

The Timken Company: uma solução para o posicionamento do rolamento axial do laminador

Sorin Tudor

Specialist Application Engineer – HI Primary Metals, EU Customer Engineering

1. INTRODUÇÃO

A principal finalidade do laminador consiste em reduzir a espessura do material. Um laminador típico pode incluir apenas uma estação, mas, geralmente, inclui várias. Estas estações são, normalmente, dispostas em linha para produzir uma redução sequencial na espessura dos produtos laminados em fabricação.

A Figura 1 mostra um corte transversal da disposição de uma estação de quatro laminadores, onde se encontram instalados rolamentos de rolos cónicos de quatro filas nas extremidades dos cilindros de apoio (BUR) e dos cilindros de trabalho (WR). Os rolamentos axiais de rolos cónicos são também utilizados num sistema de aperto por parafusos para ajustar a espessura do produto laminado.

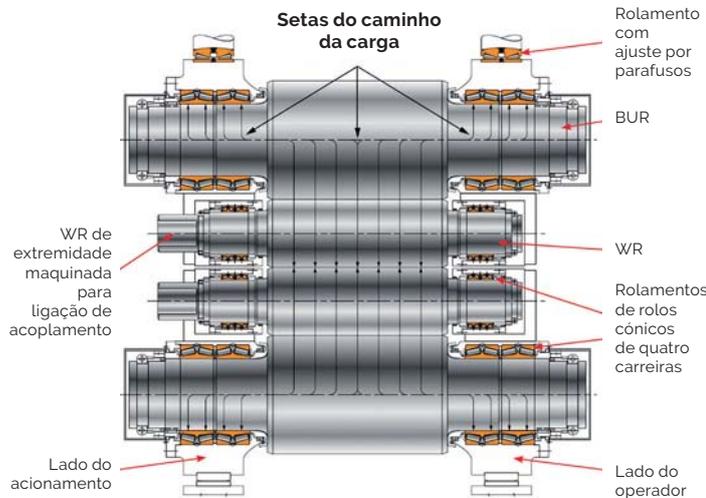


Figura 1. Corte transversal de uma estação de 4 laminadores.

O lado esquerdo da estação de laminadores na Figura 1 está ligado à unidade de acionamento. A extremidade do WR está usinada para uma conexão com acoplamento. O alojamento do rolamento flutua livremente deste lado. O lado direito da Figura 1 representa o lado do operador dos laminadores, no qual o mancal do rolamento está fixo à estrutura.

O caminho das cargas geradas pelo processo de laminação encontra-se ilustrado na figura. Os rolamentos estão sujeitos a cargas radiais muito elevadas e a diferentes níveis de carga axial.

Quando o BUR ou WR utiliza um rolamento de rolos cilíndricos de quatro carreiras (4CRB), tem de ser incorporado um rolamento axial resistente separado no lado fixo do laminador para suportar as cargas axiais externas inerentes ao processo de laminação (Figura 2). Este rolamento axial é, frequentemente, um rolamento de rolos cónicos de duas carreiras montado em molas, de montagem tipo TDIK (ranhura

de chaveta cónica dupla interior). No lado flutuante, o mesmo rolamento axial pode ser utilizado para continuidade do projeto, mas um rolamento mais leve, tal como um rolamento de esferas também pode ser adequado.

2. ROLAMENTO AXIAL

- a) Montagem de TDIK padrão: Sistema de molas incorporado no alojamento (projeto de laminador tradicional)

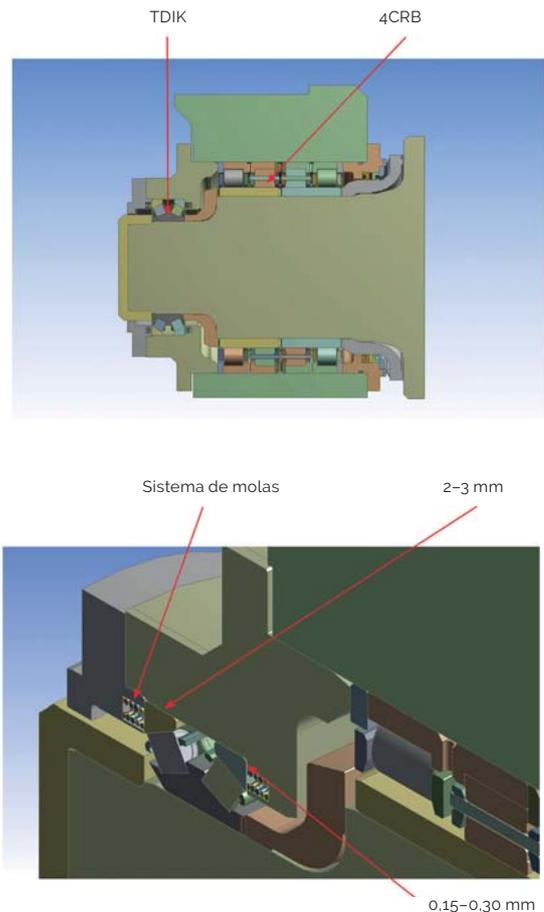


Figura 2. Construção da extremidade do cilindro com 4CRB (radial) e rolamento axial de TDIK.

A Figura 2 mostra a construção de uma extremidade de cilindro na qual está montado um CRB de 4 carreiras como rolamento radial e uma TDIK é utilizada para garantir a posição axial. São necessárias molas externas para pré-carregar as capas do TDIK axialmente, de modo a

assentar a carreira não carregada. As molas localizadas no alojamento mantêm os anéis exteriores do rolamento fixos, independentemente da direção axial. Uma vez que o rolamento é montado com folga, os anéis interiores são encaixados na extremidade do cilindro para impedir a rotação e o desgaste dos furos. Os anéis exteriores são montados com uma grande folga de cerca de 2-3 mm acima do diâmetro exterior para garantir que o rolamento não suporta carga radial. O intervalo entre a face do copo acionado por molas e o alojamento é de 0,15 mm a 0,30 mm de cada lado.

b) Solução Timken: TDIK com sistema de molas integradas (projeto de laminador simplificado)

Na maioria dos casos, quando são utilizados rolamentos de rolos cônicos de quatro carreiras, não são necessárias posições axiais adicionais (consulte a Figura 1). Mas nos casos em que a carga axial é demasiada elevada (tal como quando o deslocamento axial ou os sistemas de cruzamento de rolos são incorporados no laminador), é necessário um rolamento axial adicional para suportar esta carga axial adicional. O rolamento axial impede que o rolamento radial absorva a carga axial. A Figura 3 mostra a construção de uma extremidade de cilindro com rolamentos de rolos cônicos de quatro filas e o rolamento de TDIK axial adicional.

A The Timken Company desenvolveu uma versão do rolamento axial de TDIK que utiliza um sistema de molas integradas. A finalidade do sistema de molas é semelhante à apresentada na Figura 2 (molas montadas no alojamento). O sistema de molas integradas do rolamento foi concebido para desenvolver a quantidade certa de força axial para assentar a fila não carregada. Este novo rolamento é adequado tanto para ajudar na simplificação do projeto global dos novos laminadores como para readaptar os laminadores existentes.

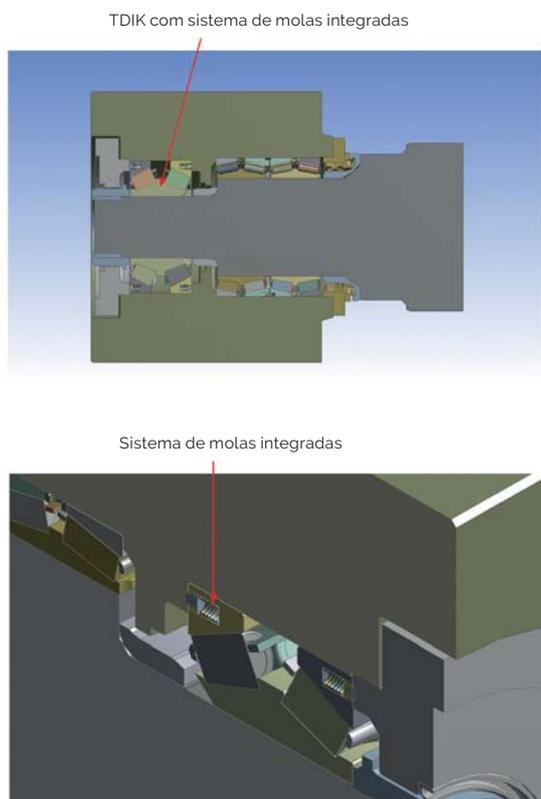


Figura 3. Extremidade do cilindro com rolamentos de rolos cônicos de quatro carreiras e TDIK com molas integradas.

O *design* do sistema de molas integradas tem duas vantagens principais quando comparado com um projeto (tradicional) de montagem de TDIK pré-carregada externamente:

1. A disposição de montagem circundante é simplificada, uma vez que as molas já não são necessárias no ressalto do alojamento nem no seguidor, o que minimiza a possibilidade de perder ou danificar as molas externas necessárias para a montagem de TDIK padrão;
2. Os requisitos de mola e montagem são tratados pelo fabricante dos rolamentos (a montagem é mais fácil se for efetuada pelo fabricante do laminador).

O projeto de uma TDIK com um sistema de molas integradas (vista expandida) é ilustrado na Figura 4. Esta construção inclui um conjunto de cone duplo com rolos e porta-rolos (1) e duas capas simples (2). O cone duplo é tipicamente encaixado (3) na extremidade do cilindro na face exterior.

As ranhuras de chaveta estão situadas em ambas as faces do cone duplo de modo que o conjunto do rolamento possa ser invertido para aumentar a sua vida útil, se o impulso do cilindro for predominantemente numa direção durante a operação de laminação. Embora as ranhuras de chaveta estejam normalmente situadas nas faces, também podem ser fornecidas ranhuras de chaveta para furos. Este design não possui espaçador de copo. O sistema de molas é composto por molas (4), anéis de pistão (5) e anéis de retenção (6).

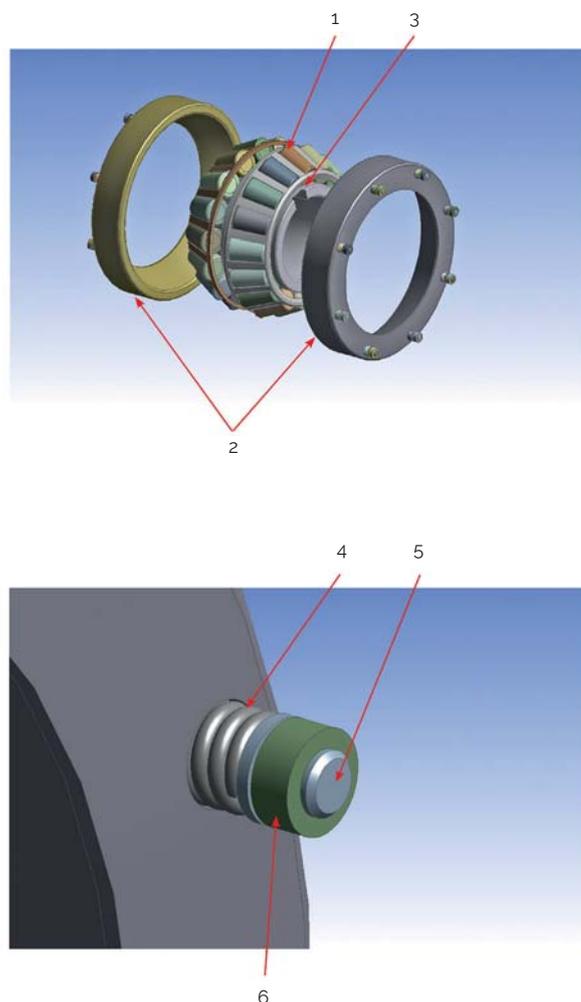


Figura 4. Projeto da TDIK com molas integradas.

3. ESTUDO DE CASO

Montagem de TDIK padrão: Sistema de molas incorporado no alojamento (projeto de laminador tradicional)

Procedimento de cálculo e seleção das molas

3.1. Objetivo

O procedimento de cálculo e seleção para projetos, nos quais um sistema de molas esteja incorporado no alojamento (projeto de laminador tradicional), é apresentado aqui, com base no seguinte estudo de caso. A finalidade deste artigo consiste em descrever detalhadamente o procedimento para apoio aos construtores de laminadores, que muitas vezes perguntam sobre a seleção das molas para a concepção de novos laminadores, devido à relação próxima entre molas e rolamentos.

Este exemplo ilustra o projeto tradicional do laminador, mas A The Timken Company efetua cálculos semelhantes no caso de TDIK com sistemas de molas integradas.

3.2. Dados inseridos

Neste estudo de caso, a extremidade de BUR de um novo laminador de alumínio 6HI está equipada com rolamentos de rolos cilíndricos de quatro filas (600RX2643), montados na posição radial, e um rolamento de TDIK (HM959740DW-HM959710) montado na posição axial. Um esquema do rolamento de TDIK é apresentado na Figura 5. A capacidade axial do rolamento é $C_{90} = 522000 \text{ N}$.

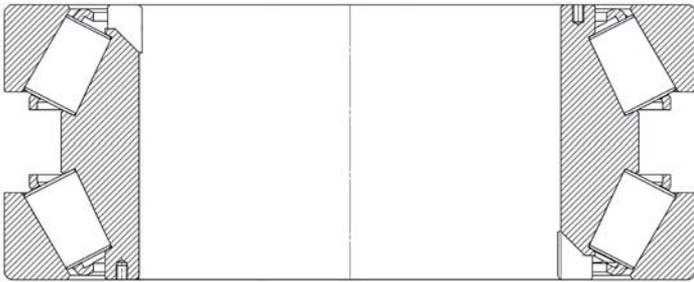


Figura 5. Esquema do rolamento de TDIK HM959740DW-HM959710.

Um desenho da extremidade de BUR é apresentado na Figura 6:

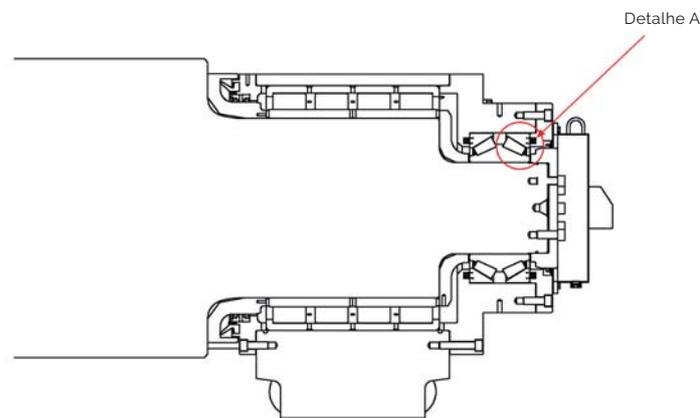


Figura 6. Esquema de BUR no novo laminador de alumínio 6HI.

Um grande plano da mola montada em funcionamento (Detalhe A) é apresentado na Figura 7. A mola pré-selecionada possui uma rigidez de $K = 250 \text{ N/mm}$. O comprimento da mola solta é $L_o = 30 \text{ mm}$ e o comprimento da mola altamente sólida é $L_{SH} = 24 \text{ mm}$.

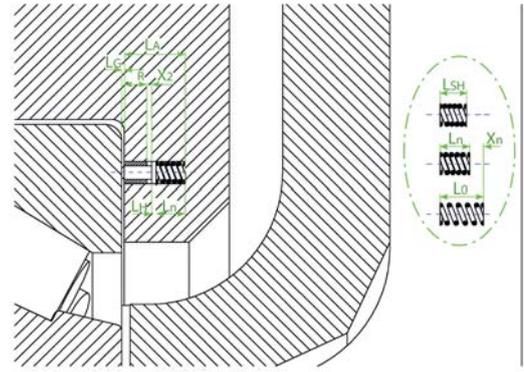


Figura 7. Detalhe A, mola em funcionamento.

Dados inseridos do design:

Profundidade do orifício do alojamento, L_A : 36 mm
 Comprimento do anel de retenção, L_R : 7 mm
 Distância de tensão de compressão da mola, X_2 : 1,7 mm
 Comprimento da cabeça do anel de pistão, L_H : 2 mm
 Folga axial entre a face da capa e o alojamento, L_G : 0,3 mm

Cálculos do design:

Comprimento nominal da mola, $L_n = L_A - L_R - X_2 - L_H = 36 - 7 - 1,7 - 2 = 25,3 \text{ mm}$
 Distância nominal de compressão da mola, $X_n = L_o - L_n = 30 - 25,3 = 4,7 \text{ mm}$

Verificação para evitar a mola totalmente comprimida:

$L_n > L_{SH} \Leftrightarrow 25,3 > 24 \text{ mm}$ (verificado)

3.3. Procedimento de cálculo

a) Cálculo da força de mola pretendida para assentar a carreira não carregada

1. O peso acumulado (M , unidade de medida kg) da capa que precisa de ser assentada com os rolos e porta-rolos correspondentes são calculados primeiro:

$$M = \text{peso da capa} + \text{peso do rolo} + \text{peso do porta-rolos} = 22 + 16 + 2 = 40 \text{ Kg}$$

O peso acumulado M (peso da capa + peso do rolo + peso do porta-rolos) deve ser assumido como uma terça parte do peso do rolamento (dados de catálogo), se os peso específicos da capa, rolo e porta-rolos forem desconhecidos.

2. A força do peso (W , unidade de medida N) correspondente ao peso acumulado da capa e dos rolos e porta-rolos correspondentes é calculada em seguida:

$$W = M \cdot 9,81 = 40 \cdot 9,81 = 392,4 \text{ [N]}$$

3. Recomenda-se que a força da mola pretendida (RSF , unidade de medida N) seja 10 vezes superior à força do peso W anteriormente calculada (uma diretriz baseada na experiência prática no terreno) e é calculada do seguinte modo:

$$RSF = W \cdot 10 = 10 \cdot 392,4 = 3924 \text{ [N]}$$

b) Força desenvolvida por uma mola selecionada (tensionada)

$$F_u = K \cdot X_n = 250 \times 4,7 = 1175 \text{ [N]}$$

em que K = rigidez da mola = 250 N/mm e X_n = distância nominal de compressão da mola.

c) Determinação do número de molas necessárias

$$n = RSF / F_u = 3924 / 1175 = 3,3$$

Assim, o projetista escolheria $n = 4$ molas.

d) Força total da mola

A força total da mola é calculada ao multiplicar a força da mola selecionada pelo número de molas:

$$F = F_u \cdot n = 1175 \cdot 4 = 4700 \quad [N]$$

e) Verificação do rácio de força da mola vs. capacidade axial C_{ago} do rolamento

$$r = F/C_{ago} = 4700/522000 = 0,9\% \text{ (aceite desde } 0,9\% < 2\%)$$

A força da mola deve ser mantida inferior a 2% de C_{ago} de modo a evitar colocar demasiada carga adicional na carreira assentada e diminuir a vida útil de L10 do rolamento.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

A The Timken Company desenvolveu uma nova versão de TDIK que utiliza um sistema de molas integradas. O sistema de molas do rolamento desenvolve a força axial adequada suficiente para assentar a carreira não carregada. Este projeto é adequado para novos laminadores, para simplificar o design global ou para readaptar laminadores existentes.

O projeto do novo rolamento tem duas vantagens principais sobre uma montagem de TDIK pré-carregada externamente:

1. A disposição de montagem circundante é simplificada, uma vez que as molas já não são necessárias no ressalto do alojamento nem no seguidor, o que minimiza a possibilidade de perder ou danificar as molas externas necessárias para a montagem de TDIK padrão;
2. Os requisitos de mola e montagem são tratados pelo fabricante dos rolamentos (a montagem é mais fácil se for efetuada pelo fabricante do laminador).

O procedimento de cálculo e seleção do sistema de molas foi apresentado no estudo de caso na secção 3. O cálculo e seleção das molas são frequentemente solicitados pelos nossos clientes para novos laminadores – mesmo em designs tradicionais de extremidades de cilindro, nos quais o sistema de molas está incorporado no alojamento – porque as características da mola influenciam o desempenho do rolamento. O objetivo desta apresentação consiste em auxiliar os construtores de laminadores na seleção das molas corretas.

5. AGRADECIMENTOS

O autor gostaria de agradecer à The Timken Company por permitir a publicação deste estudo.

6. REFERÊNCIAS

- [1] Vladimir B. Ginzburg and Robert Ballas, *Flat Rolling Fundamentals* (2000). Marcel Dekker, Inc., New York
- [2] Timken Engineering Manual, *Metals Industry Edition* (2013). The Timken Company (Order No. 10688)
- [3] Timken Metals Product Catalog (2014). The Timken Company (Order No. 10675). 

Timken Company

Tel.: +49 (0) 711 949 640 • Fax: +49 (0) 711 949 6410
zentrale@timken.com • www.timken.com

P.06



GRUPO
CONTIMETRA **SISTIMETRA**

OS NOSSOS SERVIÇOS

- ✓ VERIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS DE MEDIDA
- ☐ DETEÇÃO DE FUGAS DE ÁGUA
- ⚙️ INSTALAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO INDUSTRIAL
- ✍️ CONTRATOS DE MANUTENÇÃO
- 📊 MEDIÇÃO
 - CAUDAL, NÍVEL, PLUVIOSIDADE
 - pH, REDOX, CLORO, COO, CBO, SST
 - ENERGIA TÉRMICA
 - CONSUMOS ELÉTRICOS

Contimetra - Lisboa tel. 214 203 900 fax 214 203 901
industria@contimetra.com - www.contimetra.com

Sistimetra - Porto tel. 229 774 470 fax 229 724 551
industria@sistimetra.pt - www.sistimetra.pt