

# INOVAÇÕES TECNOLÓGICAS NA LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS: EQUIPAMENTOS<sup>1</sup>

Antonio Augusto Gorni<sup>2</sup>

## RESUMO

A crise econômica brasileira ocorrida durante a chamada “década perdida” - os anos oitenta - afetou significativamente as siderúrgicas estatais, reduzindo sua capacidade de investimento e modernização. Enquanto isso, o mercado dos produtos planos de aço se tornou cada vez mais competitivo, aliando alta qualidade com preço baixo. Países desenvolvidos como Japão e Alemanha estão vencendo esse desafio através do aperfeiçoamento contínuo de seu parque siderúrgico. Além disso, países sem tradição siderúrgica, como a Coreia, investiram pesadamente nessa área e acabaram por ultrapassar rapidamente o Brasil, tanto em capacidade produtiva como em domínio tecnológico. A siderurgia brasileira de produtos planos, agora privatizada, poderá tirar vantagem de seu atraso, desde que identifique os nichos de mercado mais lucrativos e promova uma criteriosa atualização de seus equipamentos para atender a esse objetivo com máxima competitividade. O objetivo deste trabalho foi identificar as mais atuais tendências em equipamentos na laminação de chapas grossas, área em que a COSIPA sempre se destacou pela irrepreensível eficiência operacional e excelente qualidade de seus produtos, em função de seu relativo grau de modernidade.

Palavras-Chave: Laminação de Chapas Grossas, Equipamentos, Modernização

---

<sup>1</sup> Trabalho a ser apresentado no XXXIII Seminário de Laminação da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Volta Redonda RJ, Setembro de 1996.

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, Mestre em Engenharia, Gerência de Pesquisa da Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA. E-Mail: agorni@dialdata.com.br

## - INTRODUÇÃO

Dentro de uma usina integrada, o laminador de chapas grossas é a linha de menor produtividade, pois requer maior nível de instalações e força de trabalho que as demais, sem oferecer contrapartida equivalente em termos de produção.

Até a crise do petróleo de 1973, o principal objetivo dos aperfeiçoamentos feitos nos laminadores de chapas grossas era exclusivamente o aumento de produtividade, através do uso de equipamentos de porte cada vez maior. Além disso, o uso intensivo de automação e computadores de processo permitiu reduzir a força de trabalho necessária para se conduzir a linha [1].

Durante a década de 70 e início da década de 80 diversos laminadores de chapas grossas foram construídos, principalmente na Europa e Japão. O equipamento da COSIPA também foi implantado naquela época. Além disso, diversas instalações já existentes foram modernizadas ao longo desse mesmo período de tempo; foi dada particular ênfase à automação, basicamente em função da queda vertiginosa nos preços dos equipamentos de informática [2].

Durante este período, o projeto desses equipamentos passou a levar em conta outros requisitos: havia uma demanda continuamente crescente de chapas grossas, além de severidade cada vez maior nos requisitos de qualidade do produto. Particular ênfase passou a ser dada à economia de energia, dada a situação instável do mercado de petróleo naquela ocasião, com preços exorbitantes e contínuas ameaças de fornecimento.

Contudo, a partir de meados da década de 80, a demanda por chapas grossas se estagnou e, em função da crise mundial em algumas indústrias de base, como a naval, ocorreu acentuada queda de pedidos em alguns segmentos específicos do mercado. O mercado francamente favorável aos clientes levou à imposição de requisitos de qualidade ainda mais rigorosos, particularmente em termos de tolerâncias dimensionais mais estreitas, maior resistência mecânica sem prejuízo da tenacidade e soldabilidade, bem como qualidade superficial melhorada, sem contrapartida equivalente em custo. Até o momento não há indícios de esse quadro seja revertido a curto prazo.

## **- FORNOS DE REAQUECIMENTO DE PLACAS**

A modernização dos fornos de reaquecimento de placas para laminadores de chapas grossas tem focado como objetivo básico melhorar o controle de temperatura do material que está sendo aquecido, com o menor dispêndio de energia possível. A uniformidade do grau de encharque das placas é um fator decisivo para a precisão dimensional do laminado, principalmente em termos da precisão de espessura ao longo do comprimento do esboço [3].

No caso específico da laminação controlada, é fundamental que a placa atinja temperatura mínima compatível com a composição química do aço, de forma que ocorra solubilização de alumínio e/ou elementos microligantes em grau suficiente para garantir a resistência mecânica do produto final [4]. Neste caso, a necessidade de um grau de encharque perfeitamente homogêneo ao longo da placa se torna ainda mais premente, para se evitar flutuações indesejáveis de propriedades mecânicas ao longo do esboço.

De maneira geral, as possibilidades de economia de energia num forno de reaquecimento de placas para a laminação de chapas grossas são menores do que as existentes na laminação de tiras a quente. Isto pode ser atribuído ao fato de que, no primeiro caso, a capacidade de produção geralmente é menor. Além disso, devido à maior influência do processo de reaquecimento sobre as propriedades das chapas grossas, não se dispõe de muita flexibilidade para a adoção de medidas que enfoquem primordialmente a economia de energia [5,6].

### **. Enfornamento a Quente**

Uma das inovações mais perseguidas pelos produtores de chapas grossas, em termos do processo de reaquecimento, tem sido o enfornamento a quente de placas. Neste caso, as placas provenientes do laminador desbastador ou lingotamento contínuo seguem diretamente para o forno de reaquecimento, sem passar pela etapa de armazenamento temporário no pátio de placas.

Os benefícios associados ao enformamento a quente são [7]: economia de energia, em função do aproveitamento do calor latente das placas, conforme mostra a tabela I [5]; redução dos estoques, ou seja, menos capital imobilizado; redução no tempo de ciclo de produção e prazo de entrega; e aumento da capacidade produtiva do forno.

Temperatura de Enformamento das Placas [°C]	Consumo de Combustível [1000 kcal/t]	Economia [%]
20 (Enformamento Convencional)	280	-
300~400 (Enformamento a Quente)	230	18%
800~900 (Enformamento Direto)	80	71%

Tabela I: Consumo específico de combustível em função da temperatura de enformamento das placas [5].

Por outro lado, torna-se necessário atender a uma série de requisitos para se aproveitar plenamente o potencial econômico do enformamento a quente: proximidade geográfica entre a linha de chapas grossas e o lingotamento contínuo; produção consistente de placas sem defeitos, com qualidade assegurada, de modo a se poder dispensar sua inspeção no pátio; programação de produção coordenada entre a aciaria e a laminação de chapas grossas; monitoração adequada do fluxo de placas; rápida resposta no caso de contratemplos; sistema de controle no forno de reaquecimento que considere o enformamento alternado de lotes de placas frias e quentes, sem que ocorram flutuações excessivas nas temperaturas de desenformamento; garantir lote mínimo de placas enformadas a quente de, pelo menos, uma [7] a três [4] vezes a capacidade do forno.

No momento atual a maioria das siderúrgicas realiza, na verdade, um *enformamento a morno*, uma vez que, devido às restrições diversas de equipamento e programação, as placas somente são enformadas cerca de seis horas após seu lingota-

mento, quando se encontram a aproximadamente 400°C. Ainda assim, esse enforamento a morno resulta num aumento de aproximadamente 37% na capacidade produtiva do forno. Na usina de Kashima, da Sumitomo Metals, Japão, uma série de melhorias no sistema de transporte de placas lingotadas continuamente permitiu reduzir o tempo de espera até o enforamento para duas horas, o que permite que a placa seja enforada com temperaturas superficiais de até 670°C [8].

Um forno de placas projetado especialmente para tomar máximo proveito da prática de enforamento a quente deve atender aos seguintes requisitos [5]: deve ser operado de forma flexível, conciliando o ritmo de enforamento de placas com o ritmo de laminação; deve poder reaquecer tanto placas frias como quentes; as placas quentes e relativamente macias devem passar pelo forno sem sofrer qualquer tipo de dano; as placas devem ser aquecidas de forma estável e uniforme, a despeito das variações na demanda térmica do forno; este deve poder ser operado de forma intermitente, com um mínimo de requisitos em termos de energia para aquecimento e manutenção do nível de encharque.

A figura 1 [5] mostra, de forma esquemática, um forno de placas recentemente construído que incorpora todas essas inovações tecnológicas e que vem operando comercialmente, sem apresentar problemas.

### **. Economia de Energia nos Queimadores: O Problema do NO<sub>x</sub>**

Uma abordagem consagrada para a economia de combustível nos fornos de reaquecimento consiste no pré-aquecimento do ar destinado à combustão. Contudo, essa medida aumenta a temperatura da chama o que, por sua vez, eleva o teor de NO<sub>x</sub> presente nos gases queimados, gerando problemas ecológicos. Hoje, praticamente todo projeto de queimadores tem de levar em conta esse problema [3].

Atualmente, os *queimadores regenerativos* vem encontrando grande aceitação na siderurgia. Trata-se, na realidade, de um par de queimadores, os quais operam alternadamente ora como queimadores, ora como recuperadores. Enquanto um deles atua como queimador, o outro opera como um recuperador, extraíndo os gases

resultantes da combustão, fazendo com que eles passem através de seu corpo e de um revestimento feito em material refratário. Esse revestimento recupera e armazena parte do calor sensível contido nos gases queimados. Assim que o revestimento refratário estiver plenamente aquecido, o recuperador passa a trabalhar como queimador, enquanto que o outro queimador passa a operar como recuperador. Consegue-se desse modo que o ar seja pré-aquecido a aproximadamente 150°C, conseguindo-se desse modo alta eficiência térmica na combustão.

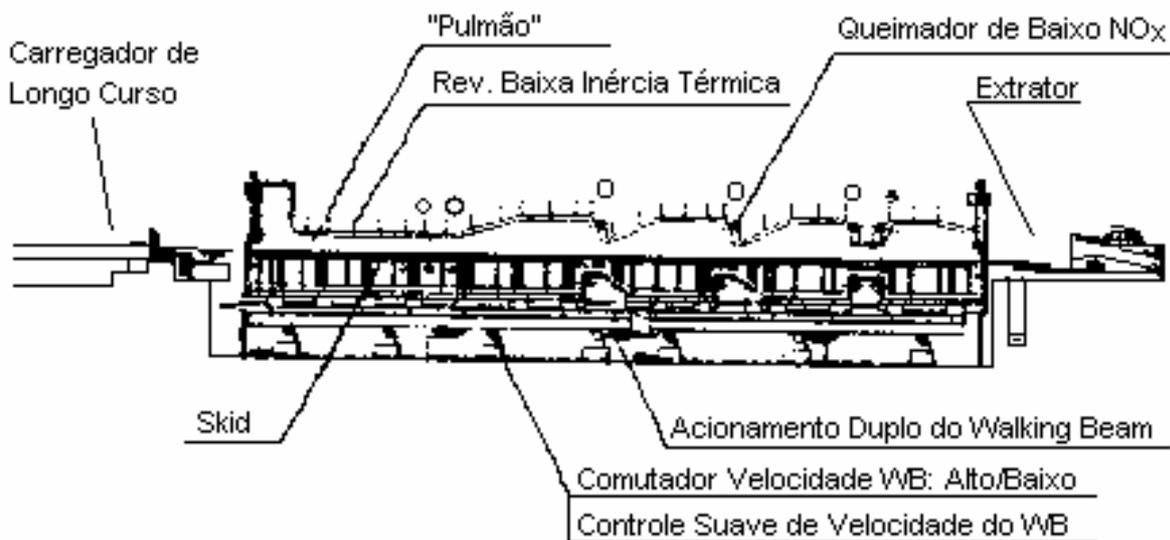


Figura 1: Forno de reaquecimento projetado especificamente para atender aos requisitos do enformamento de placas quentes [5].

Uma abordagem para minimizar a geração de NO<sub>x</sub> consiste na alteração do projeto básico do queimador regenerativo. Neste caso, esse equipamento inclui um anteparo que força a recirculação dos gases da atmosfera do forno entre as chamas. Ou seja, os gases queimados, depois de cederem seu calor ao recuperador, recirculam pelo queimador, reduzindo o teor de oxigênio do ar de combustão e minimizando a geração de NO<sub>x</sub> devido à diminuição da temperatura da chama.

Outra abordagem está no uso de queimadores com adição escalonada

de ar. Neste caso, o ar é fornecido em diversos pontos ao longo do queimador, controlando não só o ambiente químico nos locais onde a chama está se propagando, como também a temperatura da chama [3,8,9].

Foi verificado que a adoção de queimadores regenerativos reduziu os gastos relativos a combustível de 35 a 65%, promovendo ainda aumento de 30% na capacidade do queimador [3].

Outra medida adotada para se reduzir a poluição ambiental gerada pelos fornos de reaquecimento foi a dessulfuração do gás de coqueria [9,10].

### **. Isolamento Térmico**

Outra medida muito comum para economizar energia em fornos de reaquecimento de placas está no aumento do isolamento térmico do forno.

Um exemplo dessa abordagem pode ser observado na usina de Kashima, da Sumitomo Metals, Japão [8]. Foram instalados defletores feitos em cerâmica compactada em formato de favo nas regiões inferior e superior da zona de pré-aquecimento dos fornos de reaquecimento de placas, conforme mostra a figura 2.

O objetivo da introdução desses *favos cerâmicos* foi aumentar a eficiência térmica do equipamento, através da adição da radiação proveniente desse painel aquecido, além da radiação proveniente da atmosfera do forno. A economia de energia proporcionada por essa alteração foi da ordem de 6.000 kcal/t aço.

### **. Contra-Medidas para as Marcas de Skid**

Na usina de Kashima, da Sumitomo Metals, Japão, a região do forno de placas próxima ao extrator, a quatro metros da saída, foi modificada com o objetivo de se reduzir a extensão das marcas de *skid* na placa reaquecida. Ela passou a incluir tubos radiantes abertos, feitos em cerâmica. A figura 3 mostra a situação original, enquanto que a figura 4 ilustra as modificações efetuadas [8]. Esses tubos promovem

aquecimento localizado na região da placa que anteriormente ficava em contato com os “skids” fixos. Além disso, a altura dos trilhos dos “skids” nas zonas de aquecimento e encharque foi aumentada de 75 para 150 mm. A instalação desse sistema extra de aquecimento no final do forno levou a uma redução na diferença máxima de temperatura ao longo do comprimento da placa, que passou de 22°C para 10°C, conforme se pode observar na figura 5.

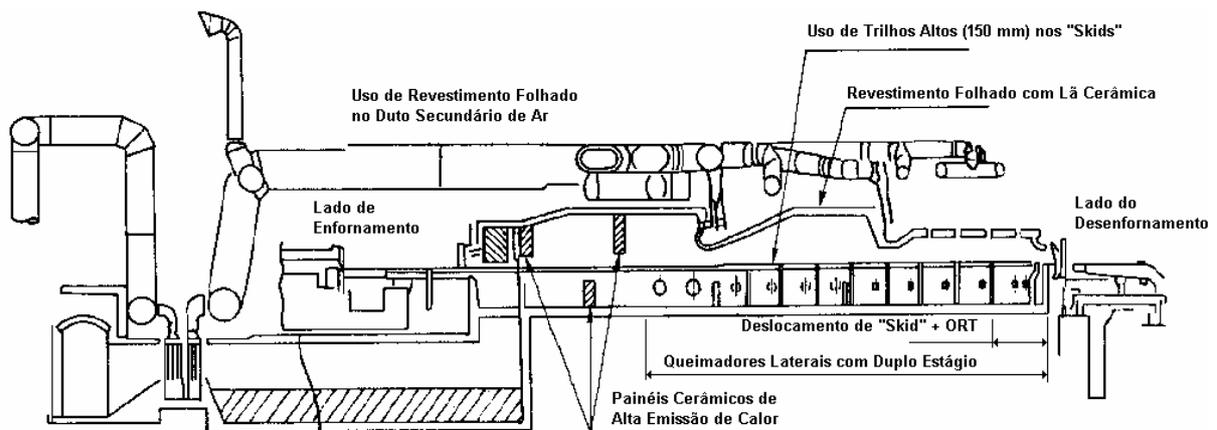


Figura 2: Melhorias introduzidas no forno de reaquecimento de placas do laminador de chamas grossas da usina de Kashima, Sumitomo Metals, Japão [8].

Outra consequência benéfica dessa instalação foi a supressão do superaquecimento nas bordas das placas e problemas de fluxo na atmosfera do forno [11]. A principal vantagem desse sistema extra de aquecimento está em conseguir redução na diferença de temperaturas ao longo do comprimento da placa sem a necessidade de se aquecer a placa por inteiro. Apenas as regiões “frias” são aquecidas através desse sistema. Um aquecimento global da placa implicaria em excesso de consumo de energia e degradaria a qualidade do material, por impor superaquecimento em regiões já bem encharcadas.

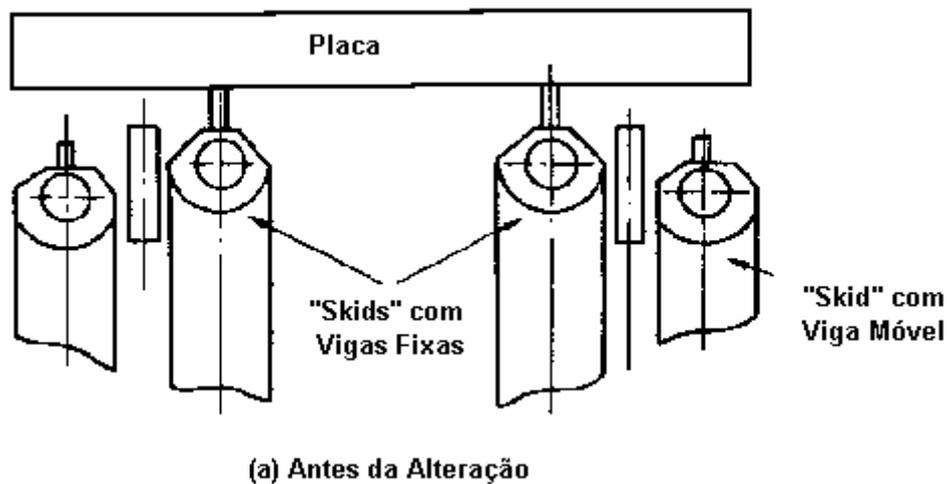


Figura 3: Situação original na região do desenformamento do forno de reaquecimento de placas na usina de Kashima, Sumitomo Metals, Japão [8].

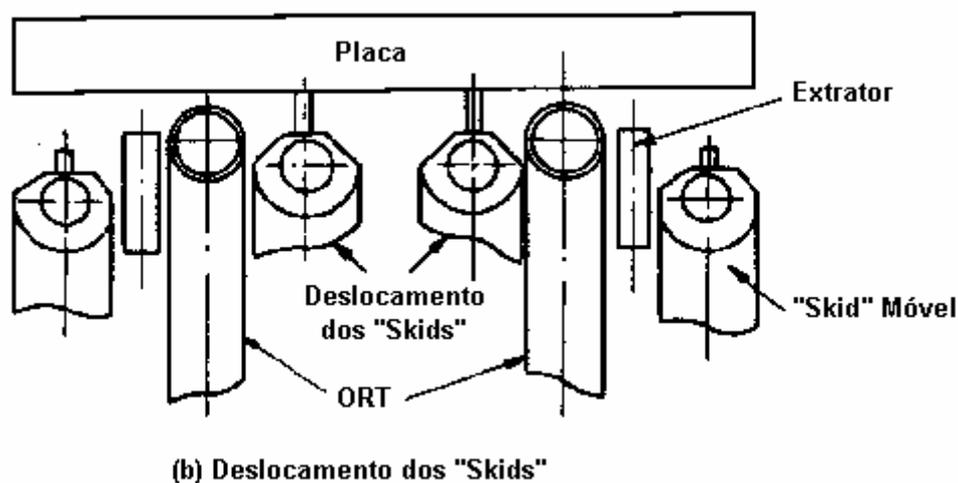


Figura 4: Instalação do tubo radiante aberto feito em cerâmica e adaptações feitas no forno de reaquecimento de placas da figura 2 [8].

Um sistema similar foi implantado no novo forno de reaquecimento de placas do laminador de chapas grossas da usina de Kakogawa, da Kobe Steel, Japão. Ela consiste num sistema que permite o afastamento dos trilhos dos "skids" em 400 mm na direção da largura do forno, assim que a placa entra na zona de encharque. Este procedimento também colabora para reduzir a incidência de marcas de "skid" nas pla-

cas, uma vez que a placa não fica apoiada sobre o “skid” em um único lugar ao longo de seu aquecimento [11].

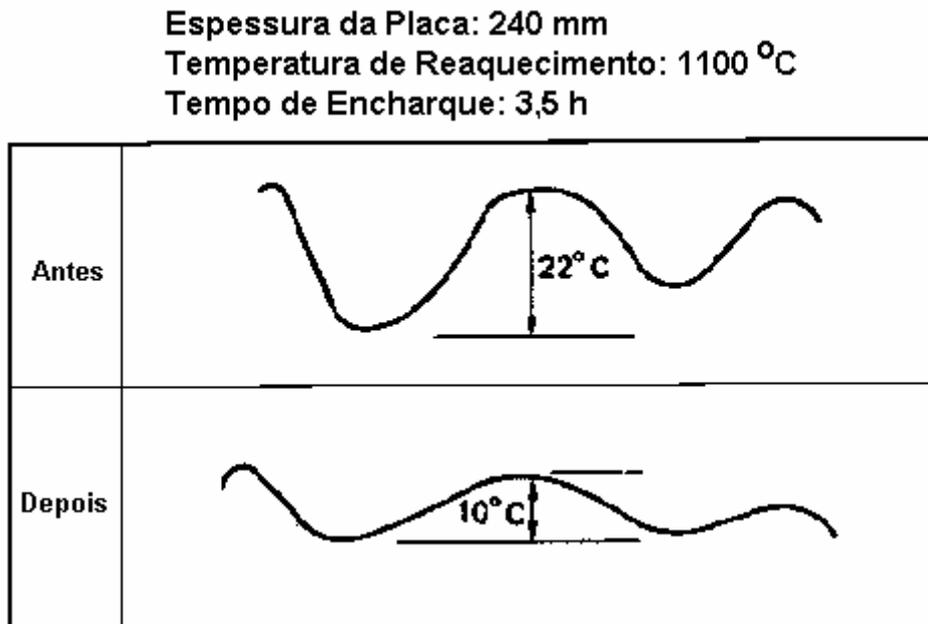


Figura 5: Distribuição de temperatura na região longitudinal da placa, imediatamente após o desenformamento, antes e depois da instalação do sistema adicional de aquecimento por tubos radiantes implementado no forno de reaquecimento de placas do laminador de chapas grossas da usina de Kashima, Sumitomo Metals, Japão [8].

## **- LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS**

### **. Principais Características**

A tabela II mostra as principais características de um moderno laminador de chapas grossas. Podemos agora destacar alguns dos principais fatores de influência nestas especificações.

A laminação controlada alterou definitivamente os requisitos de capacidade máxima de carga de laminação que os laminadores de chapas grossas devem

suportar. De fato, as cargas de laminação geradas durante a fase de acabamento da laminação controlada de aços microligados são superiores ao dobro das obtidas durante uma laminação normal de aços ao carbono. Por exemplo, pode-se obter cargas de 8.000 t durante a laminação controlada de esboços com 4.500 mm de largura, incluindo picos de 10.000 t em suas pontas frias [12].

PARÂMETRO	REFERÊNCIA
LARGURA [mm]	4.000-5.800
ESPESSURA [mm]	5,0-420
COMPRIMENTO [m]	50-60
CARGA [t/m]	2.000-2.400
φ CIL. TRABALHO [mm]	1.000-1.150
φ CIL. ENCOSTO [mm]	2.000-2.400
CEDAGEM [t/mm]	1.000-1.100
TROCA CIL. TRAB. [min]	10-15
TROCA CIL. ENC. [h]	2-6
VEL. PARAFUSO [mm/s]	50,0/12,0
TORQUE [2 x t.m]	300-500
POTÊNCIA [2 x kW]	10.000
TIPO DE MOTOR	C.A.
“ROLL BENDING”	SIM
CONTR. EMP. LATERAL	SIM
AUTOMAÇÃO	SIM

Tabela II: Principais especificações de um moderno laminador de chapas grossas [2].

É bastante provável que os laminadores de chapas grossas tenham atingido seu limite em termos de tamanho máximo. As dificuldades associadas à fabricação, usinagem e transporte dos componentes da cadeira estão atingindo os limites da viabilidade econômica. Por exemplo, a cadeira de acabamento da usina de Dillinger, Alemanha, com largura de mesa de 5.500 mm e carga máxima de laminação de 10.000 t, foi feita em aço fundido pesando, após acabamento, 400 t. Sua fundição requereu 650 t de aço líquido. Seus cilindros de encosto, com diâmetro de 2.400 mm e comprimento total de 11.500 mm, pesam 265 t.

A planicidade tornou-se um dos requisitos mais severos para o produto chapas grossas. A garantia de boa planicidade no esboço é proporcionada pela utilização de cilindros de encosto com o maior diâmetro possível, sendo recomendado ainda o uso de sistema de compensação da flexão de cilindros para se reduzir a deflexão imposta a eles pela carga de laminação (“Roll Bending”).

Esses sistemas de compensação de flexão ou coroa apresentam as seguintes vantagens [13]: aumento da capacidade de controle do perfil do esboço, compensando-se as deformações elásticas e térmicas dos cilindros, bem como seu desgaste; melhoria no nível de planicidade do esboço; eliminação da necessidade de se formar estoques de cilindros com diferentes coroas impostas por retífica; e redução da frequência de troca de cilindros devido à mudança de largura no produto.

Hoje há preferência pela implantação de sistemas para compensação de coroa por contra-flexão nos cilindros de trabalho. Os custos de implantação são menores e o nível de eficácia é semelhante em relação aos sistemas de contra-flexão dos cilindros de encosto.

Uma das tendências mais recentes nos desenvolvimentos para melhoria da planicidade de chapas grossas procura aliar esse recurso com o sistema de deslocamento axial dos cilindros de trabalho (*roll shift*), o que otimiza a ação do sistema de contra-flexão desses cilindros sobre toda a largura do laminado. Este sistema possui a vantagem de poder dispensar a utilização dos cones de laminação, ou seja, a classificação dos lotes de produtos em função de sua largura, de acordo com um padrão específico (ou seja, o chamado *coffin schedule*). Esta flexibilização na programação do laminador de chapas grossas facilita enormemente a execução do enformamento de placas quente.

Novas abordagens continuam sendo testadas. Em novembro de 1991 foi instalado pela primeira vez num laminador de chapas grossas um sistema para controle de planicidade através de um par cruzado de cilindros de trabalho [14]. A usina de Kimitsu, da Nippon Steel, Japão, foi a pioneira.

A figura 6 mostra esquematicamente esta abordagem para controle de coroamento. O gráfico dessa figura mostra que, ao se elevar o ângulo entre os cilindros de trabalho, seu desalinhamento resulta numa coroa cada vez maior no esboço. A ação

desse novo recurso é complementada pelo antigo sistema de contra-flexão nos cilindros de trabalho, que já se encontrava instalado nesse laminador.

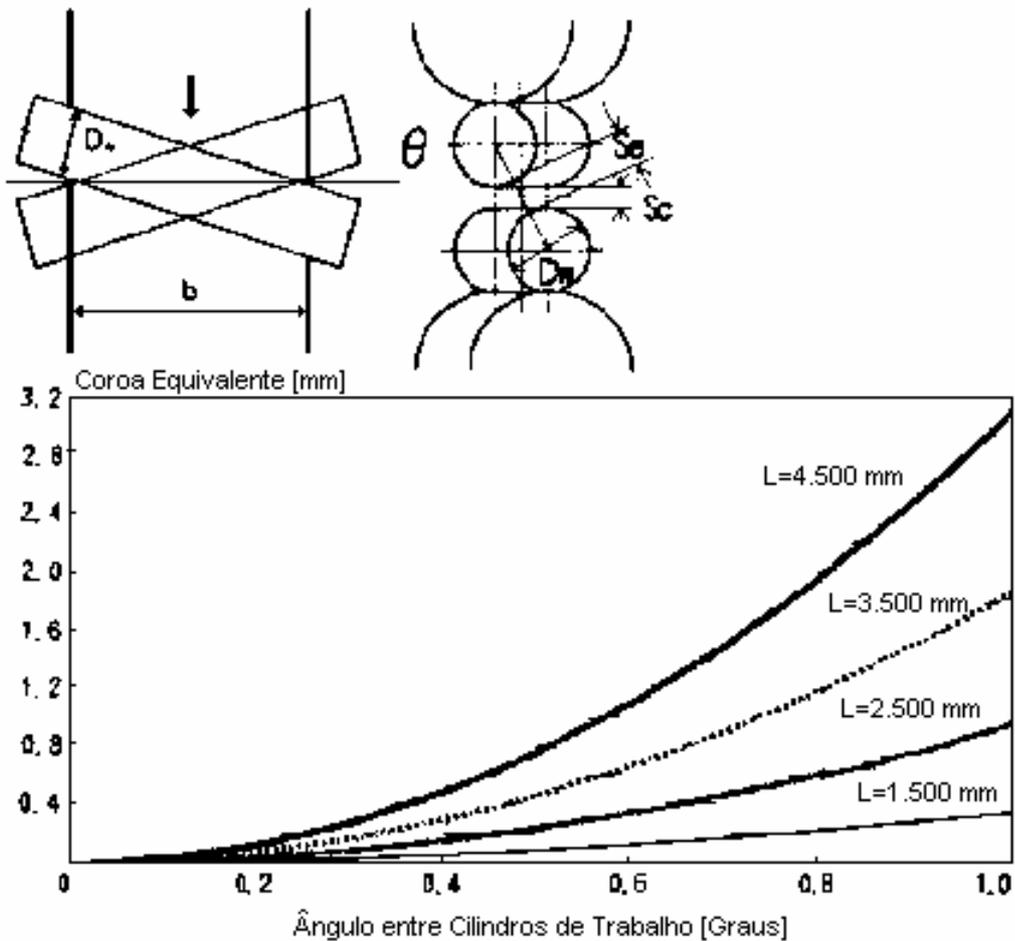


Figura 6: Princípio do controle de coroa através do sistema de par cruzado de cilindros de trabalho, utilizado na usina de Kimitsu, da Nippon Steel, Japão [14]. O ângulo formado entre os cilindros é de, no máximo,  $1^\circ$ ; o exemplo da figura está exagerado para fins didáticos.

O efeito benéfico da implantação desse novo sistema de controle de coroamento do esboço se refletiu da seguinte maneira: redução no valor da coroa das chapas grossas, particularmente para material estreito (para largura entre 1.800 e 3.400 mm, a coroa diminuiu de 0,125 mm para 0,040 mm); redução em 31% no índice de envio de chapas grossas para a desempenadeira a frio; redução de dois a três passes no

número total de passes necessários à laminação do material, sem que houvesse degradação em sua planicidade, aumentando a produtividade do equipamento (que passou de 219 t/h para 252 t/h, ou seja, um aumento de 15%); eliminação ou minimização das restrições de programação dos cones de laminação, flexibilizando o planejamento da produção e, em particular, facilitando o enformamento de placas quentes.

### **. Projeto dos Equipamentos Auxiliares**

A carepa formada após o reaquecimento das placas deve ser removida assim que elas forem desenformadas. Garante-se desse modo a qualidade superficial do laminado.

Essa remoção da carepa pode ser feita através de um sistema de descamação hidráulico de alta pressão. O valor dessa pressão depende do tipo de aço que está sendo laminado e da natureza da carepa formada. No caso de aço carbono, uma pressão de 160 bar e taxa específica de varredura de água de 2 a 3 g/cm<sup>2</sup> deve ser suficiente. Contudo, na maioria dos aços que contém elementos de liga a carepa formada apresenta maior grau de adesão, e sua remoção somente será eficiente quando o jato de água apresentar pressão maior que 200 bar e taxa de varredura menor que 2 g/cm<sup>2</sup>. O descarepador da usina de Dillinger, Alemanha, aplica água sob uma pressão de 250 bar.

Os descarepadores modernos devem apresentar ainda as seguintes características: conjunto de bicos superiores ajustáveis, de modo a maximizar o efeito descarepador; ajuste de altura automático do conjunto de bicos superiores, em função da espessura da placa, detectada através de fotocélulas, por exemplo; dispor de sistemas para prevenção de danos aos tubos e bicos pelo material que está sendo laminado; controle do fluxo de água através de defletores, de modo a minimizar o resfriamento da placa; troca simples e rápida dos componentes hidráulicos; garantia efetiva contra vazamentos de água; e mínima emissão de ruído.

As desempenadeiras a quente modernas apresentam algumas características especiais, em função da maior resistência à quente dos materiais obtidos por

laminação controlada: pré-deflexão dos rolos superiores da desempenadeira, de modo a corrigir defeitos específicos de planicidade nos laminados, como ondulamento central, lateral, ou em apenas um lado do esboço; sistemas hidráulicos de abertura rápida em caso de sobrecarga; ajuste vertical separado dos dois rolos de desempenho inferiores externos; e sistema simples para troca de rolos.

A implantação de processos combinados de laminação controlada/resfriamento acelerado levou a aumentos ainda maiores da resistência mecânica a quente do material a ser desempenado nesse equipamento. Em função desse problema foram adotadas duas abordagens: desempenho antes ou depois do resfriamento acelerado. Neste último caso torna-se necessário construir equipamentos mais robustos para se desempenar o esboço.

Dentro dessa última abordagem, a usina de Kashima, da Sumitomo Metals, Japão, optou por uma abordagem inédita [8]. Ela consiste numa combinação entre duas desempenadeiras, uma pesada e outra leve, permitindo que o esboço seja tensionado entre elas. A figura 7 mostra o arranjo do equipamento. A desempenadeira mais pesada tem como objetivo garantir a planicidade dos esboços submetidos ao resfriamento acelerado, enquanto que o equipamento mais leve é indicado para material mais fino. A planicidade do material fino pode ser melhorada através da aplicação de tensão gerada pela variação de velocidade entre as duas desempenadeiras, a qual é controlada dinamicamente.

### **. A Ameaça dos Laminadores de Tiras a Quente e Steckel**

Atualmente 65% dos laminados processados em laminadores de chapas grossas apresenta espessura menor que 19 mm. Ou seja, a princípio, 65% do material atualmente processado neste tipo de equipamento poderiam ser alternativamente produzidos em laminadores de tiras a quente, caso eles atendessem também outras especificações desse tipo de produto, dentre as quais a largura dos esboços é a mais importante [2].

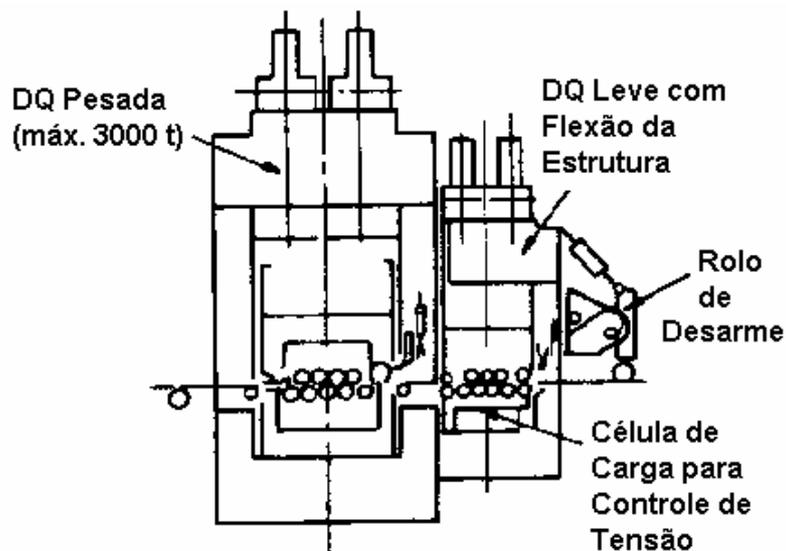


Figura 7: Arranjo do novo sistema de desempenho a quente do laminador de chapas grossas da usina de Kashima, da Sumitomo Metals, Japão [8].

Atualmente a usina de Geneva, nos Estados Unidos, dispõe de um laminador de tiras a quente que permite produzir bobinas com 25,4 mm de espessura e largura de 3.050 mm, com um peso total de 46 t, o que corresponde a uma tira de aproximadamente 75 metros. Ela também construiu a maior máquina de lingotamento contínuo do mundo, podendo produzir placas com largura de até 3.200 mm. Logo, nesta usina a laminação de chapas grossas permite dispensar a fase de alargamento do esboço, o que implica em redução do tempo de laminação - ou seja, maior produtividade - e o rendimento metálico obtido é típico de um laminador de tiras a quente, o qual é, tradicionalmente, ligeiramente maior a de um laminador de chapas grossas [15].

A produção de chapas grossas via laminação de tiras a quente apresenta algumas vantagens adicionais, como melhor qualidade superficial decorrente da minimização de defeitos gerados pela carepa, em função da laminação de acabamento ser executada por um trem contínuo de laminação. Pelo mesmo motivo, a precisão dimensional do produto, em termos de bitola e planicidade, é melhor e obtida de forma mais consistente do que num laminador de chapas grossas convencional. Além disso, os prazos de entrega podem ser reduzidos, pelo menos para os produtos mais comuns.

Hoje a usina de Geneva dispõe de uma linha que desbobina, desempena, apara lateralmente e corta bobinas de 25,4 mm de espessura por 3.050 mm de largura. Há um projeto de se implantar algumas linhas semelhantes a essa em pontos estratégicos dos E.U.A., de forma a agilizar a entrega de material avulso em dimensões específicas.

Outra ameaça aos laminadores de chapas grossas vem dos laminadores Steckel. Este equipamento apresenta uma série de vantagens em relação aos laminadores de chapas grossas convencionais: baixa necessidade de investimento e reduzidos custos operacionais para produzir chapas grossas na forma direta ou em bobinas; ampla faixa de dimensões de produção de laminados; produtos com melhor qualidade superficial e precisão dimensional; e maior rendimento metálico [16].

Os principais mercados para as chapas grossas produzidas pelos laminadores Steckel são a indústria de transporte (automotiva, de caminhões, ferroviária), equipamentos para construção, tubos, tanques para armazenagem, construção civil, etc. Os fabricantes de tanques para armazenagem e a indústria de transporte, como a *Caterpillar* e a *John Deere*, tem especial interesse em chapas grossas na forma de bobina e com qualidade superficial comparável a de painéis automotivos, boa o suficiente para que seja pintada sem que seja necessário decapagem ou jateamento de areia ou granalha. A soldagem também fica mais fácil com essa melhor qualidade de superfície, fator que é favorável aos fabricantes de tubos.

Recentemente a Lukens Steel substituiu a cadeira acabadora de seu laminador de chapas grossas por um laminador Steckel. A cadeira esboçadora deverá laminar placas até que se obtenha um esboço de no máximo 12,7 mm, o qual será então transferido ao Steckel. Essa unidade disporá ainda de uma mesa de resfriamento com fluxo laminar entre o Laminador Steckel e a bobinadora.

## **- CONCLUSÕES**

A ausência de investimentos significativos na modernização da siderurgia brasileira a partir do início da década de 1980 gerou uma grande defasagem em relação aos demais concorrentes mundiais, não só na Europa e Japão, como também

em relação a países emergentes, como a Coreia, os quais não ficaram estagnados durante esse período de tempo. A laminação de chapas grossas da COSIPA não foi tão afetada por esta estagnação, uma vez que dispõe de instalações relativamente novas. Contudo, essa vantagem começa a se dissipar, dado o avanço constante de seus concorrentes internacionais. Um fator adicional bastante preocupante é o a ameaça potencial dos laminadores de tiras a quente e Steckel sobre esse nicho de mercado.

Na área do forno de reaquecimento de placas, observam-se grandes avanços no enformamento de placas quentes, procurando-se facilitar cada vez mais facilitar sua execução e aproveitar ao máximo suas vantagens, notadamente a economia de energia que ele proporciona. O uso de queimadores regenerativos e revestimentos isolantes com baixa inércia térmica vem concorrendo para economia adicional de energia, bem como redução da poluição. Além disso, têm-se procurado aumentar a homogeneidade do encharque da placa aquecida, através da eliminação racional das chamadas marcas de “skid”.

Na área do laminador propriamente dito, seu porte parece ter atingido o limite da viabilidade econômica. As grandes possibilidades de desenvolvimento estão centradas nos equipamentos periféricos. A principal preocupação encontra-se na melhoria cada vez maior da planicidade do esboço. Nesta frente, além do aperfeiçoamento dos sistemas de *roll bending*, estão sendo introduzidas novas abordagens, como os sistemas de *roll shift* e par cruzado de cilindros. Além disso, também estão sendo feitos aperfeiçoamentos nas desempenadeiras a quente, especialmente quando se utiliza resfriamento acelerado.

## **- BIBLIOGRAFIA**

1. TAKANO, H. e outros. 33 Metal Producing, Feb. 1979, 55-19.
2. WILMS, W. Entwicklung in der Blechwalzung. Düsseldorf, MDS Mannesmann-Demag-Sack GmbH, 1991. 27 p.
3. ERDMAN, T. 33 Metal Producing, Sept. 1992, 44-8.

4. HOLLANDER, F. & ZUURBIER, S.P.A. In: ACHIEVING THE HOT LINK. Proceedings. The Institute of Materials, London, 11-12 May 1989, 9.1-9.8.
5. HASE, M. e outros. Nippon Steel Technical Report, Oct. 1992, 33-7.
6. HOLLANDER, F. Iron and Steel Engineer, June 1983, 55-62.
7. ETTIENE, A. e outros. Metallurgical Plant and Technology, 4/1988, 39-43.
8. YOSHIMATSU, Y. e outros. The Sumitomo Search, May 1988, 47-56.
9. ANON. Nippon Kokan Technical Report, 28, 1980, 92-6.
10. TANIGUCHI, S. e outros. Steel Times, March 1993, 144-5.
11. YAMAMURA, I. e outros. IHI Engineering Review, Oct. 1994, 156-9.
12. WEBER, F. e outros. Stahl und Eisen, 6 April 1987, 307-13.
13. CONNOLLY, R. e outros. Metallurgical Plant and Technology - International, 1/1992, 60-67.
14. HORI, Y. e outros. In: METEC CONGRESS '94: 6<sup>th</sup> INTERNATIONAL ROLLING CONFERENCE. Proceedings. Verein Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf, 20-22 June 1994, 93-100.
15. SAMWAYS, N.L. Iron and Steel Engineer, Nov. 1993, 27-33.
16. SCHRIEFER, J. New Steel, Nov. 1995, 26-33.

## **- ABSTRACT**

### **TECHNOLOGICAL INNOVATIONS IN PLATE ROLLING: EQUIPMENT**

**The Brazilian economic crisis during the so called “lost decade”- the eighties - affected the state-owned steelworks, impairing significantly their investment and modernization capacity. Meanwhile, the international steel flat rolled products market became more and more competitive, associating high quality with low prices. Developed countries like Japan and Germany are successfully winning this challenge through continuous improvement of their steelworks equipment. Besides that, countries without any steelmaking tradition, like Korea, made considerable investments in this area and rapidly surpassed Brazil, both in production capacity and technology. The Brazilian flat rolled producers, now private-owned, can take advantage from their delay, identifying lucrative market niches and promoting a criterious updating of their equipment according to attend them. The aim of this work was to identify the most recent tendencies observed in plate rolling equipment, an area which COSIPA has a renowned performance supported by an irreprehensible operational efficiency and by the excellent quality of its products, as a consequence of the relatively low age of its plate rolling line.**

**Keywords: Plate Rolling; Equipment; Revamping**