

ANÁLISE DA APLICAÇÃO DE LIMITADORES DE TORQUE POR PRINCÍPIO HIDRÁULICO NO STECKEL MILL DA ARCELORMITTAL INOX BRASIL (TIMÓTEO)¹

*Paulo Eduardo Chepuck Miazzo²
Kleber Almeida Ramos de Jesus²
Daniel Myrgren³*

Resumo

Após um acidente na linha de laminação do Steckel Mill da ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo), concluiu-se que seria necessário instalar um limitador de torque para evitar futuros acidentes ocasionados por sobretorque. Foi realizada uma análise criteriosa e o equipamento escolhido para cumprir com a função de limitar o torque foi o Safeset, limitador de torque por princípio hidráulico da empresa Voith. O presente trabalho visa demonstrar as vantagens da aplicação do Safeset e apresentar os benefícios oriundos da instalação na ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo).

Palavras-chave: Limitadores de torque; Picos de torque; Otimização; Proteção contra sobretorques

ANALYSIS OF TORQUE LIMITER APPLICATION FOR HYDRAULIC PRINCIPLE IN STECKEL MILL OF ARCELORMITTAL INOX BRASIL (TIMÓTEO)

Abstract

After an accident on the rolling line of ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo) Steckel Mill, it was concluded that would be necessary to install a torque limiter to prevent future accidents caused by overload. A careful analysis was performed and the chosen equipment to carry out the limiting torque function was the Safeset, torque limiter for hydraulic principle from Voith company. This report aims to demonstrate the advantages of Safeset application and the benefits from its installation at ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo).

Key words: Torque limiter; Torque peaks; Optimization; Overload protection

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 Engenheiro de Vendas e Aplicações - Voith Turbo

³ Global Sales Manager - Voith Turbo Safeset

1 INTRODUÇÃO

Para que uma máquina ou equipamento seja projetado, muitas são as variáveis que devem ser levadas em conta. A engenharia tem que analisar as funções básicas a serem desempenhadas, a segurança, as situações no estado estático, as situações no estado dinâmico, etc. Após este projeto básico, esta ciência ainda desenvolveu ferramentas para testar e revisar o produto em estudo.

Ainda assim, eventos inesperados ocorrem. Situações não previstas em época de projeto. Ou ainda, existe situações para as quais não se torna viável o dimensionamento do equipamento, mesmo seguindo os mais rigorosos padrões e normas de engenharia. Portanto, sempre haverá um risco de falha deste produto.⁽¹⁾

Quando se trata do processo de laminar materiais, o risco de falha é muito grande e frequente. Isto porque os recursos disponíveis para avaliar as condições do material a ser laminado não estão aptos a prever todas as intempéries deste processo.⁽²⁾

Zonas frias, sucatas, chapas dobradas, desgastes nos equipamentos de acionamento e outras causas podem levar o processo de laminação a um sobretorque. Este sobretorque pode estar num nível previsto pelos fabricantes de equipamentos e, não ocasionar nada grave. Ou não, o nível do torque pode estar num nível tão elevado, que causará um acidente catastrófico.

Máquinas rotativas são geralmente dimensionadas a partir do torque a que serão submetidas. Porém, o torque é função da potência envolvida (e esta bem controlada pelo usuário do equipamento) e da rotação (e esta variável, nem sempre é controlável). Caso a potência seja aplicada a um equipamento e a rotação atinja valores próximo a zero, o torque tenderá ao infinito, levando a quebras catastróficas, como exemplificado na Figura 1.



Figura 1: Exemplos de quebras catastróficas.

O Safeset é um equipamento desenvolvido para que, em casos de sobretorque, a máquina não sofra consequências extremas. Ele desacoplará a linha de acionamento protegendo tanto a máquina acionadora, quanto a máquina acionada.

2 O SAFESET

É um acoplamento única e exclusivamente para cumprir com a função de proteção contra sobretorques. Consta basicamente de duas peças: o anel cisalhante e a luva Safeset (Figura 2).

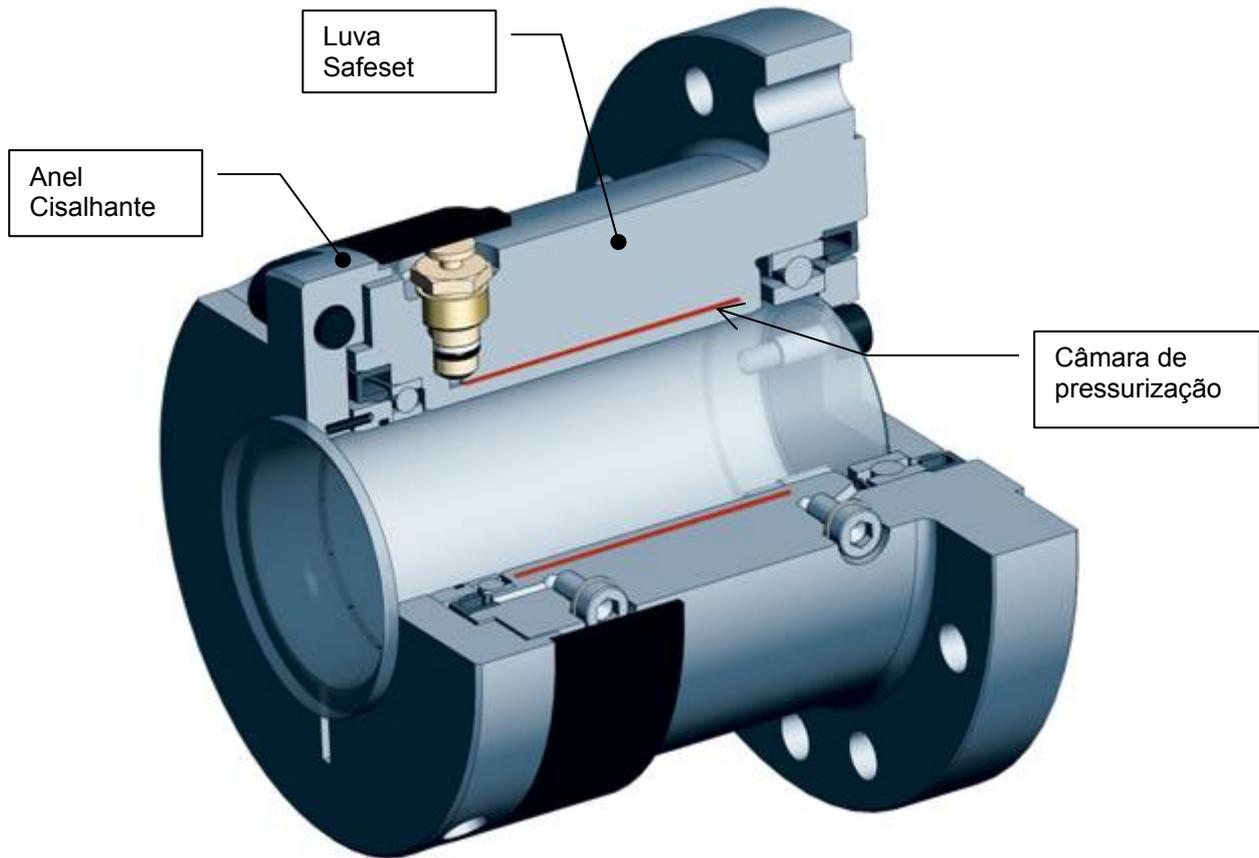


Figura 2: O Safeset

Na luva Safeset encontra-se uma câmara de pressurização, onde é injetado o óleo em alta pressão e também onde ele fica estancado.

Desta forma, a luva Safeset que foi montada na ponta de eixo de forma folgada fixa-se nela através da deformação de sua parede interna.

Conhecendo a pressão inserida no Safeset, também sabe-se qual a máxima força de atrito existente entre a luva Safeset e a ponta de eixo. Conseqüentemente, encontra-se qual o máximo torque transmitido através da seguinte fórmula:

$$T = \frac{\Delta p * \mu * \pi * d^2 * L}{2}$$

onde:

T = Torque máximo transmitido

Δp = Pressão inserida no acoplamento

μ = coeficiente de atrito entre ponta de eixo e a luva Safeset

d^2 = diâmetro interno da luva Safeset

L = comprimento da área de contato

Quando o torque a ser transmitido pelo acoplamento é maior que T, ocorre um deslizamento entre a luva Safeset e a ponta de eixo. Como o anel cisalhante está preso à ponta do eixo de forma solidária, o anel gira em relação à luva Safeset e assim, o bujão é rompido e o óleo entacado na câmara é liberado, tornando a existir uma folga entre a ponta de eixo e a luva Safeset conforme apresentado na Figura 3.

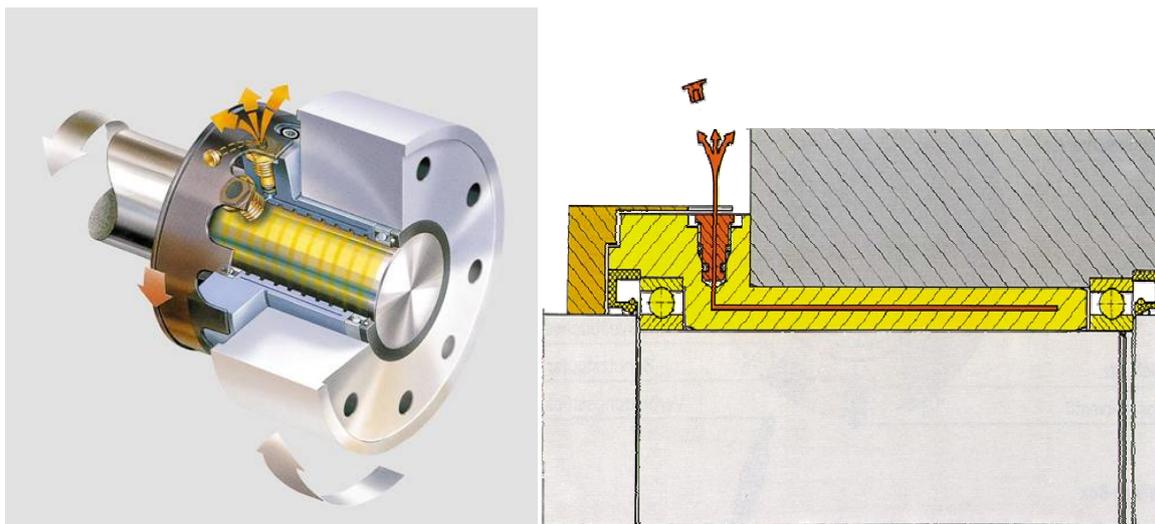


Figura 3: Safeset no momento do "release".

Um grande benefício do acoplamento por este princípio hidráulico é que pode-se controlar a pressão do óleo com que o acoplamento é preenchido. Como foi observado na fórmula acima, a pressão do óleo é uma das variáveis que afeta o torque transmitido pelo Safeset. Na verdade, após instalado, o único elemento que realmente varia é a pressão pois, o diâmetro, o coeficiente de atrito e o comprimento de contato não variam. Desta forma, pode-se encontrar uma relação linear entre a pressão interna do Safeset e o torque transmitido, conforme mostra a Figura 4:

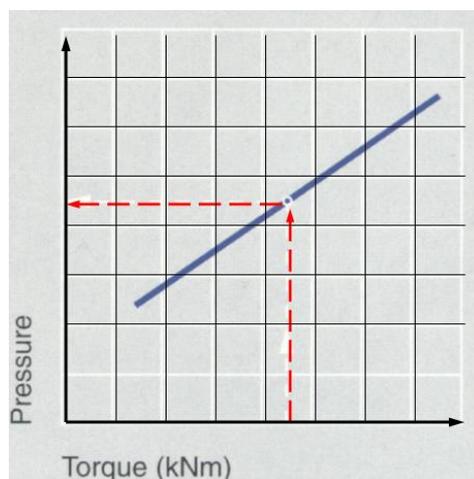


Figura 4: Relação linear entre torque e pressão.

Através desta relação linear, o acoplamento é facilmente ajustado, sem necessitar da substituição dos componentes do acoplamento, como acontece com outras soluções (pinos cisalhantes e sistema de esferas e molas).

Outro importante detalhe a ressaltar é que, pelo fato do componente fusível (o bujão de cisalhamento) não trabalhar em contato com o anel cisalhante, não há quebras por fadiga. Novamente, quando se compara o Safeset com as outras soluções, um inconveniente é a quebra indesejada do elemento fusível devido a desgastes ou fadiga (Figuras 5 e 6).⁽³⁾

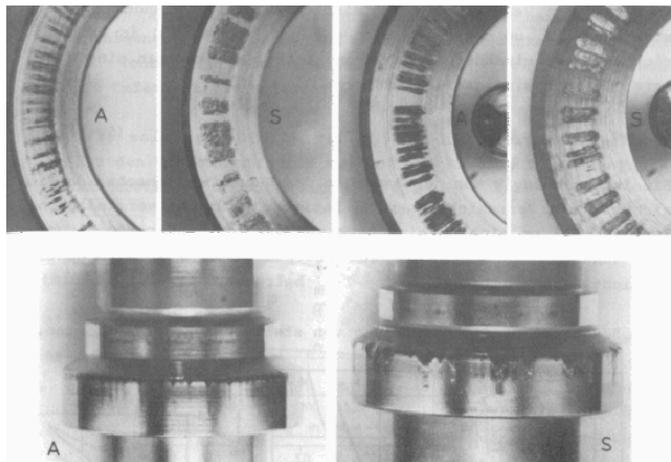


Figura 5: peças deterioradas pelo desgaste do sistema esferas e molas.



Figura 6: pinos fusíveis rompidos.

3 ESTUDO DE CASO - ARCELORMITTAL INOX BRASIL (TIMÓTEO)

3.1 Motivação

Em 2003, após um investimento realizado para a repotenciação do laminador Steckel da ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo), houve um pequeno acidente gerando uma parada de 24 horas. Um lascamento no cilindro de trabalho submeteu toda a linha de acionamento a um sobretorque. Felizmente, não houve danos sérios nos equipamentos submetidos a este pico de energia, e a parada de apenas 1 dia foi suficiente para solucionar o problema.

Contudo, após a avaliação do risco operacional, concluiu-se que os danos poderiam ocasionar uma parada de 10 dias ou mais. E, neste cenário, o Safeset se tornou item de fácil justificativa.

3.2 Instalação

A instalação ocorreu na saída da caixa de pinhões, conforme esquema apresentado na Figura 7:

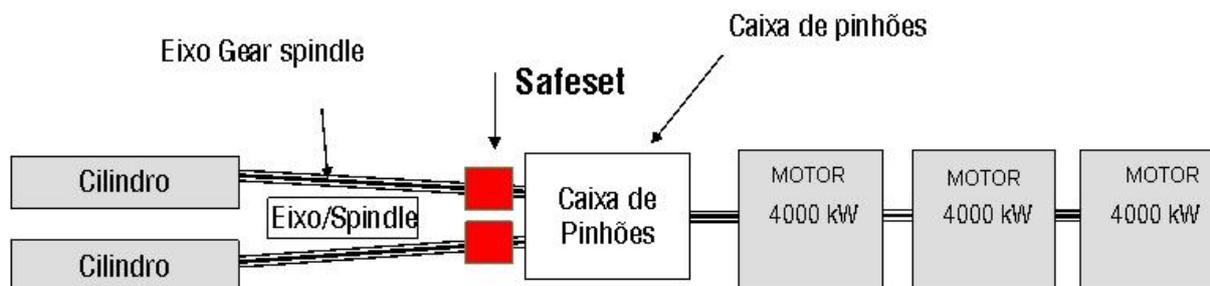


Figura 7: Posição de instalação dos Safesets.

A instalação do Safeset na saída da caixa de pinhões é a mais recomendada tecnicamente. Isto porque, num caso de sobretorque, toda a linha de acionamento estará devidamente protegida, visto que o Safeset atuará antes que a onda de energia gerada pelo processo de laminação chegue à caixa de pinhões e os motores elétricos.

Também é importante ressaltar que a Voith Safeset não se restringe quanto ao design do equipamento. Neste caso, a ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo) optou por manter os eixos de engrenagem e o Safeset foi projetado de forma que não fosse necessária qualquer modificação nos equipamentos já instalados. Assim, o Safeset já possuía a conexão para o eixo de engrenagens, conforme mostra a Figura 8:



Figura 8: Customização do Safeset para montagem com eixo de engrenagem

A montagem final, além de ter mantido suas características dimensionais, já contava com a segurança trazida pelo Safeset. A Figura 9 mostra o resultado final desta montagem:



Figura 9: Instalação pronta

3.3 Benefícios

Quando são verificados os benefícios, eles se misturam no mundo técnico e comercial da empresa e são de natureza qualitativa e quantitativa. Mas basicamente, pode-se falar em:

- redução no número de horas de máquina parada;
- aumento na vida útil dos componentes do laminador;
- redução na necessidade de peças sobressalentes;
- melhores resultados financeiros;
- redução dos riscos envolvidos; e
- melhoria na qualidade de vida e na segurança de seus funcionários.

3.3.1 Redução no número de horas de máquina parada

A ArcelorMittal Brasil Inox (Timóteo) teve, como relatado acima um acidente, ainda sem o Safeset, que demandou 24 horas de serviço. Contudo, segundo a própria companhia, a parada poderia ter sido de 10 dias ou até superior, caso algum equipamento crítico quebrasse.

Após a instalação do Safeset, foram relatadas três ocorrências em que houve o release deste acoplamento de segurança. Conforme a própria empresa em estudo, o retorno da operação se deu em 8 horas, sendo que o Safeset requereu apenas 4 das 8 horas.

Ou seja, tomando o cenário otimista, de 24 horas, o Safeset gerou uma redução de 67% no tempo de máquina parada devido a sobretorques. Já no pior cenário, esta porcentagem chega a 97%.

3.3.2 Aumento na vida útil dos componentes do laminador

No esquema apresentado na figura 7, fica fácil de se entender que o Safeset, uma vez desacoplado, não permite que os demais componentes mecânicos envolvidos no laminador se submetam a um pico de torque.

Isto tem dois motivos:

- a separação a máquina acionada (cilindros de trabalho) da fonte de energia; e

- a separação a máquina acionadora (motores, redutores) da fonte de diminuição de velocidade angular
Ou seja, ele separa a potência da rotação, e desta forma, elimina qualquer possibilidade existente de transferência de torque.
Desta forma, os componentes do laminador trabalharão dentro dos padrões estabelecidos pelos projetistas e, desta forma, a vida útil destes aumentará.

3.3.3 Redução na necessidade de peças sobressalentes

Uma mera consequência do item 3.3.2 é a redução da necessidade de peças sobressalentes. Tendo a certeza de que seu laminador estará trabalhando dentro do range para o qual foi dimensionado, não será necessário sobressalentes para peças críticas: pinhões, engrenagens, luvas de conexão, etc.

3.3.4 Melhores resultados financeiros

No caso da ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo), facilmente pode-se observar que:

- foram relatados 3 ocorrências de release desde a instalação do Safeset;
- a instalação ocorreu em junho de 2007;
- ou seja, podemos estimar 1 ocorrência por ano;
- no cenário mais otimista, sem o Safeset, teríamos 24 horas de máquina parada;
- porém, com o Safeset, houve uma economia de 16 horas: $[16 \text{ horas}] * [35 \text{ t/h}] * [\text{R\$ } 8.000,00 / \text{t}] = \text{R\$ } 4.48 \text{ milhões por ano}$;
- se considerado o pior caso: 10 dias: $[232 \text{ horas}] * [35 \text{ t/h}] * [\text{R\$ } 8.000,00 / \text{t}] = \text{R\$ } 64.96 \text{ milhões por ano}$.

O fato de a máquina estar um maior tempo disponível para a produção implica, diretamente, em melhores resultados financeiros.

Vale ressaltar que as contas realizadas acima estão levando em conta apenas o tempo de máquina parada. Não se está considerando o valor monetário de uma redução de necessidade de mão-de-obra, o aumento da vida útil dos componentes, oscilações do preço do produto, etc.

3.3.5 Redução dos riscos envolvidos

Resolver um problema não é simplesmente encontrar uma solução para o mesmo. Mas sim, antecipar-se à questão e não permitir que o problema ocorra. Desta maneira é que os riscos de uma empresa são analisados.

Inúmeros são os estudos sobre o assunto manutenção. Este departamento deixou de ser um pronto-socorro há muito tempo e se tornou alvo de profundo estudo para se ter uma administração mais eficiente.

Segundo a ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo), este foi um dos argumentos mais fortes para a justificação do Safeset. A gestão do risco operacional é assunto levado a sério dentro desta companhia. Quando ela conclui que o acidente ocorrido em 2003 poderia acarretar uma parada de 10 dias ou mais, o fator preocupante se torna “quanto mais”. Um sobretorque pode levar, facilmente, à quebra de um pinhão da caixa de pinhões. Talvez, os 10 dias previstos seriam para a substituição do pinhão danificado, mas e se chegasse ao extremo de quebrar os 3 pinhões? Que empresa, nos dias de hoje, possui no seu estoque de sobressalentes uma caixa redutora ou uma caixa pinhão acionada por um motor de 12.000 kW? A fabricação de um eixo pinhão deste porte tem um prazo de entrega de aproximadamente 6 meses.

3.3.6 Melhoria na qualidade de vida e na segurança dos funcionários

Quantas vezes não se ouve o seguinte discurso do pessoal que trabalha na manutenção de indústrias siderúrgicas: "... eu preciso de um equipamento que permita eu ter uma noite inteira de sono"!

Essa afirmação é corriqueira e uma verdade. Para o caso de uma ocorrência por sobretorque, a equipe de plantão nem sempre é 100% capaz de solucionar o problema e colocar o laminador em produção novamente. Os gestores da manutenção têm que estar disponíveis para tomar decisões importantes durante férias, finais de semana, feriados, etc.

O Safeset interfere, inclusive, na qualidade de vida dos funcionários de uma equipe de manutenção. Quando da ocorrência por sobretorque, o único equipamento que necessitará sofrer manutenção é o Safeset. O trabalho que resta é retirar a sucata da linha e reestartar o laminador, e desta forma, eliminando a necessidade de tomada de decisões importantes de maneira emergencial.

Quanto à segurança, o sobretorque gera um esforço imensurável nos equipamentos envolvidos. Desta maneira, não há como prever qual será a reação da máquina ao enfrentá-lo. A equipe da ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo) já enfrentou uma situação em que, após o sobretorque, o mancal da cadeira de laminação foi projetado em direção à cabine de operação. Ou seja, o Safeset também veio para aumentar a segurança do trabalho.

4 CONCLUSÃO

Falhas por sobretorque são imprevisíveis e quando ocorrem podem ser catastróficas. O Safeset vem para eliminar este item da linha de laminação. Os picos de torque não são gerenciáveis e suas consequências só são mensuradas após sua ocorrência. O grande objetivo da Voith Safeset é se antecipar ao problema e não corrigir o problema.

O caso da ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo) veio para corroborar a funcionalidade deste acoplamento que é tão eficiente.

Com os argumentos acima, fica fácil demonstrar que o investimento inicial realizado com ele é absorvido rapidamente. Ou seja, o próprio acoplamento se paga num curto prazo de tempo. Leve-se em conta que foi analisado de forma muito objetiva apenas o tempo de máquina parada. Não é possível quantificar itens como qualidade de vida e segurança no trabalho.

Agradecimentos

Agradecemos à ArcelorMittal Inox Brasil (Timóteo) por ter colaborado com este trabalho, em especial ao sr. Jadir Assis Barros que nos permitiu trazer o estudo de caso desta renomada empresa e por sua orientação.

REFERÊNCIAS

- 1 MACKEL, J. Maintenance and quality related condition monitoring in rolling mills. Proceedings of the AISE Annual Convention, Chicago, 2000.
- 2 MACKEL, J., FIEWEGER, M., ASCH, A. Maintenance and quality related monitoring of rolling mill main drives, SARUC, Vanderbijlpark, 2002.
- 3 HÄGGROTH, L. Process improvements in rolling mills by using Safeset torque limiting coupling, SEAI, Kuala Lumpur, 2009