

VANTAGENS NA UTILIZAÇÃO DE ROLAMENTOS VEDADOS EM CILINDROS LAMINADORES¹

Fábio Henrique Rissari Bissa²

Resumo

Este trabalho descreve as vantagens com a utilização de rolamentos vedados aplicados em cilindros de laminação em termos de produtividade, redução dos custos de manutenção e benefícios para meio ambiente devido à minimização da fuga e consumo da graxa lubrificante. Discutiremos os aspectos técnicos e econômicos para a utilização de rolamentos selados nos rolos de trabalho aplicados na laminação a quente, considerando os tipos construtivos de rolamentos, melhorias de design interno, materiais, inspeção e precauções de montagem com ferramentas especiais. Mostraremos as vantagens com a aplicação de rolamentos selados, lubrificantes típicos e melhoria de performance com a utilização de novo aço rolamento com maior resistência em ambientes contaminados por umidade e contaminação sólida. Ao final será apresentado estudo comparativo de redução dos custos de manutenção com a aplicação de rolamentos selados comparados aos rolamentos abertos em rolo de trabalho aplicado na laminação a quente.

Palavras-chaves: Cilindros laminadores; Rolamentos vedados.

ADVANTAGES IN THE APPLICATION OF SEALED BEARINGS IN ROLLING MILLS

Abstract

This paper describes the advantages with the use of sealed bearings applied in rolling mills in terms of productivity, reduction of maintenance costs and benefits for environment due to minimizing leakage and consumption of lubricating grease. We will discuss about technical and economic aspects for the use of sealed bearings in hot rolling mills, considering the constructive types of bearings, improvements of internal design, materials, inspection and assembly precautions with special tools. We will show the advantages with the application of sealed bearings, lubricants and improvement of performance with new bearing steel with more resistance in contaminated environments by moisture and solid contamination. In the end we will present a comparative study of reduction of maintenance costs with the application of sealed bearings compared to open bearings in hot rolling mills.

Key words: Rolling Mills and Sealed Bearings.

¹ *Contribuição técnica ao 47º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 29 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.*

² *M.Sc., NSK Brasil Ltda*

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de rolamentos de quatro carreiras de rolos cônicos do tipo KV (aberto) e do tipo KVE (vedado) é bastante comum em cilindros laminadores. Estes rolamentos são limitados pelas dimensões mínimas do rolo e diâmetro do pescoço do rolo, de maneira que a capacidade de carga deve ser máxima para o espaço limitado de montagem, conforme observamos na Figura 1.

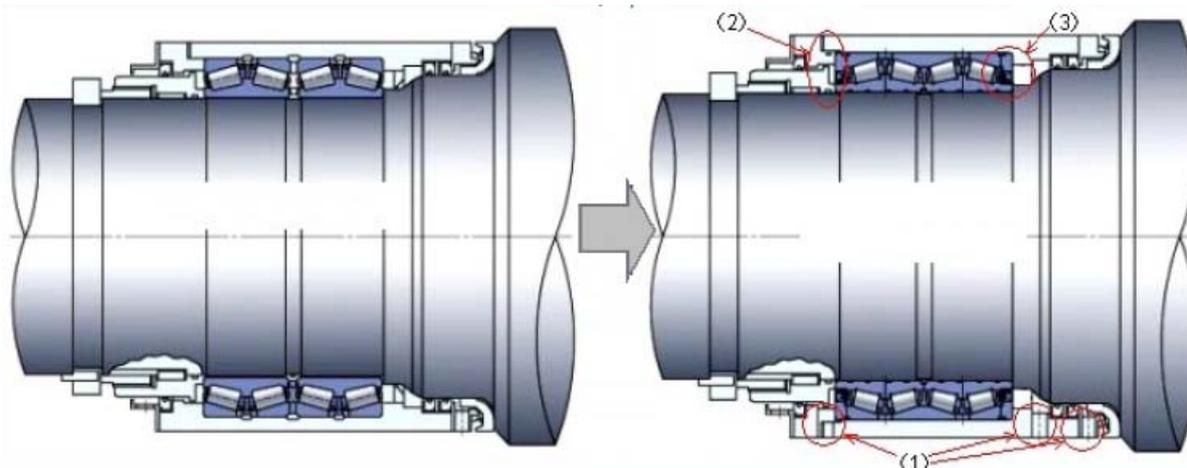


Figura 1a – Rolamento KV sem vedações, 1b – Rolamento tipo KVE com vedações indicadas pela numeração de 1 ~ 3.

Estes rolamentos são montados com folga entre eixo e alojamento para facilitar a montagem e desmontagem para inspeção. Para este tipo de ajuste é comum a aplicação de pasta de montagem entre as superfícies de ajuste de maneira a prevenir arranhaduras e escorregamentos. Também para evitar o desgaste e agarramentos entre o cone e espaçador, spots de óleo são providenciados sobre um lado do cone ou ambos os lados do cone espaçador. Estes rolamentos possuem um número de série comum para um conjunto de rolamentos, cuja marcação indica a ordem de combinação na montagem, evitando enganos durante a montagem. Uma combinação errada pode aumentar a folga axial do rolamento e conseqüentemente reduzir a zona de carga do mesmo, resultando em uma curta vida a fadiga.

A face lateral destes rolamentos possui uma marcação de quatro pontos ao longo da circunferência e que é utilizada para identificar uma nova posição de montagem a 90° após a primeira desmontagem, a mudança da zona de carga visa estender a vida útil do rolamento. A marcação também pode ser feita através de uma linha contínua na superfície de ajuste do anel externo.⁽¹⁾

A forma construtiva dos rolamentos selados de quatro carreiras de rolos cônicos vedados do tipo (KVE) é similar a do rolamento tipo aberto (KV), mas reúne as seguintes características:

- substancial redução no consumo de graxa lubrificante;
- extensão do intervalo de desmontagem e limpeza, portanto, reduzindo os custos de manutenção; e
- prevenção de falhas repentinas devido à entrada de partículas contaminantes.

Basicamente, a vedação padrão é aquela que permite o rolamento operar por um longo período sem a necessidade de engraxamento, onde devido a este aspecto, não são inseridos furos de lubrificação nos espaçadores das capas. Em caso de

condição de operação severa, este pode ser desenhado para receber uma ranhura e furos de lubrificação no espaçador, conforme observado na Figura 2.



Figura 2 – 1º Geração de rolamento de quatro carreiras de rolos cônicos com vedação (KVE).

O rolamento do tipo (KVE) possui retentor interno de fácil montagem e desmontagem que atua prevenindo possível pressão negativa que causaria infiltração da água de processo para o interior do rolamento.

Nos rolamentos selados, o espaço utilizado pelo retentor implica na necessidade de otimização do desenho interno do rolamento para ganhar espaço para a vedação. Este espaço requerido para a vedação e resulta em capas e rolos com menor largura, diminuindo desta forma a capacidade de carga. Portanto, a carga aplicada deve ser sempre verificada quando é avaliada a mudança de rolamentos abertos para vedados.

Para compensar este contrabalanço entre os efeitos positivos da vedação com a diminuição da capacidade e carga e a influências destes na vida do rolamento. Uma nova otimização interna, para ganhar largura de rolos e em maior quantidade, resultou em uma nova geração de rolamentos vedados do tipo (KVS). Os rolamentos tipo (KVS) assim como os de tipo (KVE), são fabricados com material patenteado NSK STF que garante após tratamento térmico: maior tenacidade e resistência superior para trabalhos em ambientes com lubrificação contaminada, maior resistência ao desgaste, maior resistência ao travamento e trabalhos a alta temperatura (termo estabilização dimensional). Propriedades esta obtidas com o melhor controle de tamanho e distribuição de dos carbonetos, controle de austenita retida e tratamento de superfície de cementação. Estas melhorias na fabricação, juntamente com a selagem otimizada, permite rolamentos vedados e sem detrimento na capacidade de carga.⁽²⁾



Figura 3 – 2º Geração de rolamento de quatro carreiras de rolos cônicos com vedação (KVS).

O novo desenho do suporte de vedação permite uma fácil fixação e remoção do retentor, facilitando assim a manutenção e inspeção visual dos rolamentos após cada campanha de trabalho.

O tamanho do furo do suporte da vedação é menor, garantindo mais espaço para dispositivos de levantamento com menor risco de danos na vedação. A Figura 4a mostra a representação e um selo ordinário, utilizado nos moledos do tipo (KVE) e a Figura 4b mostrando a nova vedação aplicada nos rolamentos do tipo (KVS) com melhor apoio para dispositivos de levantamento para remoção do rolamento, minimizando possíveis danos na vedação. A Figura 4c mostra a nova vedação em detalhes nos rolamentos do tipo (KVS).⁽²⁾

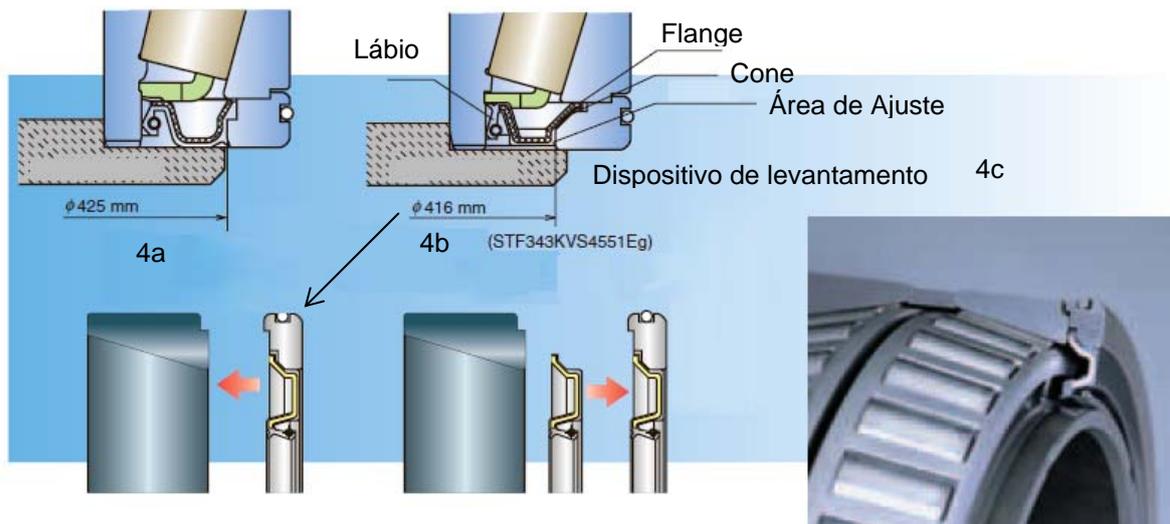


Figura 4 – Representação da Selagem na 2º Geração de rolamento de quatro carreiras de rolos cônicos com vedação tipo (KVS).

2 MONTAGEM DOS ROLAMENTOS SELADOS

Para a montagem é assumido uma marcação que indicará a posição de máxima carga e a pré-lubrificação do rolamento e uma ordem dos elementos que compõem o rolamento. Como referência de marcação, utilizaremos a Figura 5.

- (1º) Apóie o rolamento com suportes adequados ao seu tamanho;
- (2º) Confirme se o retentor e O-ring estão corretamente montados no suporte marcado pela letra "A";
- (3º) Aplique uma fina camada de graxa sobre todas as partes do suporte sendo uma fina camada de graxa sobre o lábio do retentor e outra no O-ring, conforme Figura 3;
- (4º) Aplique uma fina camada sobre a capa simples marcada "A-B";
- (5º) Monte a capa do rolamento no suporte do retentor e permita combinar os números de posição de carga na ordem;
- (6º) Aplique uma fina camada de graxa sobre todas as superfícies do espaçador de capa com a marca "B" e monte a mesma na face correspondente;
- (7º) Aplique uma fina camada de graxa à superfície final do cone com a marca "A";
- (8º) Preencha a gaiola com os rolos montados com graxa. A quantidade de graxa pode ser mensurada corretamente para a quantidade especificada. Durante o preenchimento, gire os rolos e gaiola para espalhar a graxa para o interior do rolamento (pistas de rolagem e superfícies de encosto);
- (9º) Monte o cone com a marca "A" virada para baixo. A montagem deve ser feita com enquanto o cone é rotacionado e durante a montagem tome cuidado para não danificar o retentor.

Após a montagem, certifique-se se o retentor está montado corretamente sobre a superfície de rolagem;

- (10º) Aplique uma fina camada de graxa sobre toda a superfície da capa dupla;
- (11º) Com a face marcada com a letra "B" virada para baixo, tomando o cuidado em manter a numeração da posição de carga pareada para montagem. Monte a capa dupla suficientemente firme com os contatos dos espaçadores;
- (12) Instale o selo na ranhura do furo do cone. Para este caso aplique uma quantidade suficiente de graxa no selo;
- (13º) Aplique uma fina camada de graxa sobre todas as superfícies do espaçador de capa marcada com a letra "D";
- (14º) Aplique uma fina camada de graxa na superfície final do cone marcado "Ce-E" e ao lábio do selo;
- (15º) Preencha com graxa a gaiola e rolos com graxa, da mesma maneira como descrita no passo 8.
- (16º) Monte o cone com a marca "E" virada para cima. Rotacione cuidadosamente para evitar danos ao selo do meio;
- (17º) Aplique uma fina camada de graxa sobre todas as superfícies da capa simples marcada "D-E";
- (18º) Tome cuidado com o posicionamento dos números indicadores das zonas de carga e monte suficientemente ajustados os contatos entre capas e espaçadores;
- (19º) Confirme se o retentor esteja corretamente montado no suporte da vedação marcada com a letra "E";
- (20º) Aplique uma fina camada de graxa sobre todas as superfícies do suporte do retentor, sobre os lábios do retentor que entram em contato com o anel interno e sobre os anéis O-ring;
- (21º) Após a montagem, certifique-se de que o lábio do retentor esteja corretamente montado sobre o seu alojamento no cone;

Após a montagem completa, verifique se as linhas indicativas sobre o lado de fora das capas e suporte do retentor estão alinhadas na posição marcada de Número 1. Caso isto não ocorra, utilize um martelo com a ponta de borracha para eliminar qualquer projeção do espaçador da capa a partir da capa externa e alinhamento da zona de carga marcada. É muito importante confirmar se os retentores e anéis O-ring estão montados corretamente. O retentor é montado de maneira a permitir a saída de pequena quantidade de graxa, mas bloquear a entrada dos contaminantes. Por final, uma pequena quantidade de graxa é dedicada para lubrificar a superfície do furo do rolamento. Como o ajuste é deslizante, esta camada irá proteger a ponta do eixo contra escorregamentos e corrosão de contato.⁽³⁾

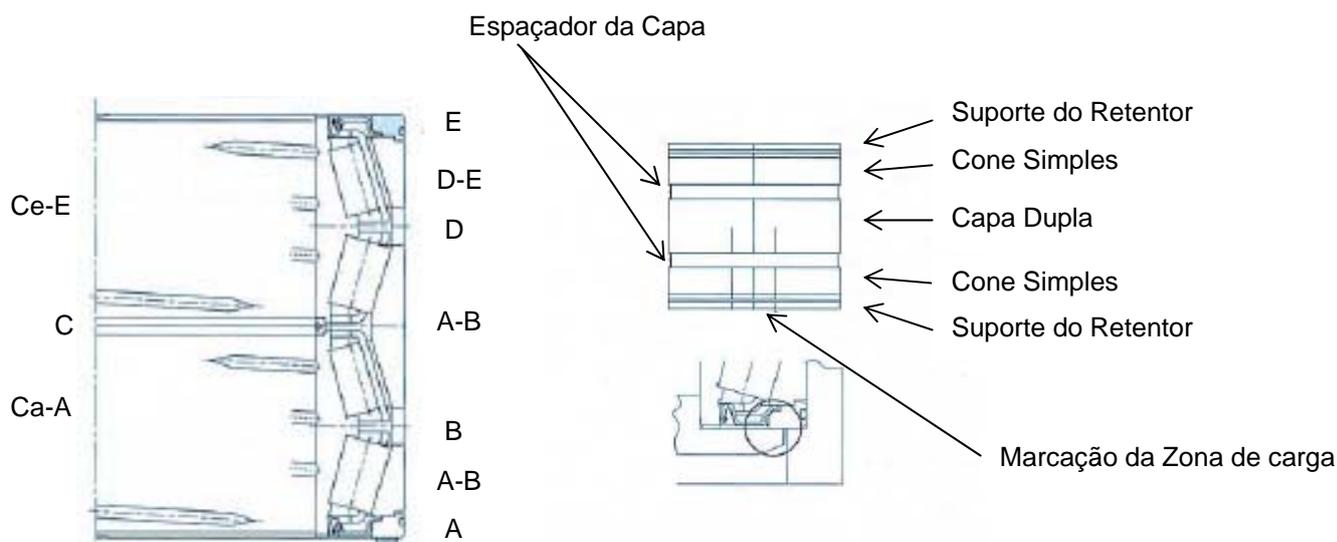


Figura 5 – Montagem de rolamentos selados.

Conforme mostrado na Figura 5, os rolamentos de quatro carreiras de rolos cônicos normalmente possuem uma linha para marcação de zona de carga identificada na superfície de ajuste do anel externo, e uma gravação a 90° na face lateral. A identificação visa a facilitar a mudança da zona de carga a cada campanha do rolamento e inspeção visual, sendo que esta ocorre a aproximadamente 1.000 até 1.200 horas trabalhadas, dependendo do processo de laminação aplicado. Inspeções intermediárias podem ocorrer entre 600 e 900 horas trabalhadas, neste caso é possível avaliar a graxa do rolamento e retenção da mesma junto ao retentor, uma vez observado descoloração, uma aplicação de graxa nova é recomendável. Estas informações devem estar contidas no histórico de trabalho do rolamento.⁽³⁾

3 DETERMINANDO A FOLGA AXIAL

Os rolamentos com quatro carreiras de rolos cônicos são fabricados com uma folga axial especificada em projeto, denominada de “Axial Referência”, porém, a aferição desta folga na primeira inspeção é feita levando-se em consideração o diâmetro externo dos rolamentos. Para diâmetro externo até 450 mm, deve-se montar o rolamento sem os espaçadores sobre uma superfície de medição (mesa de granito) com as capas e cones sustentando um peso de medição, conforme a Figura 6. O peso de medição pode ser equivalente ao peso de um cone simples. A próxima

etapa consiste em medir o espaço entre as faces com o auxílio de bloco padrão, normalmente são tomadas 4 medidas a 90° e feita uma média (Medidas médias “B-B”, “D-D” e “C-C”).

A precisão desta média pode ser aumentada, virando-se o rolamento para repetir o procedimento de medição e tomar uma nova media pelas 8 medições que totalizam a medição.

Os valores médios encontrados correspondem a uma folga axial nula, portanto, as medidas serão somadas a uma de referência “L” que corresponde à folga axial de referência corrigida, denominada “L”. Esta medida “L” corresponde à folga axial original, corrigida de um fator, normalmente aumentado em até 30%, ou seja, $L \sim \text{“Axial Referência”} \times 1.2$.

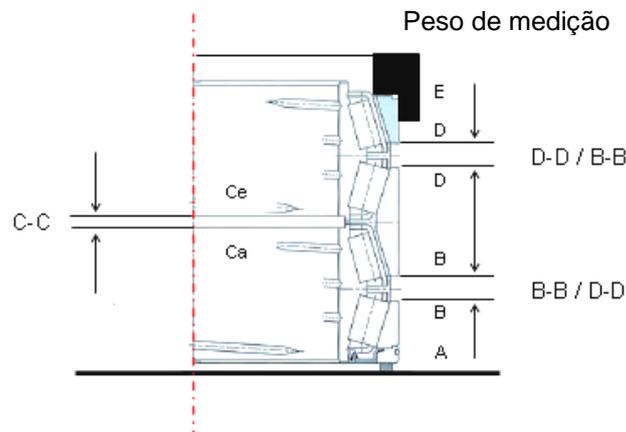


Figura 6 – Medição da folga axial para rolamentos com D até 450 mm.

Para rolamentos com diâmetro externo maior que 450 mm e espaçador central, basta pegar uma capa dupla e apoiar sobre um dos cones, com uma carga de medição apoiada na face da capa. A largura da capa é tomada em 4 posições (medida “K”), bem como a distância entre a face da capa dupla até a face do cone do anel interno (medida “M”). Esta medição deve ser repetida com a inversão do rolamento na mesa de medição (medida “N”). Desta maneira a espessura do espaçador interno será a soma da média das 4 medidas M com a média das 4 medidas “N”, subtraídas da média das 4 medidas “K” e acrescido da folga de referência L ($C = \text{media M} + \text{media N} - \text{média K} + L$). Os espaçadores de capa são verificados de maneira similar, neste caso, a capa dupla é apoiada firmemente com o cone simples sustentando o segundo cone simples que faz o papel de peso de medição, posteriormente são tomadas as medias de 4 medições entre as faces com o auxílio de bloco padrão (Medidas “B-B” e “D-D”, a precisão da media pode ser aumentada, tomando-se medidas similares com a inversão do conjunto, conforme Figuras 7 e 8 .

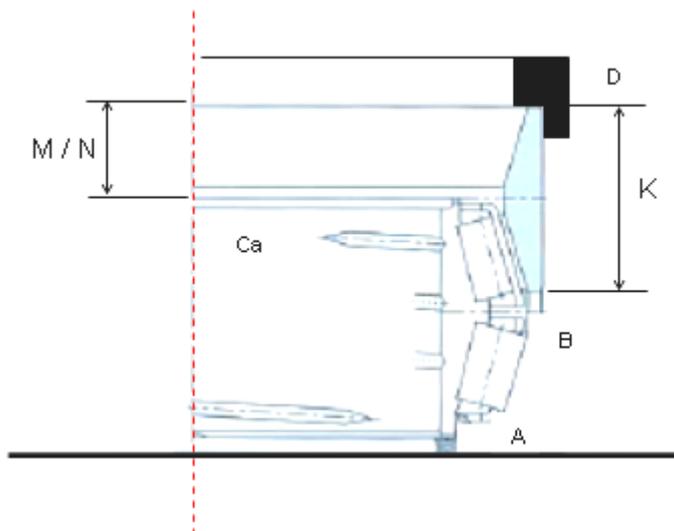


Figura 7 – Passo 1 para medição da folga axial em rolamentos com $D > 450$ mm.

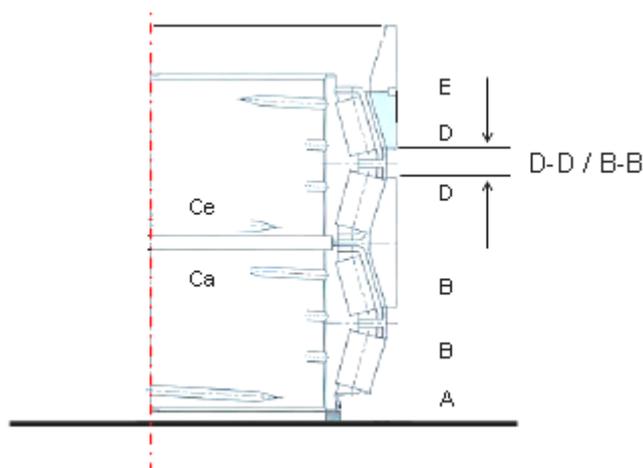


Figura 8 – Passo 2 para medição da folga axial em rolamentos com $D > 450$ mm.

4 PRECAUÇÕES NA MONTAGEM

A inserção de vedações nos rolamentos de quatro carreiras de rolos cônicos implica em diminuição da largura das capas para posicionamento das vedações. Ou seja, a transformação do rolamento tipo (KV) para (KVE) resultou na diminuição da capacidade de carga. Para manter as proteções sem detrimento na capacidade de carga, foram desenvolvidos os rolamentos do tipo (KVS), onde o desenho do rolamento foi otimizado para manter as vedações e gerar ganhos na capacidade de carga.

Em função do ambiente de trabalho sujeito a contaminação sólida por carepas de laminação e água utilizada no processo, a utilização de rolamentos com aços especiais do tipo STF e vedações, contribuem para o aumento da confiabilidade e vida dos rolamentos, além de reduzir drasticamente o consumo de graxa lubrificante. Durante a operação, a temperatura de anel interno é maior que a do anel externo de uma maneira geral. De fato, a expansão do anel interno excede a expansão do anel externo e a diferença entre eles causa um decréscimo na folga radial interna. Este

decréscimo de folga muda pelo tipo de rolamento (aberto ou selado), condição de operação (principalmente limite de rotação) e método de lubrificação. A diferença de temperatura entre anéis internos e externos aumenta, então a folga radial diminui. Para evitarmos insuficiência de folga interna, a mesma deve ser mudada para os rolamentos selados em relação aos modelos abertos. A aplicação de rolamentos selados de quatro carreiras de rolos cônicos exige algumas precauções de montagem:

- usar graxas específicas para cilindros laminadores;
- manter uma pré-lubrificação e re-lubrificar a quantidade de graxa recomendada;
- forçar rigorosamente a eliminação de graxa para evitar o entupimento dos furos de drenagem;
- preparar ferramentas adequadas para rolamentos selados;
- aplicar um intervalo adequado para desmontagem e limpeza;
- para rolamentos com furo cônico checagem de pré-montagem com tinta deve cobrir um mínimo de 80% do eixo.⁽³⁾

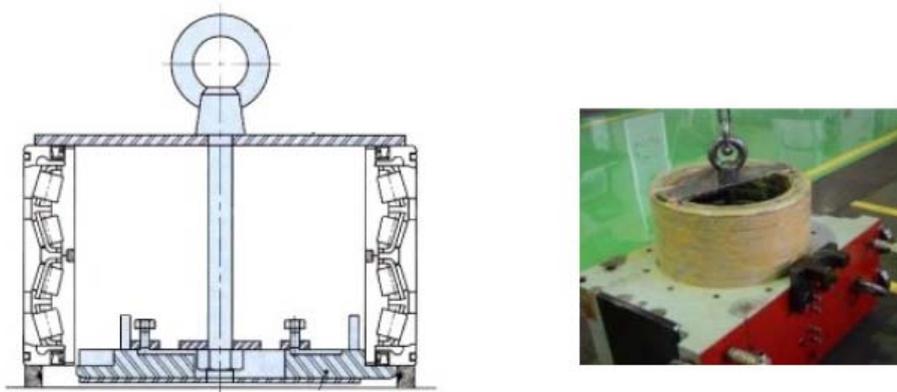
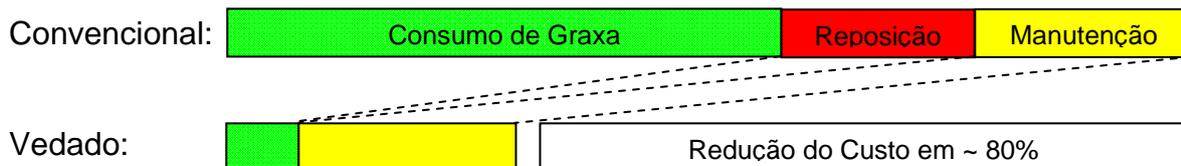


Figura 9 – Dispositivo regulável para levantamento de rolamentos selados.

5 RESULTADOS

Os resultados comparativos mostram a redução de custos de manutenção entre rolamentos abertos e vedados, quando aplicados em rolos de trabalho no processo de laminação a quente.

Em verde temos o consumo de graxa que diminuiu drasticamente com a aplicação de um rolamento vedado. O custo com a reposição da graxa deixa de existir e mantendo o custo de manutenção, a redução geral dos custos ficou em aproximadamente 80%.



Os lubrificantes normalmente aplicados devem atender algumas características técnicas como: resistência a umidade, alta viscosidade do óleo básico (ISO VG 460), bombeabilidade e resistência a altas temperaturas. O custo envolvido é bastante alto e a redução de custos é bastante influenciada pela economia do consumo da graxa lubrificante. A aplicação de rolamentos fabricados com aços especiais, adequados para o trabalho em ambientes contaminados com umidade e partículas, contribui para o aumento de performance e podem reduzir os custos de manutenção em termos de prolongamento da vida e aumento da produção.⁽¹⁾

6 CONCLUSÃO

Com a evolução do processo de fabricação, otimização do design interno para maior capacidade de carga, aplicação de novos materiais e vedações mais eficientes, é possível o desenvolvimento de rolamentos vedados que contribuem efetivamente na redução dos custos de manutenção, principalmente os custos relacionados ao consumo de lubrificantes. Além desta economia, podemos destacar os benefícios para o meio ambiente com a redução do consumo de graxa e a redução de custos de máquina parada com o prolongamento da vida útil dos rolamentos.

Referências

- 1 Catálogo NSK Steel Industry Sealed Clean Roll Neck;
- 2 Catálogo NSK Steel KVE STF;
- 3 Catálogo NSK Steelmaking Roll Neck Bearing Manual CAT E9001b.