

SISTEMA DE CORREÇÃO DE PONTAS EM LAMINAÇÃO  
DE CHAPAS GROSSAS PROVENIENTES DE PLACAS  
DO LINGOTAMENTO CONTÍNUO ( C P C ). (1)

JACKSON SOARES DE SOUZA REIS (2)  
FERNANDO MARTINS BONILHA (2)  
VICENTE TAKESHI KAWAMOTO (3)  
HÉLIO DE LIMA RANGEL (4)  
ANTÔNIO AGUINELO DE SOUZA (4)  
DAVIDSON LEMELA (5)  
ANTÔNIO AUGUSTO GORNI (6)

RESUMO

Este trabalho descreve o sistema de correção de pontas do contínuo ( C P C ), desenvolvido na COSIPA. O mesmo atua na correção da retangularidade das pontas dos esboços laminados a partir de placas provenientes do lingotamento contínuo, processadas no Laminador de Chapas Grossas. O ganho de rendimento metálico com a aplicação do C P C está em torno de 0,70%, numa faixa de espessura de 8,00 a 25,00 mm e de largura de 1600 a 2700 mm.

- 
- (1) Trabalho a ser apresentado no Seminário de Laminação da Associação Brasileira de Metais, Porto Alegre, Novembro de 1992.
- (2) Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Equipe de Metalurgia e Qualidade de Chapas Grossas da COSIPA.
- (3) Membro da ABM, Engenheiro Eletrônico, Equipe de Apoio Técnico da Manutenção do Laminador de Chapas Grossas e Desbastador.
- (4) Membro da ABM, Engenheiro Metalurgista, Equipe de Desenvolvimento de Sistema da Cosipa.
- (5) Membro da ABM, Técnico Eletrônico, Equipe de Automação de Controle de Processo da COSIPA.
- (6) Membro da ABM, Engenheiro de Materiais, M.Sc., Equipe de Pesquisa e Tecnologia da COSIPA.

## 1. INTRODUÇÃO

Com a exigência crescente de redução de custos de produção, tem-se buscado com insistência o desenvolvimento de técnicas que apontem para melhor qualidade e maior rendimento dos produtos laminados [1,2,3,4,6].

Estas técnicas, geralmente, estão aliadas ao uso de computadores de processo que propiciam tempos de respostas mais curtos e otimização de operações, que se tornariam inviáveis caso dependessem apenas da habilidade manual do homem.

Os métodos existentes que fazem aumentar os ganhos de rendimento na laminação estão associados a forma do esboço.

Considera-se desta maneira os principais itens de melhoria da forma, a saber:

- i) homogeneidade de espessura;
- ii) redução de pontas no topo e base;
- iii) redução de aparas laterais.

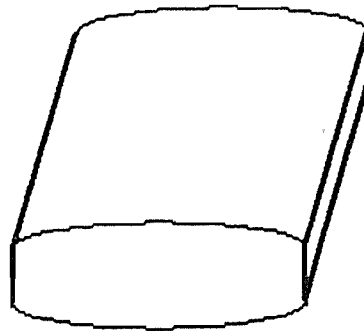
Empenhando-se neste sentido foram concebidos na COSIPA os seguintes sistemas operacionais:

- . C V M - Controle de Velocidade de Mordida.  
(Minimizar variação de espessura no topo e base do esboço).
- . S A C - Sistema Automático COSIPA.  
(Minimizar variação de largura ao longo do esboço efeito "barril" [ 5 ] ).
- . C P C - Controle de Pontas do Contínuo.  
(Minimizar a perda por pontas em esboços provenientes de placas do lingotamento contínuo).

O objetivo deste trabalho é descrever o Sistema C P C, e avaliar os ganhos que o mesmo proporciona com a redução de descartes nas pontas dos esboços.

2. DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO

As placas produzidas no lingotamento contínuo apresentam uma forma característica como mostrada na figura (1). Essa forma é decorrente da pressão ferrostática que o aço exerce no interior do molde de lingotamento.



**FIGURA ( 1 ) - Formato da placa do lingotamento contínuo.**

A laminação desta placa, que tem distribuição de massa não homogênea, resulta em um esboço com retangularidade não adequada, penalizando o rendimento final. A retangularidade depende diretamente do índice de redução após o alargamento e do índice de alargamento que são aplicados durante a laminação.

As equações ( 1 ) e ( 2 ) mostram como se determinam estes índices.

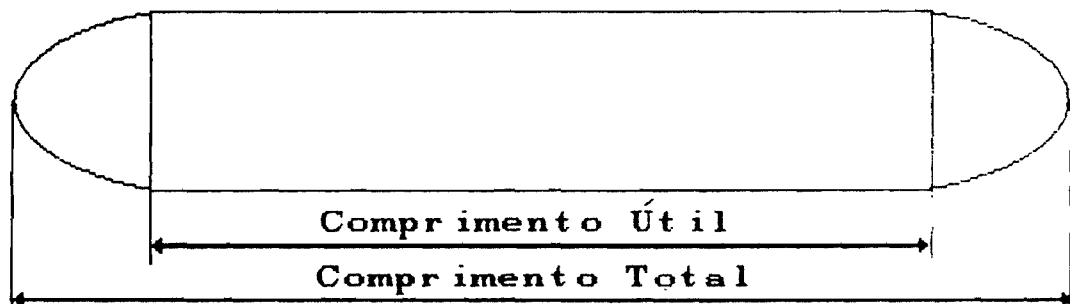
$$. I R = \ln \frac{H_0}{H_F} \dots\dots\dots ( 1 )$$

$$. I A = \frac{L_E}{L_P} \dots\dots\dots ( 2 )$$

onde

- I R índice de redução após o alargamento.
- H Ø Espessura do esboço após alargamento.
- H F Espessura final do produto.
- I A índice de alargamento.
- L E Largura a quente do esboço.
- L P Largura da placa.

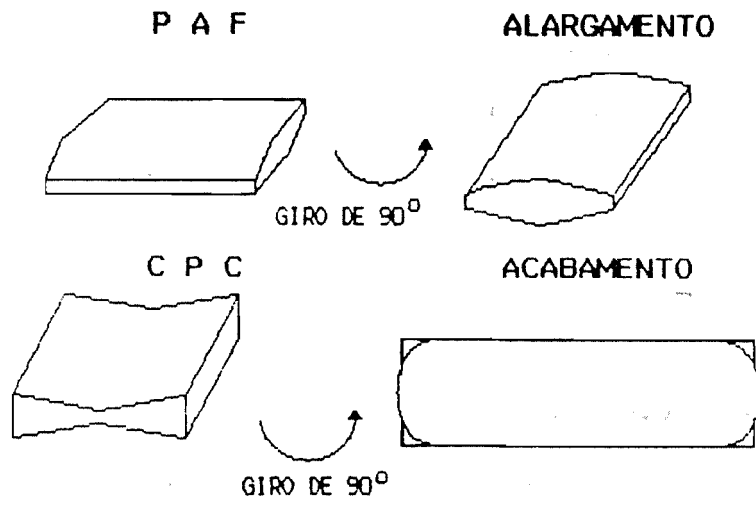
A figura ( 2 ) mostra o croquis do formato somente apresentado pelo esboço após processamento no Laminador de Chapas Grossas, e a maneira como são definidos os comprimentos útil e total do mesmo.



**FIGURA ( 2 ) - Formato do esboço proveniente de placas do lingotamento contínuo.**

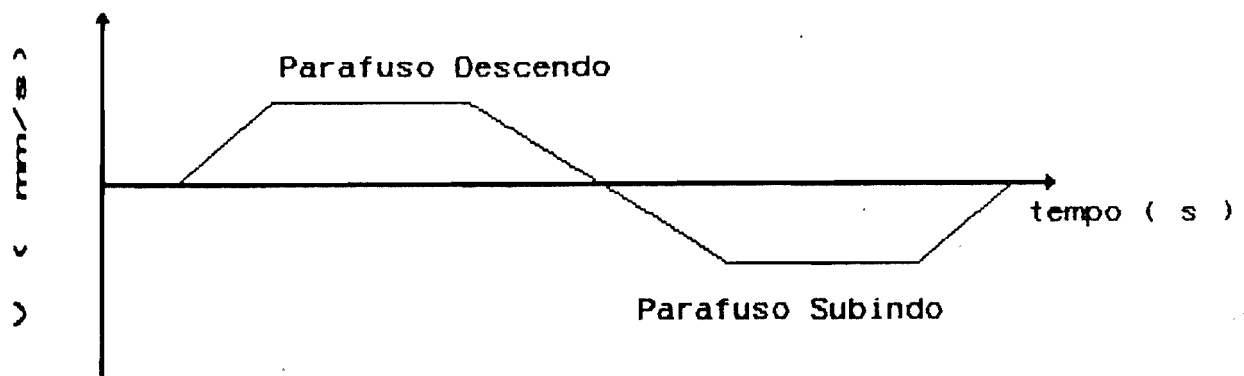
Define-se como pontas a diferença entre o comprimento total e o comprimento útil.

O sistema desenvolvido consiste em se alterar a distribuição de massa da placa no alargamento, de tal modo a compensar a falta de retangularidade do esboço. A figura ( 3 ) mostra esquematicamente como se processa o C P C.



**FIGURA ( 3 ) - Representação esquemática da aplicação do sistema "C P C".**

A distribuição de massa do sistema ocorre devido ao parafuso mover-se durante a passagem do esboço em um passe adicional de laminação dado após a finalização do alargamento. A figura ( 4 ) mostra a curva típica obtida da variação da velocidade do parafuso durante o tempo de aplicação do C P C.



**FIGURA ( 4 ) - Curva típica obtida pelo modelo do sistema "C P C".**

A profundidade da depressão no centro do esboço é determinada em função dos seguintes parâmetros:

- a) velocidade de rotação dos cilindros;
- b) velocidade do parafuso;
- c) largura do esboço a quente;
- d) índice de redução após alargamento;
- e) índice de alargamento.

### 3. OPERACIONALIZAÇÃO DO C P C

O C P C é executado por um microcomputador COS-80, que calcula todos os parâmetros operacionais relacionados ao processo, em função da contínua variação de largura dos produtos da Linha de Chapas Grossas.

O COS-80 fornece as referências para o sequenciador lógico (Melsec) do Laminador e este controla a operação.

O sistema faz a leitura do diâmetro dos cilindros e determina a velocidade dos motores principais.

As dimensões das placas e dos produtos a serem processados são informadas ao computador através da interligação com o teleprocessamento da produção.

A profundidade da depressão do C P C é definida para o sistema, e caso em determinadas faixas de dimensões esta não esteja em total concordância com as limitações de velocidade do equipamento, o programa recalcula o novo valor possível.

As cargas aplicadas no Laminador são auditadas de forma contínua com vista a não ultrapassarem limites de operação.

A aplicação do CPC segue a sequência lógica de funcionamento como mostrado na figura (5).

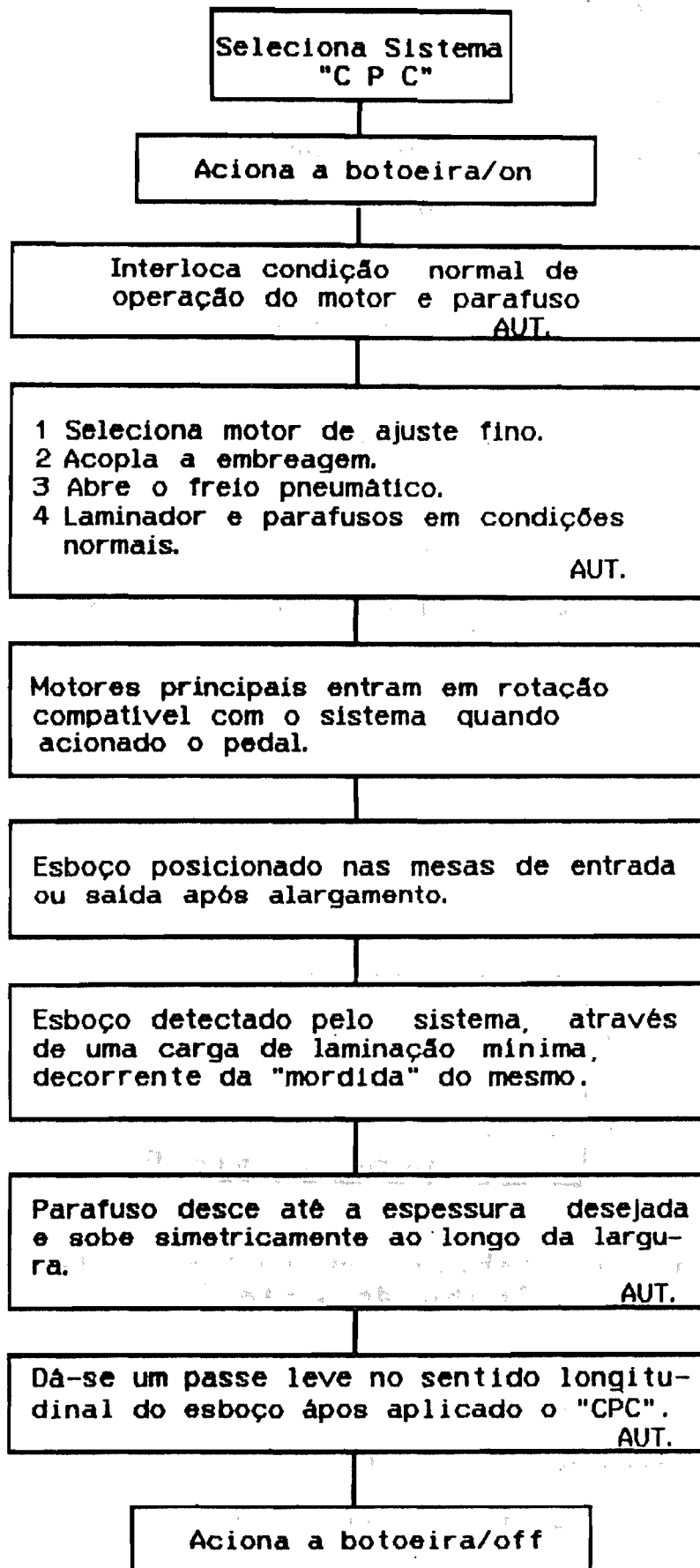


FIGURA ( 5 ) - Sequência de aplicação do "C P C".

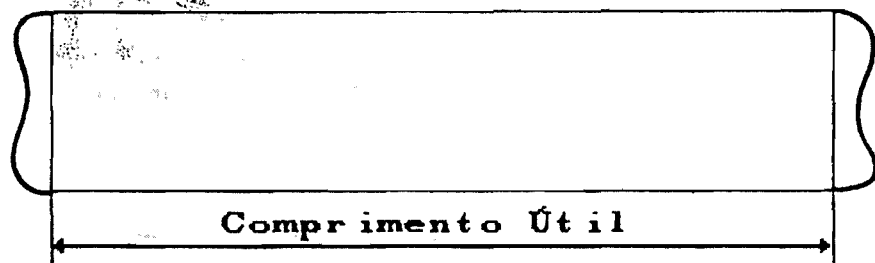
#### 4. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O sistema foi colocado em operação experimental nos meses de Abril e Maio/91, sendo coletados dados reais de aplicação e de desempenho, variando-se

- i) Espessura do esboço.
- ii) Largura do esboço.
- iii) Profundidade.

No posto da demarcação da Linha de Acabamento de Chapas Grossas foram medidos os comprimentos das pontas (flexas) e os comprimentos úteis dos laminados.

Acompanhou-se simultaneamente o formato das pontas, uma vez que o "rabo de peixe" também implica em maiores descartes. A figura ( 6 ) mostra um esboço cujas pontas apresentam formato de "rabo de peixe".



**FIGURA ( 6 ) - Esboço com pontas em forma de "rabo de peixe".**

Paralelamente a aplicação do C P C, a manutenção elétrica registrou em oscilógrafo a carga a velocidade dos parafusos e a velocidade dos cilindros. Estes parâmetros permitem



comprovar a centralização da evolução do movimento dos parafusos nos esboços submetidos ao sistema em questão.

## 5. RESULTADOS

Aproximadamente 300 dados foram analisados estatisticamente e chegou-se através do método dos mínimos quadrados a uma equação relacionando a ponta média ( PM ), ao índice de redução após o alargamento ( IR ) e a profundidade ( Prof ) do C P C.

$$PM = A*Prof + B*IR + C*Prof^2 + D*IR^2 + E*Prof*IR + F*IR^3 + G*Prof*IR^2 \dots ( 3 )$$

O coeficiente de correlação encontrado foi de 0,975.

A figura ( 7 ) mostra as curvas obtidas por esta equação, variando-se a profundidade do C P C.

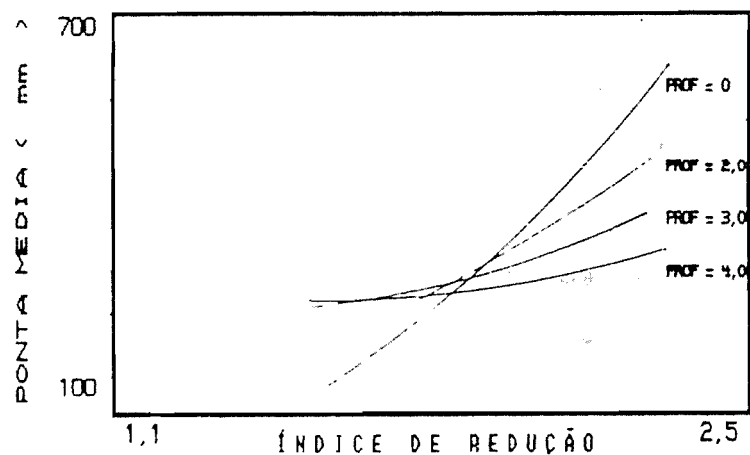


FIGURA ( 7 ) - Gráfico da variação da ponta média com o índice de redução após alargamento.

Tomando-se o comprimento útil programado para cada esboço e subtraindo-se o comprimento útil real, com e sem a aplicação do C P C, obtém-se os resultados da tabela ( 1 ) em função da espessura, largura e profundidade do C P C.

FAIXA DE ESPESSURA ( MM )	FAIXA DE LARGURA ( MM )	PROFUNDIDADE "C P C" ( MM )	DIFERENÇA ( % )
8,00 à 25,00	1600 à 2700	0,00	0,00
		2,50 *	0,37
		3,00	0,71
25,01 à 40,00	1600 à 2700	0,00	0,00
		2,00	-0,02
		3,00	-0,34

**TABELA ( 1 ) - Diferença do comprimento útil, para determinadas faixas de espessuras e de larguras, variando-se a profundidade do "C P C".**

\* OBS: FAIXA DE LARGURA PREDOMINANTE ENTRE 1600 A 2000 MM.

#### 6. DISCUSSÃO

Conforme figura ( 7 ), a medida que se aumenta o índice de redução após alargamento, ocorre o aumento da perda de rendimento devido as pontas.

A utilização de profundidades crescentes no sistema C P C provoca, em uma determinada faixa de variação de IR, diminuição dos valores médios das pontas formadas durante a laminação.

Através da tabela ( 1 ), verifica-se que para uma profundidade igual a 3,00 mm, espessura entre 8,00 e 25,00 mm e largura de 1600 a 2700 mm obtém-se um ganho de comprimento útil

em torno de 0,70%.

Este ganho implica no planejamento de placas com peso menor para obtenção da mesma quantidade de chapas.

Na faixa de espessura de 25,00 a 40,00 mm o que se observou foi uma perda no comprimento útil decorrente da mudança da forma atual para o "rabo de peixe" que implica em maiores descartes das respectivas pontas. Estes produtos por apresentarem em média menores I R, não possuem normalmente pontas muito pronunciadas.

Da mesma forma, produtos com larguras maiores que 2700 mm também geram pontas menos acentuadas.

Nos esboços estreitos, o próprio sistema C P C calcula a profundidade máxima possível, considerando a velocidade máxima dos parafusos e a velocidade mínima dos cilindros respectivamente. Para uma profundidade de 2,58 mm, o ganho de rendimento foi acentuadamente menor devido tratar-se de laminado estreito conforme observação constante na tabela ( 1 ).

Na equação ( 3 ), PM não depende do índice de alargamento, uma vez que as larguras dos produtos oriundos de placas do lingotamento contínuo cituam-se predominantemente numa faixa entre 2400 a 2700 mm.

O C P C admite ainda ajustes visando otimização para algumas dimensões. Este estudo está sendo desenvolvido em escala de laboratório utilizando placas de chumbo.

## Z. CONCLUSÃO

O C P C permite a obtenção de uma melhor retangularidade dos esboços laminados com placas do lingotamento contínuo. Isto possibilita um ganho de rendimento metálico em torno de 0,70% numa faixa de espessura entre 8,00 e 25,00 mm e largura entre 1600 a 2700 mm. Esta faixa é representativa dentro do "mix" de produção mensal, possibilitando um benefício de 227t/mês quando se utiliza uma profundidade de 3,0 mm no sistema. Depressões muito acentuadas no C P C estão limitadas por características do equipamento e do produto a ser processado. A profundidade máxima de 3,5 mm será empregada em operação normal devido se enquadrar sem maiores riscos dentro destes limites.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a todos os funcionários da operação, manutenção, qualidade, automação e pesquisa que colaboraram no sentido de tornar possível o desenvolvimento e implantação do sistema C P C.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- MASUDA, S. et alli, "Acurate Rolling Techniques in Plate Rolling", Tetsu To Hagané, pp. 177-186, (67) nº 15, 1981.
- 2- HIRAI, N. et alli, "Development of the Plan View Pattern Control System in Plate Rolling", Tetsu To Hagané, pp. 163-169, (68) nº 15, 1981.
- 3- HAGA, Y. et alli, "Development of New Plane View Control Techniques in Plate Rolling ( NKK-DBR )", Nippon Kokan Technical Report, pp. 21-30, nº 39, 1983.
- 4- KONOLAV, Y. V. et alli, "Increased Yield in Plate Production on Reversing Mills", Steel in the URSS, pp. 448-489, (3) 1985.
- 5- BONILHA, F. M. et alli, "Sistema COSIPA Para Minimizar o Efeito Barril em Laminação de Chapas Grosas", Contribuição Técnica apresentada no Seminário de Laminação da ABM - COLAM - Recife, 1984.
- 6- DAIRIKI, O. et alli, "Progress of AGC Utilization Techniques at Plate Mill of Oita Works", Nippon Steel Technical Report, pp. 38-47, nº 42, 1989.