



O diagnóstico Perito SNR:
Análise e Preconizações para otimizar
a vida dos rolamentos.

SNR - Industry



Como reconhecer as avarias?



Aspectos dos rolamentos avaliados

Este documento contém informações técnicas e não deve ser usado para fins de diagnóstico ou reparação sem a assistência adequada de um técnico qualificado.

Estes clichês são representativos de avarias correntes. Devem ser comparados com o quadro de diagnósticos rápido situado no interior da contracapa. Cada número da foto corresponde ao capítulo onde esta avaria é detalhada.

1 Escamações



5 Desgaste -
Marcações
por corpos
estranhos



2 Gripagem



6 Crateras e
estrias



3 Marcações em
corpos rolantes
por deformação
ou arrancamento
de metal



7 Manchas de
golpes -
Fissuras -
Quebras



4 Vibrações



8 Corrosão
de contato



9 Corrosão -
Oxidação



10 Deterioração
de gaiolas



Nota: A coloração é a 11ª avaria identificada por nossos serviços. Relativamente rara e pouco relacionada ao funcionamento, ela não será tratada neste documento.

Como diagnosticar rapidamente uma anomalia?

Neste quadro, você encontrará à esquerda os "sintomas" observáveis nos rolamentos (após desmontagem e avaliação). Na coluna da direita, você terá uma primeira noção das causas prováveis da anomalia. Para saber mais e para afinar seu diagnóstico, consulte as próximas páginas, nas quais os capítulos são classificados por anomalia.

Anomalias verificadas em funcionamento

-  Vibração
-  Elevação de temperatura
-  Ruído
-  Torque de rotação

		Deteriorações observadas após desmontagem									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Escamações	Gripagem	Marcações em corpos rolantes por deformação ou arrancamento de metal	Vibrações	Desgaste/Marcações por corpos estranhos	Crateras e estrias	Marcas de golpes - Fissuras - Quebras	Corrosão de contato	Corrosão - Oxidação	Deterioração das gaiolas
Origem das deteriorações ou defeitos	Montagem										
	• Falta de cuidado 			●		●		●			
	• Golpes 			●				●			●
	• Defeitos nos alojamentos ou apoios	●	●								●
	• Ajuste apertado demais 	●	●								●
	• Ajuste livre demais								●		
	• Desalinhamento 	●									●
	Funcionamento										
	• Sobrecarga radial 	●									
	• Sobrecarga axial 	●	●			●					●
	• Vibrações 				●						●
	• Velocidade excessiva 		●								●
	Meio Ambiente										
	• Temperatura baixa demais										
	• Temperatura elevada demais		●								●
	• Passagem de corrente elétrica 				●		●				
	• Contaminação da água	●								●	
	• Poluição por poeira					●					
	Lubrificação										
	• Lubrificação inadequada  	●									●
• Falta de lubrificante 	●	●								●	
• Excesso de lubrificante  		●									

A coloração é a 11ª avaria identificada por nossos serviços. Origem das deteriorações ou defeitos: ajuste apertado demais (montagem), sobrecarga axial e velocidade excessiva (funcionamento), temperatura muito elevada (meio ambiente), excesso de lubrificante (lubrificação).

Sumário

Introdução

Saber para prever	p.2
-------------------------	-----

Por que ocorre uma avaria?

Como detectar as avarias, como bem identificá-las?	p.4
Classificação das causas das avarias dos rolamentos	
Causas de avarias externas aos rolamentos	
Como detectar as avarias nascentes?	p.5-6
Sinais externos de deterioração	
Interpretação dos sinais externos	
Controle preventivo - métodos e meios	
Identificação das avarias: métodos e procedimentos	p.7
Como proceder?	

Análise de casos concretos

1. Escamações	p.8-13
2. Gripagem	p.14-15
3. Marcações de corpos rolantes por deformação ou arrancamento de metal.....	p.16-17
4. Vibrações	p.18-19
5. Desgaste - Marcações de corpos estranhos	p.20
6. Crateras e estrias	p.21
7. Marcas de golpes - Fissuras - Quebras	p.22-23
8. Corrosão de contato	p.24
9. Corrosão - Oxidação	p.25
10. Deterioração das gaiolas	p.26-27
Incidências de mau posicionamento des zonas de cargas	p.28-31



Saber para prever



O presente documento se destina a todos que podem se confrontar à avaria de um rolamento, mas também e sobretudo àqueles que desejam preveni-la. O rolamento sendo por natureza uma peça escondida, a detecção e a prevenção destas rupturas supõem um conhecimento profundo de sua estrutura, de suas contingências e de sinais externos suscetíveis a sinalar um defeito.

O rolamento eterno não existe

*Por mais perfeita que seja sua geometria, por mais performante que seja seu aço, **um rolamento tem uma duração de vida limitada.***

Esta é naturalmente variável de um rolamento ao outro e está inserida no cálculo de probabilidade, que nossos centros de estudos determinam para cada aplicação.

Cada rolamento, segundo seu domínio de utilização, a dificuldade de sua reposição, os incidentes que impliquem em sua ruptura que não seja programada para a mesma longevidade.

É essencial considerar estes pontos antes de falar de "avaria".



Desgaste e fadiga: duas noções que não devem ser confundidas



*Se compararmos a vida de um rolamento com a de um ser humano, podemos considerar que **a ruptura por fadiga é uma "morte natural"**, na ordem das coisas: tendo sofrido as cargas e as contingências às quais ele foi destinado, o rolamento, num prazo conforme suas especificações, deve ser substituído. Não há avaria, mas fadiga.*

Os centros de testes SNR medem esta fadiga graças às leis estatísticas que calculam a probabilidade de duração de vida de um rolamento.

*Mas um rolamento pode ter sua vida repentinamente encurtada. **Um fenômeno, freqüentemente de origem externa, provoca uma degradação.** É este o tipo de problema que trataremos aqui. Bem como uma doença, o desgaste anormal de um rolamento pode ter uma evolução lenta ou fulminante. Ela apresenta também sintomas mais ou menos fáceis de detectar.*

A força da experiência

O rolamento é um elemento vivo, para o qual "é melhor prevenir do que remediar".

***O diagnóstico correto e precoce de uma avaria pode permitir evitar sua agravação,** e ainda prevenir o mesmo tipo de problema em outros rolamentos, antes que se manifestem os mesmos sintomas.*

Considerando-se milhões de rolamentos destinados a todos os tipos de aplicações, os centros de estudos SNR acumularam uma experiência única.

É esta avaliação que gostaríamos de dividir com você hoje. Ela lhe permitirá tirar o melhor proveito de nossos produtos, de otimizar sua manutenção e de ganhar em performance.

Por que ocorre uma avaria?



Como detectar as avarias, como bem identificá-las?

Classificação das causas de avarias dos rolamentos

Podemos classificar as avarias dos rolamentos em três categorias principais:

- Avarias devido a **causas externas** ao rolamento: montagem defeituosa ou realizada sem atenção, falta de manutenção, lubrificação insuficiente ou inapropriada, sobrecargas, vibrações, velocidade excessiva, temperatura elevada demais, poluição, etc.
- Avarias cujas causas estão numa **má escolha inicial do rolamento**, de seu tipo, de sua dimensão, de suas características funcionais.
- Avarias devidas à **qualidade do rolamento**: Inadequação do aço ou defeito em sua estrutura. Problemas de geometria interna, de qualidade

das gaiolas, de juntas, etc.

- As avarias podem aparecer após a utilização de **ferramentas de montagem inadequadas**.

A presente análise se limitará ao exame de **causas externas ao rolamento, que compõem mais de 90% dos incidentes**. As falhas da categoria 2 são de domínio de estudo da aplicação; as da categoria 3 representam uma baixa porcentagem das avarias já que os rolamentos são de um nível de qualidade normal.

Além do mais, seu estudo deve se basear em análises que necessitam meios de investigação e de controle importantes.

Causas de avarias externas aos rolamentos

Estas causas de avarias são estatisticamente as mais frequentes. Se é difícil associar precisamente uma delas a uma determinada avaria, os mesmos sintomas podem ter várias origens. Elas podem, ao contrário, ser agrupadas em quatro grandes categorias, e induzir às mesmas medidas preventivas:

1. Um rolamento bem montado é um rolamento que dura

- Métodos e meios insuficientes ou mal adequados.
- Poluição na montagem.
- Colocação brutal.
- Má elaboração dos órgãos receptores: eixos e alojamentos fora da tolerância, mau acesso de lubrificante, desalinhamento.

2. É essencial respeitar as especificações

- Sobrecargas acidentais ou não.
- Vibrações em funcionamento ou na parada.
- Velocidades excessivas.
- Flexões de eixos.

3. O ambiente é determinante

- Temperatura ambiente muito baixa ou muito elevada.
- Passagem de corrente.
- Poluição pela água, poeira, produtos químicos, dejetos têxteis, etc.

4. A lubrificação faz parte do rolamento

- Escolha do lubrificante.
- Quantidade (demais ou muito pouco).
- Frequência do acompanhamento.

O quadro da contracapa resume as principais avarias do rolamento, liga-as a suas causas e permite ao utilizador reconhecer rapidamente a origem provável das deteriorações observadas.



Como detectar as avarias nascentes?

O principal problema que enfrenta o utilizador preocupado em garantir a manutenção eficaz e certamente detectar a falha em seu surgimento, antes que ela provoque a parada brusca de uma máquina ou de um equipamento.

A **inspeção preventiva** é certamente o meio mais seguro, mas ela é economicamente possível somente em alguns casos. Nas maioria das vezes, não é possível acessar os rolamentos, a não ser através de desmontagens longas e comumente delicadas.

Fora o caso onde a inspeção preventiva tem um carácter imperativo (aeronáutica, ventilação de minas, etc.) a deterioração do rolamento deverá então ser descoberta por **uma detecção externa dos sinais de avaria**.

A avaliação do grau de fadiga de um rolamento a partir de sinais externos é difícil. **Como regra geral, assim que os sinais aparecem, significa que o rolamento entra na fase de destruição** cuja duração pode variar, antes que fique totalmente fora de serviço. Esta última fase pode ser bem curta.

Sinais externos de deterioração

Todo mancal em funcionamento é sede de modificações em relação ao estado estático: **vibrações - ruídos - elevação de temperatura**. Estes fenómenos são normais desde que não excedam um certo nível, mas devem ser interpretados como **sinais de alerta** se ultrapassarem o normal. É impossível fixar um nível de referência para diversos sinais, visto que eles dependem de numerosos fatores: **carga, velocidade, lubrificação, tipo de rolamento, etc.** Para todo acompanhamento preventivo, será então necessário estabelecer um documento prévio que defina o nível de referência. Por comparação, será então possível detectar toda anomalia.

Estes sinais são:

1. Vibrações

Elas são perceptíveis à mão ou com auxílio de dispositivos eletrónicos (medidores de frequências e de amplitude), estes últimos aparelhos podendo inclusive provocar alerta e a parada da máquina em questão.

2. Ruídos

Certos ruídos anormais podem aparecer imediatamente - por exemplo, aqueles provenientes de marcações de corpos rolantes devido à uma mon-

tagem brutal, sem precauções - e outros, progressivamente. Exceção feita às irregularidades que são geralmente inaudíveis já que a frequência é idêntica à do conjunto giratório, os ruídos podem ser considerados como aliados a uma deterioração. Sua amplitude é função dos tipos de avarias e de suas taxas de gravidade.

3. Elevação da temperatura

Todo mancal de um rolamento vê sua temperatura se elevar em funcionamento, acima da temperatura ambiente. Esta elevação é função de diversos fatores e se estabiliza a um nível que pode ser tomado como referência se for normal para a montagem em questão. Toda elevação desta temperatura deve ser considerado como revelador de uma anomalia.

4. Amplificação do torque de rotação

Mesmo montado sobre rolamento, um sistema em rotação (eixo, roda, polia, etc.) apresenta sempre um torque resistente. Se este torque aumenta, é porque uma modificação interveio no sistema. É preciso notar que um aumento de torque de rotação é geralmente acompanhado de uma elevação de temperatura.

Por que ocorre uma avaria?



Como detectar as avarias nascentes?



Interpretação dos sinais externos



1. Vibrações

Escamações
Abrasão - corpos estranhos
Corrosão
Irregularidades conseqüentes ao desgaste do rolamento
Jogo excessivo
Fixação insuficiente de um anel...



2. Ruídos

Marcações de corpos rolantes
Escamações
Falso efeito Brinell (marcações por vibração)
Corpos estranhos
Corrosão
Aperto excessivo anulando o jogo interno
Ruptura da gaiola ou de um corpo rolante...



3. Elevação da temperatura

Ausência ou excesso de lubrificante
Ausência de jogo interno
Sobrecarga axial e radial acidental ou induzida por uma montagem incorreta
Velocidade excessiva...



4. Torque anormal

Deterioração da gaiola
Deterioração do lubrificante
Deslocamento ou mutilação de uma junta
Anulação de jogo radial...

Cada um destes pictogramas correspondem a um sintoma (avaria prematura) facilmente observável. Você reencontrará cada um deles nos exemplos concretos a seguir.

Controle preventivo - métodos e meios

Qual a frequência para controlá-los?

É difícil fixar a priori esta frequência. Ela depende essencialmente da fiabilidade requerida, das taxas de utilização do material e de outros numerosos fatores próprios à organização interna das empresas. **Geralmente, é desejável efetuar pesquisas sistemáticas baseando-se na sua frequência sobre a duração de vida provável dos rolamentos.**

Além do controle visual, existem métodos instrumentais?

Estes meios são pouco numerosos. O mercado propõe entretanto aparelhos ou dispositivos que permitam detectar o surgimento de vibrações inabituais.

Existem sonômetros que permitem a medida do nível de ruído de um mancal.

A cada elemento, será então necessário definir um nível de referência que permita a avaliação dos desvios.



Identificação das avarias: metodos e procedimentos

A identificação das avarias é freqüentemente difícil.

Nos esforçaremos portanto:

- Em **verificar** o conjunto dos **fatos observáveis nos rolamentos**.
- Em **verificar** os **fatos observáveis nos órgãos receptores**.
- Em **determinar** a seguir as diversas **causas** que possam originar a avaria.
- Em **selecionar** entre as causas encontradas **aquelas que pareçam ser as mais prováveis** pois englobam o conjunto dos fatos observados.

Como proceder?

Examine todos os pontos essenciais em relação ao aspecto do rolamento e anote-os cuidadosamente:

Antes da desmontagem

- Engraxamento
- Estado do lubrificante
- Temperatura
- Perda de lubrificante
- Ruído
- Torque
- Evolução da deterioração.
- Notar igualmente a orientação do rolamento na montagem

Após desmontagem

Jamais limpar um rolamento antes da avaliação pois esta limpeza tornaria impossível a pesquisa e a identificação de partículas estranhas assim como o controle de lubrificante.

- Notar o aspecto das gaiolas e dos corpos rolantes.
- Verificar a localização dos rolamentos e dos anéis.
- Controlar os ajustes nos alojamentos e nos eixos.
- Controlar os apoios - perpendicularidade - presença de sedimentos, de ferrugem de contato...

Análise de casos concretos



1 Escamações Origem - Aspectos

As escamações **afetam tanto as pistas quanto os corpos rolantes** e podem ser profundas, como as escamações por fadiga, ou superficiais.

Nos dois casos, as causas e os sintomas são diferentes.

Escamação por fadiga



Choques na pista do anel externo

Seja qual for a matéria e quais sejam as precauções tomadas para assegurar condições ótimas de funcionamento, nenhum rolamento tem uma duração infinita. As contingências às quais ele é submetido levam à sua destruição por fadiga. Desde que a escolha do rolamento tenha sido corretamente realizada e que sua utilização tenha sido normal, **a garantia desta fadiga é a escamação que aparece acidentalmente no limite de duração de vida calculada.**

Nós não consideramos aqui que as escamações aconteçam de maneira repetitiva para as durações de funcionamento anormalmente reduzidas em relação a esta duração de vida previsível.

Mecanismo de escamação por fadiga

Num rolamento submetido a uma carga, as forças que aparecem na zona de contato dos corpos rolantes e das pistas podem atingir valores muito significativos. As contingências de cisalhamento induzidas se desenvolvem nas áreas de contato, passando no máximo a uma certa distância da superfície (alguns décimos de milímetro). É geral-

mente admitido que estas forças são a origem da escamação, devido à passagem repetida dos corpos rolantes.

As **fissuras da matéria** se produzem e se propagam pela superfície. A junção destas fissuras resulta no **arrancamento de fragmentos de matéria.**

O fenômeno vai em seguida se amplificando, tornando os arrancamentos de matéria cada vez mais numerosos e significativos.

Aspecto das escamações

A escamação é um fenômeno contínuo que se desenvolve pro-gressivamente e que se acelera mais ou menos rapidamente após o aparecimento das primeiras fissuras. É então importante poder reconhecer os primeiros sinais de uma escamação da matéria que acarretará em breve vencimento da utilização do rolamento.

A título indicativo, encontraremos abaixo a descrição de certos estados de fadiga que, sem seguir uma classificação, permitem situar o grau de avanço da avaria.

Escamações

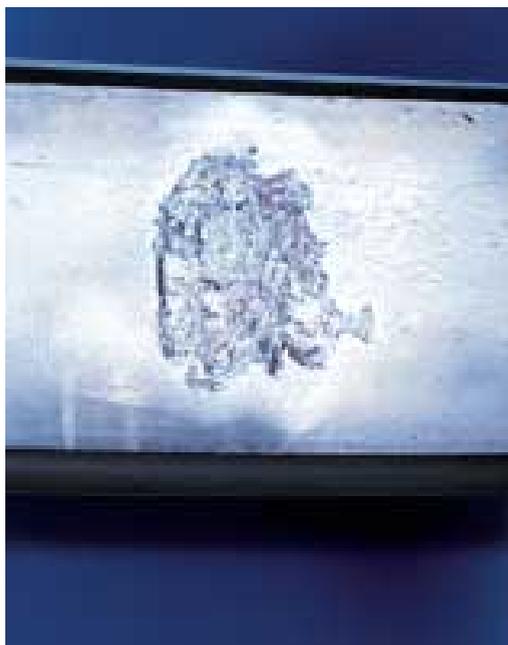
 Vibração

 Ruído

 Elevação de temperatura

 Torque de rotação

Escamação de fadiga



Surgimento da Escamação

Pequenas lesões aparecem na superfície, ainda sem ligações entre elas. O estado da superfície se destrói. O perfil geral da peça permanece inalterado mas as lesões são reveladoras da fadiga subjacente.

Escamação avançada

As lesões tendem a se unir. Se o perfil geral da peça estiver inalterado, o estado de superfície é completamente destruído, revelando um estado de fadiga pronunciado. Pequenas escamas se destacam, se juntam ao lubrificante e contribuem à aceleração da destruição.

Escamação final

A escamação domina toda a superfície afetada. As alterações da zona de cisalhamento se reúnem. A escamação destrói inteiramente o perfil da peça que não pode mais garantir sua função.

Escamação superficial

Escamação superficial devido a uma viscosidade muito baixa



Esta avaria se apresenta sob aspecto de **manchas cinzas mais ou menos extensas, na superfície das pistas e na zona de carga**. A análise sob aumento indica que ela afeta somente a camada superficial das peças.

De onde vem este problema?

Esta avaria é geralmente provocada por uma falta de lubrificante ou pela utilização de um lubrificante inadequado à aplicação.

Sob pressão devido à carga aplicada, o filme de óleo se rompe, deixando-lhe nu e ao contato as superfícies dos corpos rolantes e das pistas. As micro-soldas que se operam então sob carga provocam os arrancamentos superficiais de finas partículas de metal. Não se trata, então, neste caso, de uma fadiga da matéria, mas de um fenômeno que não afeta a superfície.



1 Escamações Localização das escamações

É essencial localizar bem a escamação para analisar suas causas e encontrar uma solução adequada.

Escamação sobre a zona de carga

Funcionamento em sobrecarga axial



Como identificá-la?

A escamação está situada na zona de carga, igualmente repartida na largura da pista (rolamentos de rolos) no fundo da gorja (rolamentos de esferas à gorja profunda) nas duas pistas (rolamentos de duas fileiras de esferas ou de rolos).

De onde vem este problema?

O rolamento é submetido a sobrecargas momentâneas ou contínuas.
A lubrificação é inadequada ou insuficiente.

Como evitá-la?

- Controlar as cargas.
- Assegurar uma lubrificação suficiente com um lubrificante adequado.

Escamação na borda da pista

Escamação do cone devido a um defeito de alinhamento



Como evitá-la?

- Controlar cuidadosamente o bom alinhamento dos eixos e dos alojamentos.
- Zelar pela limpeza apropriada dos alojamentos, certos desalinhamentos podem ocorrer devidos a presença de corpos estranhos interpondo-se entre rolamentos e faces de apoio.

Como identificá-la?

Nos rolamentos de esferas, a marca de passagem das esferas no anel não giratório está centrada em relação ao fundo da gorja; no anel giratório, a largura da marca da passagem das esferas é superior ao normal.

Notamos em certos casos **as rupturas de gaiolas**. No caso de rolamentos de rolos cônicos ou cilíndricos, constatamos as zonas de fadiga na borda das pistas (ou sobre somente uma pista no caso de rolamentos de duas fileiras de rolos), alternados em relação àquelas e diametralmente opostas ao anel fixo.

De onde vem este problema?

Estas avarias são devidas a um **defeito de alinhamento** do eixo e **dos alojamentos** que podem ter como origem seja um mal paralelismo do eixo e da geratriz do alojamento na face de apoio do rolamento no alojamento ou do apoio do eixo.

Podemos igualmente constatar defeitos semelhantes em caso de trabalho do eixo em flexão rotativa significativa.

Estes defeitos de órgãos receptores do rolamento acarretam geralmente neste último cargas adicionais que podem atingir valores consideráveis, ocasionando as falhas por fadiga prematura nestas zonas de sobrecarga.



1

Escamações Localização das escamações

Escamação no anel fixo: totalidade das pistas



Pista sobrecarregada

Como evitá-la?

- Controlar as tolerâncias de execução dos eixos.
- Evitar o aperto excessivo das porcas de mangas de rolamentos de diâmetro interno cônico e verificar a manutenção de um jogo mínimo controlado.

Assim, nós lhe aconselhamos a utilizar o aferidor de folga régua SNR previsto para este caso.

Como identificá-la?

Constatamos uma rodagem intensa ou uma escamação das pistas em toda circunferência, mesmo na parte oposta à zona de carga no anel fixo em relação à carga.

De onde vem este problema?

Em regra geral, ajustamos com aperto o anel giratório em relação à carga. A escolha do valor de ajuste depende das condições de aplicação. Será tanto mais significativo quanto mais elevada for a carga. Ele tem por finalidade evitar que os anéis girem sobre seu alcance no seu alojamento. Se este aperto for excessivo, ele pode anular o jogo interno do rolamento e provocar uma pré-carga induzida que se some à carga de funcionamento. Todos os corpos rolantes estão agora em contato com as pistas.

Além das escamações prematuras, os **apertos excessivos** podem acarretar nos anéis de tensões internas, que, se somam às pressões de Hertz devido à carga, podem provocar o aparecimento de sulcos, e até mesmo a ruptura dos anéis (ver capítulo 7), podem ser assimilados à estes defeitos de montagem as anulações de jogo interno nos rolamentos de rótula sobre esferas ou sobre rolos montados sobre mangas cônicas.

A força do aperto da porca da manga multiplicada pela sua conicidade desenvolve uma força de expansão significativa no diâmetro interno do rolamento. Em caso de aperto excessivo da porca, **o anel interno se dilata até anular o jogo interno e à pré-comprimir perigosamente o rolamento.**

Escamação no anel fixo: zonas particulares



Deterioração provocada por um defeito geométrico do alojamento



Escamação no cone devido a uma conicidade do eixo ou do alojamento

Como evitá-la?

- Não usar os alojamentos assim que o material que os constitui esteja estabilizado.
- Além do controle dimensional, prever o controle geométrico do alojamento para detectar as deformações (circularidade, conicidade).

Como identificá-la?

Ao examinar o anel não giratório:

- **Escamação ou fricção intensa das pistas** em duas zonas diametralmente opostas, às vezes inclusa em vários pontos do anel do rolamento.
- **Escamação extensa à toda circunferência da pista** mas cuja localização sobre uma de suas bordas indique que somente esta zona trabalhada.

De onde vem este problema?

Os defeitos na origem destes tipos de avarias são diferentes daqueles assinalados por defeitos de perpendicularidade da face de apoio do alojamento e de sua geratriz. Trata-se neste caso de **deformações do alojamento**.

No primeiro caso, a deformação consiste em uma ovalização ou uma triangulação. O anel externo se casando à forma do alojamento, produz uma rotação intensa nas zonas correspondentes aos pinçamentos. Este defeito é por vezes constatado nos anéis dos rolamentos autocompensadores de esferas montadas nos mancais em ferro fundido ou em aço. Ele pode igualmente resultar da presença de uma ou mais partículas estranhas no alojamento, que deformam localmente o anel.

No segundo caso, a avaria revela um alojamento cônico. O anel é agora forçado sobre uma borda somente. Trata-se de um rolamento de rolos cilíndricos ou cônicos, as escamações correspondem à zona de ajuste máximo. No caso de rolamentos autocompensadores de esferas ou de rolos, a fila de corpos rolantes situada na zona de pré-carga do anel externo trabalha com uma sobrecarga significativa. Podemos constatar uma escamação localizada nesta pista ou mesmo de quebras na borda do anel, no sentido longitudinal devido às pressões de Hertz mais elevadas que o previsto. Os casos de defeitos semelhantes em anéis internos são extremamente raros já que as deformações de eixo de pequena amplitude, são insuficientes para provocar avarias deste gênero.

2 Gripagem

Gripagem com incrustação das esferas



Deterioração da borda devido a um excesso de pré-carga



Como identificá-la?

Arrancamentos superficiais de metal acompanhado de **zonas mates** significativas de uma transferência superficial da matéria.

A retificação desapareceu completamente nestas zonas. Marcas escuras, reveladoras de aquecimentos locais ou generalizados. **A um grau mais elevado de gravidade, os corpos rolantes são fortemente deformados por arrancamentos de metal, fusões localizadas e laminagem.**

Observação: Nos rolamentos de rolos cônicos, as gripagens são particularmente freqüentes entre o grande anel dos cones e a face maior dos rolos.

As gaiolas são destruídas parcial ou totalmente e às vezes laminadas sob os corpos rolantes.

Em último estágio, solda total por aquecimento intenso dos corpos rolantes nos anéis.

De onde vem este problema?

A gripagem dos rolamentos é inevitável na **ausência de lubrificação**.

Se há insuficiência de lubrificante ou se ele for inadequado, pode haver uma ruptura do filme de óleo. Os elementos rolantes entram portanto em contato metal contra metal com as pistas. As micro-soldas e os aquecimentos locais se produzem. O fenômeno se amplifica rapidamente e acarreta a gripagem.

Observação: Nos rolamentos de rolos cônicos, tais gripagens podem se produzir se a pré-carga aplicada (sobrecarga axial) for excessiva e o lubrificante inadequado ou insuficiente; eles afetam essencialmente a face maior dos rolos e o grande anel. Esta avaria se produz freqüentemente ao colocar em funcionamento novas montagens, se algumas precauções não forem tomadas para lubrificar convenientemente o rolamento.

Se as tolerâncias de ajuste do rolamento em seus apoios são tais que permitam que o anel deslize, há o risco que o eixo no diâmetro interno ou o anel externo no seu alojamento gire, provocando um **aquecimento intenso** podendo acarretar o bloqueio do rolamento e

Gripagem

 Vibração

 Ruído

 Elevação de temperatura

 Torque de rotação

Gripagem de um rolamento cônico com incrustação dos rolos



Gripagem de um rolamento autocompensador de rolos, incrustação de rolos e ruptura de borda



Deterioração da gaiola devido a um início de gripagem



a gripagem de seus elementos. Podemos igualmente constatar às vezes fissuras que resultam deste fenómeno.

As velocidades elevadas podem igualmente provocar as gripagens, já que a carga é pouco significativa. Seja pelo fato de sua inércia, seja em razão da frenagem provocada pelo lubrificante, os corpos rolantes não entram em rotação instantaneamente. Os atritos que deles resultam produzem uma **elevação de temperatura** tal que as dilatações provocam a gripagem entre corpos rolantes e pistas.

Esta avaria pode intervir mesmo sob carga se esta for essencialmente radial e se utilizarmos um lubrificante muito consistente. Nos rolamentos de rolos, os rolos que estão fora da zona de carga são frequentemente freados e têm tendência a deslizar provocando assim um aquecimento.

Como evitá-la?

- Seguir atentamente as normas de lubrificação recomendadas por nossos engenheiros.
- Utilizar um lubrificante adequado à aplicação.

Esta escolha de lubrificante é de extrema importância. Ele deve resistir às altas pressões que aparecem nas zonas de contato entre os corpos rolantes e os anéis. Escolheremos, portanto, assim como o modo de lubrificação, em função da natureza das superfícies, as cargas, as velocidades, as temperaturas de funcionamento. Estes estudos foram feitos para você. Consulte-nos.

Deve-se cuidar particularmente da lubrificação dos rolamentos de rolos cônicos sob a gaiola, na direção da base maior dos rolos, antes do funcionamento de uma nova montagem.

No caso de grande velocidade, escolheremos um lubrificante que autorize a colocação em rotação rápida dos corpos rolantes. Poderá ser útil prever uma pré-carga inicial para assegurar seu treinamento.



3 Marcações de corpos rolantes por deformação ou arrancamento de metal

Rolamentos de esferas

Marcações devido a uma montagem no eixo com apoio no anel externo



Como identificá-las?

Nos rolamentos de esferas, **as marcações são geralmente cônicas e afetam sobretudo as bordas das pistas**. Elas se situam seja na totalidade da circunferência seja em um setor mais ou menos extenso. A separação destas marcações corresponde à das esferas. **O fundo da marcação é brilhante mas encontramos nele traços da retificação.**

De onde vem este problema?

Esta avaria é a mais comum, encontrada na colocação. Ela aparece assim que um **choque ou um esforço é imposto no anel que não está fixo**. Se o choque gerar uma carga instantânea que ultrapasse o limite elástico da matéria, as marcações permanentes formam-se nos pontos de contato das esferas com as pistas. Estas marcações provocam um ruído anormal e são o início de futuras escamações.

Os choques têm duas causas principais:

- A colocação de um rolamento por percussão atraindo num anel para afundar o anel oposto.
- A queda accidental do rolamento sobre um solo duro.

Como evitá-las?

Já que as tolerâncias de ajuste são tais que o anel a ser colocado deve apertar, **não apoiar jamais no anel oposto** sobretudo quando a montagem deve ser realizada por percussão. Se o anel apertado tem difícil acesso, forçaremos utilizando um tubo de mesmo diâmetro e de comprimento apropriado.

Para evitar quedas accidentais, trabalhar sobre as superfícies liberadas.

Marcações de corpos rolantes por deformação ou arrancamento de metal



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação

Rolamentos de rolos cilíndricos

Arrancamento de matéria na pista de um anel externo



Como identificá-las?

As pistas deixam aparecer **riscos mais ou menos profundos** paralelos à sua geratriz, freqüentemente com **arrancamento de metal**, cuja separação corresponde geralmente àquela dos rolos.

De onde vem este problema?

Montagem à força.

Quando este emperramento se produz, se for forçada à introdução, seja por pressão ou por percussão, os rolos riscam mais ou menos profunda-

mente a pista do anel receptor. Estes riscos podem ser superficiais ou profundos (arrancamentos de metal).

Como evitá-lo?

Jamais forçar um anel contra o outro.

A colocação de um eixo com um anel interno montado, é recomendável fazer girar este eixo ao mesmo tempo que o apresentamos ao outro anel. A rotação auxiliará os rolos a se colocarem corretamente evitando seu emperramento. Ocorre o mesmo se o anel apresentado for um anel externo, montado num carter por exemplo.

É recomendado **engraxar bem** o rolamento **antes da montagem**, a ausência de graxa facilita o emperramento e a gripagem dos rolos.

Rolamentos de rolos cônicos

Escamação no centro da pista de rodagem



Choques na montagem.

Marcas poderiam portanto aparecer se o cone fosse utilizado para encaixar a capa em seu alojamento.

4 Vibrações

Falso efeito Brinell em um rolamento de esferas



Como identificá-las?

Os anéis de rolamentos apresentam, nas pistas, **marcações brilhantes ou foscas, mais ou menos extensas**, cuja separação corresponde nos casos simples a dos corpos rolantes. Podemos entretanto constatar às vezes a presença de numerosas marcações que se sobrepõem ou se intercalam. Entretanto, é sempre possível encontrar nestas marcações a separação dos corpos rolantes. O exame sob forte aumento permite constatar que as marcações sejam devidas a um desaparecimento da matéria e não a seu reafundamento como no caso de marcações por choque. Em todos os casos, os traços de retificação desapareceram. **Esta avaria é também chamada de falso efeito Brinell.**

Vibrações



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação

Falso efeito Brinell em um rolamento de rolos



De onde vem este problema?

O falso efeito Brinell afeta os rolamentos em estado estático ou em oscilação de baixa amplitude, mas sempre na **presença de vibrações**. Ele pode entretanto afetar um rolamento em rotação quando os dois anéis girarem simultaneamente em sincronismo total (caso dos rolamentos pilotos).

O mecanismo da avaria pode ser assim esquematizado: sob efeito conjugado de uma pressão, mesmo fraco, e vibrações, o lubrificante tende a escapar da zona de carga, deixando nuas as superfícies de contato entre corpos rolantes e pistas. A energia de vibração acarreta então as micro-soldas ou as micro-gripagens e em consequência, os arrancamentos de metal. As partículas arrancadas se oxidam como no caso da corrosão de contato e seu poder abrasivo contribui para a aceleração do fenômeno.

Este tipo de avaria é encontrado:

- Nos rolamentos que equipam as máquinas na parada mas suportando vibrações intensas.

- Nos rolamentos em rotação quando os dois anéis giram na mesma velocidade angular e permanecem em consequência fixos um em relação ao outro.

Nós encontraremos avarias semelhantes nos grupos elétrógenos de socorro acoplados na mesma plataforma que o grupo em funcionamento, nos motores elétricos na parada das máquinas que giram, nos ventiladores de segurança acoplados com os ventiladores em serviço, nas máquinas ou materiais não suspensos em transporte de longa duração com vibrações, etc.

O risco é tão maior quanto maior for o peso do órgão equipado e quanto mais intensas forem as vibrações.

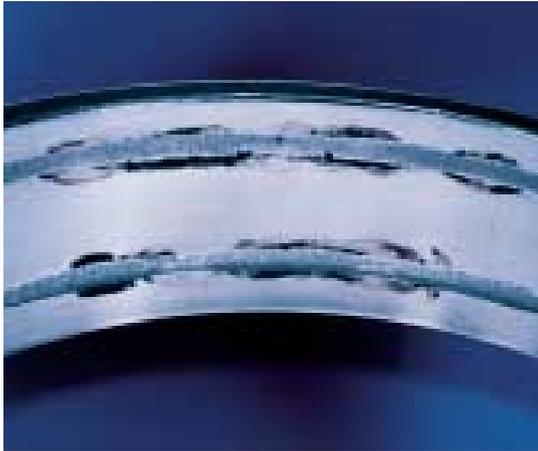
Como evitá-las?

- Calçar o eixo dos motores, geradores e outras máquinas similares para seu transporte.
- A rotação, mesmo lenta, das máquinas na parada em zona de vibrações, facilita a repartição do lubrificante e evita que as cargas se apliquem permanentemente em um ponto único das pistas.
- Os rolamentos de grandes dimensões serão armazenados horizontalmente fora das zonas de vibração tais como as oficinas.
- Para as montagens em descanso, utilizaremos lubrificantes fluidos mais aptos a infiltrarem-se entre as superfícies de contato, que os lubrificantes consistentes.
- Para as montagens em funcionamento, notaremos que:
 - as graxas menos consistentes (em grau NLGI) são também as mais eficazes. As graxas em silicone são as menos eficazes.
 - a melhor resistência em falso efeito Brinell é obtida com óleos de base de baixa viscosidade.



5 Desgaste - Marcações de corpos estranhos

Oxidação e desgaste em rotação (entrada de líquido com relubrificação)



Como identificá-lo?

- **Rodagem mais ou menos intensa** dos corpos rolantes e das pistas, estas últimas podendo apresentar um sulco longitudinal contínuo ou setorial.
- Aparecimento de **jogo excessivo, de irregularidades e vibrações**.
- **Desgaste** das gaiolas.
- **Marcações** de pequenas dimensões nas pistas dos anéis, apresentando as bordas ligeiramente curvas significativas de um afundamento da matéria.
- Redução anormal da duração de vida pela aceleração da **fadiga da matéria**.
- **Ruído** anormal.

De onde vem este problema?

Estes efeitos têm todos como origem uma **falta e proteção** seja na **colocação do rolamento**, seja **durante sua utilização**. É infelizmente freqüente que o utilizador não perceba claramente o risco que a poeira acarreta no rolamento e seu efeito destruidor. De fato, qualquer que seja sua natureza, e mesmo que ela seja proveniente de um local não industrial, a **poeira possui sempre um poder abrasivo elevado**. Girando, o rolamento prende um jogo excessivo e irregularidades aparecem acelerando a fadiga da matéria. As gaiolas apresentam as desgastes a diversos níveis de gravidade.

As marcações de corpos estranhos têm a mesma origem que os desgastes, um defeito de proteção que permite às partículas estranhas penetrarem no rolamento. A passagem repetida destes corpos estranhos entre os corpos rolantes e a pista provoca a formação de múltiplas pequenas marcações que deixam o rolamento ruidoso. A degradação do estado de superfície das pistas e dos corpos rolantes acelera a fadiga da matéria.

Este fenômeno foi indiscutivelmente esclarecido pelo nosso Departamento de Pesquisas.

Como evitá-la?

- Tomar, na montagem, as **precauções de limpeza** indispensáveis limpando eixos e alojamentos e realizando a montagem nos locais e em planos livres de poeira.
- Não lavar os rolamentos novos.
- Estocar os rolamentos protegidos da poeira.
- Utilizar um lubrificante limpo - manter recipientes e embalagens fechados.
- Não estocar ao ar livre órgãos mecânicos aguardando montagem.
- Prever todos os dispositivos de proteção adequados para impedir que os detritos (têxtil, palha, fibras...) ou qualquer poeira ambiente (carvão - areia - limalha - produtos químicos, etc.) penetrem no rolamento.
- Utilizar os rolamentos SNR impermeáveis ou protegidos ou as juntas especiais que oferecemos, sempre que possível.

Desgaste - Marcações de corpos estranhos



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação

6 Crateras e estrias

Passagem de corrente elétrica no anel interno em rotação



Arco elétrico no anel interno



Crateras com fundo preto nos corpos rolantes



Como identificá-las?

- **Crateras:** A análise sob aumento mostra que **pica-das de bordas unidas em séries** ligadas em cadeias mais ou menos longas. As crateras mostram que houve fusão localizada do metal.
- **Estrias:** Sucessão de **praiais estreitas lado a lado** dando a impressão de estrias que se sucedem na zona de pistas submetida à carga. Elas podem aparecer igualmente nos rolos.

De onde vem este problema?

Esta avaria pode se produzir nas máquinas giratórias que equipam diversas aparelhagens ou máquinas (máquinas-ferramentas, material ferroviário, conversores, motores, etc.) quando **o rolamento se encontra na passagem de uma corrente de fuga e quando ele for a única ligação entre a massa e o solo.**

- **Corrente de forte intensidade:**
Em razão dos contatos de proximidade entre corpos rolantes e pista e mesmo através de filme lubrificante, surgem arcos provocando o aparecimento de pontos quentes onde se produzem as fusões.
- **Corrente de fraca intensidade:**
Elas provocam o aparecimento de uma alteração de superfície periódica que, com a rotação, aparece sob a forma de coloração cinza.

Como evitá-la?

- Verificar ou estabelecer a **colocação do aterramento das máquinas giratórias** incluindo suas partes móveis.
- Verificar os isolamentos - limpar os coletores dos motores para evitar as fugas de corrente.

Crateras e estrias



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação



7 Marcas de golpes - Fissuras - Quebras



Estas três avarias indicam os diferentes níveis de um mesmo erro na montagem: a percussão sem precauções.

Golpes - Fissuras - Quebras

Rupturas devido a uma montagem com golpes



Como identificá-las?

- Traços de golpes e marcações de ferramentas nas faces planas, os corpos rolantes, as curvas.
- Fissuras e quebras de apoios e de gaiolas.

De onde vem este problema?

Quando um golpe dado diretamente num anel de rolamento ultrapassa os limites elásticos do metal, há a formação de uma marcação permanente. Os golpes podem acarretar diferentes problemas: deformação dos anéis, marcações.

Em certos casos, os choques podem provocar o aparecimento de fissuras ou mesmo de quebras claras. As fissuras são tão mais críticas já que elas podem não aparecer imediatamente mas provocar desprendimento das partículas que se introduzem no rolamento danificando pistas e rolos.

Este último tipo de avarias é freqüente nos rolamentos de rolos cilíndricos cujos apoios guias de rolos são particularmente frágeis aos choques. Numerosos casos de quebras são igualmente constatados nos rolamentos autocompensadores de rolos. Quando se rotula o anel externo, é comum que um ou mais rolos

Marcas de golpes - Fissuras - Quebras



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação

desencaixem ligeiramente do alvéolo da gaiola que lhes contém. A recolocação do anel é difícil pois os rolos atravessados apoiam-se simultaneamente na face externa do anel externo e sobre um apoio do anel interno. Quando os rolos estão desencaixados, todo golpe sobre o anel externo para forçá-los a rotular se transmite pelos rolos aos suportes do anel interno nos quais eles se apóiam. É freqüente constatar neste nível **quebras cuja separação corresponde à dos rolos.**

Como evitá-las?

Nenhum golpe pode ser dado diretamente com uma ferramenta de percussão sobre os anéis e seus apoios. Na montagem, intercalar sempre entre o martelo e o rolamento um tubo de diâmetro do anel a ser colocado, tubo que repartirá a força do golpe sobre uma larga porção da circunferência do anel. Para realizar esta operação com facilidade, a SNR lhe disponibiliza uma maleta de montagem contendo todas as ferramentas adaptadas.

*Observação: Para os rolamentos de rolos cilíndricos, cônicos, e os **rolamentos autocompensadores de rolos**, é recomendável aquecer os anéis internos.*

Na maior parte dos casos e em função do diâmetro do rolamento, o aquecimento a 80°C ou a 90°C assegura uma dilatação largamente suficiente para permitir uma colocação sem dificuldades.

Para recolocar o anel externo desencaixado de um rolamento autocompensador de rolos, tomaremos a precaução de girar o anel ao mesmo tempo que seguraremos os rolos desencaixados. Aboliremos absolutamente os golpes que serão prejudiciais.

Ruptura dos anéis

Como identificá-la?

- **Quebras** afetando grandes setores do anel.
- **Rupturas transversais.**

De onde vem este problema?

- **Deformação do alojamento.**
- **Anéis externos: cargas excessivas** podendo ter como origem uma pré-carga do rolamento provocada pelo desaparecimento do jogo interno devido a um aperto muito significativo do anel interno sobre o eixo (ver capítulo 1). As forças radiais resultantes podem provocar a ruptura de um anel.
- **Rupturas transversais de anéis internos: fixação excessiva** provocando a ruptura pela colocação sob tensão do metal.

Como evitá-la?

Controlar as tolerâncias de ajuste não acarretando numa absorção de jogo interno e a colocação em pré-carga significativa do rolamento. Eventualmente, utilizar um rolamento com jogo interno aumentado.



8 Corrosão de contato

Corrosão de contato no diâmetro interno e na face de apoio



Como identificá-la?

Os fenômenos de corrosão de contato se apresentam àqueles que acarretam o surgimento do falso efeito Brinell (ver capítulo 4).

Eles estão localizados no diâmetro interno, no diâmetro externo ou nas faces de apoio do rolamento. A corrosão de contato se apresenta sob a forma de **manchas rosas, escuras ou pretas mais ou menos extensas**. A análise sob aumento faz aparecer um ataque mais ou menos profundo das superfícies afetadas. **No atrito, as manchas deixam traços de ferrugem**. Nos casos avançados, anéis e pistas são cobertas de uma pasta escura formada pela ferrugem misturada ao lubrificante. Se a corrosão for profunda, ela pode, no caso de rolamentos de pequena seção, acarretar a ruptura destes anéis sob carga.

De onde vem este problema?

O anel que gira em relação à carga deve ser montado com aperto, cujo objetivo é impedir toda rotação deste anel sobre o apoio.

Se a **fixação for insuficiente**, e em conseqüência se houver folga, o eixo no diâmetro interno, ou o anel externo do rolamento em seu alojamento,

efetuam uma lenta rotação. Em caso de contato seco sobre os apoios, as gripagens localizadas acarretam arrancamentos de finas partículas de metal no rolamento e nos apoios de eixos e alojamentos. Estas partículas se oxidam tão mais rapidamente quanto mais a lubrificação não alcançar geralmente estas zonas; seu poder abrasivo tende a acelerar este fenômeno; nos alojamentos, que não são sempre retificados, a rugosidade elevada das superfícies favorece seu aparecimento. Quando os rolamentos giram e vibram em seus apoios, a **corrosão de contato afeta igualmente as faces**. Isto pode se produzir quando o bloqueio axial é insuficiente ou quando se anula por deterioração de um calço ou pelo afrouxamento parcial de uma porca. A zona do rolamento em questão reproduz então exatamente, no côncavo, o perfil correspondente ao apoio ou ao anel de bloqueio.

Como evitá-la?

- **Controlar a geometria e as tolerâncias de ajuste dos eixos e dos alojamentos** para assegurar a fixação do rolamento onde for necessário.
- **Verificar a fixação** conveniente das porcas de bloqueio axial ou chapéus de alojamentos quando eles participarem da manutenção do rolamento.
- Em reposição, recarregar eventualmente os eixos.
- **Utilizar as pastas de montagem SNR.**

Corrosão de contato

 Vibração

 Ruído

 Elevação de temperatura

 Torque de rotação

9 Corrosão - Oxidação

Oxidação durante a parada (entrada de líquido)



Oxidação em funcionamento (entrada de líquido)



Como identificá-la?

- Oxidação localizada ou generalizada do rolamento.
- Manchas mais ou menos extensas de coloração avermelhada ou pretas com **ataque da superfície em questão ou cavidades**.

De onde vem este problema?

Introdução acidental ou sistemática de umidade ou de líquidos corrosivos atacando o aço. **Defeito de estanqueidade de montagem.**

A corrosão pode ser sistemática assim que o rolamento trabalha em atmosfera saturada de umidade e quando ele é submetido a períodos alternados de funcionamento e de paradas suficiente-

mente prolongados para que a temperatura do órgão mecânico retorne ao valor do ambiente. Em período de funcionamento, a temperatura do rolamento se eleva, o ar contido em seu alojamento se dilata e escapa. Na parada, o retorno da temperatura ambiente é acompanhado de um refluxo de ar saturado de umidade que se condensa no rolamento. A renovação freqüente do ciclo acarreta no depósito de uma quantidade crescente de água, que, misturando-se à graxa, não desaparece totalmente durante a fase de reaquecimento. A corrosão ganha progressivamente o conjunto dos elementos internos. Seus efeitos são comparáveis àqueles da poeira abrasiva. As capas oxidadas cedem sob pressão dos corpos rolantes e este óxido forforizado acelera por sua vez a abrasão. A presença de manchas corrosivas permite uma identificação sem erro possível. De fato, elas não afetam unicamente as partes vivas do rolamento mas seu conjunto, incluindo as faces, os diâmetros e as gaiolas.

Como evitá-la?

- Completar ou prever as proteções necessárias.
- Modificar o ambiente através de uma ventilação apropriada.
- Evitar as projeções líquidas nas estanqueidades e as proteções que não sejam suficientemente válidas.
- Utilizar um lubrificante adequado.
- Utilizar rolamentos impermeáveis SNR.

Corrosão - Oxidação



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação



10 Deterioração das gaiolas

Deformação na montagem



Ruptura da gaiola por vibrações

Como identificá-la?

Gaiolas deformadas - Alvéolos amassados - Marcas de golpes. Avarias às vezes dificilmente identificáveis pois mascaram frequentemente importantes efeitos secundários como: aquecimentos, laminagem das gaiolas sob os corpos rolantes, gripagens.

De onde vem este problema?

A gaiola é particularmente vulnerável enquanto o rolamento não estiver definitivamente colocado. Uma **montagem sem precauções** pode danificá-lo

gravemente.

Num rolamento de esferas, por exemplo, sua fragilidade é ainda acentuada pelo fato de que ela aflore o plano das faces. No rolamento de rolos cônicos, ela ultrapassa sensivelmente a face menor do cone.

Os danos causados às gaiolas provêm geralmente de ferramentas inadequadas ou mesmo de ausência total de ferramentas de montagem. Quando os rolamentos são montados por percussão com jatos, ocorre frequentemente que estas ferramentas raspam brutalmente sob o golpe do martelo, provocando deformações e amassamentos de alvéolos e em consequência o emperramento dos corpos rolantes correspondentes.

Como evitá-la?

- Colocar os rolamentos de preferência com prensa.
- Evitar o emprego de jatos.

Quando a montagem por percussão for inevitável (em reposição particularmente), utilizar os tubos de diâmetro correspondentes aos do anel do rolamento a ser colocado. Este procedimento é particularmente recomendado para a montagem apertada de um cone de grande face dianteira, na qual a gaiola ultrapasse a pequena face.

Deterioração das gaiolas



Vibração



Ruído



Elevação de temperatura



Torque de rotação

Desgaste

Como identificá-lo?

Desgastes mais ou menos pronunciados dos alvéolos e dos diâmetros internos e externos das gaiolas.

De onde vem este problema?

Introdução na montagem, mas geralmente em funcionamento, de **partículas abrasivas**. A **sobrecarga axial** pode ser a origem do desgaste da gaiola. No caso de rolamentos de esferas com gaiolas alveoladas, a abrasão aumenta os alvéolos. A gaiola que a origina está centrada nas esferas, toma um jogo excessivo e um desequilíbrio importante. O diâmetro interno começa então a atritar contra o anel externo e seu diâmetro interno contra o anel interno. O desequilíbrio acelera o desgaste dos alvéolos.

No caso dos rolamentos cônicos, constatamos um desgaste do ponto da gaiola e às vezes até mesmo a ruptura da mesma.

Como evitá-la?

- Limpar cuidadosamente os órgãos receptores do rolamento para eliminar todas as partículas abrasivas.
- Assegurar a proteção eficaz do rolamento pelas juntas ou por qualquer dispositivo apropriado.
- Utilizar rolamentos vedados SNR.
- Utilizar lubrificantes apropriados isentos de partículas estranhas e cuidar da conservação de sua limpeza fechando cuidadosamente caixas e embalagens.

Ruptura

Como identificá-la?

Rupturas com ou sem laminação sob os corpos rolantes.

De onde vem este problema?

As rupturas das gaiolas podem ter como origem:

- Uma **danificação grave na montagem**.
- **Vibrações** que produzam choques.
- Uma gripagem devida a uma **lubrificação deficiente**.
- **Acelerações ou desacelerações bruscas** não previstas acarretando a deformação dos alvéolos.
- Uma **velocidade excessiva da gaiola** (rolamentos de esferas).
- Um **fixação excessiva** do rolamento devido à uma anulação do jogo interno seja por defeito de montagem (ajuste muito apertado) seja por dilatação devido à uma temperatura de funcionamento excessiva ou à uma variação de temperatura significativa entre o anel externo e o anel interno.
- Esforços de **inclinação alternados e repetidos** no caso de rolamentos de esferas. As inversões de sentido de condução das esferas devidas a

estas inclinações, a velocidade diferencial àquelas são dirigidas a cada inversão provocando alongamentos de gaiolas repetidas que, por fadiga do metal, causa as rupturas.

- A deformação dos alojamentos, as irregularidades incontroladas, etc.

Como evitá-la?

- Tomar todas as **precauções na montagem** para evitar a danificação das gaiolas.
- Assegurar a **lubrificação correta** do rolamento com um lubrificante adequado à aplicação (velocidade, temperatura, cargas). Verificar se o lubrificante chega em quantidade suficiente no rolamento.
- Controlar as acelerações e desacelerações.
- Verificar se as velocidades máximas alcançadas pelo rolamento e garantir que estas atendam bem às características correspondendo às exigências.
- Verificar as tolerâncias de ajuste e as temperaturas de funcionamento.
- Se houver um esforço de derramamento alternado, utilizar um **tipo de gaiola adequado** (consultar nossos engenheiros de aplicações).

Análise de casos concretos



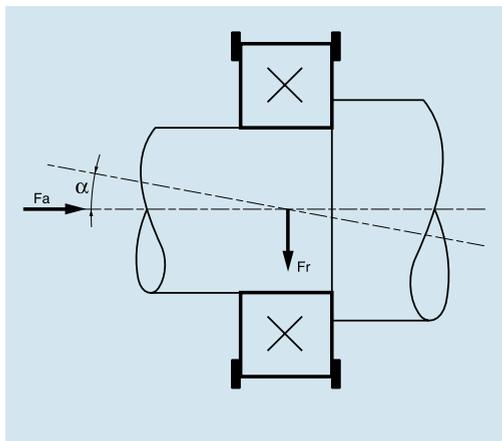
Incidências de mau posicionamento das zonas de cargas

Desalinhamento

A análise de um rolamento, mesmo livre de qualquer deterioração, pode conduzir à constatação e uma anomalia de funcionamento seja devido à uma deformação dos órgãos receptores, seja por um mau posicionamento do rolamento em seus apoios, seja por uma modificação no funcionamento das condições teóricas de trabalho.

O exame das zonas de contato com as pistas, que são visíveis mesmo após um tempo de funcionamento reduzido, permite controlar se elas são conformes àquelas que devem logicamente aparecer, levando-se em conta a natureza e a direção das cargas aplicadas ao rolamento.

Se a imagem observada não corresponder àquela esperada para um determinado trabalho em carga, é porque aparecem cargas ou deformações que não estavam previstas no esquema inicial.



Legenda

AE: Anel externo

AI: Anel interno

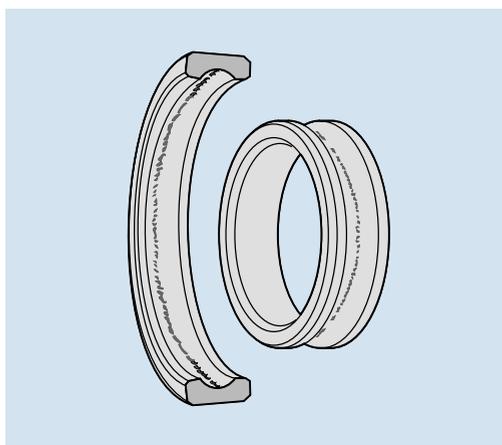
Fixo ou giratório: evidentemente em relação à carga.

Fr: Força radial

Fa: Força axial

α : Ângulo do eixo com a geratriz do alojamento.

Caso n° 1



AE	Fixo mas desliza sob carga
AI	Gira
Fr	Fixa em relação ao alojamento
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

A marca de passagem das esferas se estende a toda a circunferência dos 2 anéis. Marcas de fricção sobre o Ø do **AE**.

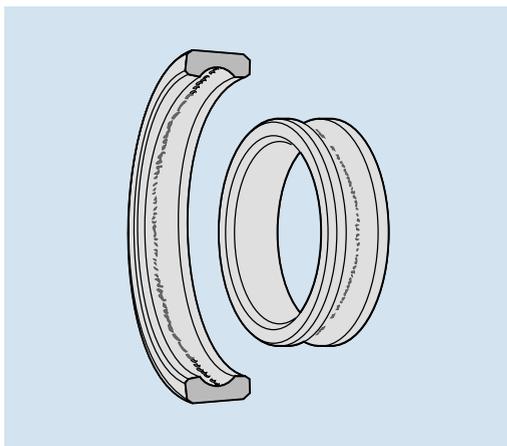
De onde vem este problema?

Rotação anormal do **AE** que desliza sob carga.

Como evitá-la?

Rever o ajuste do **AE** ou seu dispositivo de fixação.

Caso n° 2



AE	Gira
AI	Fixo mas desliza sob carga
Fr	Fixo em relação ao eixo
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

A marca de passagem das esferas se estende a toda a circunferência dos 2 anéis.

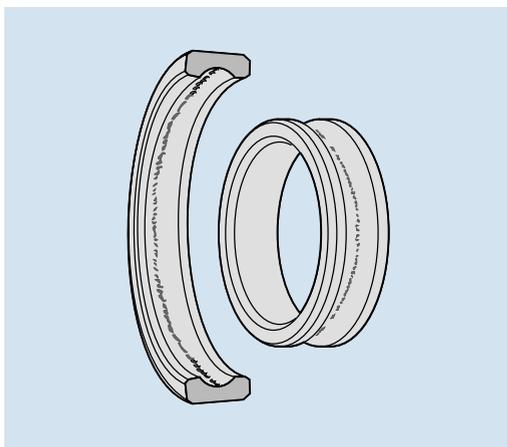
De onde vem este problema?

Rotação anormal do **AI** em relação ao eixo. O deslizamento do **AI** é confirmado pela presença de marcas no diâmetro interno, com desaparecimento parcial ou total das manchas de retificação por polimento do diâmetro interno.

Como evitá-la?

Rever o ajuste do **AI** no eixo ou sobre o dispositivo de fixação.

Caso n° 3



AE	Fixo
AI	Gira - fixação exagerada no eixo
Fr	Adicional induzida pela pré-carga do AI
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

A marca de passagem das esferas se estende a toda a circunferência dos 2 anéis.

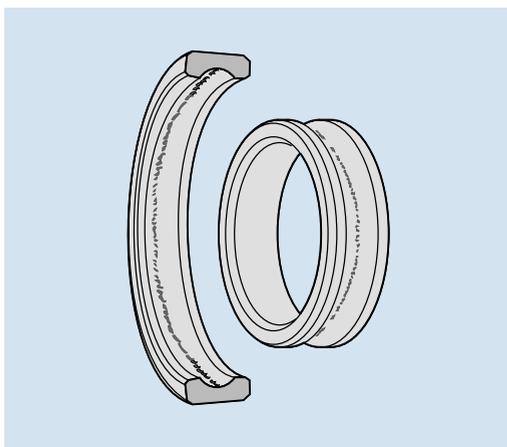
De onde vem este problema?

Fixação exagerada seja do **AE** em seu alojamento ou seja do **AI** no eixo. Anulação do jogo interno e aparecimento de uma pré-carga que se alia à carga normal.

Como evitá-la?

Rever o ajuste do anel anormalmente fixado. Aumentar o jogo interno do rolamento.

Caso n° 4



AE	Gira - fixação exagerada no alojamento
AI	Fixo
Fr	Adicional induzido pela pré-carga do AE
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

A marca de passagem das esferas se estende a toda a circunferência dos 2 anéis.

De onde vem este problema?

Fixação exagerada seja do **AE** em seu alojamento ou seja do **AI** no eixo. Anulação do jogo interno e aparecimento de uma pré-carga que se alia à carga normal.

Como evitá-la?

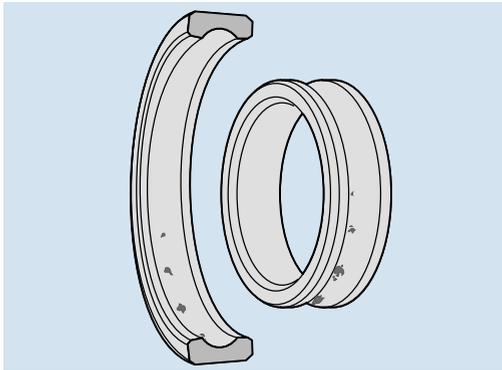
Rever o ajuste do anel anormalmente fixado. Aumentar o jogo interno do rolamento.

Análise de casos concretos



Incidências de mau posicionamento das zonas de cargas

Caso n° 5



AE	Fo em relação ao AI
AI	Fixo em relação ao AE
Fr	Fixo em relação ao AE ou ao AI
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

Zonas de contato compreendidas em um arco de círculo ligeiramente inferior a 180°.

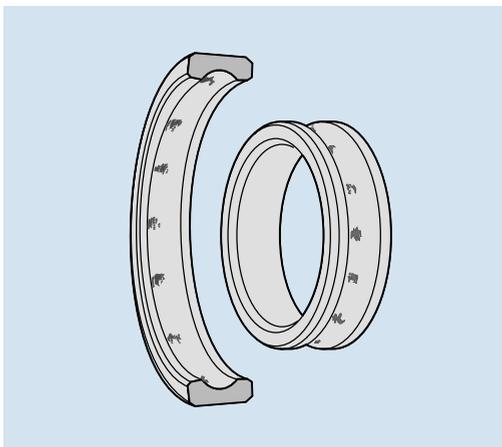
De onde vem este problema?

Vibrações que afetam geralmente um rolamento na parada.

Como evitá-la?

Ver página 18 (Capítulo Vibrações).

Caso n° 6



AE	Fixo em relação ao AI
AI	Fixo em relação ao AE
Fr	Gira em relação ao AE ou ao AI
Fa	Nula
α	Nulo

Como identificá-la?

Zonas de contato equidistantes com uma separação correspondente à das esferas, repartidas em toda circunferência das pistas do **AE** e **AI** e no fundo da gorja.

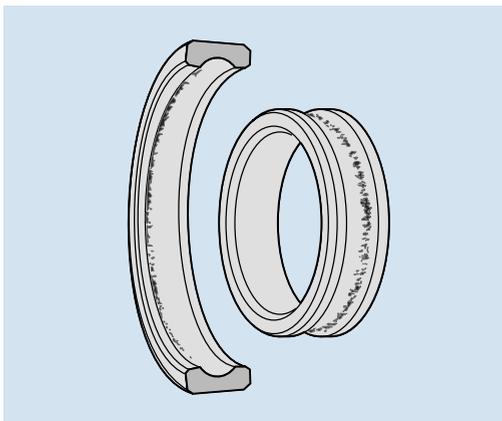
De onde vem este problema?

Vibrações no rolamento. A gaiola pode girar ligeiramente em funcionamento, especialmente sob a ação das vibrações. Observamos então uma sucessão de zonas de contato com repartições equidistantes.

Como evitá-la?

Suprimir as causas de vibração. Utilizar um lubrificante adequado.

Caso n° 7



AE	Fixo - Gira
AI	Gira - Fixo
Fr	Nula ou desprezível em comparação com a Fa
Fa	Contínua
α	Nulo

Como identificá-la?

Marca de passagem das esferas em toda circunferência dos **AE** e **AI** mas anormalmente deslocados lateralmente. **AI**: face sofrendo a carga **Fa**. **AE**: face oposta à carga (simétrica à marca no **AI** em relação ao fundo da gorja).

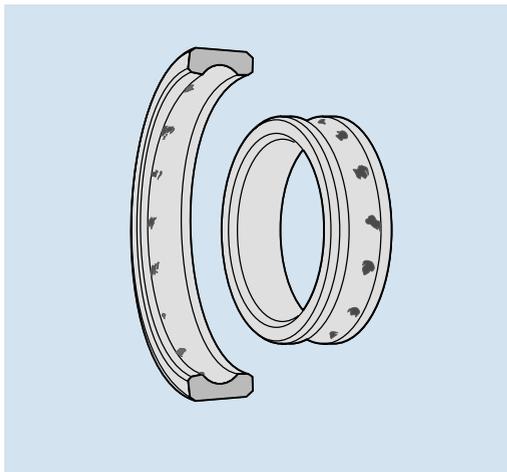
De onde vem este problema?

Carga axial anormal.

Como evitá-la?

Verificar se a **Fa** é normal.

Caso n° 8



AE	Fixo em relação ao AI
AI	Fixo em relação ao AE
Fr	Nula
Fa	Carga vibratória
α	Nulo

Como identificá-la?

Zonas de contato e corpos rolantes com as pistas equidistantes com uma separação correspondente àqueles das esferas, afetando toda a circunferência dos **AE** e **AI**. Estas zonas são deslocadas lateralmente. **AI**: face que sofre a carga **Fa**. **AE**: face oposta à carga **Fa** (simétrico à marca no **AI** em relação ao fundo da gorja).

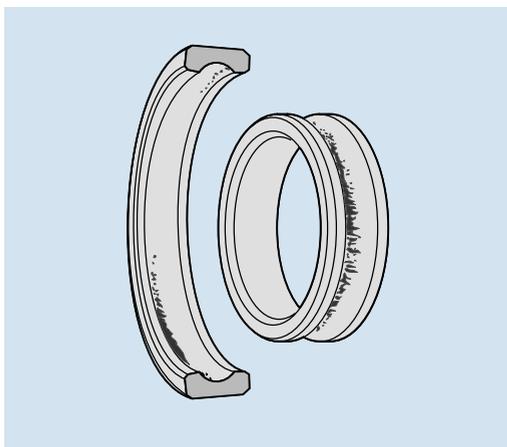
De onde vem este problema?

Carga axial vibratória.

Como evitá-la?

Verificar se a carga vibratória é normal. Utilizar um lubrificante adequado.

Caso n° 9



AE	Fixo
AI	Giratório em relação ao alojamento do AE
Fr	Fixo em relação ao alojamento do AE
Fa	Nula
α	Valor correspondente à anulação do jogo

Como identificá-la?

A zona de trabalho no **AE** é inclinada em relação ao eixo da pista. 2 zonas de fricção diametralmente opostas - somente uma zona se o jogo não for completamente anulado. No **AI**, banda de fricção que afeta toda a circunferência, de largura correspondente à separação entre pontos extremos dos apoios do **AE**.

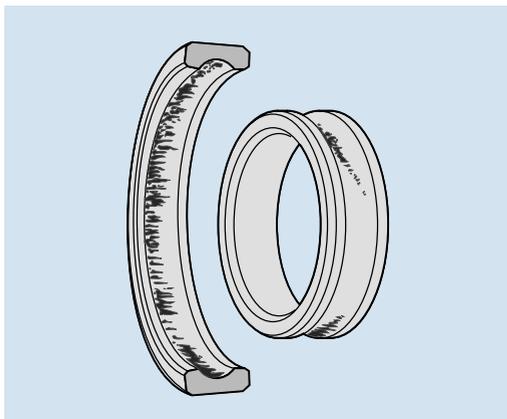
De onde vem este problema?

Mau alinhamento do alojamento do **AE** em relação ao eixo.

Como evitá-la?

Alinhar o alojamento. Verificar se os apoios são perpendiculares aos geradores dos alojamentos.

Caso n° 10



AE	Giratório em relação ao alojamento do AI
AI	Fixo
Fr	Fixo em relação ao alojamento do AI
Fa	Nula
α	Valor correspondente à anulação do jogo

Como identificá-la?

AE pista de rodagem larga se estendendo à toda a circunferência se o jogo for anulado. Sobre o **AI**, fricção formando um ângulo com o eixo da pista do rolamento em duas zonas diametralmente opostas.

De onde vem este problema?

Mau alinhamento do alojamento e do eixo.

Como evitá-la?

Rever o alinhamento. Verificar a perpendicularidade do apoio do eixo.

Europe

FRANCE - EUROPE

SNR Paris	40, rue Jean Bleuzen B.P. 49 92174 Vanves Cedex	Tél. 01 40 93 66 00 Fax. 01 40 93 66 10
SNR Logistique	9, avenue Léon Harmel 92160 Antony	Tél. 01 46 11 66 50 Fax. 01 46 11 66 66

SNR Bordeaux	1, rue du Golf - B.P. 173 33708 Merignac Cedex	Tél. 05 56 34 69 80 Fax. 05 56 34 69 81
---------------------	---	--

SNR Lyon Europe*	Le Florentin - 71, chemin du Moulin Carron - B.P. 8 69570 Dardilly	Tél. 04 78 66 68 00 Fax. 04 78 66 68 20
-------------------------	--	--

SNR Nancy Europe*	3, allée Forêt de la Reine Parc technologique Brabois 54500 Vandœuvre	Tél. 03 83 44 64 00 Fax. 03 83 44 02 31
--------------------------	---	--

DEUTSCHLAND

SNR WÄLZLAGER GMBH 40472 Düsseldorf	Wahlerstraße 6 40437 Düsseldorf Postfach 33 04 10	www.snr.de Tel. (0211) 6 58 06-0 Fax. (0211) 6 58 88 86
33719 Bielefeld	Friedrich-Hagemann-Str.66 33701 Bielefeld Postfach 17 01 45	Tel. (0521) 9 24 00-0 Fax. (0521) 9 24 00 90
70597 Stuttgart	Tränkestraße 7 70574 Stuttgart Postfach 70 04 16	Tel. (0711) 9 00 64-0 Fax. (0711) 9 00 64 99

ITALIA

SNR Italia Milano	Via Keplero, 5 20019 Settimo Milanese (MI)	Tel. (02) 33 55 21 Fax (02) 33 50 06 56
Bologna	Via E.Zago, 2/2 40128 Bologna	Tel. (051) 36 79 46 (051) 36 29 78 Fax (051) 36 85 38

ESPAÑA - PORTUGAL

SNR Rodamientos Ibérica S.A. Madrid	C/ Llanos de Jerez, 22 Polígono Industrial 28820 Coslada	Tél. 91 671 89 13 Fax. 91 673 65 48
---	--	--

*EUROPE (Subsidiaries excepted)
SNR Nancy - Europe : Benelux - Suisse - Autriche - U.K.
SNR Lyon - Europe : Other Countries Fax. 04 78 66 68 21

Amériques / Americas

USA

SNR Bearings USA Atlanta	4600 K Highlands Pkwy Smyrna, G.A. 30082	www.snrbearings.com Tel. (770) 435-2818 (800) 232-1717 Fax. (800) 742-5215
------------------------------------	---	--

AMERICA LATINA

SNR Argentina Buenos-Aires	Viamonte 1145 - Piso 11 1053 Buenos-Aires	Tel. (54) 11-4 372-1272 Fax. (54) 11-4 372-0088
--------------------------------------	--	--

SNR Intermondial (Overseas)

Anney	18, rue du Val-Vert 74600 Seynod France	Tél. (33) 4 50 65 96 00/01/02 Fax. (33) 4 50 65 96 15
--------------	---	--

MAROC

SNR Maroc Casablanca	73, Bd Moulay Slimane Ain Sebaâ CASABLANCA B.P 15873 CASA-PRINCIPAL	e-mail : info@snr.ma Tél. (212) 22 66 76 80 Fax. (212) 22 66 51 66
--------------------------------	---	--



Siège social : Rue des Usines - 74000 Anney - FRANCE

RCS Anney B 325821072 - Code NAF 291H

<http://www.snr.fr>