

TECNOLOGIAS AVANÇADAS PARA A PRODUÇÃO DE FIO-MÁQUINA E DE BARRAS DE QUALIDADE ESPECIAL – SBQ¹

Günther Schnell²

Resumo

A constante mudança das exigências do mercado requer uma revisão contínua das tecnologias de produção com relação a equipamentos e processos, a fim de se aumentar a competitividade de cada produtor. Com a implementação bem sucedida da tecnologia Meerdrive[®] foi introduzido no mercado um conceito revolucionário de acionamento para a produção de fio-máquina. A tecnologia de acionamento individual oferece uma ampla gama de excepcionais vantagens de operação quando comparado às soluções convencionais, reduzindo drasticamente o estoque necessário. O Laminador de calibração de precisão (PSM[®]) representa a tecnologia avançada de 3 cilindros para a produção de barras de qualidade especial (SBQ) no mercado. Esta solução inovadora já foi implementada com sucesso na Alemanha e nos EUA e, devido às suas características, define um novo marco no campo da tecnologia de dimensionamento. Estas tecnologias mais avançadas são soluções inventivas para acompanhar as demandas atuais e futuras de cada mercado. Elas representam soluções econômicas otimizadas para se permanecer à frente da concorrência no longo prazo.

Palavras-chave: Produção de fio-máquina; Conceito de acionamento individual; Tecnologia de três cilindros; Barras de qualidade especial.

ADVANCED TECHNOLOGIES FOR WIRE ROD AND SBQ PRODUCTION

Abstract

Ever changing market demands require a constantly reviewing of production Technologies with regard to equipment and process in order to increase the competitiveness of the individual producers. With the successful implementation of the MEERdrive[®] technology a revolutionary drive concept was introduced into the market for wire rod production. The individual drive technology offers a wide range of outstanding operation advantages in comparison to conventional solutions and required inventory will be reduced drastically. The Precision Sizing Mill (PSM[®]) represents the advanced 3-roll technology for special bar quality (SBQ) production in the market. This innovative solution is already successful implemented in Germany and USA and set with its features a new benchmark in the field of sizing technology. Those superior technologies are inventive solutions to follow the today's and future demands of the individual markets. They represent optimal economic solutions to stay ahead of competition on long term.

Key words: Wire rod production; Individual drive concept; 3-roll technology; Special bar quality.

¹ Contribuição técnica ao 48º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 24 a 27 de outubro de 2011, Santos, SP.

² Gerente Geral de propostas e vendas, laminadores de fio-máquina e de barras SMS Meer GmbH / Alemanha.

1 INTRODUÇÃO

O grupo empresarial familiar SMS é reconhecido como companhia líder na indústria de plantas siderúrgicas. Confiabilidade e consistência diferenciam a atuação do grupo.

O grupo SMS é constituído por duas divisões independentes - a SMS Siemag dedica-se à metalurgia de redução, siderurgia e metalurgia secundária, lingotamento contínuo, tecnologia de produção compacta de tiras - CSP, laminadores a quente e a frio e linhas de processamento de tiras.

A gama de produtos da SMS Meer inclui usinas de tubos, prensas hidráulicas, prensas de forjamento livre, plantas de forjamento em matriz fechada, plantas de laminação de anéis, plantas de cobre e alumínio, todo o espectro da tecnologia de laminação de produtos longos, assim como sistemas inovadores de tecnologia de indução.

Através do seu crescimento orgânico e aquisições estratégicas de outras empresas líderes, a SMS Meer tornou-se líder no fornecimento de linhas completas no campo de conformação de metal (Figura 1). Com a recente criação de novas organizações locais, centros de assistência técnica e oficinas em Xangai, Índia, Brasil, EUA, Rússia e Inglaterra, a SMS Meer tem aumentado significativamente sua presença nestes mercados locais. Com a recente integração da SMS Concast à divisão de negócios da SMS Meer, formou-se um operador global, o qual pode oferecer o processo de mini-laminador na modalidade de fornecimento *turn-key*, em nível mundial.

A SMS Meer é uma empresa com *know-how* concentrado.



Figura 1. Empresas do grupo SMS Meer.

Faz parte da competência do mini-laminador o grupo de produtos longos, incluindo a seção de laminação de fio-máquina e de barras especiais. A SMS Meer é reconhecida como pioneira no campo de produção de fio-máquina e barras de qualidade especial.

Nas últimas décadas a SMS Meer estabeleceu inúmeros marcos quanto a produtos e processos inovadores, dominando o mercado de fio-máquina e de barras.

Com espírito de pioneirismo, coragem e persistência, dois marcos revolucionários foram adicionados ao mercado com a introdução da tecnologia SMS Meer Meerdrive® para a produção de fio-máquina e o laminador de calibração de precisão de 3 cilindros, SMS Meer 3-roll *Precision Sizing Mill* (PSM®), para a produção de barras de qualidade especial.

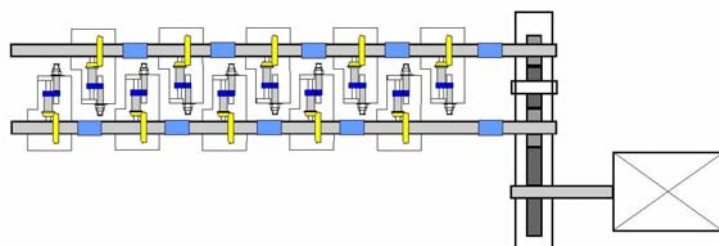
O contínuo desenvolvimento nos diversos campos da hidráulica, elétrica e automação estão abrindo um vasto campo de possibilidades de tecnologias inovadoras a serem descobertas e aplicadas para substituir soluções mecânicas convencionais, em benefício de nossos clientes.

2 MÉTODOS E MATERIAIS

2.1 A Tecnologia Meerdrive® Para a Mais Moderna Produção de Fio-Máquina

Com a implementação bem sucedida da tecnologia Meerdrive® foi introduzido no mercado um conceito revolucionário de acionamento para a mais moderna produção de fio-máquina. A tecnologia de acionamento individual oferece uma ampla gama de excepcionais vantagens de operação quando comparada às soluções convencionais, reduzindo drasticamente o estoque necessário.

A idéia básica nasceu devido à limitação dos blocos convencionais de fio-máquina. Tais blocos são capazes de laminar somente com taxas de redução fixas que requerem diâmetros fixos do disco de laminação dentro das configurações individuais do bloco. São necessárias configurações complexas de caixa redutora, sujeitas a desgaste e subsequente manutenção, bem como motores enormes com capacidade de até 7.000 kW (Figura 2).



- Motor grande < 7.000 kW
- Alimentação de média voltagem



- Caixa de distribuição pesada
- Eixos de acionamento longitudinais
- Muitos rolamentos
- Muitos acoplamentos
- Engrenagens cônicas

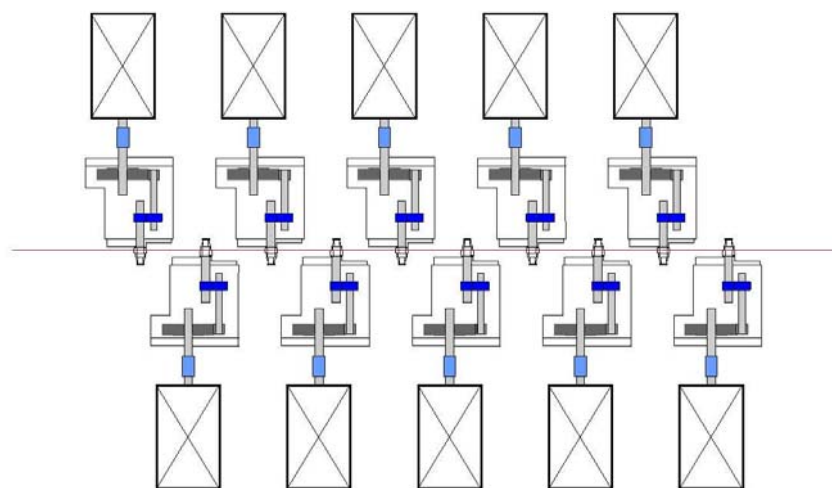
Sujeito a
desgaste & manutenção

Figura 2. Disposição convencional de bloco de fio-máquina com 10 cadeiras

No caso da combinação de um bloco de fio-máquina convencional com um moderno bloco de redução e calibração flexível de 4 cadeiras FRS®, (*Flexible Reducing and Sizing block*) são requeridos comutadores mais pesados e complexos com até 256 posições de mudança de velocidade para laminar faixas de diâmetro típicas,

como de \varnothing 5,5 mm a \varnothing 25 mm. Além disso, outro motor enorme com até 5.000 KW é requerido para o bloco de calibração do fio-máquina.

As excepcionais vantagens da inovadora solução Meerdrive® com acionamentos individuais são evidentes. O enorme motor de alta tensão é substituído por pequenos motores de baixa tensão. Isso também apresenta vantagens em relação a peças sobressalentes, pois não há necessidade de se ter em estoque um enorme motor similar, com longo prazo de entrega. Apenas um dos motores pequenos precisa ser colocado em estoque, de modo que o capital empatado é substancialmente reduzido. Equipamentos mecânicos com grandes caixas de engrenagens, sujeitos a desgaste e manutenção, são substituídos pelo conceito de acionamento individual. A pesada caixa de distribuição não é essencial, como também os dois eixos de transmissão longitudinal muito longos, bem como os numerosos rolamentos e acoplamentos para conexão dos cassetes individuais do bloco. Engrenagens cônicas críticas não são mais necessárias, sendo substituídas por engrenagens cilíndricas (Figura 3). Assim o desgaste e a manutenção do bloco são minimizados.



- Motores individuais pequenos com 400 kW – 800 kW;
- Alimentação de baixa tensão;
- Eixos curtos de acionamento individual;
- Menos rolamentos e acoplamentos;
- Sem caixa de distribuição;
- Somente engrenagens cilíndricas.

Figura 3. Disposição de bloco de fio-máquina com 10 cadeiras - Meerdrive®.

Outra vantagem do conceito individual Meerdrive® é que há total flexibilidade na concepção do passe de laminação (Figura 4), já que as reduções podem ser individualmente selecionadas conforme as necessidades. Assim, não há mais comprometimento dos projetos devido ao passe de laminação, pois eles podem ser otimizados sob medida em relação ao calibre final e ao tipo de aço, considerando a variação do seu comportamento de deformação. O desgaste também pode ser compensado em uma faixa muito mais ampla, comparando-se com uma solução convencional.

| Convencional | MEERdrive® |
|---|---|
| <p>Relações fixas de engrenagens definidas Relações fixas de redução das cadeiras dentro do bloco</p> <p>Limites estreitos de ajuste da laminação para a compensação do desgaste ou deformação variável</p> | <p>Flexibilidade total na estratégia do passe de laminação</p> <p>Faixa de ajuste livre</p> |

Melhoria das tolerâncias dimensionais e propriedades metalúrgicas Altíssima flexibilidade do laminador

Figura 4. Meerdrive® flexibilidade total na concepção do passe.

Assim não há mais necessidade de dimensões padrão – além dos calibres padrão, calibres intermediários individuais também podem ser laminados conforme os requisitos dos clientes, desde que sejam possíveis reduções de seção transversal. Com esta revolucionária flexibilidade a velocidade e as forças de tração podem ser controladas individualmente, o que promove várias melhorias de tolerâncias dimensionais bem como de propriedades metalúrgicas com base na maior flexibilidade do laminador e custos mais baixos (Figura 4).

Devido ao conceito individual da Meerdrive®, não há mais necessidade de famílias de discos de laminação para realização de reduções fixas. Com pares individuais de discos de laminação, o estoque destes pode ser drasticamente reduzido em até 60% devido ao fato de que diâmetros variáveis de disco podem ser usados em posições individuais do bloco (Figura 5). A velocidade requerida pode ser ajustada devido ao conceito de acionamento único.

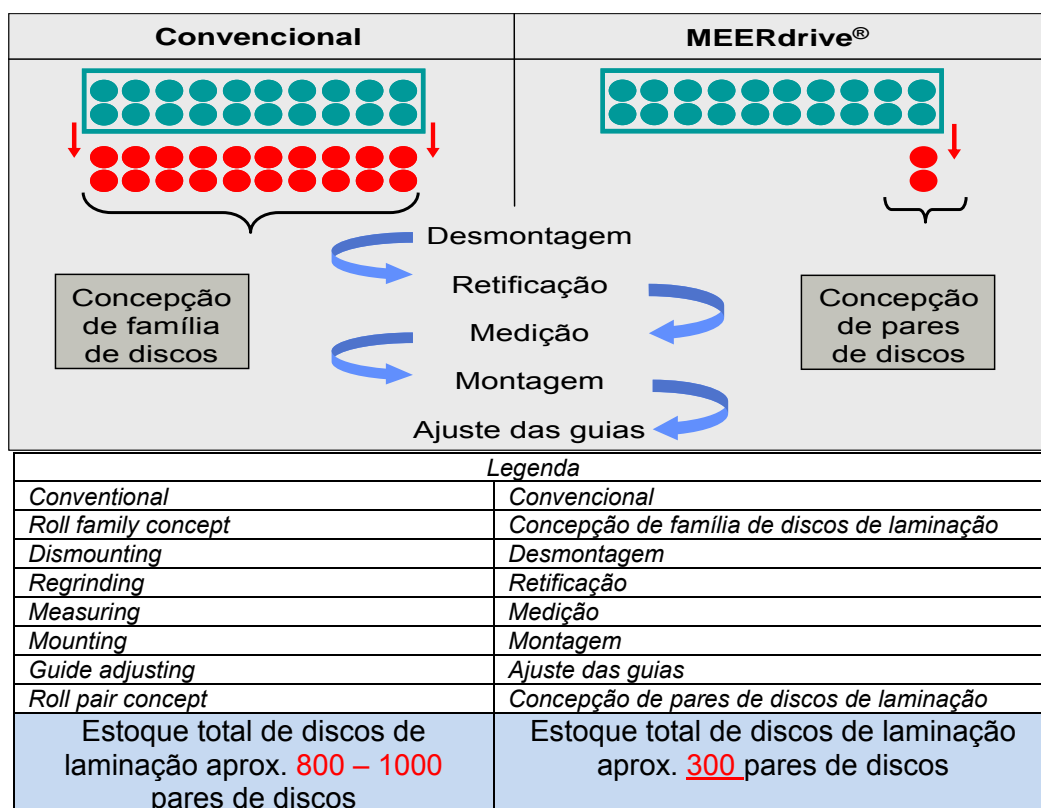


Figure 5. Gerenciamento do Anel de Laminação - Meerdrive®.

Desde 2009 a tecnologia Meerdrive® está em operação com sucesso na Siderúrgica Norte Brasil S.A. A mais nova geração desta tecnologia entrará em operação no início de 2012 na ArcelorMittal Duisburg-Hochfeld/Alemanha. Um lugar histórico para a tecnologia - onde o "passado encontra o futuro". Em 1969, o primeiro laminador sem torção (*No-Twist*) instalado no mundo entrou em operação na Thyssen, Niederrheinische Hütte Duisburg-Hochfeld / Alemanha, onde continua em operação com sucesso. Esta tecnologia também foi fornecida pela SMS Meer e, com a entrada em operação da nova tecnologia Meerdrive®, será desativada depois de mais de 50 anos de operação bem-sucedida.

O novo laminador de fio-máquina na ArcelorMittal Duisburg-Hochfeld é o primeiro laminador de fio-máquina completo a ser instalado na Alemanha, após décadas. O laminador está projetado para produzir 690.000 t/a com apenas um trem de laminação. O novo laminador será instalado em galpões existentes na usina Hochfeld tendo portanto uma disposição pré-fixada. Assim teve-se que considerar uma disposição de linha de passe em 90 graus, pois os galpões existentes deviam ser utilizados e o espaço disponível era limitado.

Além do Meerdrive® serão implementadas diversas novas tecnologias, tornando a instalação um dos laminadores mais modernos do mundo (Figura 6).

Após passar pelo forno de vigas móveis de 120 t/h, os tarugos quadrados de 155 milímetros entram no trem desbastador de quatro cadeiras com saída livre. Os trens intermediários subsequentes são constituídos de 6+8 cadeiras cantilever. A tecnologia do circuito de resfriamento e equalização a seguir permite uma temperatura de entrada ideal, ajustada individualmente para cada tipo de aço. Após o bloco de fio-máquina de 6 cadeiras segue o bloco de redução e calibração flexível de 4 cadeiras FRS® (*Flexible Reducing and Sizing block*) projetado para serviço extra pesado, que permite velocidades de laminação de até 120 m/s. Ambos os blocos são equipados com a tecnologia Meerdrive® adequada para tipos de aço

tecnicamente exigentes, portanto de altíssima qualidade para as faixas de tolerância mais estreitas. Após o FRS[®] o fio-máquina passa pelo rolo puxador e formador de espiras da mais nova geração, entrando finalmente no transportador de resfriamento LCC[®] (*Loop Cooling Conveyor*) de 104 m de extensão, com a mais moderna tecnologia de 3 ventiladores, permitindo melhor distribuição da temperatura do circuito. Com esta moderna refrigeração individual LCC[®] tornam-se possíveis estratégias de refrigeração intensiva e retardada. A estratégia de resfriamento será fornecida com base no modelo avançado de tecnologia de resfriamento controlado CCT[®] da SMS Meer (*Controlled Cooling Technology*).

Todo o equipamento de manuseio da bobina é projetado para proteger particularmente o material acabado, adaptado ao produto final de alta qualidade.

Dados básicos

Laminador de fio-máquina

- *Entrada em operação:* 2012
- *Material inicial: tarugos:* 155 mm – 16,5 m – 3.025 kg
- *Tipos de aço:* Aço carbono de baixa liga, aços de corte livre, aços de baixa liga e aços para molas, arame de solda, aços para estampagem a frio, aços para rolamento de esferas, aços ferramenta
- *Dimensões de acabamento: fio-máquina:* Φ 5,5 – 25 mm
- *Velocidade de saída: fio-máquina via LCC[®]:* até 120 m/s
- *Capacidade do forno:* 120 t/h
- *Produção:* 690.000 t/a

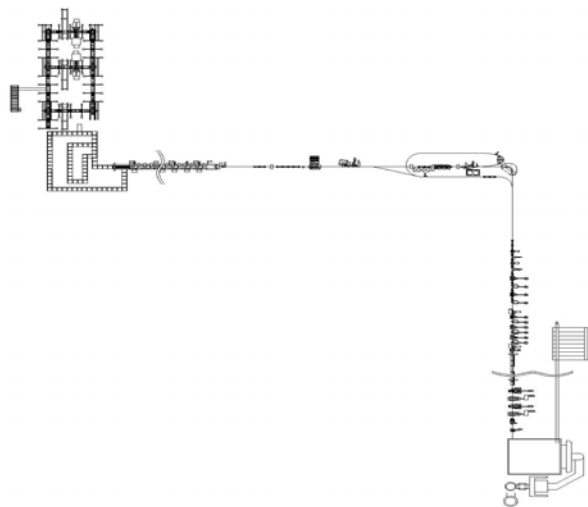


Figure 6. Tecnologia Meerdrive[®] na ArcelorMittal Duisburg – Hochfeld/Alemanha.

2.2 PSM[®] - Tecnologia Avançada de 3 Cilindros Para Produção de Barras de Qualidade Especial (SBQ)

Outro marco da SMS Meer no campo da produção de fio-máquina e barras de qualidade especial foi o desenvolvimento do laminador de precisão de 3 cilindros PSM[®] (*3-roll Precision Sizing Mill*) para a produção de barras de qualidade especial. O PSM[®] foi desenvolvido em estreita cooperação com a divisão de produtos de tubos da SMS Meer, líder absoluto de mercado em tecnologia de 3 cilindros para a produção de tubos sem costura.

A experiência bem-sucedida de mais de 20.000 cadeiras de 3 cilindros fornecidas para as dimensões de laminação de \varnothing 13,1 mm até \varnothing 508 mm foi considerada durante a concepção do PSM[®]. Os princípios e características da tecnologia de sucesso comprovado do acabamento de qualidade premium de 3 cilindros PQF[®] (*Premium Quality Finishing*), foram tomados como base, transferidos e adaptados às exigências da produção de fio-máquina e barras de qualidade especial.

O conceito da tecnologia avançada de 3 cilindros representada pelo PSM[®], com capacidade de ajuste hidráulico sob carga, foi introduzido na Deutsche Edelstahlwerke Siegen/Alemanha (DEW).

A DEW tem uma longa experiência em tecnologia de 3 cilindros, uma vez que opera o bloco de dimensionamento de precisão de 3 cilindros da KOCKS desde 1979. Devido à sua experiência com o comissionamento e operação dos antigos blocos de 3 cilindros, eles estavam cientes que uma instalação-piloto apresenta algum risco e é também um desafio. No entanto, devido às excepcionais vantagens do PSM[®] e o

grande potencial para melhorar ainda mais a tolerância dimensional, eles optaram pela avançada tecnologia de dimensionamento de 3 cilindros fornecida pela SMS Meer.



Figura 7. PSM[®] - Tecnologia avançada de dimensionamento de 3 cilindros na DEW Siegen/Alemanha.

Também neste caso "o passado encontra o futuro"! O primeiro PSM[®] de 3 cilindros entrou em operação no Deutsche Edelstahlwerke Siegen/Alemanha em 2006, substituindo dois dos três blocos de 3 cilindros existentes da primeira geração do equipamento (Figura 7). Após de um período rigoroso de entrada em operação, atualmente todas as dimensões (\varnothing 22 mm – \varnothing 85 mm) são acabadas com bloco de 6 cadeiras PSM[®] 3 cilindros, cumprindo todas as exigências do mercado com tolerâncias muito acima do requerido.

A DEW Siegen faz parte do grupo Schmolz + Bickenbach, com cerca de 11.000 colaboradores, líder mundial em fabricação, beneficiamento e distribuição de produtos longos de aço especial. Ela produz em Siegen anualmente até 1 milhão de toneladas de diferentes qualidades de aço para rolamentos de esferas, molas, para estampagem a frio, aços inoxidáveis de alta liga e aços para ferramentas.

O PSM[®] oferece todas as características típicas da tecnologia de dimensionamento de 3 cilindros, tais como:

- laminação de família de passo simples (Figura 8): para todos os tipos de aço e a qualquer hora;
- laminação de diâmetro livre "*free-size rolling*" (9% do diâmetro/ máx. 3 mm): para dimensões infinitas (não somente dimensões discretas); requer menores alterações das cadeiras/ rolos; e leva à geração de menor estoque (p. ex. rolos, guias);
- troca rápida da cadeira (Figura 9): 5 minutos para cadeiras individuais ou todas as cadeiras.

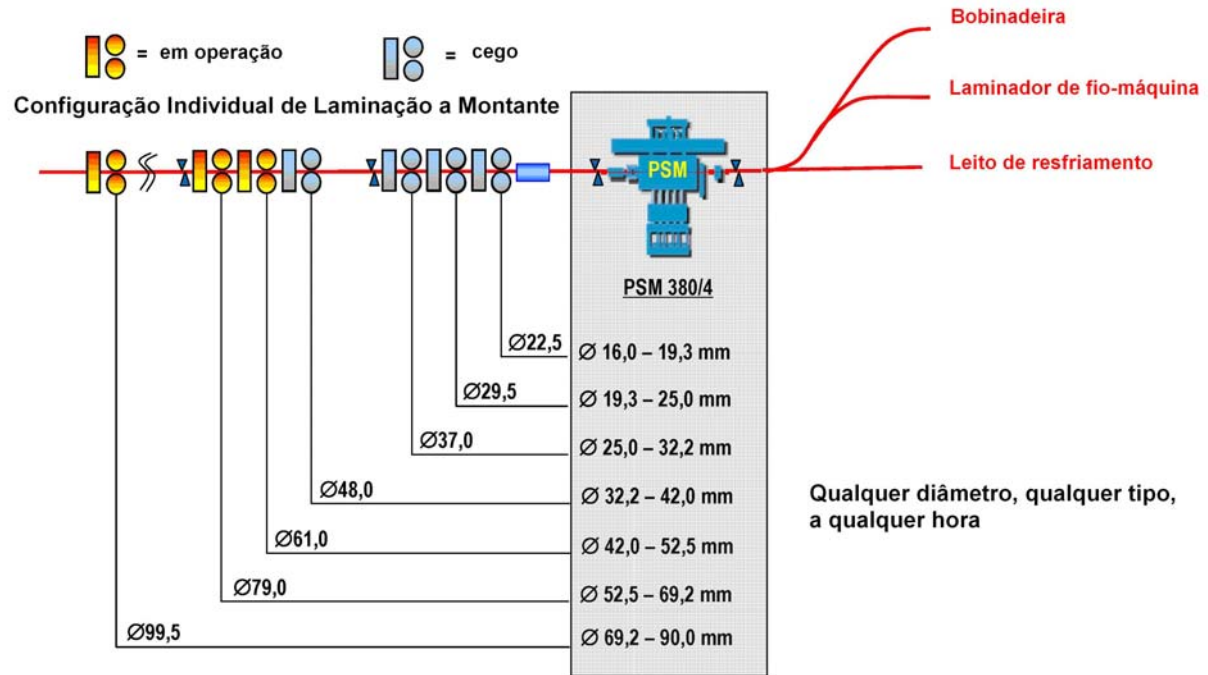


Figura 8. PSM® - Princípio de laminação da família de passe simples.

Uma das principais características, além das mencionadas anteriormente, é a capacidade de ajuste hidráulico da abertura de laminação sob carga em tempo real, o que torna esta máquina ímpar. Graças ao sistema avançado de controle de cápsula hidráulica de circuito fechado HCCS (*Hydraulic Capsule Control System*). Ao invés de se ter uma "caixa preta", onde apenas o tamanho da entrada e da saída da barra pode ser medido, o HCCS oferece total transparência do processo, pois cada posição individual do cilindro, bem como a força de cada cilindro, podem ser detectados.

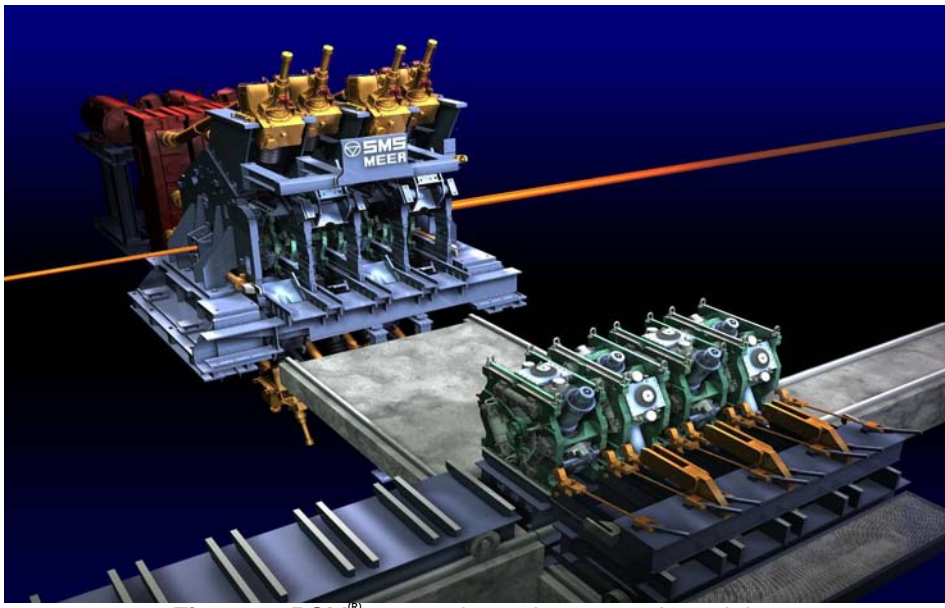


Figura 9. PSM® - troca do equipamento da cadeira.

Além disso, o sistema é capaz de compensar a mola individual do laminador, as variações do alimentador e o impacto de entrada da barra, como também de

equilibrar as variações de temperatura ao longo da barra. Com base no sistema de controle de circuito fechado HCCS, o sistema pode se adaptar a diferentes condições de laminação, de forma a otimizar o sistema imediatamente para alcançar o máximo rendimento com a maior disponibilidade.

O ajuste para se obter a qualidade de produto final requerida para o PSM® é planejado pelo sistema de aplicação da tecnologia de laminação com auxílio do Carta® (*Computer Aided Rolling Technology Application System*). Os valores para o ajuste do laminador podem ser facilmente determinados e transmitidos para o sistema de automação do equipamento através da rede de dados (Figura 10).⁽¹⁾

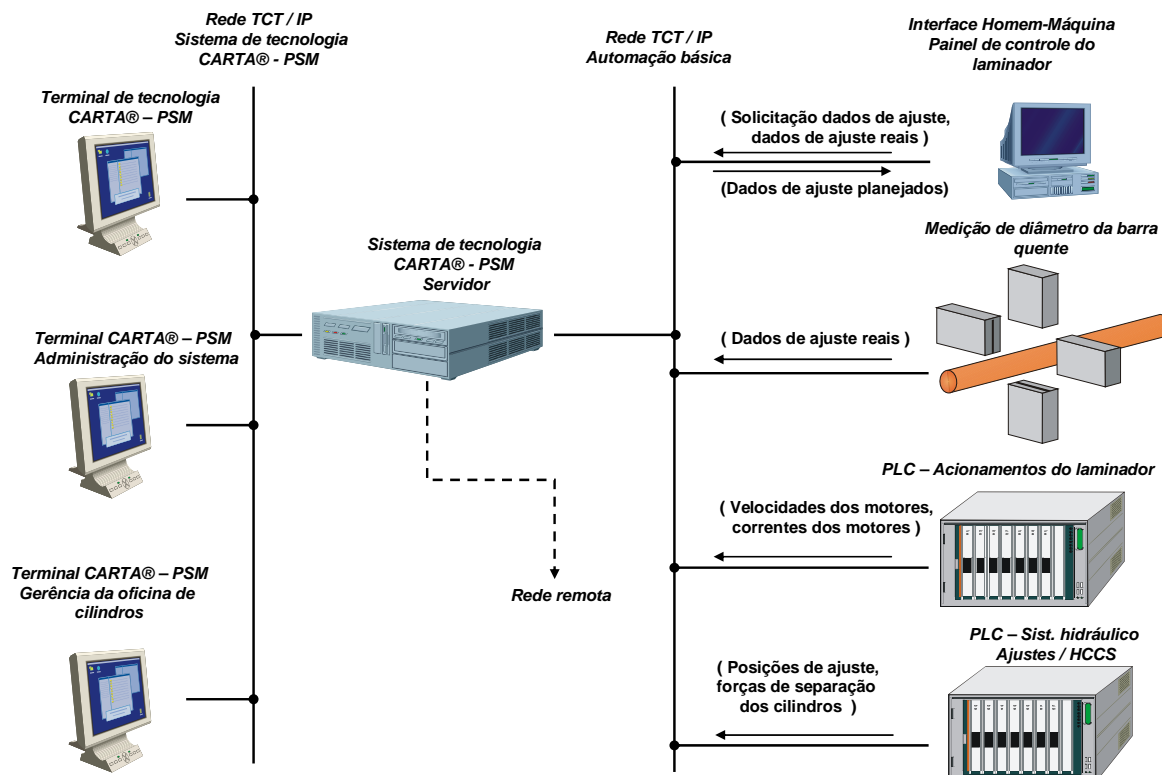


Figura 10. Estrutura da rede CARTA PSM®.

O elemento central do Carta® PSM é um servidor central de alta performance com bancos de dados para os parâmetros de laminação e valores resultantes. O servidor está interligado ao sistema básico de automação e pode ser conectado com um número ilimitado de locais de trabalho, por exemplo, com os gerentes de laminação, tecnólogos, oficina de cilindros ou com o pessoal de operação.

A fim de determinar rapidamente os dados de laminação, o sistema Carta® PSM já inclui os conceitos oriundos da experiência em tecnologia de laminação da SMS Meer como pré-ajuste. Para uma ampla gama de aços especiais e necessidades individuais, o operador ainda é capaz de adaptar os valores de ajuste de modo flexível por meio de um editor de sulcos ou criar valores completamente novos - a partir do diâmetro do passe inicial, através do projeto da forma atual do sulco até o cálculo das velocidades de laminação relevantes.

As simulações e visualizações dos sistemas dão suporte ao operador na fase de planejamento da configuração (Figura 11).

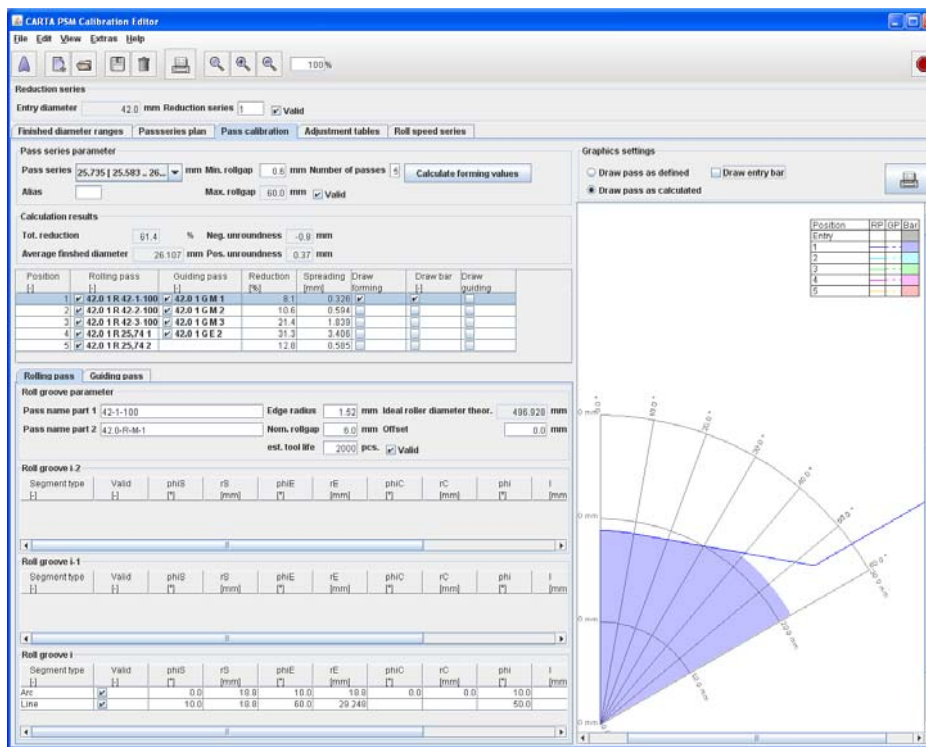


Figura 11. Carta PSM® - Possibilidade de ajuste individual dos sulcos.

O sistema Carta® PSM armazena os dados de configuração/calibração do laminador e os resultados mais importantes da laminação para cada barra. Os dados podem ser avaliados através de tabelas e gráficos. Além disso, eles podem ser depositados em um banco de dados empíricos que garante uma possível reutilização.

Outra característica é a função de gestão de ferramentas, - um grande apoio aos operadores - e a gestão da laminação, a fim de otimizar os custos das ferramentas/discos de laminação. Os conjuntos de discos de laminação e cadeiras de 3 cilindros podem ser rastreados com o sistema Carta® PSM, por exemplo, disponibilizando informações sobre desgaste.

Com a ajuda do sistema Carta® PSM nossos clientes são capazes de efetuar um ajuste fino de muitos detalhes, quando necessário. Estas excelentes características fazem a diferença em relação a qualquer outro sistema disponível no mercado.

Além disso, o sistema Carta® PSM fornece todos os dados para o ajuste das cadeiras de 3 cilindros e guias de 3 cilindros na oficina de cilindros de laminação. Todos as cadeiras e guias são preparadas *off-line* na oficina durante a laminação. Caso sejam requisitadas faixas de tolerância muito estreitas, as cadeiras devem ser alinhadas na oficina por meio de um dispositivo especial de posicionamento/alinhamento do cilindro. Os cilindros podem ser posicionados axial e radialmente com uma precisão de medição de 0,002 mm por meio de uma câmera CCD.

Após a implementação do sistema convencional de 3 cilindros em 2003, o famoso produtor de aço de rolamentos TIMKEN/EUA também optou pela tecnologia avançada de 3 cilindros da SMS Meer, com base nas evidentes vantagens do sistema. O sistema opera com sucesso desde 2009, sendo que tolerâncias de até 1/8 DIN EN 10060 tem sido atingidas regularmente. Além do PSM® de 5 cadeiras e 3 cilindros, um novo leito de resfriamento também foi acrescentado, bem como a nova área de acabamento (Figura 12). Toda a instalação foi executada com êxito

pela SMS Meer - graças ao seu conhecimento do processo global e sua capacidade de execução.



Dados básicos

| | |
|--------------------------|--|
| Entrada em operação: | 2009 |
| Dimensões iniciais: | 42 mm – 138 mm diâmetro |
| Dimensões de acabamento: | 25,4 mm – 127 mm diâmetro |
| Peso do tarugo: | aprox. 2.600 kg e 5.491 kg |
| Tipos de aço: | Aços de qualidade, aços para rolamentos de esferas, tipos para têmpera superficial, aços para estampagem a frio, aços microligados |
| Velocidade de saída: | até 6 m/s |
| Forno: | Capacidade de 136 t/h |

Figura 12. Principal modificação no TIMKEN/EUA incluindo um PSM® de 3 cilindros .

3 CONCLUSÃO

Após a reorientação bem sucedida do grupo SMS Meer, o destaque tem sido o mercado de fio-máquina e barras de qualidade especial. Com espírito de pioneirismo, coragem e persistência revolucionária, a SMS Meer estabeleceu marcos tecnológicos no mercado.

Os equipamentos com a tecnologia patenteada Meerdrive® para fio-máquina e o avançado PSM® de 3 cilindros para a produção de barras de qualidade especial em países com forte indústria automotiva como EUA, Alemanha e China, bem como Brasil, sinalizam o enorme potencial destas novas tecnologias. Ambas as tecnologias estão instaladas em produtores de aço especial de elevada reputação, numa concorrência feroz no mercado. As excepcionais vantagens dos equipamentos da SMS Meer e suas excelentes características fazem a diferença em relação a qualquer outro sistema disponível no mercado, reforçando a competitividade dos nossos parceiros e clientes.

Estas tecnologias avançadas são soluções inventivas para seguir as demandas atuais e futuras dos mercados locais. Elas representam soluções econômicas ideais para empresas que querem permanecer à frente da concorrência no longo prazo.

REFERÊNCIA

- 1 Dr. Axel Körmer, Dr. Peter Thieven, SMS Meer, Publication in Stahl und Eisen 131 (2011), Nº 5, Pág .51-58