

DESENVOLVIMENTO DE “PROFILE SLABS” NA LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS ¹

Antônio Augusto Gorni ²
Flávio Viana de Freitas ³
Paulo Sérgio Rodrigues de Paula ⁴
Raimundo Pinheiro Rola ⁵
Reinaldo Costa ⁶

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi viabilizar a fabricação de “profile slabs”, ou seja, laminados planos com espessuras de 100 a 220mm e larguras de 2000 a 2300mm, através da transformação mecânica de placas no laminador de chapas grossas da COSIPA. Foi necessário desenvolver um processo de laminação que garantisse boa planicidade aos “profile slabs” diretamente após a laminação a quente, sem que houvesse a necessidade de se aplicar processos corretivos posteriores. O processo de laminação de chapas grossas desenvolvido logrou obter um produto dentro das condições especificadas de planicidade e precisão dimensional. Além disso, pode-se citar como benefícios adicionais o elevado rendimento metálico e a alta produtividade alcançada neste processo.

Palavras-chave: Chapas Grossas Extra-Pesadas, Planicidade, Laminação a Quente.

¹ Trabalho a ser apresentado ao 40º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos da ABM, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Vitória ES, 21 a 23 de outubro de 2003.

² Engenheiro de Materiais, M. Eng., D. Eng., Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

³ Engenheiro Metalurgista, MBA, Analista de Processos da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁴ Técnico em Siderurgia, Assistente de Produto da Gerência de Controle Integrado, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁵ Técnico em Mecânica, Assistente de Processo da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

⁶ Técnico em Siderurgia, Assistente de Processo da Gerência de Suporte Técnico da Laminação a Quente, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão SP.

INTRODUÇÃO

Os produtos fabricados na Laminação de Chapas Grossas da COSIPA apresentavam espessuras de, no máximo, 150mm.

Em 2002, iniciou-se o desenvolvimento do processo de fabricação de chapas mais espessas em larguras maiores. Este novo produto recebeu o nome de “profile slabs” por se tratar de um semi-acabado que posteriormente é novamente processado em laminadores.

Diante disso, foi feita uma parceria com o mercado consumidor de aços planos desta natureza visando viabilizar o desenvolvimento. As características deste novo produto foi especificada pelo mercado e são apresentadas na tabela 1.

Requisitos	Descrição
Qualidade	EN10025 S355 JO
Composição química (%)	C (0,17-0,22), Si (0,15-0,40), Mn (1,30-1,60), P (0,035 máx.), S (0,035 máx.), Al (0,020-0,060)
Espessura (mm)	100 a 220mm
Largura (mm)	2000 a 2300mm
Comprimento (mm)	máximo obtido
Tolerâncias de espessura ($e \leq 149\text{mm}$)	-1,0 / +2,8 mm
Tolerâncias de espessura ($e > 149\text{mm}$)	-1,2 / +3,9 mm
Tolerâncias de largura	-0,0 / +100,0 mm
Tolerâncias de planicidade	Flecha máxima: 8 mm
Tipo de borda	Natural

Tabela 1: Requisitos de qualidade dos “profile slabs”.

O grande desafio de se obter este produto é a garantia de uma boa planicidade diretamente após a laminação a quente, tendo em vista as limitações das desempenadeiras. A COSIPA possui duas desempenadeiras, sendo a primeira com a capacidade de processar chapas de até 60mm em temperaturas superiores a 680°C, localizada logo após a cadeira de laminação, e uma outra com capacidade de processar chapas de até 20mm em temperatura ambiente localizada na área de acabamento.

Foi necessário determinar procedimentos operacionais diferenciados para a fabricação deste material. No aquecimento foram determinados tempo mínimo de aquecimento, temperaturas adequadas para as diversas regiões dos fornos além de se determinar um espaçamento mínimo entre uma placa e outra no momento do enforamento, visando obter placas homoganeamente aquecidas. No processo de laminação foram determinadas escalas de passes de redução específicas, definidas velocidades adequadas de rotação dos cilindros de trabalho além de definir o uso da descamação e do sistema de resfriamento com o objetivo de obter laminados conforme especificação [1].

DESENVOLVIMENTO

O grau de planicidade de uma chapa grossa é função das tensões residuais introduzidas no material durante o processo de laminação. Um aspecto importante é a deflexão que ocorre nos cilindros de trabalho em função da carga decorrente da deformação imposta ao material. Esta deflexão dos cilindros irá provocar uma variação da espessura do laminado ao longo de sua largura, atingindo valor máximo na metade da largura e valor mínimo em suas bordas, daí tem-se a coroa (C) do material que é a diferença da espessura medida na metade da largura e a média das espessuras medidas nas bordas da chapa.

Para se obter chapas grossas com boa planicidade deve-se ter uma relação constante (k) entre as diferenças das coroas (ΔC) e a diferença das espessuras (ΔE) do esboço entre dois passes subseqüentes [2]:

$$K = \Delta C / \Delta E$$

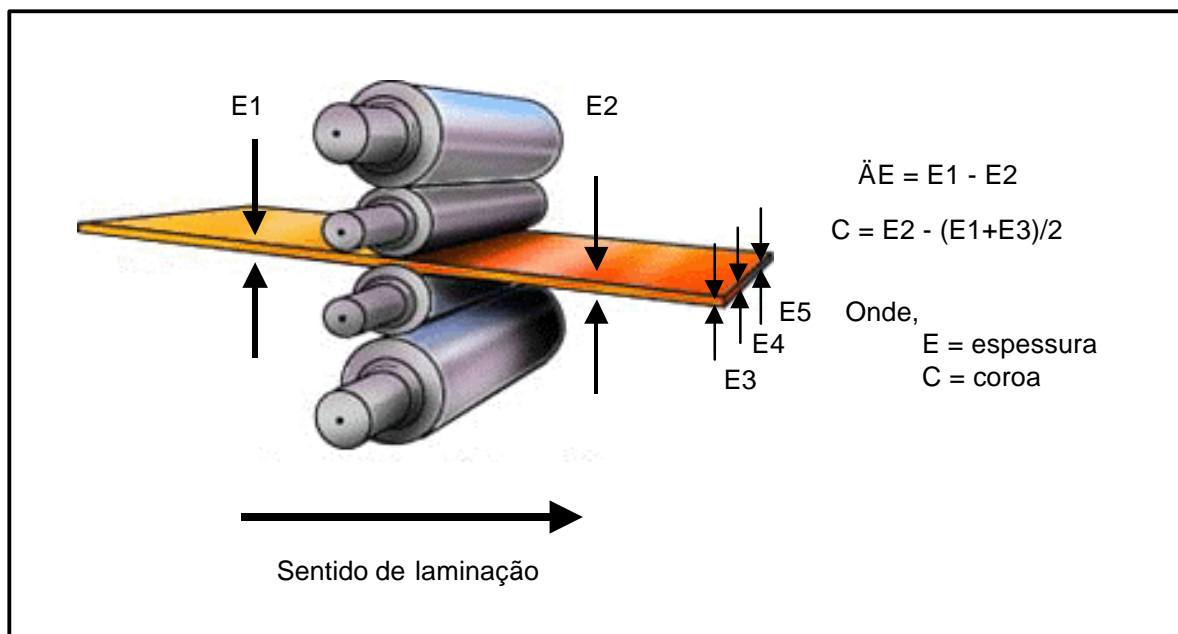


Figura 1: Desenho esquemático do processo de laminação.

Pela definição, tem-se que a coroa do esboço afeta diretamente a constante K. A coroa é função da deflexão dos cilindros de trabalho que, para um dado laminador, é basicamente definida pela carga de laminação. Este último parâmetro é significativamente afetado pela resistência a quente do material que depende fortemente da sua temperatura.

O procedimento experimental iniciou-se com o aquecimento homogêneo das placas e foram definidas temperaturas adequadas para as seis regiões dos fornos e

um tempo mínimo de aquecimento, além de manter um espaçamento mínimo entre as placas enfiadas.

Na laminação a quente, foi definida uma redução máxima por passe e uma mesma velocidade de rotação de cilindros em todos os passes exceto no último passe onde adotou-se uma velocidade maior. Esse aumento de velocidade no último passe teve como objetivo garantir a planicidade nas extremidades do esboço, evitando que se formasse dobras nesses locais devido à existência do “pass-line”, que é a diferença de altura entre a mesa do cilindro de trabalho inferior e a mesa de rolos.

Com o objetivo de elevar a resistência à deformação a quente do laminado, diminuindo o risco de distorções posteriores em seu formato que comprometeria a sua planicidade, houve a necessidade de controlar a evolução da temperatura do material. Para isso, durante a laminação foi intensamente utilizado o sistema de descamação e após a laminação utilizou-se o sistema de resfriamento forçado, que consiste em um sistema de spray de água e ar de baixa pressão.

Após o resfriamento, foram cortadas as extremidades dos esboços otimizando o comprimento dos produtos. Realizou-se a inspeção dimensional, visual e verificou-se a planicidade. Além disso foram submetidos ao ensaio de ultra som, baseando-se na norma ASTM435, visando conhecer a qualidade interna dos mesmos.

RESULTADOS EXPERIMENTAIS E DISCUSSÃO

A planicidade obtida, apresentada na figura 2, foi satisfatória. Em média, foi obtida um valor de flecha igual a 7mm. Apenas três volumes apresentaram valores de flecha superiores a 8mm. Acredita-se que a produção em maior escala, com a fabricação de um maior número de peças numa mesma dimensão, irá proporcionar um melhor domínio do processo de laminação que é controlado manualmente, resultando em produtos com planicidade ainda melhor.

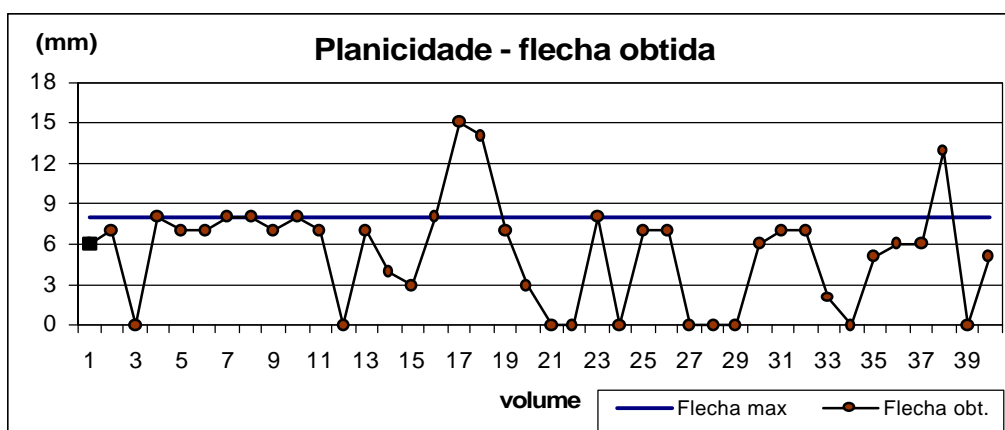


Figura 2: Flecha obtida em mm usando uma base de medida de comprimento igual a 4m.

A variação de espessura apresentada na figura 3 mostra que para 97,5% dos volumes foram obtidos valores desejados com exceção de um volume. Trata-se de

uma peça de 220mm de espessura onde se exigiu um controle ainda mais rigoroso na tentativa de alcançar o comprimento desejado.

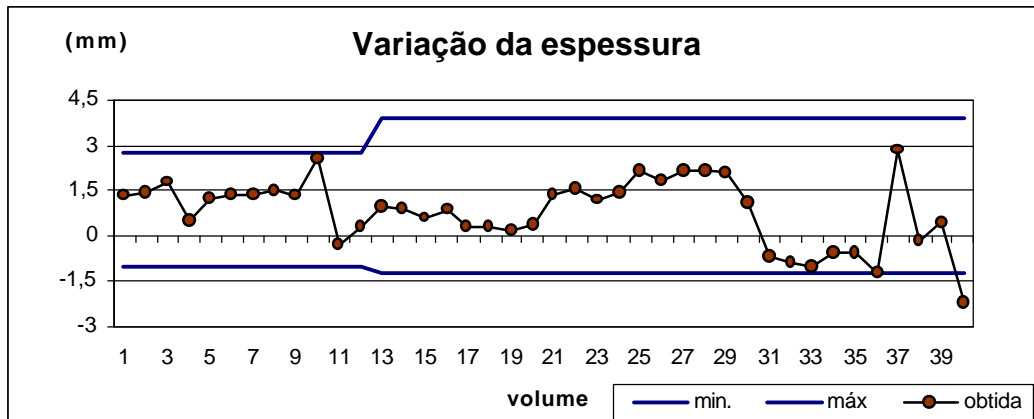


Figura 3: Variação da espessura obtida em relação a espessura nominal e as tolerâncias mínima e máxima especificadas.

A figura 4 apresenta a diferença entre a largura obtida e a desejada. Pode-se observar que 95% dos volumes atenderam a especificação de largura.

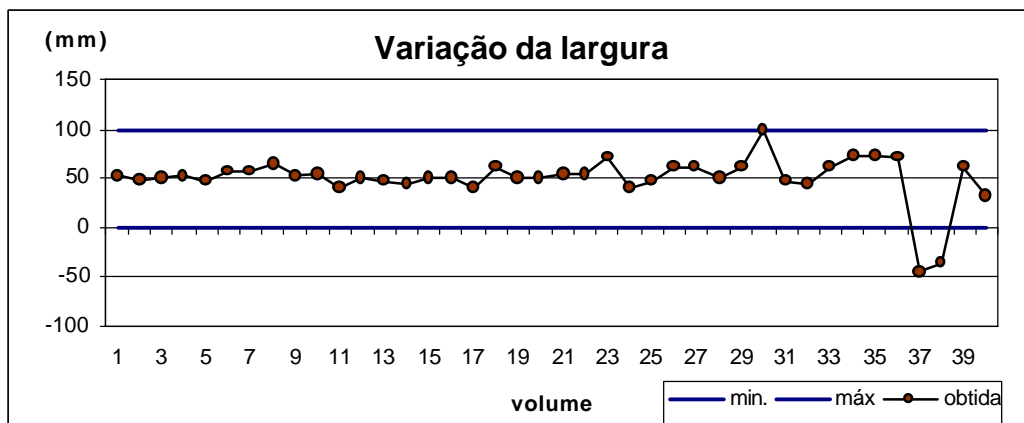


Figura 4: Variação da largura obtida em relação a largura nominal e as tolerâncias mínima e máxima especificadas.

Foi objetivado cortar peças no maior comprimento possível, a figura 5 mostra que foi possível alcançar este objetivo em 95% dos volumes.

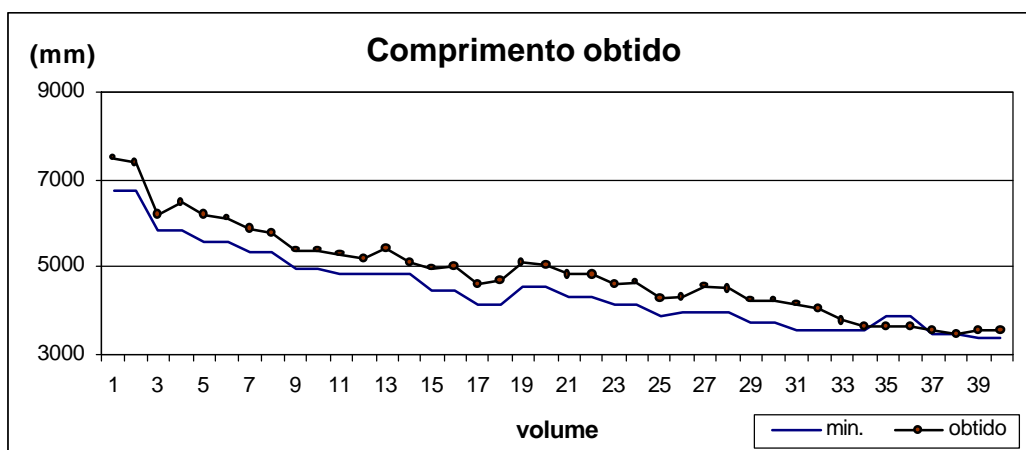


Figura 4: Variação do comprimento em relação ao comprimento mínimo desejado.

Todos os volumes passaram pelo ensaio de ultra som e foram aprovados conforme a norma ASTM435.

Resultados que também merecem destaque foram os relacionados com a produtividade e rendimento metálico. A produtividade deste produto foi aproximadamente 35% superior à de chapas extra-pesadas e o rendimento metálico obtido, ou seja, a relação entre o peso do produto e o peso da placa laminada, foi 7,9% superior ao de chapas extra pesadas.

Todos os quarenta volumes produzidos foram enviados ao mercado para que o mesmo pudesse avaliar a qualidade das mesmas. Nesta avaliação, o produto mostrou ótimo desempenho, comprovando-se o êxito do desenvolvimento.

CONCLUSÕES

A laminação dos “profile slabs” material exigiu um elevado controle na operação manual do laminador de chapas grossas, além do uso de todos os recursos atualmente disponíveis no equipamento, tendo em vista que foram produzidas apenas duas peças de cada dimensão.

A fabricação de maiores volumes desse tipo de produto possibilitará um acerto dimensional mais satisfatório, além de possibilitar também uma melhoria na planicidade.

Os resultados de qualidade e produtividade deste produto, quando comparados aos de chapas grossas extra-pesadas, nos permite afirmar que a produção em grande escala deste produto é perfeitamente viável.

O desenvolvimento deste produto foi um grande desafio para a COSIPA, tendo em vista que até então era de domínio a fabricação de produtos de no máximo 150mm de espessura com garantia de planicidade. E tornou-se possível e viável devido a parceria formada entre fornecedor e comprador.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. GORNI, A.A. e outros. Depósito de Pedido de Privilégio no INPI nº PI 9601483, de 28.03.1996.
2. REIS, J. S. S. e outros. In: 48º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, Rio de Janeiro, Julho 1993, vol. 1, p. 519-538.

DEVELOPMENT OF PROFILE SLABS AT PLATE MILL ¹

Antonio Augusto Gorni ²
Flávio Viana de Freitas ³
Paulo Sérgio Rodrigues de Paula ⁴
Raimundo Pinheiro Rola ⁵
Reinaldo Costa ⁶

ABSTRACT

The purpose of this development was to make feasible the production of “profile slabs”, that is, flat semifinished rolled products, with thickness from 100 to 220mm and widths from 2000 to 2300mm, through mechanical transformation of slabs at the COSIPA’s. It was necessary to develop a special rolling process to guarantee good flatness to the “profile slabs” directly after hot rolling, without the need to apply subsequent corrective processes. The rolling process developed achieved a product which characteristics satisfied the specified conditions of flatness and dimensional precision. Besides, it can be mentioned as additional benefits the high metallic yield and high productivity reached by this process.

Keywords: Plates, Flatness, Hot Rolling.

¹ Paper to be presented in the 40th Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, Brazilian Metallurgy and Materials Association, Vitória, Brazil, October 21 to 23, 2003.

² Materials Engineer, M. Eng., D. Eng., Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão, SP, Brazil.

³ Metallurgical Engineer, MBA, Process Analyst, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão, SP, Brazil.

⁴ Metallurgical Technician, Product Assistant of the Integrated Control Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão, SP, Brazil.

⁵ Mechanic Technician, Process Assistant, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão, SP, Brazil.

⁶ Metallurgical Technician, Process Assistant, Hot Rolling Technical Support Section, Companhia Siderúrgica Paulista - COSIPA, Cubatão, SP, Brazil.