a soldagem ou a usinagem. No entanto, se o desgaste for muito severo, a substituição do mancal é a única opção.

Lembre-se: a segurança e a confiabilidade da sua máquina dependem da correta manutenção dos seus componentes. Não utilize gambiarras! Invista na manutenção preventiva e na substituição de peças desgastadas para garantir a eficiência e a segurança da sua operação.



FALHA NA MONTAGEM II

Na imagem destaque que o anel de aperto do rolamento está montado invertido. Isso é um erro bastante incomum na montagem de rolamentos, e pode levar a uma série de problemas, como:

Desalinhamento: O anel de aperto, quando invertido, não consegue se assentar corretamente no rolamento, o que causa desalinhamento. Isso aumenta o atrito e pode levar ao desgaste prematuro do rolamento e de outras peças da máquina.

Folga excessiva: A inversão do anel de aperto também pode resultar em folga excessiva no rolamento. Essa folga pode causar vibrações, ruídos e até mesmo a falha do rolamento.

Dificuldade na lubrificação: Com o anel de aperto invertido, a graxa pode não conseguir atingir todas as partes do rolamento, o que leva à falta de lubrificação e ao aumento do atrito.

Superaquecimento: O atrito excessivo causado pelo desalinhamento e pela falta de lubrificação pode levar ao superaquecimento do rolamento, o que pode danificá-lo permanentemente.

Consequências da montagem incorreta:

As consequências da montagem incorreta do rolamento podem variar de acordo com a aplicação e a gravidade do erro. Em alguns casos, o rolamento pode funcionar por um tempo, mas com desempenho reduzido e vida útil menor. Em outros casos, a falha pode ser imediata e catastrófica, causando danos a outras partes da máquina e até mesmo acidentes.

Recomendações:

Seguir as instruções do fabricante: É fundamental seguir as instruções do fabricante para a montagem do rolamento. Essas instruções geralmente incluem informações sobre a orientação correta do anel de aperto e outros componentes.

Utilizar ferramentas adequadas: A montagem do rolamento deve ser feita com ferramentas adequadas, como um saca-rolamentos e um martelo de borracha. O uso de ferramentas inadequadas pode danificar o rolamento e dificultar a montagem.

Verificar a montagem: Após a montagem, é importante verificar se o rolamento está girando livremente e sem folga excessiva. Também é importante verificar se o anel de aperto está corretamente posicionado.

Lubrificar o rolamento: O rolamento deve ser lubrificado de acordo com as instruções do fabricante. A lubrificação adequada é essencial para o bom funcionamento e a longa vida útil do rolamento.



BUCHA FROUXA

Uma bucha cônica frouxa em um rolamento pode causar o deslocamento axial do rolamento no eixo, gerando graves consequências. Isso ocorre porque a bucha cônica tem a função de fixar o rolamento no eixo, e se ela estiver frouxa, o rolamento pode se mover axialmente, o que leva a um contato irregular entre as superfícies do rolamento e do mancal. Esse contato irregular gera atrito excessivo e, conseqüentemente, as marcas e arranhões que você observou no mancal.

Consequências do deslocamento axial e dos arranhões:

Desgaste prematuro do rolamento: O desalinhamento e o atrito excessivo aceleram o desgaste do rolamento, diminuindo sua vida útil.

Danos ao eixo e outros componentes: O rolamento deslocado pode entrar em contato com outras partes da máquina, causando danos.

Vibração e ruído: O movimento axial do rolamento e o atrito gerado pelos arranhões podem causar vibração e ruído excessivos.

Falha do rolamento: Em casos extremos, o deslocamento axial e os danos causados pelos arranhões podem levar à falha do rolamento.

Perda de eficiência: O atrito excessivo causado pelos arranhões aumenta a resistência ao movimento, o que reduz a eficiência da máquina e aumenta o consumo de energia.

Causas da bucha cônica frouxa:

Montagem inadequada: A bucha cônica pode não ter sido apertada o suficiente durante a montagem, ou a ferramenta de aperto pode não ser a adequada.

Desgaste: Com o tempo, a bucha cônica e o eixo podem sofrer desgaste, o que leva ao afrouxamento.

Vibração: A vibração excessiva pode afrouxar a bucha cônica.

Temperatura: Variações de temperatura podem causar expansão e contração dos componentes, o que pode afrouxar a bucha cônica.

Soluções:

Reapertar a bucha cônica: Reaperte a bucha cônica com a ferramenta adequada e o torque especificado pelo fabricante. Utilize um torquímetro para garantir o aperto correto.

Substituir a bucha cônica: Se a bucha cônica estiver desgastada ou danificada, ela deve ser substituída por uma nova.

Substituir o rolamento: Se o rolamento estiver danificado devido ao deslocamento axial e aos arranhões, ele também deve ser substituído.

Melhorar a lubrificação: Uma lubrificação adequada pode ajudar a reduzir o atrito e o desgaste, o que pode ajudar a prevenir o afrouxamento da bucha cônica e minimizar os danos causados pelos arranhões. Utilize o lubrificante recomendado pelo fabricante e siga o cronograma de lubrificação.

Reduzir a vibração: Se a vibração for um problema, identifique a causa e tome medidas para reduzi-la. Isso pode incluir o balanceamento do rotor, o alinhamento do eixo, a fixação adequada da máquina, entre outras medidas.

Recomendações:

Inspecionar regularmente os mancais: Inspeção os mancais regularmente para verificar se há sinais de desgaste, folga ou danos, como os arranhões mencionados.

Seguir as recomendações do fabricante: Ao montar e manter os mancais, siga rigorosamente as recomendações do fabricante.

Utilizar ferramentas adequadas: Utilize as ferramentas adequadas para evitar danos aos componentes durante a manutenção.

Manter registros de manutenção: Mantenha registros detalhados de todas as atividades de manutenção realizadas nos mancais, incluindo data, tipo de serviço, peças substituídas e observações sobre o estado dos componentes.

Lembre-se que a segurança é fundamental ao realizar qualquer tipo de manutenção em máquinas.



DESALINHAMENTO DE MANCAIS E EIXOS

Um mancal desalinhado horizontalmente em contato com o eixo pode causar uma série de problemas que afetam tanto a eficiência do sistema quanto a integridade dos componentes. Quando um mancal não está alinhado corretamente na direção horizontal, isso resulta em uma distribuição irregular da carga sobre o eixo. Esse desalinhamento pode ser causado por diversas razões, como erros de instalação, desgaste ao longo do tempo, vibrações excessivas ou até mesmo flutuações térmicas que afetam a estrutura do equipamento.

Efeitos do Desalinhamento Horizontal:

17.1 - Desgaste Acelerado: O contato inadequado entre o mancal e o eixo gera atrito excessivo em áreas específicas, levando a um desgaste acelerado. Isso pode resultar em sulcos ou marcas na superfície do eixo, comprometendo sua funcionalidade.

17.2 - Aumento da Temperatura: O atrito gerado pelo desalinhamento provoca um aumento de temperatura nos componentes. Temperaturas elevadas podem degradar o lubrificante, reduzindo sua eficácia e aumentando ainda mais o atrito.

17.3 - Vibrações: O desalinhamento horizontal pode gerar vibrações excessivas no sistema, o que não apenas afeta a operação do equipamento, mas também pode causar danos a outros componentes adjacentes.

17.4 - Falhas Prematuras: Com o tempo, o desgaste e as vibrações podem levar a falhas prematuras tanto no rolamento quanto no eixo. Isso pode resultar em paradas inesperadas e custos elevados com manutenção e substituição de peças.

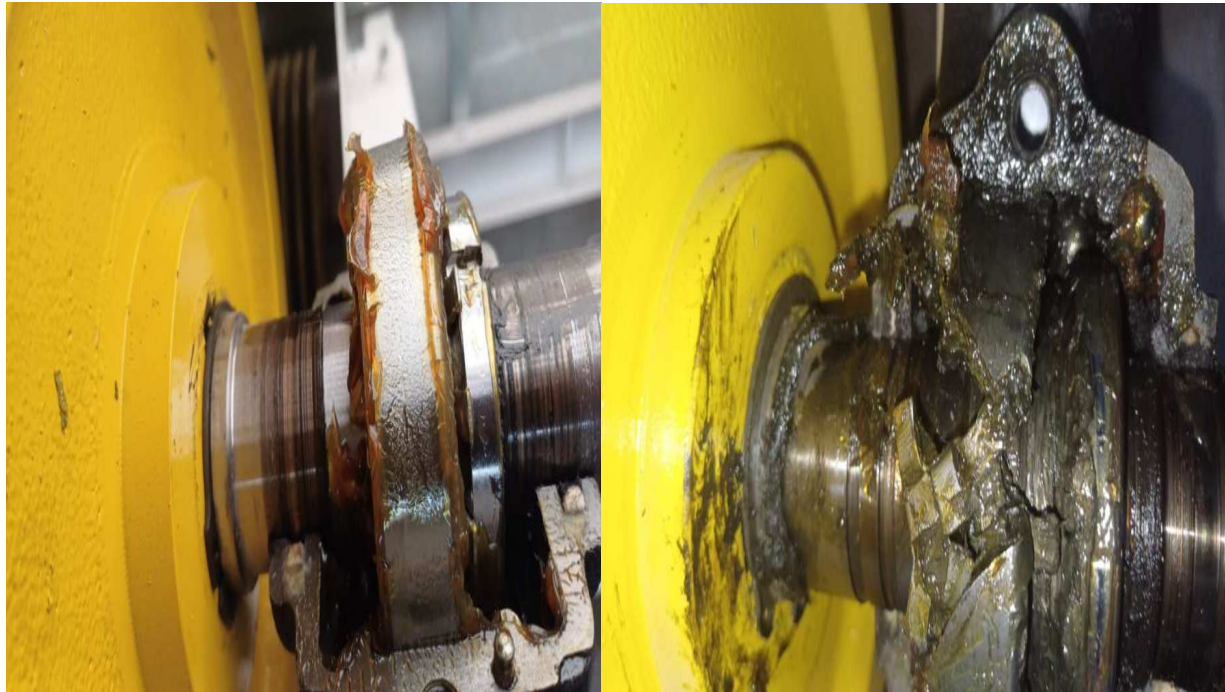
Prevenção e Correção:

Para evitar problemas relacionados ao desalinhamento horizontal, é importante seguir algumas práticas recomendadas:

- **Instalação Adequada:** Garantir que os mancais sejam instalados corretamente, utilizando ferramentas apropriadas para verificar o alinhamento durante a montagem.
- **Monitoramento Regular:** Realizar inspeções periódicas para detectar sinais de desalinhamento ou desgaste. Ferramentas como alinhadores a laser podem ser muito úteis nesse processo.
- **Manutenção da Lubrificação:** Assegurar que os rolamentos estejam sempre bem lubrificados para minimizar o atrito e dissipar calor.
- **Análises de Vibração:** Implementar um programa de monitoramento por vibração para detectar problemas antes que se tornem críticos.

O desalinhamento horizontal dos mancais em contato com o eixo é uma

condição que deve ser tratada com seriedade. A manutenção proativa e o monitoramento regular são essenciais para garantir a longevidade do sistema e evitar falhas dispendiosas.



Agradecimentos

Gostaria de expressar meus mais sinceros agradecimentos a todos os profissionais que contribuíram para o sucesso do desenvolvimento deste livro. Foram meses de dedicação, selecionando e organizando o melhor conteúdo para oferecer a vocês.

Apesar do pouco tempo que atuo na área, tenho me aprofundado cada dia mais no universo da manutenção, e vocês, colegas de profissão, são a fonte de inspiração que sempre busquei manter por perto.

Agradeço especialmente àqueles que colaboraram com imagens e materiais que enriqueceram o conteúdo deste livro. Sua generosidade foi fundamental para tornar este projeto ainda mais completo.

Aproveito também para convidá-los a participar dos nossos canais de estudo e compartilhamento de conhecimento:

Escola do Mecânico - <https://t.me/escoladomecanico>

Mecânica Industrial Arquivos - <https://t.me/MecanicaIndustrialArquivos>.

Desde o início do projeto destes canais, meu objetivo sempre foi divulgar conteúdos que promovam o aperfeiçoamento profissional. Por meio do aprendizado constante, procuro aplicar os conhecimentos adquiridos e incentivar outros jovens a buscarem sempre o seu melhor.

Um grande abraço a todos, e muito obrigado por fazerem parte desta jornada!