

# MODERNIZAÇÃO DE ALONGAS DE LAMINADORES DESBASTADORES DE TIRAS A QUENTE E LAMINADORES DE CHAPAS GROSSAS PARA MODELO GIANT TORQUE SPINDLE SMS GROUP\*

*Helton de Freitas Cota<sup>1</sup>  
Eckehard Jung<sup>2</sup>  
Christoph Sundermann<sup>3</sup>*

## Resumo

A atual conjuntura econômica exige cada vez mais eficiência das Operações Siderúrgicas, onde é fundamental desenvolvimento tecnológico de modo que os ativos apresentem maior disponibilidade e menor custo de manutenção. Adicionam-se a isto os requisitos ambientais cada vez mais em pauta e a necessidade constante de se aumentar produção e processar materiais de maior resistência. Neste trabalho será apresentada proposta de modernização de Alongas da Árvore de Transmissão do Acionamento de Laminadores Desbastadores de Tiras a Quente e Laminadores de Chapas Grossas para modelo Giant Torque Spindle SMS Group com objetivo de aumento de confiabilidade, redução dos custos de manutenção e solução de questões ambientais. Este componente se mostra um elemento crítico para grande parte das organizações que, conforme histórico de manutenção da área, é responsável por perdas consideráveis em relação ao custo operacional e lucro cessante.

**Palavras-chave:** Acionamentos; Alongas; Laminação de Tiras a Quente; Laminação de Chapas Grossas.

## MODERNIZATION OF ROUGHING HOT STRIP MILL AND PLATE MILL SPINDLES TO TYPE GIANT TORQUE SPINDLE SMS GROUP

## Abstract

The current economic situation demands more and more efficiency from the Steel Producers Operations, where it is fundamental technological development to make possible assets presenting greater availability and lower maintenance cost. In addition to this, the environmental requirements and the constant need of increasing production and the constant need of processing higher strength materials are challenges the Steel Sites are living. At this work, will be presented a proposal for the modernization of the Spindles of Drive Train of Roughing Hot Rolling Mills and Plate Mills to the Giant Torque Spindle SMS Group with the objective of increasing reliability, reducing maintenance costs and solving issues regarding environmental impacts. This equipment and related challenges are critical for most organizations that, according to the area's maintenance history, are responsible for considerable losses in relation to operating costs and lost profits.

**Keywords:** Drives; Spindles; Hot Rolling Mill; Plate Mill.

<sup>1</sup> *Engenheiro Mecânico, Especialista de Produto, Divisão de Serviços, SMS Group, Vespasiano, Minas Gerais, Brasil.*

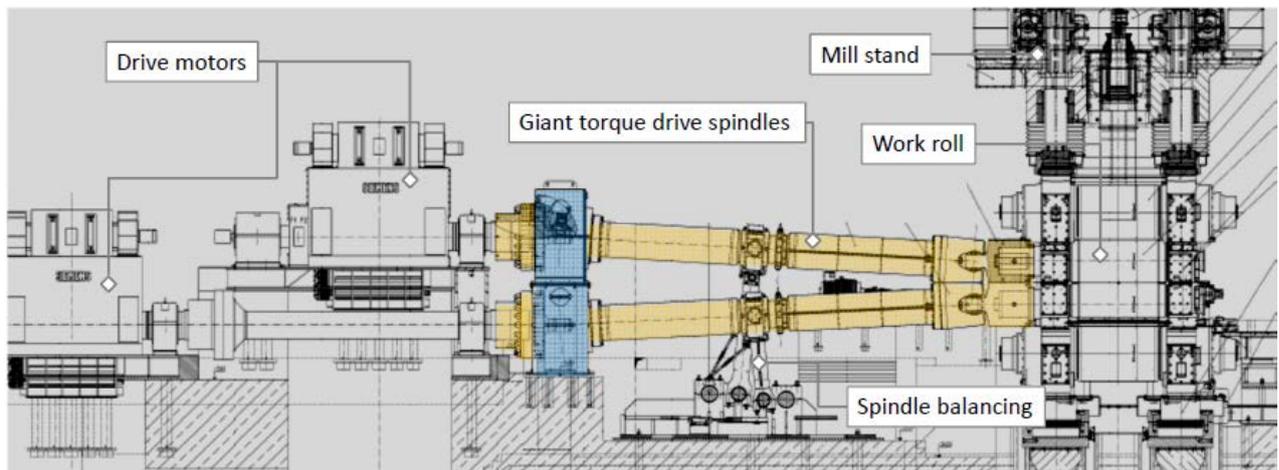
<sup>2</sup> *Mechanical Engineer, Senior Project Manager, Business Unit, SMS Group, Hilchenbach, Nordrhein-Westfalen, Germany.*

<sup>3</sup> *Doctor Mechanical Engineer, Senior Expert Drive Systems, Service Division, SMS Group, Hilchenbach, Nordrhein-Westfalen, Germany.*

## 1 INTRODUÇÃO

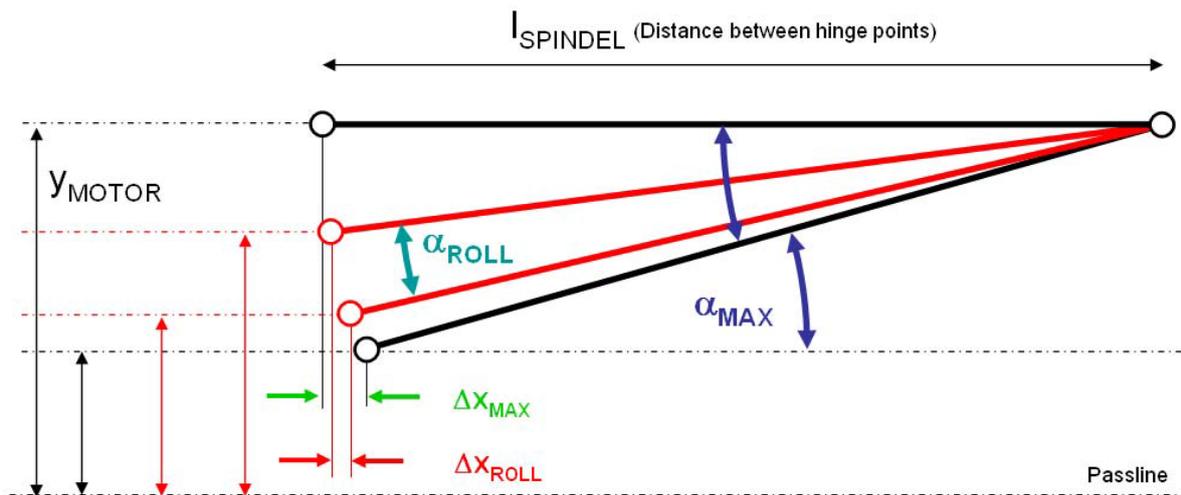
Laminadores Desbastadores possuem a função de realizar os primeiros passes de redução em uma Laminação de Tiras a Quente. Por este motivo, os esforços envolvidos são considerados muito altos e os elementos mecânicos são extremamente requisitados. Além disso, as condições operacionais de temperatura e umidade são críticas tanto para os componentes mecânicos quanto para os sistemas de lubrificação. Se por um lado os equipamentos são solicitados em condições extremas, por outro devem apresentar confiabilidade operacional e custo de manutenção baixo para possibilitar a viabilidade financeira e competitiva do empreendimento. O mesmo se aplica para Laminadores de Chapas Grossas, onde ocorrem reduções significativas e pode-se obter produto final a partir deste equipamento.

Alongas são elementos mecânicos do Sistema de Acionamento do Laminador que possuem a função de transmitir o torque dos motores para os rolos de trabalho. Os principais elementos da árvore de transmissão típica de um acionamento de laminador desbastador são apresentados na Figura 01.



**Figura 01.** Elementos do Acionamento de um Laminador Desbastador ou Laminador de Chapas Grossas

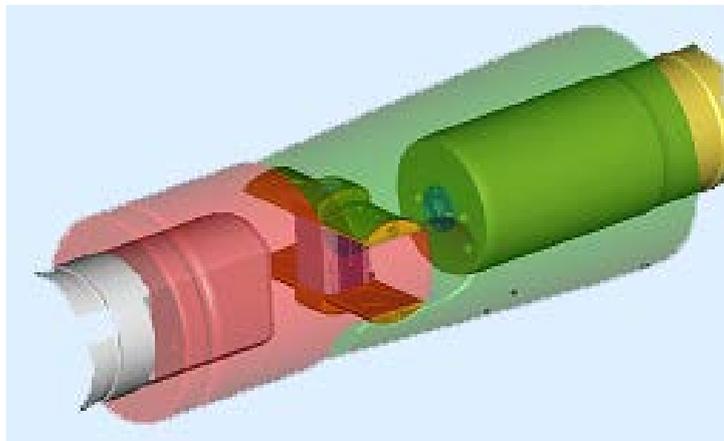
Devido à variação de gap durante a laminação, os acoplamentos entre Alongas e motores e entre Alongas e rolos devem permitir desalinhamento vertical. Conforme Figura 02, pode-se determinar o ângulo máximo de desalinhamento conforme máxima abertura dos Rolos de Trabalho e distância entre os pontos de conexão.



**Figura 02.** Determinação do Ângulo de Desalinhamento das Alongas

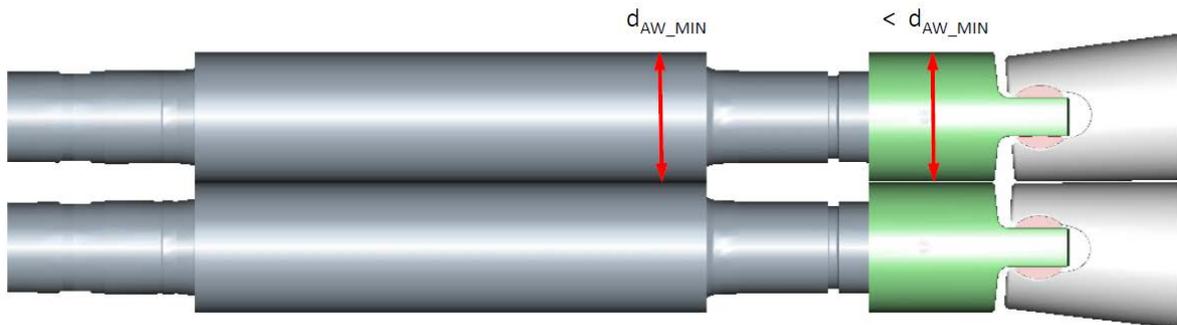
Conforme experiência de aplicações, para juntas do tipo Cardan ou do Tipo Sapatas a variação de ângulo da posição da alonga deve estar limitada 6 graus devido a redução da capacidade de transmissão de torque.

O equipamento considerado neste trabalho possui acoplamentos tipo Sapata, que consistem em sapatas solidárias a luvas montadas aos rolos e aos flanges da saída dos motores. As sapatas funcionam como rótulas que deslizam dentro das Cabeças montadas nos extremos das alongas. A Figura 03 apresenta uma junta tipo Sapata típica.



**Figura 03.** Junta de Transmissão Tipo Sapata

As dimensões para Projeto do Acoplamento do Lado do Rolo de Trabalho são limitados pelo Diâmetro destes rolos como ilustrado na Figura 04. Esta condição torna o projeto deste elemento um desafio de engenharia e a maior parte do esforço deve ser concentrada neste desenvolvimento.



**Figura 04.** Limitação do Diâmetro do Acoplamento em virtude do Diâmetro do Rolo de Trabalho

Alongas de Laminadores Desbastadores de Tiras a Quente e Laminadores de Chapas Grossas na maioria das operações apresentam histórico de trincas nos acoplamento lado rolo. As trincas ocorrem devido a Fadiga Mecânica do Acoplamento, visto ser o elemento mais crítico devido aos concentradores de tensão da Geometria do acoplamento tipo Sapata e dimensões limitadas para projeto. Outro fator que cada vez entra mais em pauta para Produtores de Aço e Alumínio é a necessidade de processar materiais de maior resistência devido a necessidades do Mercado. Torques maiores aumentam a amplitude do Ciclo de Carregamento das Alongas e por consequência reduzem a sua vida útil.



**Figura 05.** Exemplos de Trincas ocorridas nos acoplamentos Lado Rolo de uma Junta TipoCardan e uma Junta tipo Sapata

Visto que não é possível estabelecer sistema fechado para a lubrificação das sapatas do acoplamento Lado Rolo, nota-se consumo elevado de óleo lubrificante devido à lubrificação por perda. Soma-se a isso, a questão ambiental e econômica causada pelo manejo de óleo utilizado e contaminação da área.

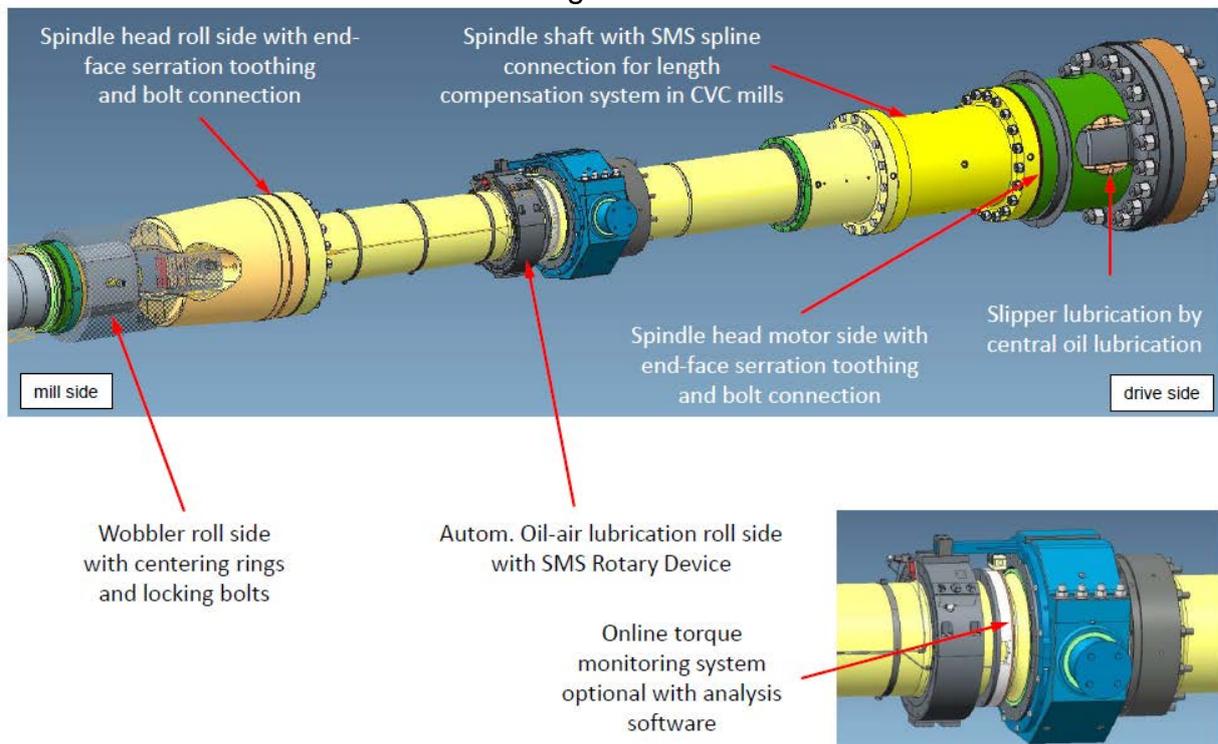
O objetivo deste trabalho é propor metodologia para projeto de modernização das Alongas de Laminadores Desbastadores de Tiras a Quente e Laminadores de Chapas Grossas de modo a aumentar a confiabilidade do equipamento, reduzir o custo de manutenção, solucionar questões ambientais e possibilitar aumento de capacidade de transmissão de torque tendo em vista necessidades futuras.

## 2 DESENVOLVIMENTO

### 2.1 Giant Torque Spindles SMS Group

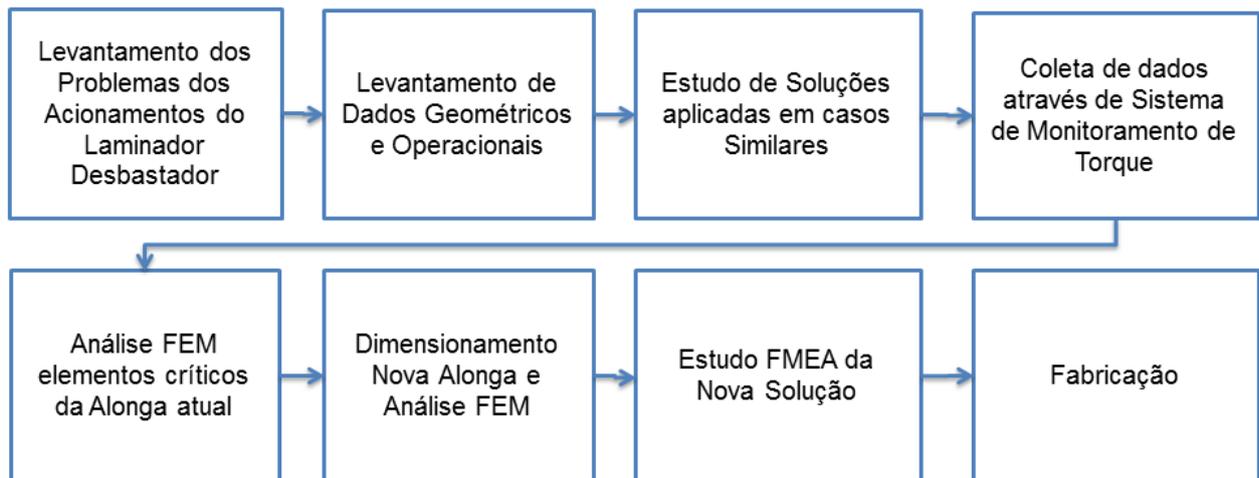
As Alongas Giant Torque Spindle SMS group são Eixos de Transmissão com acoplamento do tipo Sapata que apresentam como principais características:

- Acoplamento Lado Rolo com design otimizado para suportar altos valores de torque;
- Lubrificação das Cabeças Lado Rolo através de Sistema Ar-Óleo;
- Mancais de Balanceamento utilizando rolamentos bipartidos lubrificadas a óleo;
- Montagem dos Acoplamentos nos eixos por conexão por flange HirthSerrationTooth;
- Sistema de Monitoramento de Torque Online GENIUS CM®;
- Lubrificação Centralizada do Acoplamento Lado Motor;
- Eixo com conexão Spline SMS para compensação de comprimento em caso de Laminador com Sistema Shifting.



**Figura 06.** Giant Torque Spindle SMS Group e principais aspectos.

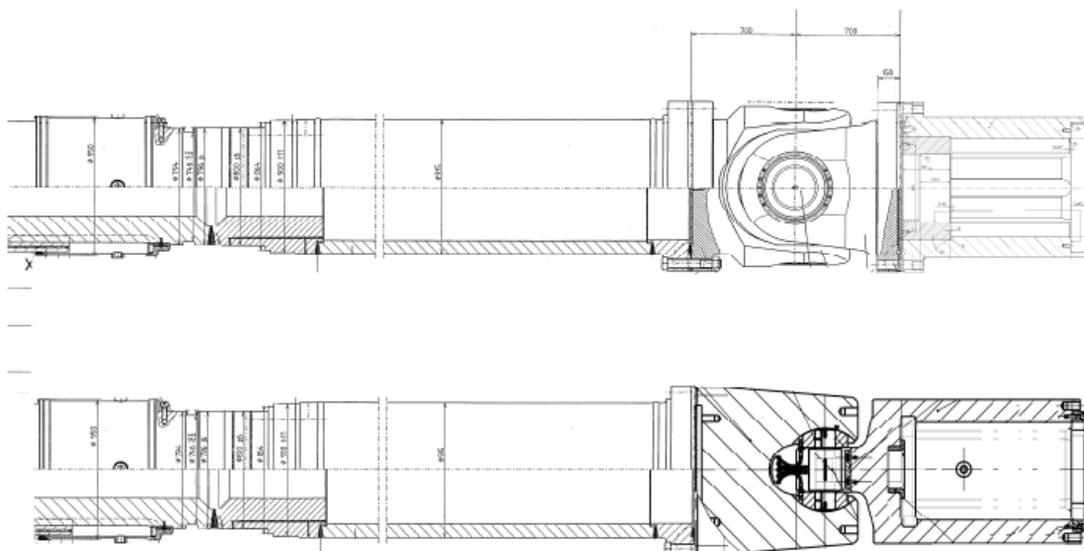
É adotada a seguinte metodologia para desenvolvimento do projeto conforme etapas da Figura 07.



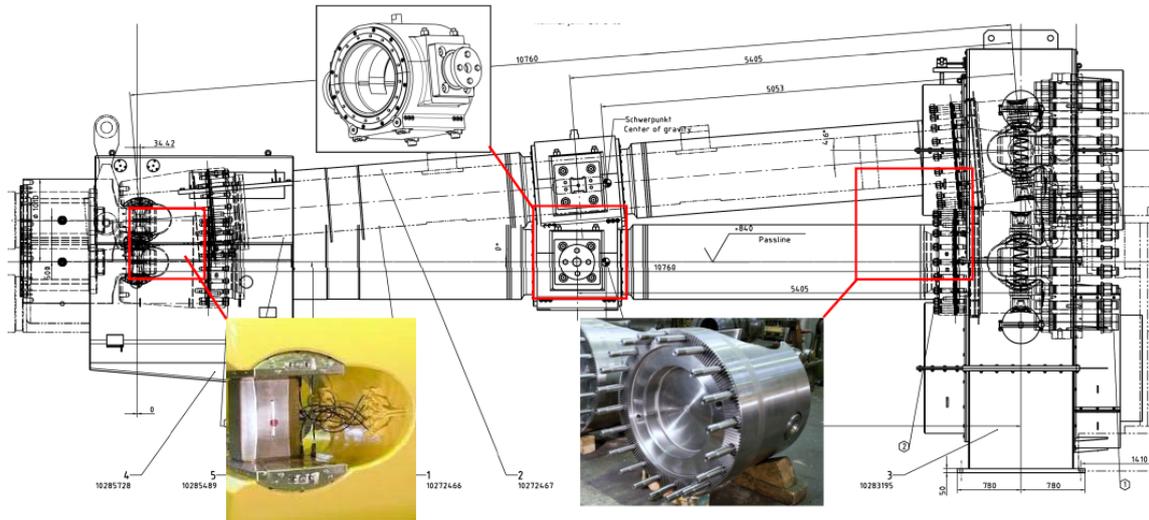
**Figura 07.** Diagrama da Metodologia do Desenvolvimento da Modernização das Alongas para Giant Torque Spindle SMS Group.

## 2.2 Levantamento de Dados e Possíveis Soluções

A primeira etapa consiste no levantamento dos atuais problemas dos Spindles do Trem de Acionamento do Laminador em questão, onde serão identificados todos os pontos onde há necessidade de melhoria operacional para serem trabalhados durante projeto. Em seguida, serão levantados os dados geométricos e operacionais: distâncias entre Laminador e motores, máxima abertura dos Rolos de Trabalho, distância entre os pontos de junção, velocidade de laminação potência máxima dos motores. Estes dados serão a entrada para a primeira seleção de soluções possíveis e dimensionamento conforme experiências similares de aplicações anteriores. As Figuras 08 e 09 apresentam soluções possíveis para diferentes casos.



**Figura 08.** Substituição de Acoplamento Lado Rolo Modelo Cardan para Acoplamento Tipo Sapata. Possibilitou aumento da Capacidade de Transmissão de Torque para 7.400 kNm

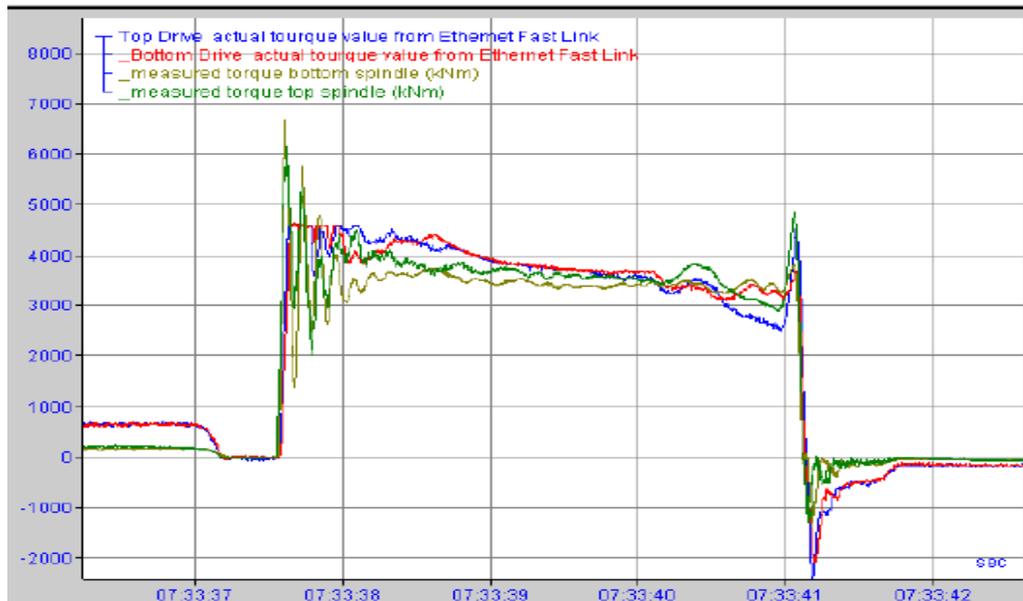


**Figura 09.** Substituição dos Spindles de Laminador de Chapas Grossas. Foram instalados novos Spindles e capacidade de Transmissão de Torque aumentada para 5.890 kNm.

### 2.3 Coleta de Dados e Monitoramento de Torque

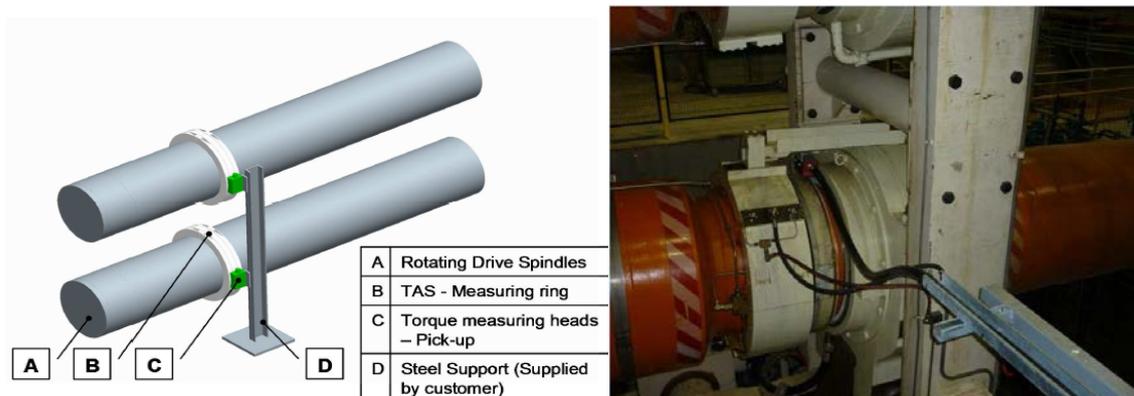
O Projeto Giant Torque Spindle SMS Group é iniciado utilizando-se como carga de entrada o maior torque possível que o motor elétrico e caixas redutoras (se houver) podem entregar para as Alongas. Porém, pode-se realizar a coleta de dados referentes a torque das alongas atualmente em operação. O objetivo é obter informação referente à atual condição operacional e nível de torque durante passe de redução e sobrecargas. De todo modo é recomendado realizar o monitoramento de torque das alongas em operação a fim de identificar situações indesejáveis de operação.

Conforme experiência com aplicações similares, durante a entrada da tira no laminador desbastador, ocorre pico de torque em média 1,6 maior que o valor médio durante o passe de redução. Este fator é chamado de TAF – Torque Amplification Factor.



**Figura 10.** Medições de Torque nas Alongas por meio de extensômetro e nos motores por medições de corrente e tensão.

Como apresentado na Figura 10, a medição de torque no motor (através de medição de corrente e tensão) não consegue apresentar o valor real de torque sofrido pela alonga durante a entrada da tira no laminador, ponto mais crítico.



**Figura 11.** Medição de Torque utilizando Sistema GENIUS CM©

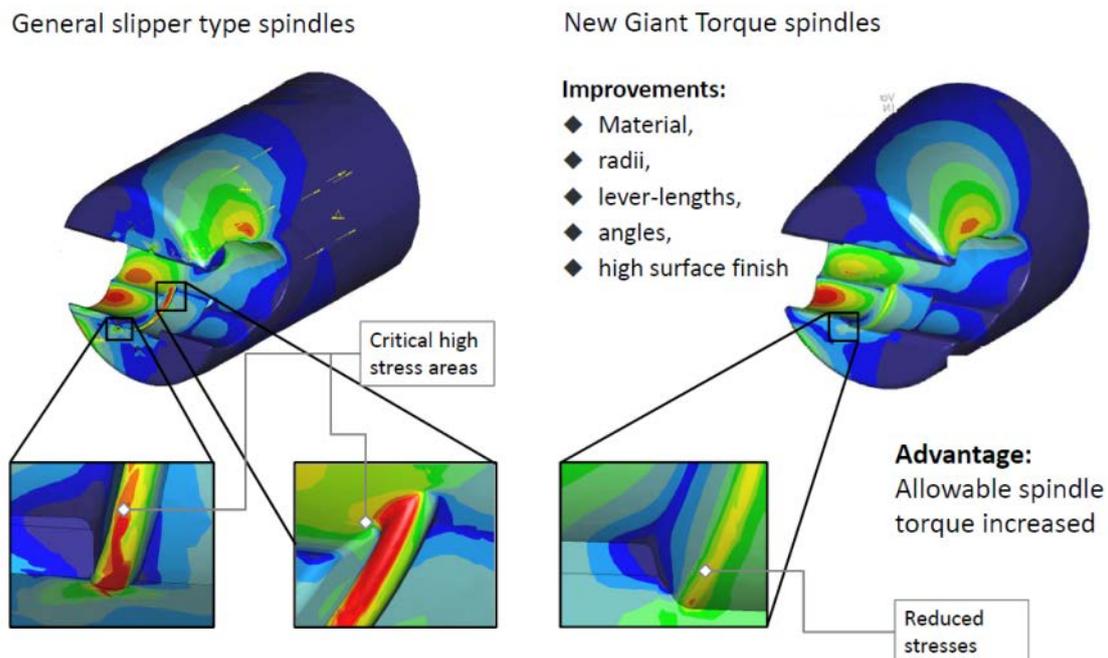
A medição de torque será realizada por meio do Sistema desenvolvido pela SMS Group, GENIUS CM©, que consiste em StrainGauges montados no diâmetro externo das Alongas. A alimentação do sensor e coleta de dados é realizado por meio de telemetria e indutor montados em suporte ao lado do equipamento.

Caso o Laminador não possua Sistema GENIUS CM© instalado, é possível utilizar os valores de Cut-Off Torque do Motor Elétrico como referência máxima de torque. Sobre este valor é aplicado TAF=1,6 para garantia de que projeto de nova Alonga atenda maior utilização possível do Motor Elétrico.

## 2.4 Dimensionamento dos Elementos da Árvore de Transmissão

O Acoplamento Lado Rolo é o elemento mais crítico da árvore de transmissão. Isto ocorre devido limitação de espaço (o fator limitador é o diâmetro do rolo de trabalho) e os concentradores de tensão que a geometria do acoplamento proporciona.

Deste modo, é realizado modelamento e Análise de Elementos finitos do atual Acoplamento lado rolo para identificação de pontos de concentração de tensão e validação conforme falhas identificadas. Em seguida será dimensionada o novo Acoplamento Giant Torque Spindle e realizada nova análise FEM.



**Figura 12.**Exemplo de Análise via Elementos Finitos de Acoplamento lado rolo “Tradicional” e após modernização realizada pela SMS Group

Tendo em vista a limitação de espaço para dimensionamento do Acoplamento Lado Rolo, os seguintes pontos são aperfeiçoados no novo projeto:

- Geometria e alívio dos pontos de concentração de tensão;
- Especificação de Materiais com melhores propriedades mecânicas e Normas restritas que garantam confiabilidade;
- Reposicionamento dos furos de lubrificação;
- Melhoria do acabamento superficial com o objetivo de evitar formação de microtrincas

Há casos de aumento de Capacidade de Torque superiores a 100% e completa eliminação dos problemas relacionados a trincas nos acoplamentos lado rolo.

Os demais elementos da Árvore de Transmissão serão dimensionados conforme esforços de torção e/ou flexão atuantes. Os Coeficientes de Segurança obedecem ordem conforme a criticidade/manutenabilidade de cada elemento da árvore de transmissão.

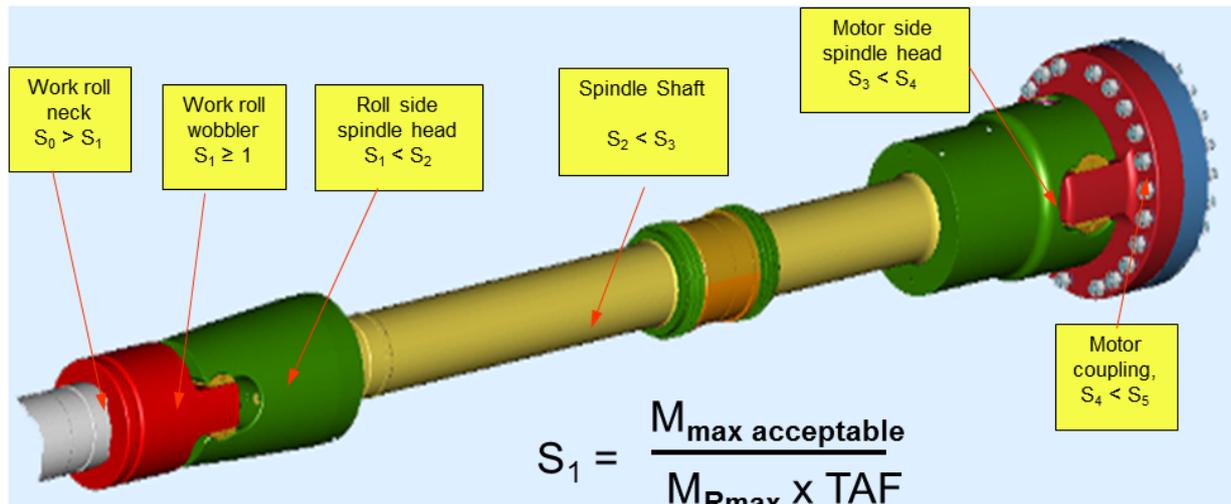


Figura 13. Fatores de Segurança aplicáveis a cada elemento da Árvore de Transmissão

## 2.5 Sistema de Lubrificação

É proposto como solução do sistema de Lubrificação os seguintes métodos:

- Sapatas lado rolo - Lubrificação Ar-óleo. Este método de lubrificação consiste em bombear ar comprimido que transportará as gotículas de óleo e assim promover a lubrificação. Por meio deste método é possível alcançar boa refrigeração, boa lubrificidade e baixo consumo de óleo. Estima-se que é possível reduzir o consumo de óleo em 95% com relação a Lubrificação por óleo convencional.

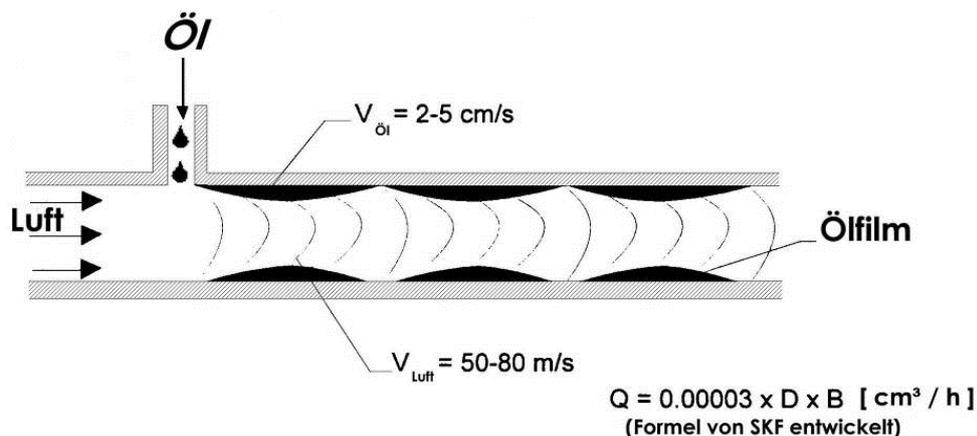


Figura 10. Esquema de Lubrificação Ar-óleo

- Sapatas lado motor – Lubrificação por spray de óleo com recirculação – Este método garantirá melhor distribuição do óleo lubrificante nas sapatas e melhor vida útil das mesmas.
- Mancais Flutuantes – Lubrificação por óleo com recirculação. Reduzindo-se o consumo de óleo durante lubrificação das sapatas, é possível instalar sistema de lubrificação por óleo por recirculação nos mancais flutuantes. Para tal é necessário instalar novos mancais e rolamentos bipartidos. Dessa forma, será

garantido lubrificação eficiente, refrigeração e se eliminará a condição de contaminação da área por graxa.

### 3 CONCLUSÃO

Modernizações realizadas de Alongas para Giant Torque Spindles SMS Group demonstram possibilidade de solucionar atuais problemas de Laminadores Desbastadores de Tiras a Quente e Laminadores de Chapas Grossas utilizando a Tecnologia e metodologia propostas.

Alcança-se aumento da confiabilidade das Alongas por meio de novo projeto onde os principais pontos a serem trabalhados são:

- Geometria aperfeiçoada;
- Materiais de maior resistência especificados;
- Acabamento superficial;
- Simulações utilizando método dos elementos finitos.

Através do Monitoramento de torque por Sistema GENIUS CM®, será possível realizar acompanhamento preditivo da transmissão, de modo que se espera monitorar a condição On-line do equipamento e programar manutenção quando for o caso. Desta forma, reduz-se o risco operacional.

Com a modificação dos sistemas de lubrificação, é possível alcançar redução drástica do consumo de óleo das sapatas lado rolo e aumento da vida das sapatas lado rolo e lado motor. A lubrificação por óleo dos mancais flutuantes melhora a transferência de calor e reduz o custo de lubrificante.

Novo conceito possui melhor manutenibilidade tendo em vista a instalação de cabeças postiças ligadas ao eixo por flanges HirthSerrationTooth, o que reduz tempo e custos de manutenção.

O Projeto demonstrou potencial através de referências e metodologia a capacidade de solucionar os atuais problemas de Acionamentos de Laminadores Desbastadores de Tiras a Quente e Laminadores de Chapas Grossas: Custo de manutenção, confiabilidade, manutenibilidade e o passivo ambiental, além de abrir a possibilidade de se realizar repotenciamentos dos Laminadores dentro da capacidade de torque dos motores.

### REFERÊNCIAS

- 1 Jung, E. Slipper Spindle Revamp Projects, SMS Group, April 28, 2017;
- 2 Jung, E. Slipper Type Spindles With Oil-Air Lubrication, SMS Group, May 9, 2017;
- 3 Lazzaro, K. Roughing Mill And Heavy Plate Mill Drive Systems, SMS Group, March 31, 2017;
- 4 Leipold, J. Genius CM - Condition Monitoring, SMS Group, April 18, 2017.