

PROJETO, FABRICAÇÃO, REPARO E NOVAS TECNOLOGIAS EM MANDRIS DE BOBINADEIRAS E DESBOBINADEIRAS DE LAMINADORES A QUENTE, A FRIO E EM LINHAS DE PROCESSO*

Henrique de Araújo Resende¹

Resumo

Em função do aumento constante da produtividade nos laminadores e linhas de processo de usinas siderúrgicas e de alumínio, está cada vez mais evidente a necessidade de aumentar as campanhas de produção dos mandris de bobinadeiras e desbobinadeiras, reduzir as paradas de manutenção das linhas além de minimizar ao máximo os custos com reparo e fabricação. Para isso, é importante conhecer os diversos projetos de mandris utilizados nos últimos anos, os maquinários envolvidos na fabricação e reparo desses equipamentos além de estar atualizado quanto às novas tecnologias que poderão ser aplicadas. Para possibilitar o entendimento descrito acima, este material será dividido em 3 partes: Projetos SMS de mandris no Brasil; Condições de fabricação e reparo; Novas tecnologias. A SMS possui 58 mandris em operação hoje no Brasil estratificados entre os seus principais clientes, desde linhas de decapagem e laminação a quente até a saída do produto final após os laminadores a frio na galvanização e linhas de pintura e corte. Com isso, é possível estabelecer uma análise técnica do desempenho de cada equipamento e sobressalente de forma bem estruturada. Esse é o principal objetivo desse trabalho.

Palavras-chave: Laminação; Bobinadeira; Mandril.

DESIGN, MANUFACTURING, REPAIR AND NEW TECHNOLOGIES IN TENSION AND PAYOFF REEL MANDRELS OF HOT STRIP MILL, COLD STRIP MILL AND STRIP PROCESSING LINES

Abstract

Due to the constant increasing of production on rolling mills and Strip processing lines in Steel and aluminum industry, it is more and more clear the necessity to increase the production of coiler and uncoiler mandrels, reduce the maintenance stopover of the lines and minimize the costs on repair and manufacturing. For this, it is important to understand the several designs of mandrels utilized on the last years, the machines used to manufacture and repair these equipment's and to be actualized on the new technologies applied. To make possible what is written above, this text will be divided on 3 parts: Mandrels SMS design in Brazil; Manufacturing and Repair machines; New technologies. Today, SMS has 58 mandrels in operation in Brazil on the several customers since pickling lines and hot strip mills to the end of the final product after the cold rolling mills on galvanizing lines and panting/cutting lines. With this, it is possible to establish a technical analyzes well structured. This is the main purpose of this work.

Keywords: Mill; Coiler; Mandrel.

¹ *Engenharia Industrial Mecânica, Engenheiro, Especialista em mandris, Coordenação técnica, SMS Siemag, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho está estruturado de forma a possibilitar um entendimento claro pelo leitor das principais concepções de mandris em operação hoje no Brasil que foram projetados pela SMS, das condições técnicas gerais para fabricação e reparo e também das novas tecnologias aplicadas nos principais componentes dos mandris em questão.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Este documento foi desenvolvido considerando as fabricações e reparos realizados recentemente e também levando em consideração o desempenho de mandris nas linhas de laminação a quente, a frio e de processo de chapas nas principais usinas brasileiras.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Projetos de Mandris no Brasil

Para uma melhor apresentação das concepções técnicas de cada mandril, este tópico foi desmembrado de acordo com as linhas onde operam hoje os mandris projetados e fabricados pela SMS. A tabela 1 a seguir indica a quantidade de mandris em operação em cada cliente de acordo com a linha de laminação ou processo.

Tabela 1. Distribuição dos mandris SMS no Brasil

Linha	HSM	TCM	RCM	PLTCM	SPM	CGL	CPL	RCL	Sendz.	PL	Total
Cliente 1	5	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5
Cliente 2	X	3	X	X	4	X	2	3	X	X	12
Cliente 3	X	X	X	X	X	X	X	X	4	X	4
Cliente 4	X	X	6	X	X	X	X	X	X	X	6
Cliente 5	X	X	X	X	X	5	X	X	X	X	5
Cliente 6	X	X	3	X	X	5	3	X	X	3	14
Cliente 7	2	X	2	X	X	X	X	2	X	X	6
Cliente 8	X	X	X	5	X	X	X	1	X	X	6
TOTAL	7	3	11	5	4	10	5	6	4	3	58

*. Quantidade de mandris por cliente.

3.1.1 Laminação a quente

Em laminadores a quente, normalmente se utiliza mandris com a concepção de eixo piramidal acionado por cilindro hidráulico e cunhas de expansão com molas que transmitem o deslocamento axial do eixo piramidal para os segmentos através das rampas, expandindo ou colapsando o mandril. Para a rotação do mandril, podemos ter uma conexão por acoplamento diretamente na caixa de engrenagens ou ter a engrenagem principal fixada por anéis de interferência ou chaveta no corpo principal do mandril. A figura 1 abaixo mostra um esquemático geral e fotos do mandril.

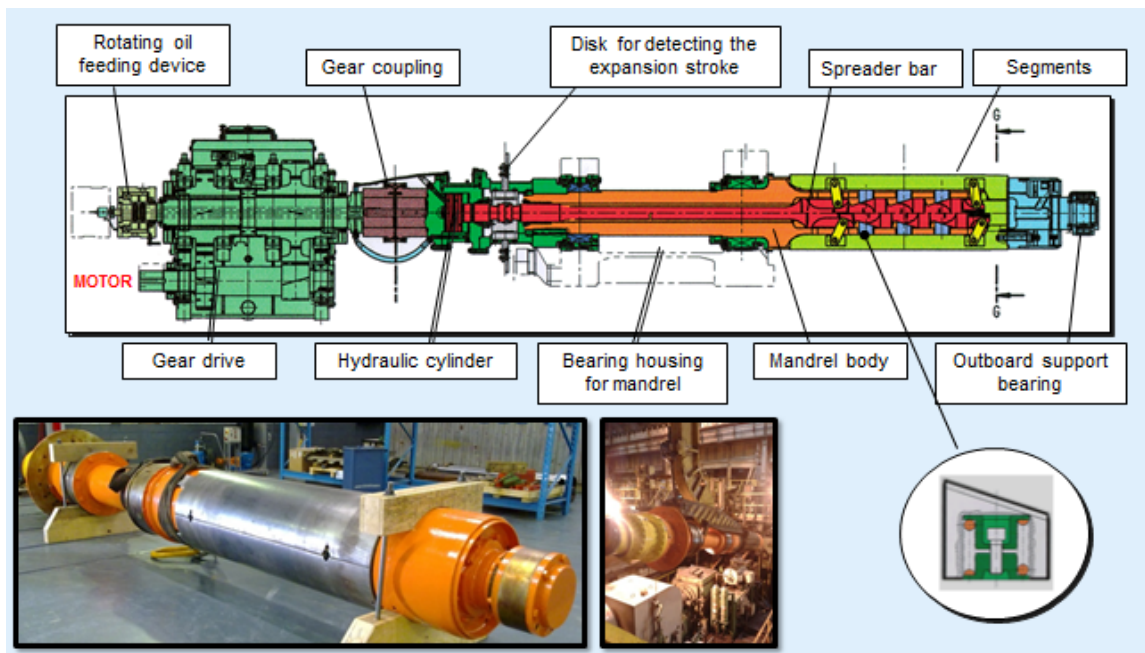


Figura 1. Esquemático geral e foto de um mandril a quente.

Os principais materiais envolvidos aqui são os aços inoxidáveis de alta resistência mecânica utilizados nas partes expostas do mandril como corpo principal e segmentos; os aços ligados ao cromo, níquel e molibdênio nos componentes internos como eixo piramidal, elos, buchas e pinos além dos bronzes com alumínio resistentes ao desgaste com ou sem componente auto lubrificante utilizados nas cunhas de expansão, buchas bi-partidas e bucha guia do eixo piramidal.

Os principais problemas apresentados pelos mandris a quente estão relacionados com lubrificação inadequada dos componentes ou por montagem / ajustes realizados inadequadamente. Esse equipamento tem concepção mecânica bastante complexa e, por isso, a fabricação ou reparo deve ser realizado por empresa especializada.

3.1.2 Laminação a frio

Na laminação a frio, a necessidade de se ter um diâmetro completo sem interrupções por espaços vazios para que a chapa não seja marcada, já que a espessura laminada é bem inferior à laminação a quente, faz com que os mandris de bobinamento possuam réguas entre os segmentos que acompanham a expansão e colapso do mandril e garantem a uniformidade da superfície em contato com a bobina. Já os mandris de desbobinamento não necessitam das réguas, já que a chapa ainda será laminada e decapada nos casos de linhas integradas (PLTCM). A figura 2 abaixo mostra o desenho de conjunto desses mandris e algumas fotos.

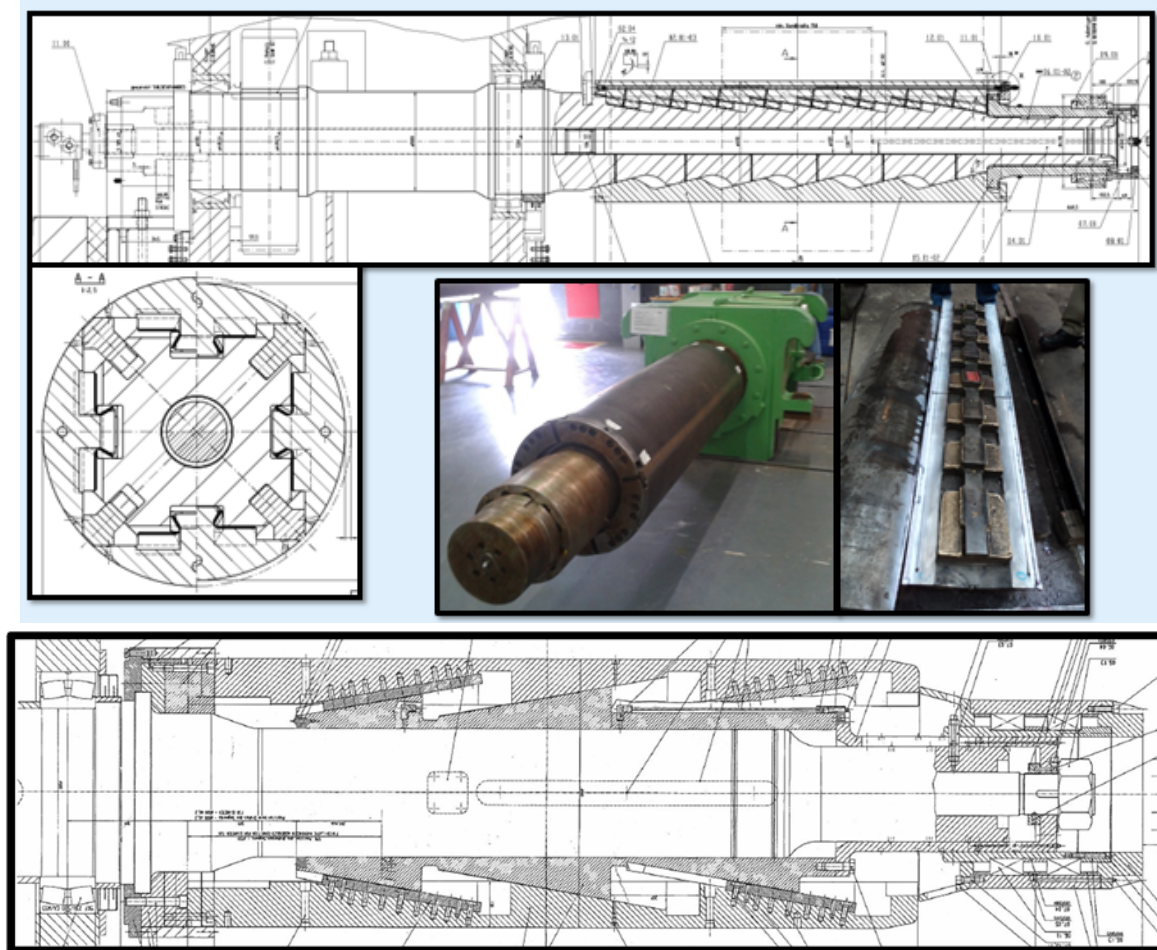


Figura 2. Desenho de conjunto geral e foto de mandris a frio.

No mandril de bobinamento, a expansão e colapso é realizada através de pressão no cilindro hidráulico que realiza o deslocamento na axial da haste central (tie rod) e que, por estar conectada diretamente na luva de deslocamento da cabeça do mandril, provoca o deslizamento dos segmentos nas rampas do eixo principal. A rotação do mandril aqui é realizada da mesma forma dos mandris a quente (acoplamento ou engrenagem no eixo principal). No desbobinamento, os mandris possuem luva expansora com rampas que é deslocada através da haste central e, assim, expande e colapsa o mandril.

Nos mandris a frio não existe a necessidade de se ter aços inoxidáveis em função da atmosfera externa ser menos corrosiva principalmente pela baixa temperatura quando comparamos com a laminação a quente, mas estão presentes também os aços ligados ao cromo, níquel e molibdênio que possuem alta resistência mecânica mantendo a tenacidade quando tratados termicamente e também garantem a resistência a oxidação necessária. Como materiais de desgaste, são utilizados os bronzes alumínio com e sem elemento auto lubrificante, os aços manganês e ainda a mais recente tecnologia anti-desgaste Hy-comp que trata de material a base de fibra de carbono sinterizada e prensada. Esse último ainda não é utilizado na laminação à quente em função de sua baixa resistência às altas temperaturas (até 350°C).

3.1.3 Laminadores reversíveis a frio

Aqui não é utilizada a concepção de haste interna por entender através de cálculos que essas concepções não resistem às altas cargas axiais transmitidas ao mandril durante a laminação. Por isso, antigamente eram utilizados cilindros hidráulicos e molas localizados no eixo principal na região de montagem dos segmentos. Esses cilindros eram acionados por óleo que era pressurizado por canais vazados por toda a extensão do eixo, provocando o avanço dos cilindros para expansão do mandril e colapso através dos cilindros e das molas. Hoje, a concepção utilizada é através do deslocamento axial do eixo principal do mandril que realiza a expansão e colapso pelo deslizamento entre as rampas do eixo e dos segmentos que, nesse caso, estão fixos acoplados na luva dentada que por sua vez está fixada no eixo oco de transmissão de rotação. A rotação desses mandris também pode ser realizada por acoplamento, mas é mais comum a presença da engrenagem principal fixada no eixo oco do mandril que através da luva dentada transmite a rotação ao dentado do eixo principal. O eixo oco e luva dentada são necessários para possibilitar o deslocamento axial do eixo sem perder a posição da engrenagem principal. A figura 3 mostra o descrito acima.

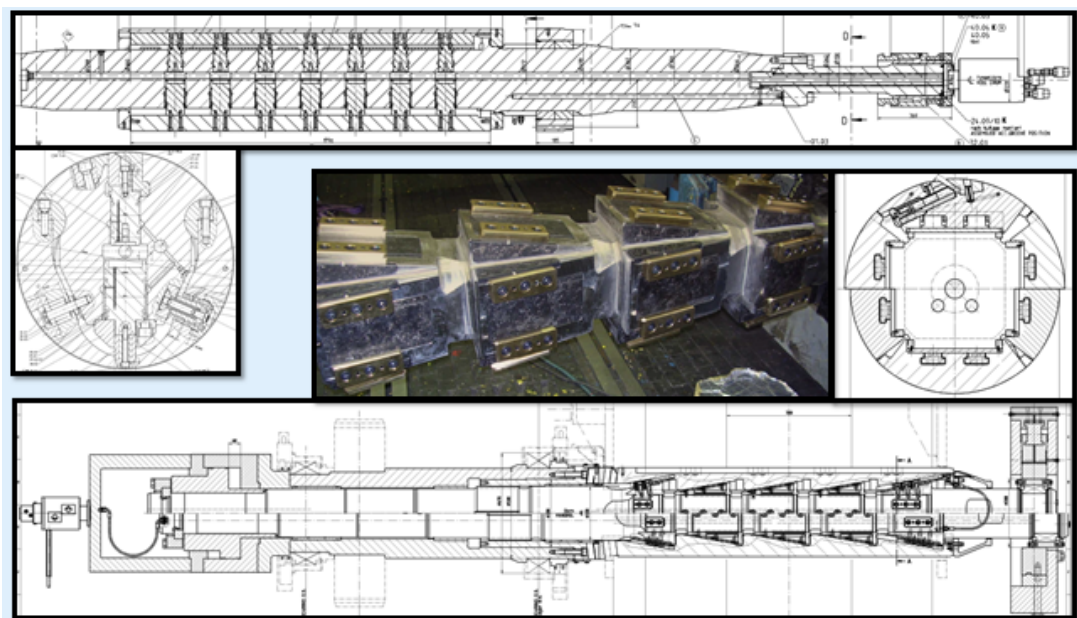


Figura 3. Desenho de conjunto geral e foto de um mandril de laminador a frio reversível.

3.1.4 Galvanização Contínua e Linhas de Pintura

Quando comparamos as linhas de galvanização/pintura com a laminação à frio, percebemos que os mandris são menos solicitados nas primeiras em função das tensões aplicadas serem menores. Assim, um novo conceito é apresentado nesses mandris para obter um custo de fabricação e manutenção menor.

Os mandris de bobinamento aqui são similares ao da laminação a frio, diferindo apenas pela não existência de rampas nos segmentos. Aqui, a presença de molas ao longo do comprimento já é suficiente para garantir o tensionamento necessário e permitir que os segmentos sejam de construção soldada com a utilização de chapas laminadas, reduzindo significativamente o custo de fabricação.

Já no desbobinamento, aparece o projeto com 3 luvas expansoras distintas, separadas por espaçadores e conectadas através de tirantes. A expansão/colapso é executada da mesma forma dos mandris de desbobinamento da laminação a frio, mas aqui os custos de fabricação das luvas são inferiores. Os mandris estão identificados na figura 4 abaixo.

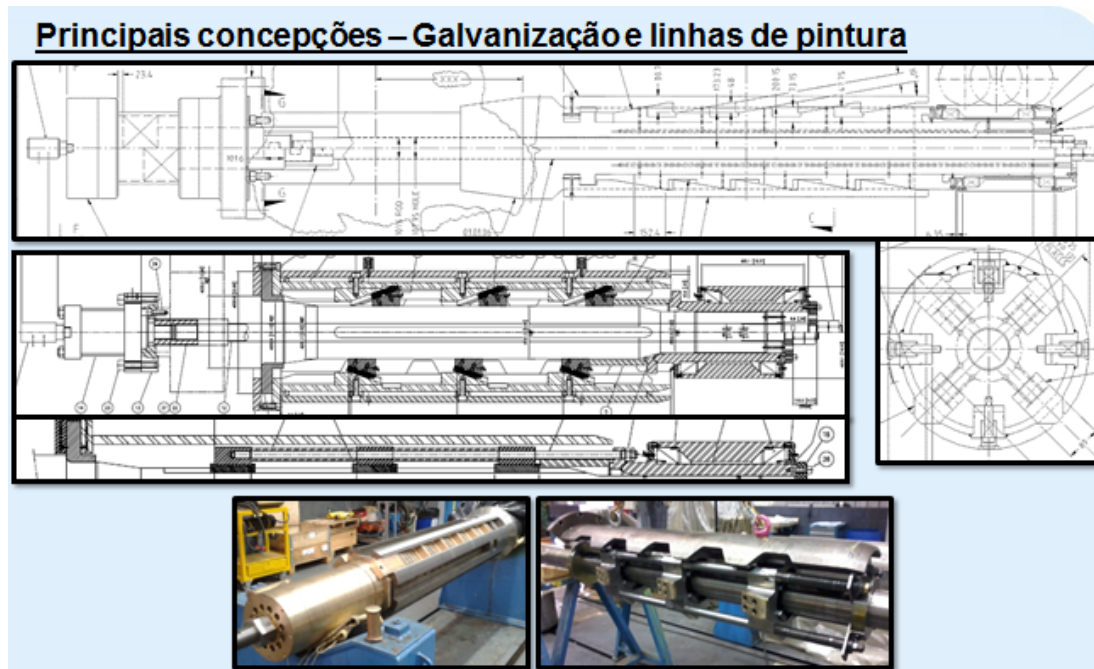


Figura 4. Desenho de conjunto geral e foto de mandris de galvanização/pintura.

A rotação e materiais utilizados nesses mandris são similares ao da laminação a frio, diferindo apenas na composição das ligas para tornar os custos inferiores, já que as propriedades mecânicas aqui podem ser inferiores em função de menor tensão de bobinamento/desbobinamento.

3.1.5 Decapagem

Na decapagem, como as tensões de bobinamento e desbobinamento são bem pequenas, os modelos de menores custos são utilizados, sendo o mandril de bobinamento similar ao da galvanização e o de desbobinamento similar ao da laminação a frio. No desbobinamento, em função de atmosfera bastante poluída com carepa das bobinas a quente oxidadas, a luva expansora é inteiriça e é utilizada em alguns mandris um protetor expansivo para evitar a entrada de poluentes entre a luva expansora e o eixo do mandril. A figura 5 mostra esses detalhes.

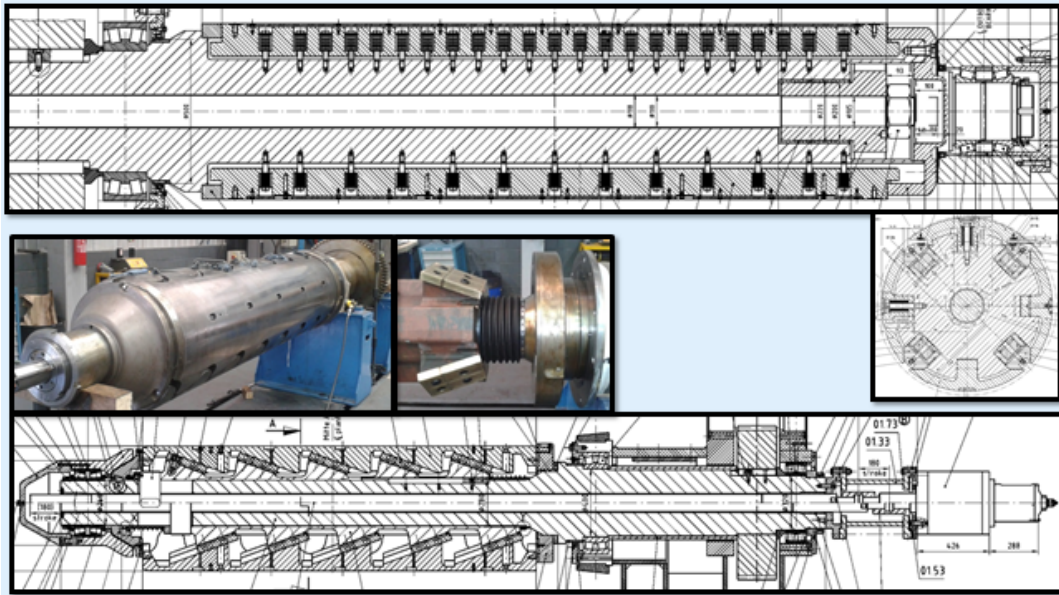


Figura 5. Desenho de conjunto geral e foto de mandris de decapagem.

Os materiais e sistema de rotação não diferem dos apresentados anteriormente a podem também ser visualizados na figura 5.

3.1.6 Laminadores de encruamento / acabamento

Em função de chapas bastante finas serem processadas nessa linha e a tensão de bobinamento estar um pouco acima das linhas de galvanização, pintura e decapagem, os mandris de bobinamento utilizados aqui são parecidos com o da laminação a frio, mas sem a presença de réguas que garantam a uniformidade do diâmetro do mandril. Aqui, uma luva de material emborrachado é utilizada acima dos segmentos para essa função. Os mandris de desbobinamento são bastante similares ao da laminação à frio também. A figura 6 localizada na próxima página mostra os detalhes.

Com relação à rotação e materiais de fabricação dos componentes desses mandris, nada difere do já apresentado anteriormente.

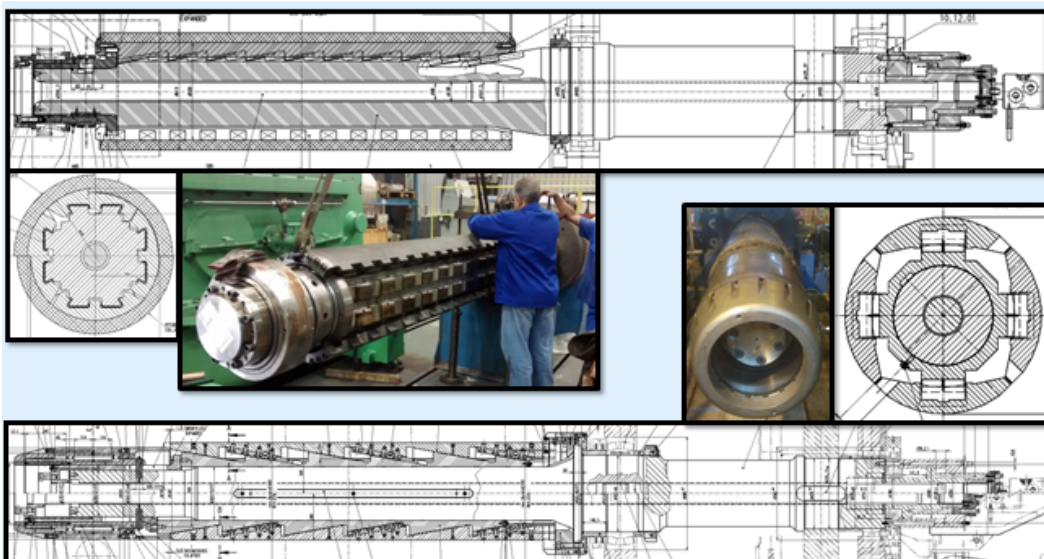


Figura 6. Desenho de conjunto geral e foto de mandris de laminadores de encruamento / acabamento.

3.2 Fabricação e Reparo de Mandris

Entre os diversos componentes de um mandril, são classificados como críticos o eixo principal com rampas de expansão, as luvas expansoras além dos segmentos. Para esses componentes, as máquinas identificadas na figura 7 são utilizadas para garantir o perfeito alinhamento, perpendicularismo e desvio angular entre as faces inclinadas com tolerância máxima de 0,02 mm.

Sendo crítico ou não, a inspeção de todos os componentes do mandril de acordo com os desenhos de fabricação além do acompanhamento e controle durante a montagem e testes finais é fundamental. Para isso, além de todos os métodos convencionais de medição como micrometro, altímetro, ultrassom, rugosímetro, LP entre outros, também são utilizados os equipamentos de medição tridimensional e scanner que permitem rastrear as imperfeições das peças além de coletar o dimensional geral. Isso facilita um trabalho integrado com equipes de engenharia para prover melhorias. A figura 8 mostra um desses equipamentos.

Para a montagem dos mandris, é importante contar com o ferramental e dispositivos adequados, visando garantir os ajustes, folgas e testes necessários. Para essa etapa, é de extrema importância contar com empresa especializada em mandris para cercar todos os detalhes normalmente não descritos nos desenhos técnicos fornecidos pelo fabricante.

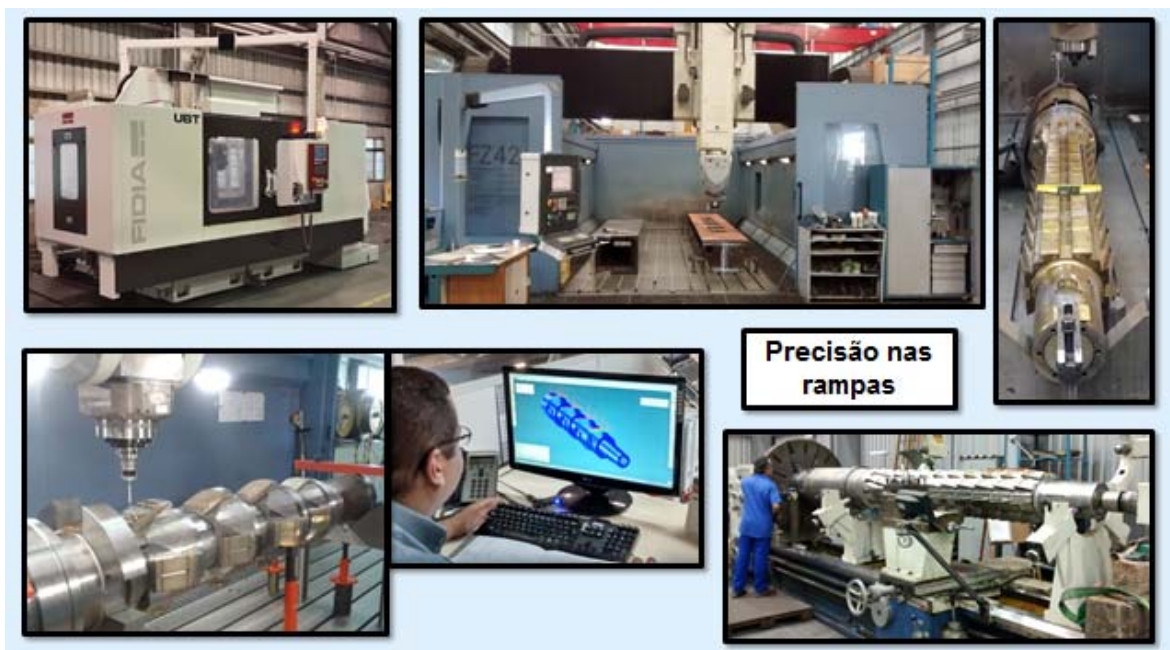
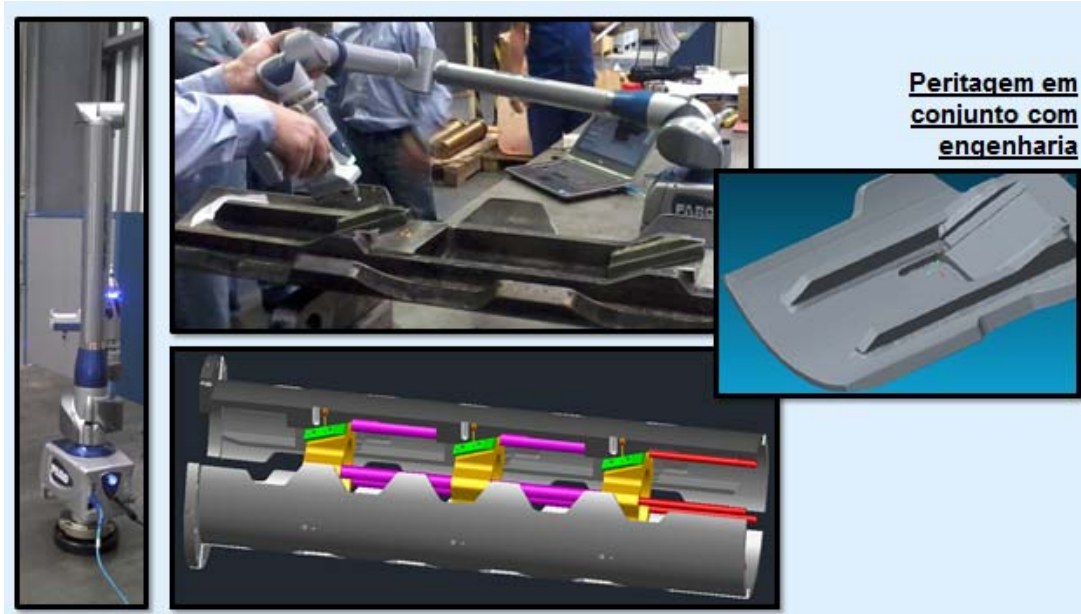


Figura 7. Máquinas para fabricação de equipamentos críticos.



Peritação em conjunto com engenharia

Figura 8. Equipamento tridimensional de inspeção.

3.3 Novas Tecnologias

Os trabalhos mais recentes de desenvolvimento voltados para mandris estão nas peças de desgaste ou na não utilização delas e também em revestimentos superficiais.

Em peças de desgaste, a SMS aplica a tecnologia Hy-comp que consiste em placas de material baseado em fibra de carbono com excelente resistência ao desgaste e que não necessita de lubrificação. A figura 10 mostra alguns exemplos.

Já como revestimento aplicado por processo HVOF, está em desenvolvimento/estudo pelos fabricantes a aplicação nas rampas de expansão, raio externo de segmentos e luvas da cabeça principalmente de mandris onde as cargas são baixas como os de linhas de galvanização, encruamento, corte e pintura. A figura 10 também mostra a tecnologia em questão.

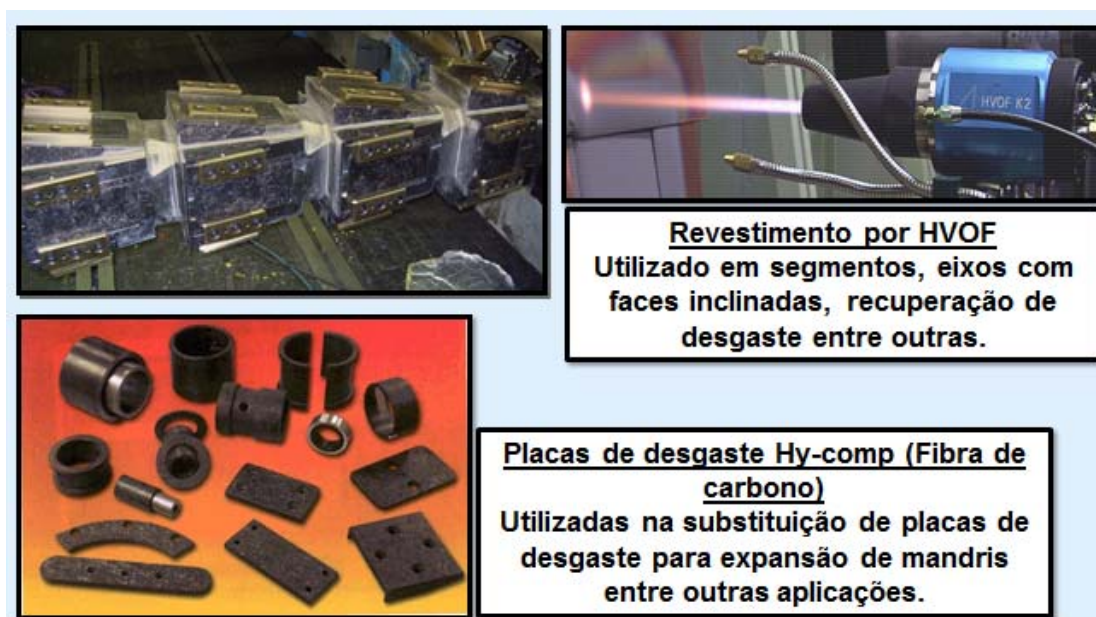


Figura 10. Novas tecnologias em mandris.

4 CONCLUSÃO

As principais concepções de mandris em operação hoje no Brasil e no mundo são bastante similares, utilizando em todas elas um cilindro hidráulico para expansão e colapso com o auxílio de um alimentador rotativo para inserção de óleo no cilindro. A expansão ocorre em todos os casos atuais através das famosas faces inclinadas e as principais diferenças estão no deslocamento axial por haste central ou pelo próprio eixo do mandril. Essa diferença existe pelo fato de mandris com deslocamento axial direto no eixo principal suportarem cargas de trabalho maiores.

Com o descrito no parágrafo acima, está cada vez mais próxima a possibilidade de se ter projetos idênticos em linhas diferentes, criando uma facilidade superior quanto à disponibilização de mandris reservas intercambiáveis e é claro dos sobressalentes. Hoje, no Brasil, um cliente da SMS já possui essa condição, onde os mandris de bobinamento e desbobinamento da linha de galvanização contínua são idênticos aos da linha de pintura. Isso já confirma o início dessa evolução.

Com relação aos materiais aplicados, existe uma tendência mais forte ainda de padronização das matérias-primas utilizadas na fabricação, facilitando estoque e possibilitando uma redução significativa do prazo de fabricação com isso.

Agradecimentos

À SMS Siemag pelos anos de desenvolvimento em engenharia, processos de fabricação e manutenção de mandris e também por difundir o know-how técnico envolvido na área específica desse texto no Brasil.