

SOLUÇÃO ISENTA DE MANUTENÇÃO APLICADA EM ROLOS GUIA NA INDÚSTRIA SIDERÚRGICA¹

*João Guilherme Brigoni Massot²
José Waldir Ferraz de Campos Filho³
Nelson Célio Nascimento⁴
Rodrigo Yoshiaki Fujimoto⁵*

Resumo

Rolos guia são componentes vastamente utilizados dentro da indústria siderúrgica. Normalmente, os rolos guia não apresentam função de conformação, apenas de guia e/ou direcionamento de produtos laminados, por exemplo. Geralmente, a quantidade aplicada é bastante numerosa e as condições operacionais são as mais severas e diversas possíveis, variando desde baixas até altas rotações e temperaturas, somadas a um ambiente extremamente agressivo (contaminação). Nesse contexto, a vida útil média observada é bastante baixa, analisando-se um rolo separadamente e focando o conjunto geral, verifica-se a existência de um grande desprendimento de recursos para a manutenção do equipamento. Em algumas aplicações, a falha dos rolos pode ocasionar danos nos produtos da linha, gerando não conformidades e refugos de material. Diante dessa condição, o presente trabalho visa propor uma solução para aumentar a confiabilidade do equipamento e maximizar sua vida útil, partindo-se do estudo e análise da aplicação de rolos guia e seus rolamentos. O artigo é baseado em um estudo de caso real e seus resultados são apresentados ao final.

Palavras-chave: Rolos guia; Indústria siderúrgica; Rolamentos; Confiabilidade.

MAINTENANCE FREE SOLUTION FOR GUIDE ROLLS IN THE STEEL INDUSTRY

Abstract

Guide rolls are widely used in the steel industry. Typically, the guide rolls have no conformity function, only guiding and/or direction of rolling products, for example. Generally, the amount applied is quite large and the operating conditions are the most severe and diversified, ranging from low to high speed and temperatures, in addition to a very aggressive environment (contamination). In this context, the observed average lifetime is very low, looking up a roll separately and focusing on the whole set there is a large consume of maintenance resources. In some applications, the failures can cause nonconformity and waste of products. Given this condition, this paper proposes a solution to increase the reliability and the lifetime of guide rolls, based on the study and analysis of this equipment and their bearings. The paper is based on a real case study and its results are presented in the final.

Key words: Guide rolls; Steel industry; Bearings; Reliability.

¹ *Contribuição técnica ao 46º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 27 a 30 de outubro de 2009, Santos, SP.*

² *Mestrando em Engenharia pela EPUSP. Engenheiro de Aplicação da SKF do Brasil.*

³ *Coordenador de Contrato IMS da SKF do Brasil.*

⁴ *Especialista em Rolamentos da SKF do Brasil.*

⁵ *Mestre em Engenharia pela EPUSP. Coordenador da Engenharia de Aplicação da SKF do Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Rolos guia são componentes de simples construção, vastamente utilizados na indústria siderúrgica em geral, com foco principal em áreas de lingotamento contínuo e laminação.

Esse tipo de equipamento geralmente, não apresenta função de conformação mecânica. Dessa maneira, como o próprio nome já diz, sua função é guiar e/ou direcionar certo produto laminado de um equipamento para outro, por exemplo.

Sua construção mecânica é bastante simples, geralmente composta por eixo, suporte de fixação do eixo, rolamento, rolo e vedações. Seu tamanho pode variar conforme o dimensional do produto em contato. Na seqüência são apresentadas algumas configurações típicas de rolos guia da indústria siderúrgica.



Figura 1 – Configurações típicas em: a) Lingotamento contínuo;⁽¹⁾ b) Laminação.⁽²⁾

Normalmente, os rolos guia são dispostos em série, distantes poucos centímetros um do outro, de modo a conferir suporte adequado e robusto ao produto em contato, propiciando-lhe liberdade de movimento apenas na direção longitudinal. Em algumas aplicações, a quantidade de rolos pode ultrapassar as centenas.

As condições operacionais aos quais os rolos estarão submetidos são as mais diversas. As rotações variam entre 2 rpm e 20.000 rpm e as temperaturas entre 80°C e 200°C (operação dos rolamentos). Já a condição do ambiente, é basicamente a mesma, sempre agressiva com altos níveis de contaminação (água e/ou particulado abrasivo).

Devido à natureza do contaminante (descrita acima), a vedação comumente utilizada é a tipo labirinto, a qual em boa parte dos casos é a própria tampa de fechamento lateral dos rolos (Figura 2).

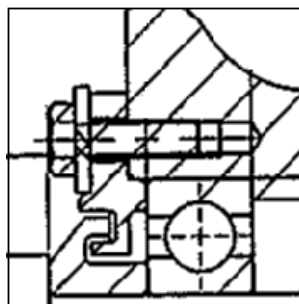


Figura 2 – Vedação típica de rolos guia.⁽²⁾

A lubrificação usual de rolos guia é do tipo centralizada, podendo ser a graxa ou a óleo (*air-oil* ou não). A lubrificação é um item extremamente importante no aspecto da confiabilidade dos rolos.

Dentro do contexto discutido, nota-se que os rolos guia têm apresentado em diversas aplicações, baixa vida útil (baixo MTBF – *Mean Time Between Failure*). Tal aspecto está atrelado principalmente à falha prematura de seus rolamentos, que impedem o giro livre dos rolos, por colapso seguido de travamento.



Figura 3 – Modos de falha típicos de rolamentos instalados em rolos guia.^(1,2)

Analisando o custo de manutenção de um rolo apenas, verifica-se que estes são pequenos, mas ao focar-se no todo (no conjunto de rolos), nota-se que o desprendimento de recursos é grande ao avaliar a rotina de substituições constantes dos rolos da linha.

Além do aspecto manutenção, alguns rolos quando falham ocasionam danos no produto transportado, de modo a gerar materiais não conformes e que deverão ser refugados. Nesse aspecto, o “prejuízo” gerado pela falha de um rolo não fica atrelado apenas à substituição e manutenção de seus componentes, mas também ao refugo do material produzido.

Diante do desafio de se aumentar a confiabilidade operacional de rolos guia, esse trabalho tem como objetivo estudar e analisar a aplicação do equipamento e seus rolamentos, de modo que ao final, possa-se propor uma solução para eliminar o modo de falha típico diagnosticado na análise.

Infelizmente não é possível abranger todos os tipos de rolos guia num primeiro estudo, portanto, o foco desse trabalho será apenas os equipamentos instalados em conjuntos de laminação, com lubrificação centralizada *air-oil*, semelhantes aos da Figura 1 (b).

2 MATERIAL E MÉTODOS

A metodologia aqui aplicada, para o desenvolvimento da análise compreende as seguintes etapas:

- a) coleta de informações do equipamento, como dados operacionais (rotação, temperatura etc), desenhos, especificação de componentes, histórico de falhas etc;
- b) familiarização com o equipamento e modo de operar (visita a unidade fabril);
- c) Análise do modo de falha dos componentes (rolamentos, vedações, rolos etc) atrelada às condições operacionais específicas do equipamento;
- d) cruzamento das informações obtidas no item anterior, com as recomendações de melhores práticas contidas na literatura especializada, de modo a determinar a origem das falhas (RCA – *Root Cause Analysis*), como descrito por Lewis;⁽³⁾
- e) desenvolvimento de solução específica, baseada na literatura especializada, com foco na origem da falha. Análise de viabilidade da solução;

- f) apresentação e discussão do estudo. Realização de teste piloto;
- g) mapeamento do teste e análise dos dados (conclusões); e
- h) generalização da solução.

Baseando-se na metodologia descrita e no objeto de análise desse estudo, apresenta-se na seqüência um estudo de caso real,⁽²⁾ desenvolvido em uma siderúrgica de grande porte, fabricante de barras laminadas para a indústria metal-mecânica.

Na Tabela 1 são apresentados os dados operacionais dos rolos guia:

Tabela 1 – Dados operacionais dos rolos guia objeto de estudo⁽²⁾

Produto transportado	Tipo	Barras laminadas
	Bitolas	Variadas
	Quantidade	65 conjuntos
Rolamentos	Tipo	02x 6207 Z, por rolo
	Rotação	1.200 rpm – 3.000 rpm
	Temperatura	160°C - 200°C
Plano de lubrificação	Tipo	Centralizada <i>Air-Oil</i>
	Lubrificante	Mineral, ISO VG 220

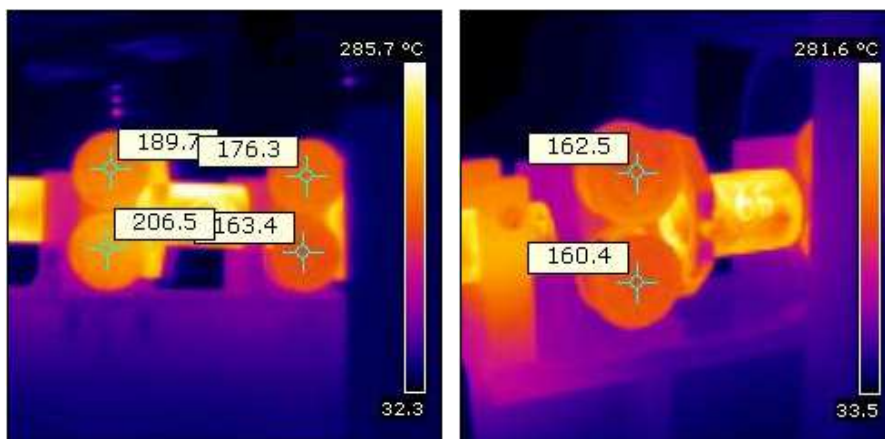


Figura 4 – Termogramas dos rolos provenientes da Tabela 1.⁽²⁾

Os rolos operam intermitentemente, de acordo com o planejamento das “campanhas” (diferentes bitolas).

O histórico de falhas dos rolos indica um MTBF aproximado de 25 dias, na zona de maior carregamento (zona de mudança de direção). A falha é diagnosticada pela evidência de travamento de giro, normalmente ocasionado pelo colapso dos rolamentos, ou pelo refugo de material.

Na seqüência, será apresentado o modo de falha típico dos rolamentos dessa aplicação:

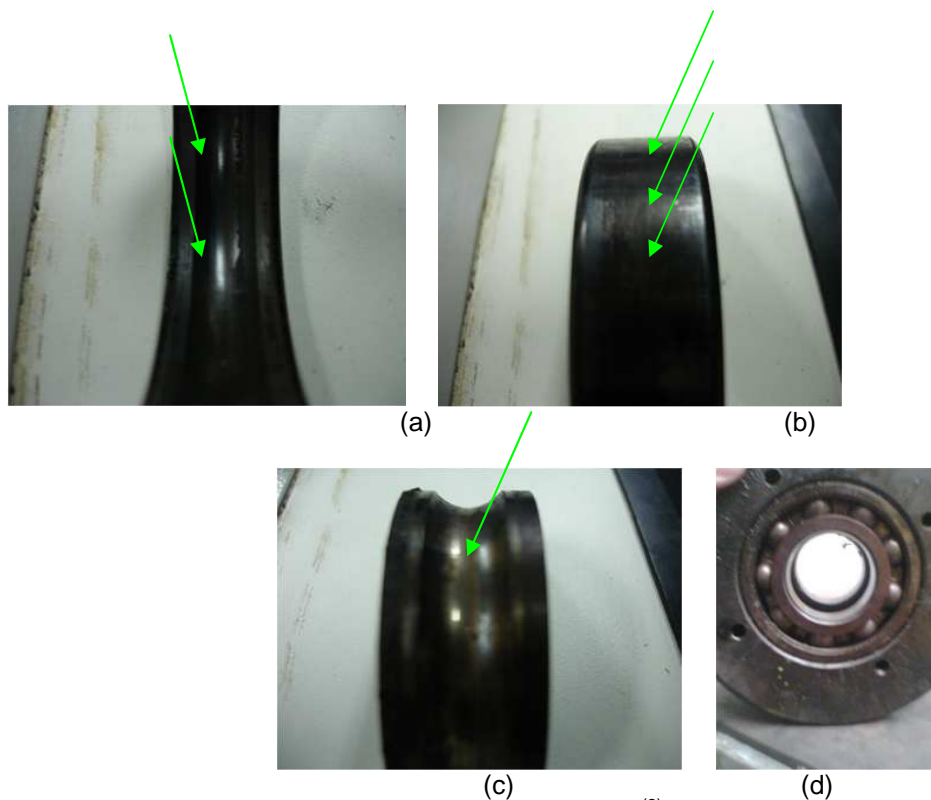


Figura 5– Modo de falha típico dos rolamentos:⁽²⁾ a) sinais de sobrecarga e degradação do lubrificante; b) marcas de corrosão de contato; c) sinais de sobrecarga e degradação do lubrificante; e d) rolamento travado no rolo.

Da Figura 5, conclui-se que o modo de falha evidenciado é originário do mau assentamento dos rolamentos, desgaste acelerado, deficiência de lubrificação (note que os componentes não apresentam lubrificante) e impregnação de particulado do processo. A coloração escura é conseqüência da deterioração do lubrificante e elevação de temperatura.

Nesse contexto, os seguintes itens são pertinentes para análise:

- 1) Os rolamentos utilizados são estabilizados dimensionalmente até a temperatura de 120°C. Operando acima dessa temperatura, ocorrem variações geométricas que nessa aplicação, reduzem drasticamente a folga radial interna, sobrecarregando o rolamento (Figura 6).

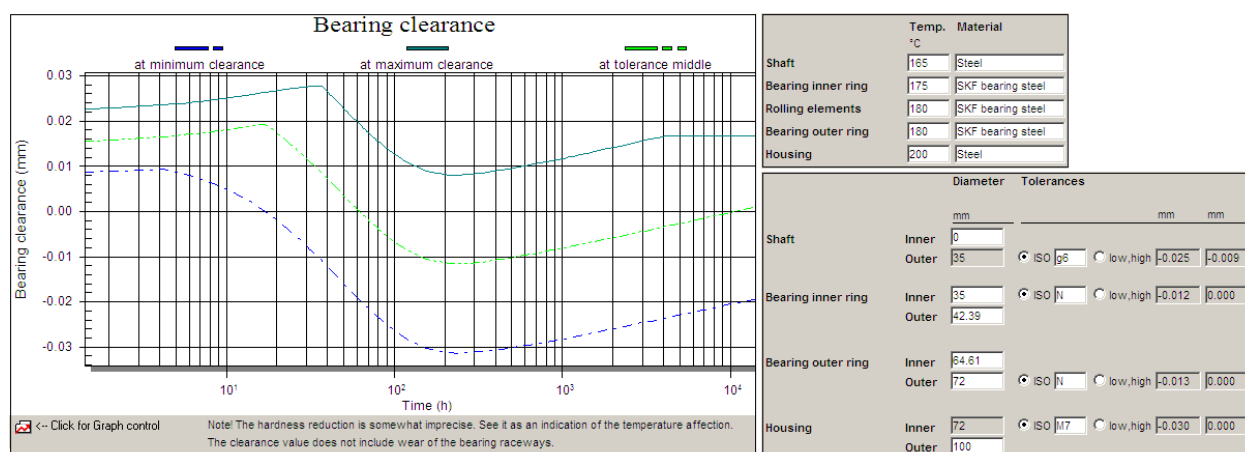


Figura 6 – Simulação (software SKF Galaxy 5.3) da redução de folga ocorrida na aplicação em questão, em operação contínua.

Valores negativos no eixo das ordenadas (gráfico da Figura 6) indicam que o rolamento opera sobrecarregado (folga radial interna “menor” que zero), isto é, zona de carga de 360°. Essa situação gera aumento de atrito e de temperatura.

2) O lubrificante utilizado apresenta temperatura operacional máxima de 80-90 °C. Ao operar acima dessa temperatura, o óleo se degrada rapidamente, perdendo suas funções de redução de atrito, proteção, refrigeração, etc.

3) A placa de proteção dos rolamentos (sufixo “Z”) não permite uma lubrificação eficiente do rolamento traseiro (Figura 7).

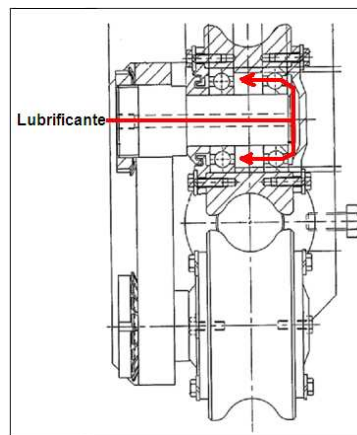


Figura 7 – Percurso percorrido pelo lubrificante.⁽²⁾

4) Montagem inadequada dos rolos pode levá-los a roçar contra o suporte de fixação do eixo (Figura 8).



Figura 8 – Foto real do “roçamento” do rolo contra o suporte.⁽²⁾

Diante das evidências discutidas, entende-se que o projeto de rolamento, vedações e lubrificação dos rolos guia atual, deva ser reconsiderado.

Analisando a literatura especializada,⁽⁴⁾ verifica-se a existência de diversas opções para o tratamento do caso, porém, a que melhor satisfaz os requisitos operacionais descritos, é a solução referente aos rolamentos lubrificados por compósito.

O compósito referenciado é uma lubrificação seca, constituída basicamente por grafite, resina especial e aglutinante. Segundo Hutchings,⁽⁵⁾ o grafite é um lubrificante sólido, que mantém suas funções em altíssimas temperaturas (1.000°C - 1.500°C) e apresenta baixo coeficiente de atrito (da ordem de 0,04).

Em especial para o modelo especificado,⁽⁶⁾ a existência de nano partículas confere uma adesão e resistência superior ao compósito, de modo a permitir

operações a altas temperaturas e rotações. Outra característica importante é que o compósito pode operar em ambientes úmidos e corrosivos.

Tal tecnologia (compósito especial) pode ser adicionada a qualquer rolamento, visto que a aplicação compreende a injeção de um material ainda pastoso no componente, posteriormente submetido ao processo de cura.⁽⁶⁾

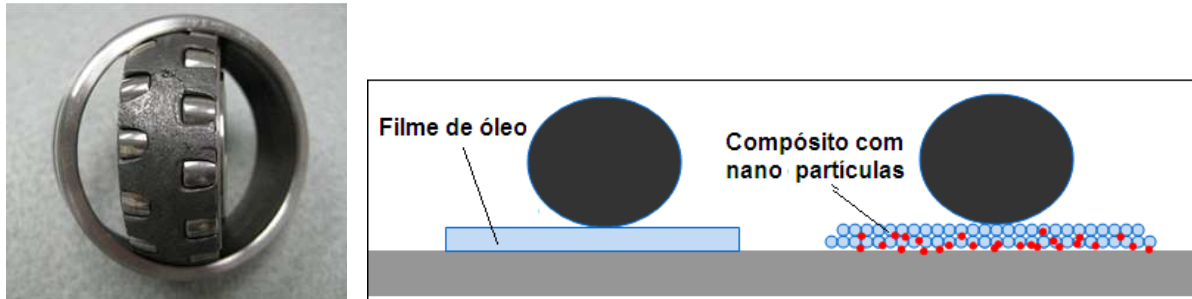


Figura 9 – Rolamento lubrificado por compósito especial – VA237.⁽⁶⁾

Esse tipo de rolamento não necessita relubrificação e suporta temperaturas de até 350°C. Para a aplicação em questão, placas de proteção são adicionadas em ambos os lados dos rolamentos para aumentar a confiabilidade do sistema de vedações.

Um teste piloto é realizado em 5 conjuntos de rolos, das posições mais severas. Devido à condição descrita acima, o sistema centralizado de lubrificação das posições de teste, deve ser desligado.

Observação: O novo modelo de rolamento é a recomendação principal, porém, existem outras recomendações que se fazem importantes, conforme necessidades evidenciadas: ajuste de montagem de rolamentos e rolos, evitando assim a corrosão de contato e o “roçamento” contra o suporte, respectivamente.

3 RESULTADOS

Os resultados até o momento indicam que não houve falha nos rolos do teste piloto, desde a instalação dos rolamentos propostos (agosto/2008) e que o giro destes mantém-se suave.

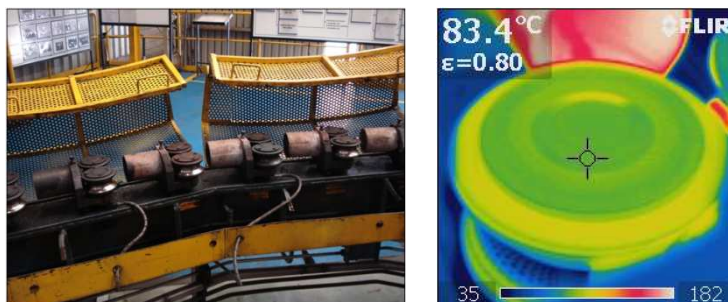


Figura 10 – Teste piloto (rolos sem a mangueira de lubrificação) e a temperatura aferida em situação operacional semelhante a da Figura 4.

Considerando apenas o aumento da vida útil (mais de 10 vezes), conclui-se que a aplicação dos rolamentos propostos é viável, gerando subsídios suficientes para sua instalação em todos os rolos guia da linha.

4 DISCUSSÃO

Conforme resultados obtidos, verifica-se um aumento significativo na vida útil (anterior 25 dias) dos rolamentos, fonte principal de falha dos rolos guia, possibilitando ainda a redução dos seguintes fatores:

- consumo de componentes (rolamentos, rolos danificados);
- consumo de energia (sistema centralizado desligado);
- consumo de lubrificantes;
- geração de resíduos agressivos ao meio-ambiente; e
- serviços de manutenção.

Além dos itens descritos acima, verifica-se principalmente, uma redução na quantidade de não conformidade de produtos, isto é, a quantidade de rolos que danificavam as barras diminui devido ao aumento da confiabilidade do equipamento (aumento de vida útil no setor com maior incidência de falhas).

Note que, a redução de temperatura operacional é significativa (Figura 10). Tal fenômeno está atrelado a uma menor zona de carga, menor atrito e a uma lubrificação eficiente.

A solução proposta apresenta-se bastante eficaz, pois une a capacidade do rolamento em operar a altas temperaturas e rotações (o que às vezes não é possível), sem a necessidade do sistema de lubrificação/refrigeração.

Em adição, a solução permite a aplicação de vedações adicionais contra a penetração de contaminantes, pois novamente, não requer a aplicação posterior de lubrificantes.

5 CONCLUSÃO

Os rolamentos lubrificadas por compósito são uma excelente solução para a aplicação descrita, pois conferem inúmeras propriedades que satisfazem os requisitos operacionais citados:

- suportam temperaturas de até 350 °C;
- podem operar sob altas rotações;
- não necessitam relubrificação (isentos de manutenção); e
- permitem a instalação de vedações adicionais.

Dessa maneira, aumenta-se a confiabilidade do equipamento, pois o modo de falha principal é praticamente anulado, pelo aumento da vida útil dos rolamentos.

A viabilidade da solução é facilmente conferida, pois além do aumento significativo da vida útil, verifica-se uma redução em outros fatores importantes:

- não conformidade de produtos;
- consumo de energia;
- consumo de lubrificantes;
- descarte de resíduos; e
- serviços de manutenção.

Agradecimentos

SKF do Brasil, em especial a Janne Lundgren, pelo suporte durante desenvolvimento deste trabalho.

ABM, pela oportunidade conferida no 46° Seminário de Laminação.

REFERÊNCIAS

- 1 Massoti, J.G.B., 1-31010661: Rolos Guia da Máquina de Lingotamento Contínuo, Barueri: Relatório Técnico da SKF do Brasil Ltda., 2008;
- 2 Massoti, J.G.B., VR-0008: Rolos Guia do Desvio do Bloco, Barueri: Relatório Técnico da SKF do Brasil Ltda., 2008;
- 3 Lewis, E., Introduction to Reliability Engineering, New York: Ed. John Wiley&Sons, 1987;
- 4 SKF Group, 4402/II E: SKF Deep Groove Ball Bearings for Extreme Temperatures Cut Machine Life Cycle Costs, Gothenburg: Technical Catalogue, 1999;
- 5 Hutchings, I.M., Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, Oxford: Ed. Butterworth - Heinemann, 1992;
- 6 SKF Group, SKF VA237: The High Performance Dry Lubricated Bearing, Gothenburg: Technical Catalogue, 2008.