

# DESCRIÇÃO GERAL DOS EQUIPAMENTOS PARA OS MODERNOS LAMINADORES DE CHAPAS GROSSAS E CARACTERÍSTICAS DA LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS DA USIMINAS <sup>(1)</sup>

ÁLVARO LUÍS MACEDO DE ANDRADE <sup>(2)</sup>

ANTÔNIO PEDROSA DA SILVA <sup>(3)</sup>

YOSHITAKA OKAMURA <sup>(4)</sup>

## RESUMO

*Os Autores apresentam um apanhado geral dos equipamentos usados na laminação de chapas grossas; apresentam o "lay-out" geral e descrição da Laminação de Chapas Grossas da Usina Intendente Câmara, da USIMINAS; juntam "lay-outs" de alguns modernos laminadores de chapas grossas da atualidade.*

## 1. INTRODUÇÃO

Com a entrada em operação das laminações de chapas grossas da Cosipa e da Usiminas, fatos que marcarão, de uma maneira decisiva, o início da fabricação, em larga escala, de chapas grossas no Brasil, a apresentação deste trabalho visa uma maior divulgação, entre os técnicos brasileiros, dos conhecimentos relativos aos equipamentos dos principais laminadores de chapas grossas hoje em operação.

- 
- (1) Contribuição Técnica n.º 514. Apresentada ao XVIII Congresso Anual da ABM; Belo Horizonte, julho de 1963.
  - (2) Membro da ABM e Engenheiro Assistente da Divisão de Chapas Grossas da Usina Intendente Câmara; Ipatinga, MG.
  - (3) Membro da ABM e Engenheiro Assistente da Divisão de Chapas Grossas da Usina Intendente Câmara; Ipatinga, MG.
  - (4) Membro da ABM; do "The Iron & Steel Institute of Japan" e da "Japanese Society of Mechanical Engineers"; Engenheiro Mecânico pela Universidade de Waseda, Japão; Chefe da Divisão de Chapas Grossas da Usina Intendente Câmara; Ipatinga, MG.

## 2. PRODUTOS DOS LAMINADORES DE CHAPAS GROSSAS

*Definição comercial de chapas grossas* — Pela definição comercial, as chapas grossas compreendem o grupo de produtos planos laminados a quente, cujas dimensões estão dentro dos seguintes limites:

Espessura: igual ou superior a 4,76 mm (3/16")

Largura: igual ou superior a 1.220 mm (48")

Espessura: igual ou superior a 6,35 mm (1/4")

Largura: igual ou superior a 152 mm (6")

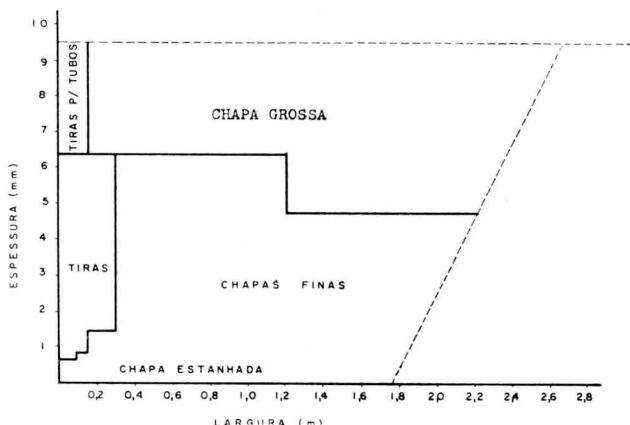


Fig. 1 — Classificação Geral Comercial de Produtos Planos Laminados a Quente. (American Iron and Steel Institute).

A figura 1 mostra a classificação dos produtos planos laminados a quente presentemente usada pelo "American-Iron and Steel Institute" e a figura 2 mostra a classificação adotada pela A. B. N. T. Sob certas circunstâncias, produtos planos finos de 3,2 mm (1/8") até 6,35 mm (1/4") são classificados como chapas. Placas, barras chatas e tiras para tubos são, também, produtos planos laminados a quente, cujas dimensões estão dentro dos limites acima estabelecidos para as chapas, porém, não são classificados como chapas.

A chapa é um produto acabado usualmente laminado a quente e, menos comumente, forjado. Além das operações da laminação, as bases para distinguir uma chapa de aço de um outro produto plano laminado a quente, são as dimensões, principalmente, espessura e largura.

A largura e o comprimento das chapas são expressos em mm ou em polegadas. Em geral, as chapas são feitas com larguras desde 152 mm (6") até 5.000 mm (198") e comprimentos até 37,5 m (1.440"), embora os limites práticos ordinários sejam: larguras até 2.500 mm (100") e comprimentos até 24 m (960").

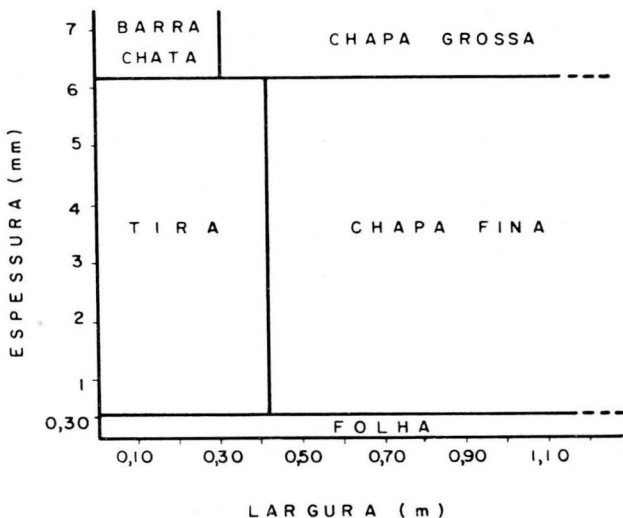


Fig. 2 — Terminologia dos Produtos Planos de Aço Laminado (A. B. N. T.).

A espessura das chapas pode ser expressa em mm, em polegadas, em quilos por metro quadrado ou, ainda, por pé quadrado. Nesses últimos casos as conversões são calculadas admitindo-se que as chapas acabadas pesem como se segue:

- a) 7,85 kg por mm de espessura por metro quadrado;
- b) 0,7293 kg por mm de espessura por pé quadrado;
- c) 40,80 libras (18,524 kg) por polegada de espessura por pé quadrado;
- d) 199,39 kg por polegada de espessura por metro quadrado.

Quando as chapas são pedidas com a espessura especificada em mm ou em polegada, o peso real será maior que o peso calculado. Isto porque os padrões de tolerância especificam que a espessura das chapas em qualquer ponto deve ser superior ou no mínimo igual à espessura especificada menos 0,01"

e estas espessuras são medidas nos pontos mais finos. Entretanto, quando as chapas são pedidas pelo pêsô, a laminação procura obter o pêsô pedido como um pêsô médio para cada chapa e a espessura real medida nos bordos longitudinais ou próxima do centro pode diferir da espessura calculada pelo pêsô dado.

*Classificação das chapas* — Podemos classificar as chapas de diversas maneiras como se segue:

A — *De acôrdo com a composição química:*

- a) Chapas ao carbono. O limite máximo para o cromo, molibdênio, níquel, titânio, tungstênio ou vanádio não é fixado e o aço contém não mais de 0,50% de silício ou 0,6% de cobre.
- b) Chapas de baixo metalóide que contém menos de 0,25% de carbono, manganês, enxôfre, fósforo e silício combinados.
- c) Chapas de aços-ligas são as feitas de quaisquer aços ligados.

B — *De acôrdo com o tipo de laminador em que elas são laminadas:*

- a) Chapas aparadas são aquelas laminadas entre cilindros horizontais e cortadas em todos os bordos nas dimensões requeridas.
- b) Chapas universais são aquelas laminadas entre cilindros horizontais e verticais até obter a largura e espessura desejadas e cortadas somente nas extremidades para obtenção dos comprimentos desejados.

C — *De acôrdo com a forma em:*

- a) Chapas retangulares.
- b) Chapas de formas especiais "Sketch plates", aquelas que são cortadas em outras formas que não a retangular.

D — *De acôrdo com os padrões de qualidade e usos em:*

- a) Chapas de qualidade estrutural, que são chapas ao carbono indicadas para usos em pontes, edifícios, veículos, navios e estruturas similares, tôdas feitas de acôrdo com especificações baseadas em propriedades físicas; estas especificações são geralmente revistas de tempo em tempo.

- b) Chapas de qualidade estrutural com boa soldabilidade, as quais são chapas ao carbono para os mesmos usos dos referidos acima. Usualmente C, Si, Mn, P e S são especificados e especialmente a resistência ao impacto "impact value".
- c) Chapas para navios, especificadas pelas normas: "American Bureau of Shipping", "Bureau Veritas", "Lloyd's Register of Shipping", "Det Norske Veritas", etc.
- d) Chapas para caldeiras de navios, as quais são especificadas também pelas normas citadas.
- e) Outros tipos especiais feitos com especificações químicas e físicas adequadas aos fins a que se destinam e indicadas pelos nomes. Assim temos:
  - 1) Chapas para flanges
  - 2) Chapas para fornalhas "Firebox"
  - 3) Chapas para fornalhas de locomotivas
  - 4) Chapas para estampagem a quente
  - 5) Chapas para estampagem a frio
  - 6) Chapas para estiramento
  - 7) Chapas para forjamento, etc.

*Produtos do Laminador de Chapas Grossas da Usiminas* — A Usiminas está construindo, no primeiro estágio, um Laminador de Chapas Grossas de 120", consistindo de um laminador alargador de placas duo reversível de 120" e de um acabador quádruo reversível de 120". Num segundo estágio serão adicionadas a êste laminador as 6 cadeiras acabadoras do trem de tiras a quente de 80", duas bobinadeiras e uma linha de tesouras para tiras a quente de 80".

Os produtos do Laminador de Chapas Grossas da Usiminas serão os seguintes:

Espessura:	6,4 mm (1/4") até 101,6 mm (4")
Largura:	max. 2743,2 mm (108")
Comprimento:	de 1.829 mm até 12.500 mm
Pêso unitário:	9 t, aproximadamente.

NOTA: A Usiminas poderá produzir chapas longas de até 20 m de comprimento para atender pedidos especiais.

### 3. TIPOS DE LAMINADORES

*Laminador duo* — As mais antigas laminações de produtos planos restringiram-se a metais de suficiente ductilidade para permitirem o trabalho a frio, tais como ouro e chumbo. O mais antigo dado de laminador para essa finalidade consiste num esboço feito por Leonardo da Vinci por volta de 1495. A História assinala a construção de um laminador para chumbo em 1615; cem anos depois, apareceram diversos laminadores para chumbo e cobre, geralmente acionados por rodas d'água ou cavalos.

O desenho dos laminadores de chapas alcançou notável progresso nos últimos 30 anos e se desenvolveu sucessivamente do antigo laminador duo até o moderno laminador quádruo de grande produção.

O laminador duo é naturalmente o tipo mais elementar e historicamente o mais velho. Para fazer sucessivos passes numa única cadeira, esta deve ser reversível. Os laminadores duos, particularmente para chapas finas, cedo alcançaram seus limites práticos para largura. Ao se tentar aumentar o diâmetro dos cilindros (para se conseguir a necessária resistência e rigidez dos mesmos) também aumentava a pressão total entre eles pela exposição de uma maior largura projetada ou arco de contacto entre o metal e os cilindros; isso tendia a contrariar o fim que se tinha em vista. A resposta teve que ser procurada, naturalmente, em alguma forma de laminador com um cilindro de trabalho relativamente pequeno e um grande, forte e rígido cilindro de encôsto.

*Laminador trio* — O laminador trio é, até certo ponto, um laminador com cilindro de encôsto, pois que o cilindro do meio é menor que o cilindro superior e o inferior; tem a vantagem de trabalhar o metal com um cilindro relativamente pequeno contra um cilindro grande, o qual serve ao mesmo tempo de cilindro de encôsto e cilindro de trabalho.

A carga de laminação de um laminador trio não se concentra nos mancais do cilindro médio, mas se distribui nos mancais do cilindro superior e inferior. Tem-se, também, a vantagem de não ser necessário o acionamento reversível para o laminador; em compensação, necessita-se de mesas basculantes para alimentar o laminador.

Esta característica do acionamento não reversível, considerada isoladamente, pode apresentar uma vantagem considerável com respeito ao custo e simplicidade, já que um motor de corrente alternada pode ser usado. Todavia, há uma recente ten-

dência de se instalarem motores de corrente contínua de velocidade ajustável para tirar vantagens da comparativa baixa velocidade de entrada para reduções pesadas e alta velocidade para os passes acabadores.

Os laminadores trios comuns são também usados em tandem com outras cadeiras; nesse caso, trabalham como esboçadores.

Na laminação de chapas largas em laminadores duos ou trios é muito difícil manter-se uma espessura uniforme em toda a largura da chapa; o laminador quádruo foi desenvolvido para vencer esta dificuldade.

*Laminador quádruo* — A fim de se tirar completa vantagem do princípio do cilindro de encôsto é necessário usar-se o laminador quádruo, que é a forma mais simples de um laminador com cilindro de encôsto para ambos os cilindros de trabalho. Neste laminador os cilindros de trabalho não recebem a carga em seus mancais, mas transmitem-na diretamente para os cilindros de encôsto e êstes para seus próprios mancais.

Quando a maioria dos laminadores trios havia já sido construída, o laminador quádruo não tinha sido desenvolvido, ou, pelo menos, não estava em uso corrente. Durante o período entre as duas grandes guerras, quando a demanda de chapas era relativamente pequena e o mercado de chapas finas com espessuras acuradas começou a crescer rapidamente, o laminador quádruo se desenvolveu e fixou sua posição. Foi, portanto, muito natural que, durante o período de guerra, quando o mercado voltou suas vistas para as chapas, as vantagens do laminador quádruo fizeram com que êle se tornasse o tipo proeminente da lista das novas instalações.

*Comparação dos tipos* — As diferenças entre os laminadores de chapas constituídos de uma simples cadeira (duo, trio ou quádruo) e os laminadores de 2 cadeiras em tandem, ou do tipo semi-contínuo, ou do tipo contínuo, estão descritas como se segue:

- no tipo mais antigo de cadeira única, duos ou trios, é um problema obtermos chapas dentro das tolerâncias das principais normas;
- a freqüente mudança de cilindros requer tempo e é cara;
- por causa da deflexão dos cilindros, os mesmos são abaulados, num esforço para controlar a espessura.

Se o operador do laminador pudesse escolher sempre o programa de laminação, ele prepararia, por exemplo, o laminador no princípio da semana e iria laminando as chapas mais largas primeiro, decrescendo, progressivamente, na largura de acordo com o desgaste produzido pelo uso dos cilindros. Isso, entretanto, não pode ser feito por causa das ordens que vêm dia a dia, o que acarreta, portanto, freqüentes mudanças de cilindros para controlar a espessura e a superfície das chapas.

O laminador quádruo demonstrou sua habilidade de laminar uma espessura mais uniforme da extremidade para o centro das chapas. Requer, naturalmente, acionamento reversível, mas elimina as mesas basculantes dos trios.

Há uma pronunciada tendência para o uso de duas cadeiras em tandem, assim separando as operações de esboçamento e acabamento, resultando uma melhor superfície das chapas. Estas unidades são mais aptas para laminar espessuras mais finas e são capazes de maior tonelagem que os laminadores constituídos de uma única cadeira.

Nos Estados Unidos, os laminadores de 2 cadeiras em tandem, usam, geralmente, o laminador trio como esboçador, isto porque antigamente essas cadeiras eram operadas como laminadores de chapas grossas e, posteriormente, foram acrescentados os laminadores quádrus. As mesas basculantes que alimentam esses esboçadores trios são susceptíveis de defeitos mecânicos e impróprios para laminar pesadas placas ou lingotes.

Os modernos laminadores de chapas adotam uma cadeira dupla ou quádrua como esboçadora e sempre um quádruo como acabador, apesar de exigirem motores de corrente contínua e os custos iniciais serem maiores.

Alguns laminadores de chapas do tipo semi-contínuo foram construídos com a finalidade de se obter maior produção. Estes laminadores constam geralmente de um quebrador de carepa, um alargador de placas (broadside mill), um esboçador reversível, e 4 ou 6 cadeiras acabadoras quádruas. Um laminador de chapas constituído de uma única cadeira quádrua moderna lâmina cerca de 50 t por hora, enquanto o tipo semi-contínuo pode laminar aproximadamente 150 t por hora.

Na escolha do tipo de laminador a ser usado em determinada instalação, a tonelagem é usualmente o fator decisivo. O laminador semi-contínuo de chapas é a última palavra para laminar grandes quantidades de chapas finas de espessura acurada e boa superfície, envolvem entretanto, um pesado investimento inicial.

As figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam os "lay-outs" de modernos laminadores de chapas da atualidade.



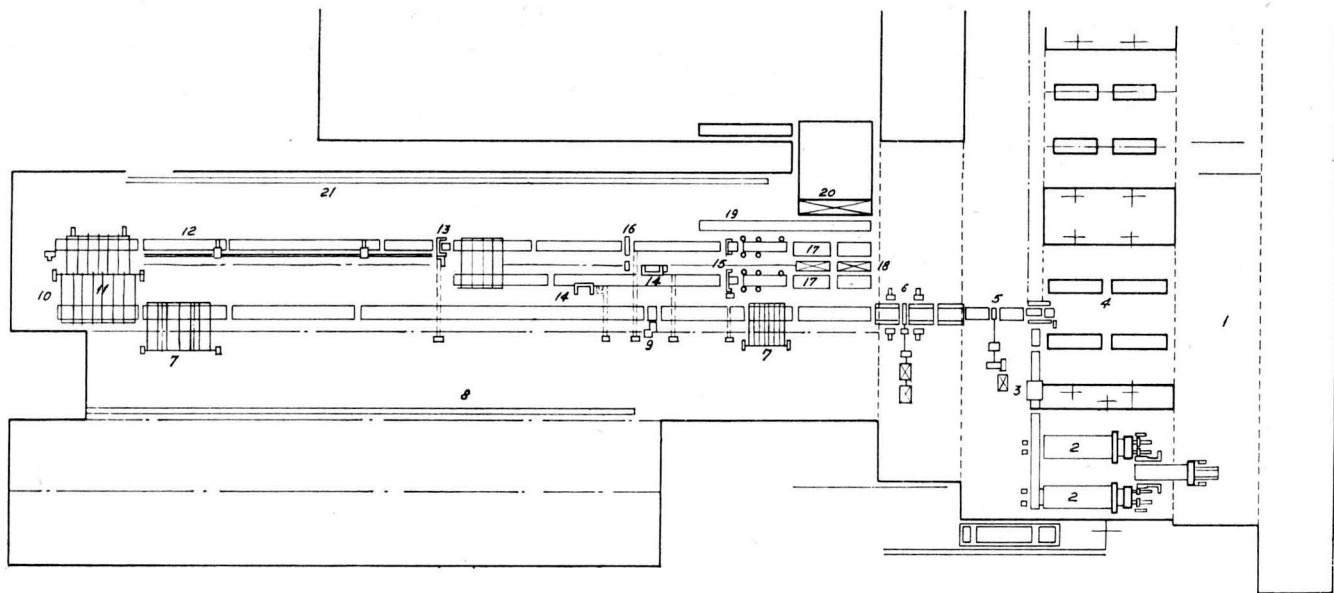


Fig. 3 — Laminador de 160' da Bethlehem Steel Co. — Sparrows Point.

- |                        |                             |                        |
|------------------------|-----------------------------|------------------------|
| 1. Pátio de Placas     | 8. Pátio de Corte a Gás     | 15. Tesoura Final      |
| 2. Forno Contínuo      | 9. Desempenadeira Dua       | 16. Tesoura Rotativa   |
| 3. Quebrador de Carepa | 10. Leito de Resfriamento   | 17. Mesa Pesadora      |
| 4. Forno "Batch"       | 11. Dispositivo de Inspeção | 18. Ponte Empilhadora  |
| 5. Laminador Trio      | 12. Máquina de Marcar       | 19. Mesa de Saída.     |
| 6. Laminador Quádruo   | 13. Tesoura de Pontas       | 20. Carro Transferidor |
| 7. Transferidor        | 14. Tesoura Lateral         | 21. Pátio de Embarque  |

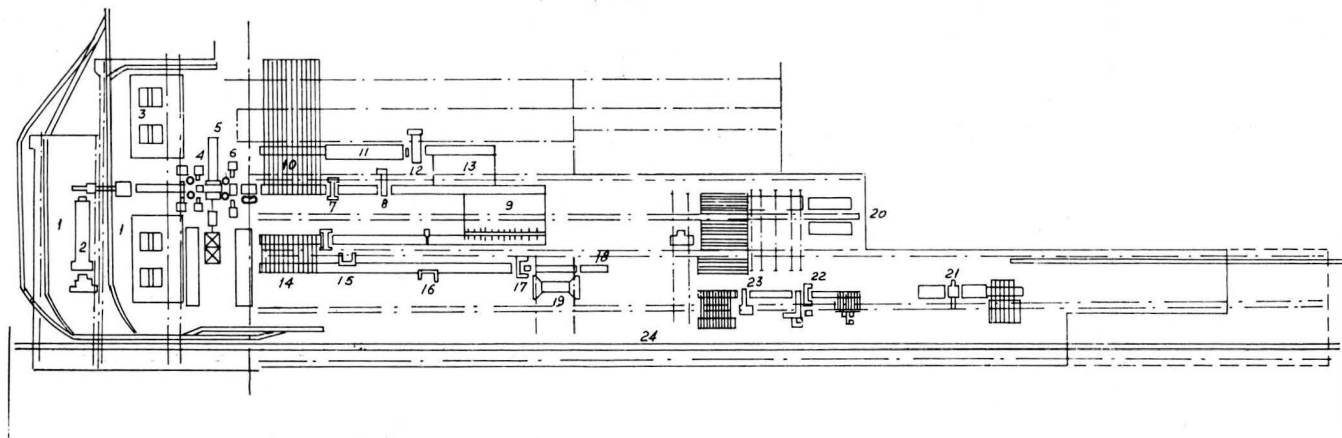


Fig. 4 — Laminador de 165" — Ruhrstahl A. G. Hattingen.

- |   |  |   |
|---|--|---|
| 1. Pátio de Lingotes                          | 10. Transferidor                               | 17. Tesoura Oscilante Final               |
| 2. Forno Contínuo                             | 11. Forno de Normalização                      | 18. Mesa Pesadora                         |
| 3. Forno Poço                                 | 12. Desempenadeira                             | 19. Ponte Empilhadora com eletro-<br>ímãs |
| 4. Laminador Esquadrinhador                   | 13. Leito de Resfriamento do tipo de<br>discos | 20. Forno "Batch"                         |
| 5. Laminador Quádruo                          | 14. Transferidor                               | 21. Desempenadeira a Frio                 |
| 6. Laminador Esquadrinhador                   | 15. Tesouras Oscilantes Laterais               | 22. Tesoura de Teste                      |
| 7. Tesoura de Pontas                          | 16. Tesouras Oscilantes Laterais               | 23. Desempenadeira a Frio                 |
| 8. Desempenadeira                             |  | 24. Pátio de Embarque                     |
| 9. Leito de Resfriamento do tipo de<br>discos |  |   |

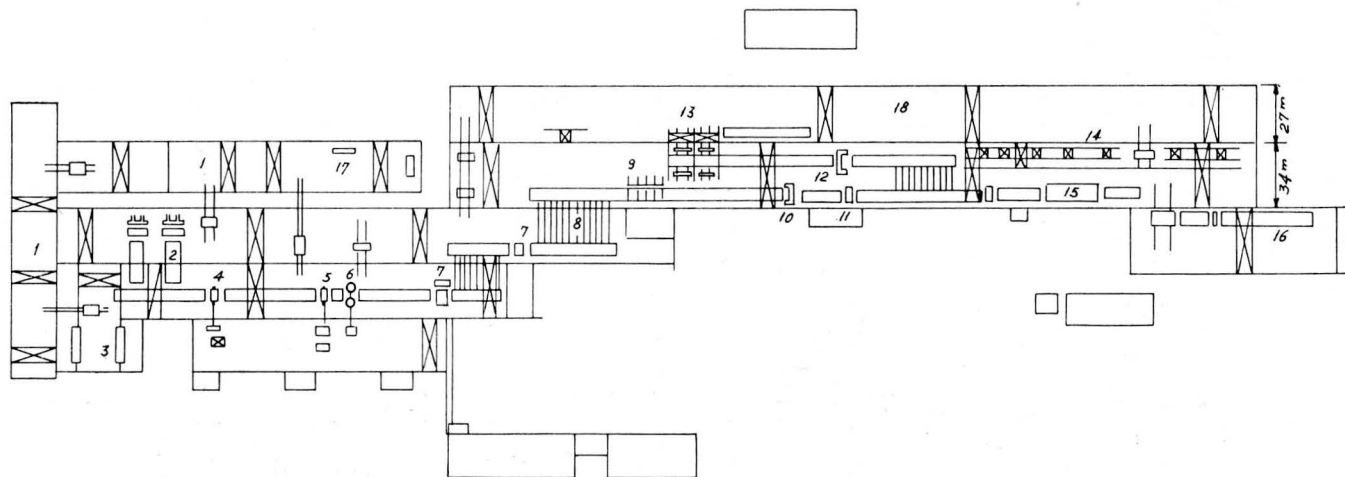


Fig. 5 — Laminador de 160' da Yawata Iron and Steel Co.

- |                             |                            |                           |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Pátio de Placas          | 7. Desempenadeira          | 13. Ponte Empilhadora     |
| 2. Forno Contínuo           | 8. Transferidor            | 14. Maçaricos             |
| 3. Forno "Batch"            | 9. Dispositivo de Inspeção | 15. Forno de Normalização |
| 4. Laminador Duo            | 10. Tesoura de Pontas      | 16. Forno de Têmpera      |
| 5. Laminador Quádruplo      | 11. Tesoura Rotativa       | 17. Retífica              |
| 6. Laminador Esquadrinhador | 12. Tesoura Final          | 18. Pátio de Embarque     |

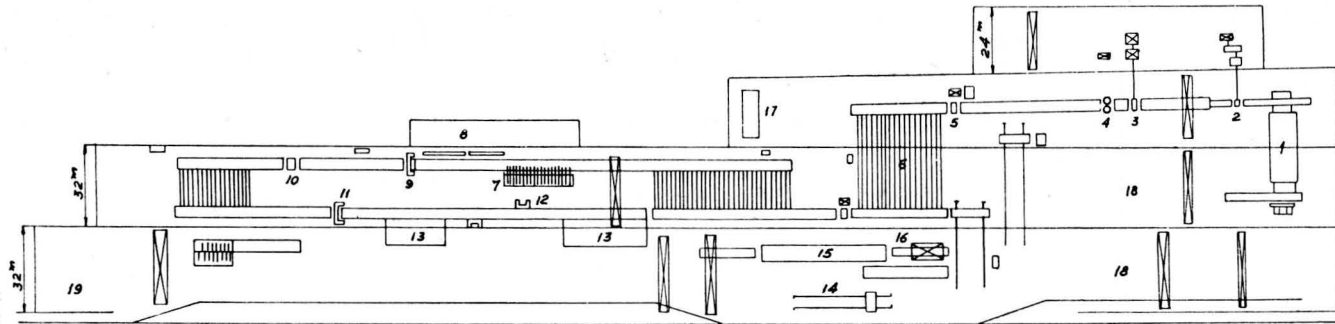


Fig. 6 — Laminador de 160' — Hirohata.

- |                             |                            |                           |
|-----------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 1. Forno de Reaquecimento   | 7. Dispositivo de Inspeção | 13. Empilhadeira          |
| 2. Quedrador de Carepa      | 8. Máquina de Marcar       | 14. Maçaricos para Corte  |
| 3. Laminador Quádruo        | 9. Tesoura de Pontas       | 15. Forno de Normalização |
| 4. Laminador Esquadrinhador | 10. Tesoura Rotativa       | 16. "Press Quench"        |
| 5. Desempenadeira           | 11. Tesoura Final          | 17. Retifica              |
| 6. Transferidor             | 12. Tesoura Lateral        | 18. Pátio de Placas       |
|                             |                            | 19. Pátio de Embarque     |

#### 4. PÁTIO DE PLACAS

*Material* — Os laminadores de chapas grossas podem trabalhar aços de quase todos os tipos como: efervescentes; semi-acalmados; acalmados ou estabilizados; aços-liga e inoxidáveis.

*Laminação direta a partir de lingotes e laminação a partir de placas* — Quando se tem um laminador de placas que lamina placas de dimensões e formas convenientes, o laminador de chapas é geralmente alimentado com placas reaquecidas, previamente laminadas no laminador de placas. Mas, frequentemente, o laminador de chapas é projetado para laminar a partir de lingotes, laminando-os em um ou mais cadeiras até obter a espessura final da chapa. Neste caso, os lingotes frios ou quentes são reaquecidos em fornos tipo “batch”, ou ainda em fornos contínuos primariamente desenhados para aquecer placas.

Entretanto, quando se pode instalar um laminador de placas, êle é desejável. Pois que as chapas laminadas a partir de placas possuem melhor acabamento superficial e um melhor rendimento é obtido. Os lingotes para tais placas podem ser mais pesados e os tipos de lingotes a serem laminados podem ser em menor número do que para a laminação direta.

O emprêgo de capital para a instalação de um laminador de placas somente pode ser justificado se é requerida produção muito alta ou se êle vai ser usado para alimentar mais de um laminador. Quando as chapas são laminadas a partir de placas, a cadeira ou cadeiras do laminador de chapas podem estar em linha com o laminador de placas ou serem adjacentes a êle para a laminação direta sem reaquecimento.

Fornos de reaquecimento podem também ser interpostos no “lay-out”, de tal maneira que as placas quentes vindas do laminador de placas são diretamente carregadas nos fornos onde recebem um rápido aquecimento de maneira a serem entregues no laminador de chapas com temperaturas de laminação controladas.

Usualmente, entretanto, é necessário ou aconselhável estocar placas frias no pátio de placas e carregá-las nos fornos de acôrdo com a necessidade, depois de serem submetidas a um adequado recondicionamento em suas superfícies por meio de maçarico, isso devendo ser feito mesmo quando o laminador de chapas está em linha direta com o laminador de placas.

*Manuseamento de placas* — Numa usina siderúrgica, essa operação pode ser feita de diversas maneiras, dependendo do

seu "lay-out". Por exemplo, se o laminador de placas está localizado a alguma distância do laminador de chapas, poderá ser melhor dividir a estocagem das placas entre os dois, fazendo todo o transporte das placas por rodovia, por meio de "fork-lift" ou "straddle trucks". Por outro lado, se o pátio de placas do laminador de chapas dispõe de área suficiente, toda a estocagem pode ser feita aí.

É extremamente discutível se toda a estocagem de placas deve ou não deve ser feita dentro de um edifício coberto. A utilização de caminhões do tipo "fork-lift" é, até certo ponto, limitada pelas rampas que se tenha de vencer e, ante cargas de 20 t ou mais, pela necessidade de estrada de primeira classe. Uma dada usina usa Ross Carriers de 20 t. (straddle carriers) para o transporte de todas as placas; dela foram obtidos os seguintes dados, numa boa estrada:

- a) distância percorrida: 3 km;
- b) com carregamento máximo, veloc. máxima: 30 km/h;
- c) descarregado, veloc. máxima: 40 km/h.

O percurso de ida e volta de 6 km leva 30 min.; dois "Carriers" trabalham no transporte durante todo o dia; as toneladas transportadas são da ordem de 60.000 t/mês. A direção dessa usina está plenamente satisfeita com este sistema de manuseamento; afirma que o custo de operação é cerca de 1/3 do equivalente serviço ferroviário.

As placas estocadas dentro do edifício podem ser manuseadas de modos diferentes: a) por eléto-ímã; b) por gancho em forma de C; c) por tenazes para placas.

*Pátio de placas do Laminador de Chapas da Usiminas* — O pátio de placas se localiza paralelamente aos leitos de resfriamento da Laminação de Placas, de onde as placas são transportadas por um carro transferidor.

Este pátio, coberto, ocupa uma área de 185 m de comprimento por 30 m de largura, servida por duas pontes rolantes de 30 t; engloba a área de escarfaagem com 8 m de comprimento por 12 m de largura. Esta área é servida por 3 pontes rolantes do tipo semi-pórtico, com capacidade de 10 t. Uma dessas pontes será utilizada para retirar as placas das pilhas e colocá-las na mesa de carregamento do forno. Neste pátio podem ser estocadas cerca de 5700 t de placas.

Portanto, é empregada a prática de estocagem de placas frias, o que significa que cada placa é inspecionada e todos os

seus defeitos removidos pela escarfaagem e antes de ser colocada na área de estocagem para esperar a programação de produção. A figura 7 apresenta uma secção transversal do pátio de placas da Usiminas.

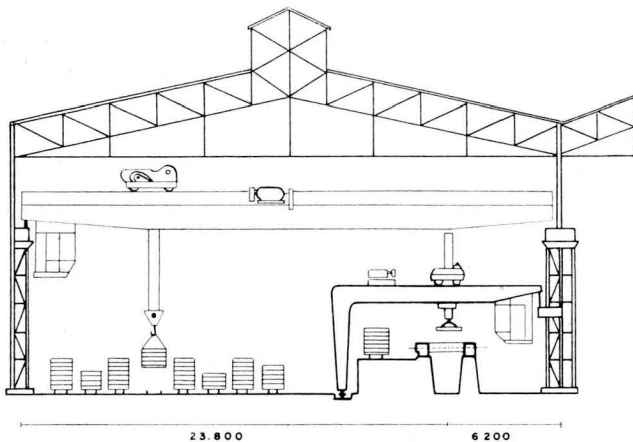


Fig. 7 — Usa Secção Transversal do Pátio de Placas da USIMINAS.

## 5. FORNOS DE AQUECIMENTO

*Tipos de fornos* — Os fornos de aquecimento constituem, mesmo isoladamente, um assunto muito importante. Sua descrição escapa, portanto, da finalidade dêste trabalho, exceto no que êles afetam ou são afetados pelos “lay-outs” dos laminadores de chapas.

Os fornos empregados são classificados em 3 grandes grupos: fornos poços, para lingotes carregados verticalmente; fornos contínuos especialmente adaptados para aquecer placas; fornos tipo “batch” de portas laterais adaptadas para aquecer uma grande variedade de tamanhos e formas, tanto de placas como de lingotes.

Os principais fatores que controlam a seleção do forno para um laminador de chapas grossas são:

- a) qualidade, tamanho e espessura a ser produzida;
- b) produção anual requerida;
- c) forma do material que deve alimentar o laminador, isto é, placas ou lingotes;

- d) dimensões dos lingotes ou placas e variações prováveis de ocorrer;
- e) tipo e “lay-out” do laminador e espaço disponível para os fornos.

Nenhuma menção especial precisa ser feita para a descrição dos fornos poços, pois estão em uso corrente em diversos desbastadores do País.

*Fornos contínuos de múltiplas zonas* — Os fornos contínuos de zonas múltiplas de combustão oferecem muitas vantagens para o aquecimento de placas; são largamente empregados nos laminadores de chapas de alta produção. Existe naturalmente o problema da variação do tamanho e espessura das placas; cuidado deve ser tomado na programação do carregamento do forno, de maneira a se obter uma carga com razoável uniformidade de espessura. Como o tempo de permanência no forno está relacionado com a espessura da placa, variações de espessura influenciam o gradiente de temperatura entre as placas. A variação no comprimento das placas, também, afeta o recobrimento da sola do forno “hearth coverage”, e, assim, influencia diretamente na produção e na eficiência de operação.

O forno de múltiplas zonas aquece com sucesso placas de até 250 mm de espessura e a placa fica uniformemente encharcada na temperatura desejada. Muitos fornos foram desenhados para aquecer placas de espessura até 300 mm (12'), mas durante o aquecimento das placas maiores que 250 mm, verificou-se um resultado insatisfatório devido ao perigo de soldagem dos bordos das placas resultando um encharcamento deficiente.

*Equipamento de alimentação e carregamento* — As placas são movimentadas no pátio por meio de pontes rolantes. Quanto à alimentação dos fornos contínuos, alguns laminadores possuem um desempilhador localizado na extremidade da mesa de carregamento do forno. O elevador do desempilhador geralmente é acionado por um motor através de pinhão e cremalheira. Quando a chave é acionada, o elevador sobe o suficiente para que uma placa possa ser tirada dêle pelo seu empurrador e colocada na mesa de carregamento do forno.

Em nosso laminador o método de alimentação de placas é diferente do descrito acima. As placas são empilhadas por uma ponte rolante em frente da mesa de carregamento do forno. Aí cada placa é colocada na mesa por meio da ponte semipórtico. As mesas de carregamento dos fornos contínuos, correndo ao longo de seus lados de carregamento, geralmente possuem um



comprimento variando de 33 a 50 m e são divididas em tantas secções quantos são os fornos, cada secção sendo usualmente acionada por motor de 50 HP de corrente contínua. Esse arranjo permite que as placas sejam trazidas até à porta de carregamento do forno desejado, onde são carregadas pelo empurrador do forno.

Cada um dos nossos fornos possui dois empurradores, sendo cada um deles acionado por um motor de corrente contínua através de um sistema de pinhão e cremalheira. Os empurradores de cada forno podem ser operados separada ou conjuntamente, permitindo, dessa maneira, carregar duas filas de placas (caso de placas para chapas) ou uma única fila (placas para o tiras a quente).

*Fornos* — O contínuo aumento da capacidade de laminação nos últimos anos, criou a necessidade de fornos capazes de reauecerem continuamente 100 t ou mais de aço por hora. Os fornos contínuos de múltiplas zonas atenderam com sucesso a esta demanda e são agora usados largamente para aquecer placas, blocos e tarugos. Fornos contínuos de 5 e 6 zonas de combustão foram desenvolvidos para o aquecimento de 200 t/hora de aço.

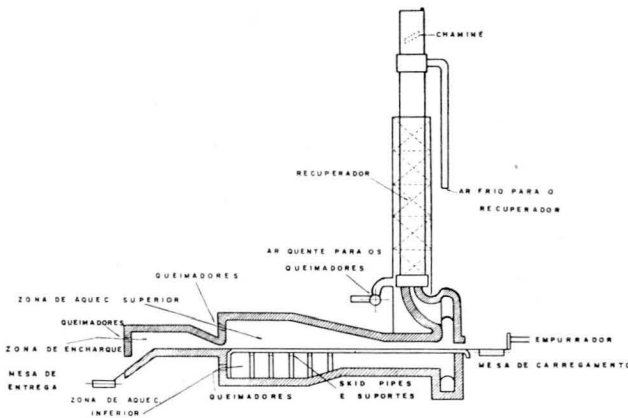


Fig. 8 — Forno Contínuo de Reaquecimento de 3 Zonas.

Para capacidade de até 20 t/hora é normalmente adotado o forno de 2 zonas superiores de combustão. Para produções entre 20 e 100 t/hora é de uso geral o forno de 3 zonas de combustão. As figuras 8 e 9 apresentam cortes típicos de fornos de 3 e de 5 zonas.

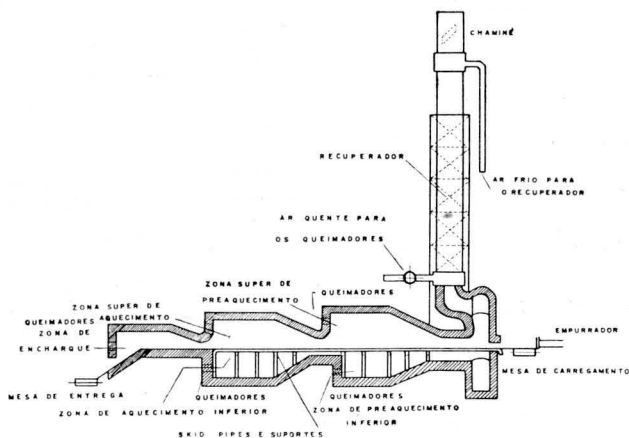


Fig. 9 — Forno Contínuo de Reaquecimento de 5 Zonas.

*Fornos de reaquecimento de placas da laminação de chapas grossas da Usiminas* — No primeiro estágio serão construídos dois fornos, do tipo contínuo, para reaquecimento de placas, sendo prevista a construção de mais um forno contínuo igual aos primeiros e de dois fornos do tipo de fornada “batch type”, no segundo estágio. Os fornos contínuos foram projetados para aquecer placas com as dimensões mostradas na tabela 1.

TABELA 1

Dimensões e peso das placas	Placas para chapas (Carreg. em 2 filas)	Placas para tiras (Carreg. em 1 fila)
Comprimento .....	1.770 a 2.500 mm	4.500 a 5.600 mm
Largura .....	1.000 a 1.550 mm	940 a 1.850 mm
Espessura .....	100 a 250 mm	100 a 150 mm
Pêso .....	1.400 a 7.500 kg	6.100 a 7.100 kg

Esses fornos são do tipo de 3 zonas de combustão: zona de aquecimento superior e inferior e zona de encharque; carga e descarga nas extremidades; recuperador cerâmico para o pré-aquecimento do ar e do soprador de ar quente para os queimadores.

Os fornos disporão de queimadores na parte superior e inferior da zona de aquecimento, na zona de encharque e queimadores de cortina no lado de descarregamento. Êstes queimadores foram projetados para queimar uma mistura de gás de coqueria e gás de alto forno, com um poder calorífico médio de  $2.250 \text{ k.cal/Nm}^3$  e com um consumo de combustível de aproximadamente  $400.000 \text{ k.cal}$  por tonelada. O ar será pre-aquecido a cêrca de  $400^\circ\text{C}$ .

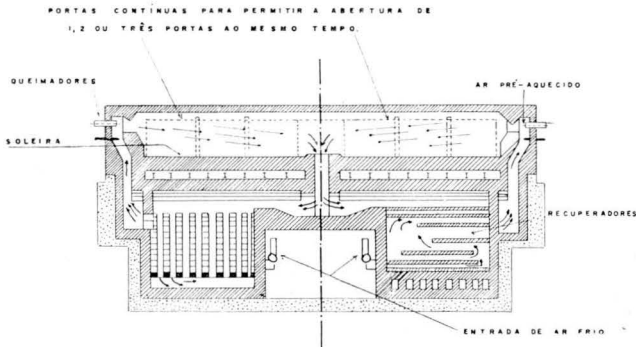


Fig. 10 — Corte típico de um forno tipo "Batch".

Os fornos têm um comprimento efetivo de 30 m e largura de 6,2 m. A capacidade é de aproximadamente 100 t/h, considerando-se uma placa média aquecida da temperatura ambiente até cêrca de  $1.250^\circ\text{C}$ .

As placas serão carregadas nos fornos por empurradores duplos, tipo pinhão e cremalheira, que podem carregar uma ou duas fileiras de placas. Os fornos serão providos de sistema automático de contrôle da combustão, a fim de controlar a temperatura do forno e as condições de combustão, tais como contrôle da vazão de ar, contrôle da relação ar/gás, contrôle da temperatura do ar quente, contrôle das condições dentro do forno, contrôle dos queimadores de cortina e contrôle da mistura de gases.

Os fornos do tipo "batch" serão instalados no futuro, porque os fornos contínuos não são apropriados para aquecer placas mais pesadas ou mais leves do que as mostradas na tabela. Por exemplo, placas de  $368 \text{ mm} \times 1.550 \times 2.500 \text{ mm}$  (11.000 kg) são mais adequadamente aquecidas em fornos do tipo "batch".

Embora esta laminação não disponha de fornos tipo "batch" em seu primeiro estágio, lingotes com peso acima de 8 t pode-

rão ser aquecidos nos fornos poços da Laminação de Placas e transportados por meio de transportadores de lingotes "Straddle Carriers" diretamente para a mesa de entrega do forno contínuo, considerando-se que todo o equipamento da Laminação de Chapas foi projetado para laminar e acabar placas até 11 t. Esses transportadores serão também usados para retornarem para o pátio, placas aquecidas nos fornos e que não puderam, por qualquer motivo, ser laminadas.

## 6. LAMINADORES

*Arranjo das cadeiras* — Como já foi anteriormente descrito, 3 tipos principais de laminadores são usados para laminar chapas: o laminador duo, o trio e o quádruo.

Os laminadores antigos usavam o laminador duo ou trio tipo Louth e consistiam de uma única cadeira ou 2 cadeiras dêste tipo em tandem. Todavia os modernos laminadores de chapas (ou os antigos que foram modernizados) usam sempre o laminador quádruo como acabador e a cadeira dua ou tria é usada como esboçadora.

Os modernos laminadores são classificados em determinados grupos de acôrdo com o arranjo das cadeiras. Assim temos:

- a) laminador de um única cadeira quádrua;
- b) laminador possuindo uma cadeira tria como esboçadora e uma quádrua como acabadora;
- c) laminador possuindo uma cadeira dua como esboçadora e uma quádrua como acabadora;
- d) laminador possuindo uma cadeira quádrua como esboçadora e uma quádrua como acabadora;
- e) laminador tipo contínuo e semi-contínuo.

*Cadeiras* — As armações da cadeira de um laminador quádruo são de aço fundido recozido e do tipo de tópo fechado. A pressão máxima de laminação pode ir acima de 3.500 t, sendo a área das secções das colunas da armação usualmente de 800 pol.<sup>2</sup> para um laminador de 110", 1.000 pol.<sup>2</sup> para um laminador de 120" ou 130" e 1.100 pol.<sup>2</sup> para um de 140" ou 160".

O pêsô de uma armação excede a 130 t para um laminador de 120" e 140 t para um de 160".

*Cilindros* — Já em 1918 a Lukens Steel Company em Coatesville, Pennsylvania, Estados Unidos, instalou um lamina-

dor de chapas de 206" constituído de uma única cadeira quádrua reversível. Depois desta data diversos laminadores de chapas constituídos de cadeira quádrua apareceram depois nos Estados Unidos. O tamanho dos cilindros nesses laminadores foram padronizados como se segue, em polegadas:

Tamanho do laminador	Diâmetro cilindro trabalho	Diâmetro cilindro encôsto
72"	36"	49"
110"	36"	52"
120"	36"	54"
130"	36"	54"
140"	38"	56"
160"	38"	60"

Recentemente alguns laminadores de chapas quebraram êste padrão com a finalidade de obterem maior produção e melhor qualidade. Em 1954, Salzgitter Huttenwerke, na Alemanha, adotou o diâmetro de 59" para o cilindro de encôsto para um laminador de 123". Em 1956, Ruhrtahl A. G., adotou o maior cilindro de encôsto do mundo, o qual tem 72" de diâmetro para o seu laminador de chapas de 165".

Um maior diâmetro para o cilindro de encôsto resulta em maior produção e em um produto com espessura mais regular. Entretanto surgem importantes problemas quando se pensa em adotar grandes cilindros de encôsto. Um diz respeito aos fabricantes de cilindros, porque êles tem que dispender dinheiro, aumentando a capacidade de suas fundições com o propósito de fornecerem êsses cilindros maiores. Êsse é um problema real para os fabricantes de cilindros, porque o número de laminadores de chapas em cada país é pequeno e a vida de um cilindro de encôsto é bem grande de maneira que a demanda é pequena.

Por outro lado, maiores cilindros de encôsto requerem maiores cadeiras e mancais, tornos e retíficas de cilindros mais pesadas, maiores pontes rolantes e um edifício de estrutura mais pesada. Portanto, um engenheiro que planeja e projeta um laminador de chapas deve considerar êsses vários fatores quando decide o tamanho do cilindro de encôsto.

*Mancais* — Nos recentes laminadores quádruos de chapas, é comum o emprêgo de rolamentos para os cilindros de traba-

lho. Os rolamentos modernos possuem uma vida muito longa resultando num menor custo por tonelada de produto, bem como uma redução na manutenção e uma operação mais limpa, já que sistemas automáticos de graxa são usados para sua lubrificação. A seleção dos mancais para os cilindros de encôsto, de uma maneira geral, depende da experiência do engenheiro.

Poucos laminadores de chapas quádruas usam rolamentos para seus cilindros de encôsto, sendo que a grande maioria adota mancais de filme de óleo Morgoil, Mesta ou Demag. Os mancais de filme de óleo, embora caros no que diz respeito ao custo inicial (porque incluem o sistema de óleo), são livres de complicações no serviço e requerem menos esforço para seu movimento. Isso permite que o motor principal seja reduzido um pouco no tamanho, economizando parte do capital, o que compensa o custo extra do mancal de filme de óleo e o necessário sistema de óleo.

*Mudança de cilindros* — Nos laminadores de chapas, as mudanças de cilindros são freqüentes e o tempo total perdido com elas é grande. Portanto é um fator importante para o aumento da produção a diminuição do tempo gasto em cada mudança de cilindros. Três métodos são adotados para mudanças de cilindros nos laminadores de chapas, isto é, cabos, gancho em C, "C hook", contrapêso e trocador de cilindro.

Num laminador de chapas constituído de 2 cadeiras em tandem, os cilindros de trabalho da cadeira acabadora são mudados cada 2.500 a 3.000 t de placas laminadas. Num laminador constituído de uma única cadeira os cilindros de trabalho devem ser mudados com uma freqüência duas vezes maior.

O melhor método para trocar os cilindros de trabalho é pelo contrapêso "porter bar". Usando um gancho em forma de C "C-hook" precisamos ter edifícios mais pesados, bem como pontes rolantes de maior capacidade.

Nos grandes laminadores, o trocador de cilindros "roll changing rig" é mais usado, desde que os cilindros de trabalho sejam muito pesados para o "porter bar" ou "C-hook". Com o contrapêso os cilindros de trabalho podem ser mudados em meia hora. Com o trocador de cilindros em uma hora e meia e pelo gancho em forma de C num tempo intermediário entre os dois.

O melhor método para trocar os cilindros de encôsto é pelo trocador de cilindros, ou, onde os edifícios e pontes rolantes são bastante reforçados, pelo "C-hook".

Quando duas ou mais cadeiras iguais ocorrem em um mesmo "lay-out", um trocador de cilindros móvel pode ser empregado, para evitar a necessidade de um para cada cadeira.

*Parafuso ajustador* — O ajustamento ou posicionamento dos cilindros superiores das cadeiras é feito por meio de parafusos de aço, com cêrca de 18" de diâmetro e operando em porcas de bronze encaixadas na armação da cadeira. Os parafusos ajustadores são acionados por meio de um parafuso sem fim de redução entre êles e o motor. Os motores para o acionamento dos parafusos ajustadores são providos de um sistema Ward-Leonard.

Com 2 motores, um acoplamento com dentes "Clutch" liga os dois acionamentos, o que permite, após uma mudança de cilindros, ser ajustada a diferença na abertura dos cilindros em cada lado da cadeira.

A velocidade do parafuso ajustador é decidida em função dos programas a serem laminados e da posição da cadeira no "lay-out" do laminador. Como regra geral, com um ajustamento aproximado (grosseiro) o parafuso é operado com velocidades de 30 a 60 pol/min e com um ajustamento intermediário e acabador com 12 ou 30 pol/min.

Na Alemanha, alguns recentes laminadores de chapas possuem 2 motores independentes para cada parafuso ajustador, tendo em vista o ajustamento de acabamento ou de precisão. Em geral, 2 motores possuindo contrôles elétricos, principalmente o contrôle de voltagem para 0 a 30 pol/min e o contrôle de campo para 30 a 60 pol/min são suficientes para operar os parafusos tanto para ajustamento aproximado como para o de precisão.

Alguns laminadores de chapas quádruas empregam o sistema de contrôle para ajustamento ou posicionamento automático "automatic present control system". Com êsse contrôle a seqüência de laminação é estabelecida num quadro elétrico introduzindo cavilhas (pinos com fios) em buracos marcados com a desejada abertura dos cilindros. É possível marcar a seqüência de laminação com o número necessário de passes neste quadro e há dois conjuntos completos de pinos permitindo uma seqüência ser estabelecida enquanto a outra está sendo utilizada no laminador. O contrôle automático do parafuso ajustador é interligado com os movimentos dos guardas laterais de frente e ré e com o laminador vertical de bordas.

Uma nova tendência para o contrôle automático do parafuso ajustador é o sistema de programação por meio de cartões "card programmed system".

Neste sistema, o operador precisa somente introduzir um cartão IBM e comprimir um botão para iniciar a seqüência completa de laminação para uma dada placa num laminador quádruo reversível. A velocidade e abertura dos cilindros prin-

cipais, bem como do laminador vertical, pré-estabelecidas para uma seqüência completa de passes por intermédio de buracos feitos no cartão, são rigidamente controlados pelo sistema para a máxima utilização do equipamento e maior uniformidade do produto. Os guardas laterais de entrada e saída do laminador quádruo, o laminador vertical de bordas, as mesas de frente e de ré, o parafuso ajustador, a direção de laminação, velocidades e passes requeridos são controlados nesta operação.

Êsses sistemas automáticos foram desenvolvidos para as cadeiras reversíveis dos tiras a quente semi-contínuos. Para os laminadores de chapas êsses sistemas não são muito convenientes porque a variedade de seus produtos é muito grande e uma imensa quantidade de programação seria necessária. Portanto, um operador de laminador cuja cadeira está equipada com um sistema de contrôle automático opera manualmente na maioria dos casos.

*Desenho dos rolos alimentadores* — No planejamento de um laminador de chapas para laminar placas de larguras muito estreitas, o primeiro rôlo alimentador deve ser muito próximo do cilindro de trabalho inferior e isso representa um grande problema. Há um limite para essa proximidade, o qual depende inteiramente do desenho da cadeira.

O projeto dos rolos alimentadores criou problema para os planejadores e operadores, desde que é a secção de um laminador de chapas que talvez receba os maiores choques e mais cuidado deve ser dado à manutenção. Muitos métodos foram usados tentando diminuir o desgaste excessivo a que os rolos alimentadores estão sujeitos, mas até agora nenhuma solução foi encontrada exceto uma regular manutenção.

Alguns projetistas são a favor de que os mancais dêsses rolos sejam montados em molas, mas êste processo só obteve sucesso parcial porque as molas são colocadas em um plano vertical debaixo do rôlo. Engrenagens ou acionamento por correntes devem ser evitados nesta área de trabalho porque as carepas e os jatos d'água a alta pressão causam rápido desgaste nas peças.

Outros projetistas são a favor de um sistema diferente; usam o argumento de que se os rolos alimentadores forem construídos absolutamente solidários à cadeira, então a carga é transferida para uma peça do laminador, a qual pode absorvê-la sem dificuldade. Dois laminadores estão agora operando no Japão com êste sistema e a intenção é mudar o conjunto dos rolos alimentadores sòmente uma vez por ano. O laminador da Usiminas também usa êste sistema.



*Mesas principais de rolos* — O projeto e desenvolvimento das mesas principais para os laminadores primários e para os laminadores de chapas foram uma acumulação de boas e más experiências de longos anos, as quais culminaram no que é hoje a última tendência, isto é, rolos acionados individualmente. A mudança do acionamento por eixo de transmissão para o acionamento individual dos rolos não é feita de uma vez só, porque o acionamento individual envolve um investimento muito grande. Muitos laminadores de chapas modernos adotam o acionamento individual somente para os 2 ou 3 rolos mais próximos da cadeira, os quais estão sujeitos a cargas mais pesadas e maiores choques, sendo que nos outros rolos é usado o acionamento por eixo de transmissão.

Algumas mudanças nos projetos são encontradas tendo 2 ou 3 rolos agrupados, dando assim com a redução de algumas engrenagens, uma diminuição na manutenção. Entretanto, foi verificado rapidamente que devido ao constante aumento de peso das placas ou lingotes empregados, uma maneira diferente de encarar o problema teve de ser adotada, surgindo o acionamento individual dos rolos para as mesas principais do laminador.

Na laminação de chapas largas, a placa de maior largura disponível quase sempre é insuficiente para fazer a largura da chapa e a placa tem então que ser girada de 90° e laminada no sentido de sua largura na cadeira alargadora, até transformar sua largura original na largura que deve ter a chapa. A placa é então girada novamente de 90° e mandada para a cadeira acabadora, onde se lamina no sentido do seu comprimento até se obter a espessura desejada. Esta laminação transversal (no sentido da largura) produz outros benefícios no material porque trabalha o metal em 2 direções.

No alargamento, o comprimento da placa que pode ser laminada é naturalmente limitado pela largura da cadeira alargadora, enquanto os comprimentos das placas que não requerem alargamentos não tem essa limitação.

Mecanismos de giro de placas podem ser inteiramente mecânicos ou podem ser do tipo pistão elevador, isto é, um pistão hidráulico elevador associado com um dispositivo de giro. Outro tipo de mecanismo de giro é constituído por mesas de rolos em que os rolos possuem forma cônica (taper roller) ou possuem 2 diâmetros diferentes (stepped roller) arrançados de uma maneira alternativa na mesa e acionados individualmente. Acionado cada rôlo em sentido contrário, a placa pode ser girada mesmo quando em movimento.

*Laminador vertical de Bordas* (Edger mill) — Os laminadores de chapas grossas modernos possuem a tendência de instalar laminadores verticais de bordas, com a finalidade de manter uniformes os bordos das chapas e diminuir a sucata lateral. Entretanto, exceto quando se usa a laminação direta a partir de lingotes, o laminador vertical, em geral, é um luxo exagerado. Tanto é que, usando a laminação direta a partir de lingotes, o laminador vertical melhora o rendimento em cerca de 3% e laminado a partir de placas êsse laminador somente melhora o rendimento em cerca de 0,5%.

Pode tornar-se necessária a instalação de um laminador vertical se quantidades grandes de aço inoxidável são laminadas com a finalidade de prevenir fendas nos bordos das chapas. Cada engenheiro de laminação tem uma opinião com respeito ao efeito e disposição do laminador vertical. Na laminação direta, um laminador vertical separado dá alguns passes nos bordos das chapas e êsses passes produzem bom efeito no aço porque:

- a) o aço plástico é comprimido na direção do centro do lingote, a carepa quebradiça cobrindo esta parte não seguindo êste movimento, solta-se e cai;
- b) por causa dêsses o lingote fica com os bordos planos, diminuindo, com isso, a sucata lateral;
- c) os passes no laminador vertical e os seguintes passes de redução da espessura contribuem para um aumento da densidade e qualidade da estrutura interna do aço, melhorando, portanto, os resultados da laminação.

Se um laminador vertical, do tipo anexo à cadeira, é instalado êle deverá estar no lado da frente do laminador, onde ajuda a introduzir a peça no laminador.

No laminador reversível a placa ou lingote recebe laminação nos bordos somente nos passes ímpares e os cilindros do laminador são afastados nos passes pares, porque a velocidade periférica do laminador vertical mais se aproxima da do motor principal do laminador, sendo que a igualação das velocidades é mais fácil.

*Descarepação* — A remoção da carepa merece uma consideração cuidadosa; a qualidade da superfície das chapas acabadas depende grandemente do estado completo ou não de descarepação. Três métodos principais são usados nos recentes laminadores de chapas para quebrar e retirar a carepa primária originada no reaquecimento das placas conforme se segue:

- a) um laminador duo não reversível quebrador de carepa, produzindo uma redução ligeira na placa, ou uma cadeira dua reversível a qual pode ser utilizada, também, para fazer o alargamento das placas;
- b) um laminador vertical de bordas, pesado, que além de controlar os bordos das placas, produz a quebra da carepa;
- c) uma caixa de descarepação possuindo jatos d'água de alta pressão convenientemente localizados é também suficiente para remover a carepa primária originada durante o aquecimento das placas.

Jatos d'água de alta pressão são montados nas unidades descritas em (a) e (b). A carepa secundária originada no curso da laminação deve ser removida por jatos d'água de alta pressão localizados na cadeira acabadora. Os jatos de descarepação provenientes de bem projetados bicos são alimentados por um conduto principal superior e outro inferior.

O conduto principal superior é solidário ao suporte dos mancais do cilindro de trabalho superior, de maneira que pode abaixar e suspender com êle, mantendo, portanto, uma distância constante contra a superfície do metal. O arranjo dos bicos no conduto principal deve ser tal que uma contínua lâmina de água é mantida ao longo da largura da placa ou chapa com um mínimo de sobreposição de jatos adjacentes.

*Rendimento* — O rendimento chapa/lingote ou chapa/placa é um problema muito importante desde que êle afeta o custo do produto.

O rendimento varia de acôrdo com o tipo da laminação que se usa, isto é, a partir de lingotes ou placas, varia com as dimensões da placa ou lingote, com as dimensões do produto e tipo de laminador. Os fatores que influenciam o rendimento do produto são os seguintes (vide figura 11):

- a) perda pela carepa;
- b) diferença entre o pêsso real e o calculado do produto;
- c) sucata lateral;
- d) sucata de pontas;
- e) corpos de prova.

Quando um engenheiro de laminação de chapas previamente estabelece o rendimento e então o tamanho da placa, êle deve ter em mente a diminuição dos fatores citados acima

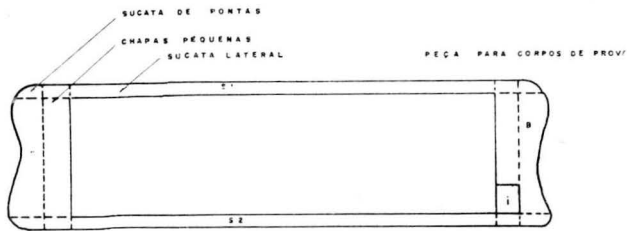


Fig. 11 — Fatores que influenciam o rendimento chapa/placa.

para melhorar o rendimento, mas uma diminuição excessiva pode levar à obtenção de chapas pequenas (short plates).

*Perda pela carepa* — Na operação de escarfagem e aquecimento a perda da carepa é cerca de 1% a 4%. Os defeitos superficiais das placas são causados por uma deficiente operação na aciaria e no laminador de placas, e influenciam a perda na escarfagem. A operação de aquecimento no laminador de chapas pode contribuir muito para diminuir a perda pela carepa.

*Diferença entre o peso real e o peso calculado* — Em geral, os padrões de tolerância especificam que a espessura das chapas em qualquer ponto deve ser superior ou no máximo igual à espessura especificada menos 0,01 polegada e, portanto, o peso real será maior que o peso calculado. As espessuras das chapas são medidas nos seus pontos mais finos e a espessura real no centro da chapa geralmente difere da espessura dos bordos. Essa diferença de espessura é causada pelo desgaste e pela deflexão dos cilindros. Um laminador quádruplo pode obter um rendimento maior que um duo ou trio, porque a deflexão nêle é menor.

*Sucata lateral ( $S1 + S2$ )* — Quanto mais pesada fôr a placa ou lingote e quanto menor fôr a relação largura da placa/largura do produto esboçado, maior será o dobramento dos bordos laterais do produto.

Portanto, placas mais finas e mais largas diminuem a sucata lateral. Em geral esta sucata lateral varia de 4% a 7% quando se lamina a partir de placas e 5% a 8% quando se usa a laminação direta, isto é, quando se lamina a partir de lingotes.

*Sucata de pontas ( $T + B$ )* — Nas extremidades das chapas aparecem os rabos de peixe e partes fora de bitola, sendo necessário cortá-las. A chapa laminada a partir de lingotes possui defeitos metalúrgicos no tampo e a quantidade a ser cor-

tada será portanto maior. Esta sucata de pontas varia de 5% a 10% quando se empregam lingotes.

*Corpos de prova (i)* — O número de corpos de prova tirados de uma chapa ou de um lote de chapas varia com a especificação em que foi pedida, mas, em geral, os corpos de prova diminuem o rendimento em 2% a 5%.

Sumariando as perdas acima, os rendimentos reais de chapas dentro de especificação são os seguintes:

	Tamanho do lingote ou placa (mm):	Tamanho do produto (mm):	Rend. %
Lingote	200 × 540 × 800	6 × 1524 × 6096	74,0%
	335 × 940 × 1210	14 × 1524 × 12100	71,5%
	462 × 1250 × 1875	30 × 1810 × 12050	66,6%
Placa	150 × 1400 × 2490	12 × 1800 × 20000	83,6%
	200 × 1000 × 2450	12 × 1800 × 18000	80,3%
	340 × 1000 × 3111	32 × 2400 × 10000	74,3%

## 7. DESCRIÇÃO GERAL DO EQUIPAMENTO DA LAMINAÇÃO DA USIMINAS

Para melhor acompanhar esta descrição, queira o leitor acompanhá-la no “lay-out” da figura 13, referente à laminação de chapas grossas e de tiras a quente da Usina “Intendente Câmara”.

*Laminador duo-reversível de 120”* — Após serem descarregadas do forno, as placas são conduzidas ao laminador duo-reversível de 46” × 120”, o qual é acionado por um motor de c.c. de 4.500 HP e 750 V através de uma caixa de pinhões e eixos acionadores. O motor pode girar a uma velocidade de até 35 r.p.m., a qual vai dar aos cilindros uma velocidade periférica de até 130 m/minuto.

A caixa de pinhões é do tipo inteiramente fechado, os pinhões sendo de aço liga forjado, tendo dentes helicoidais duplos. A distância centro a centro entre o pinhão superior e o inferior é de 46”.

Os cilindros do laminador são de aço-liga forjado, tendo 46” (1.168 mm) de diâmetro por 120” (3.048 mm) de comprimento da mesa. Os mancais destes cilindros são do tipo “Compôsto” lubrificadas por meio de graxa e água. O cilindro superior é balanceado por meio de um sistema de balanceamento hidráulico através de um cilindro hidráulico, montado num tampo de cadeira, barra sustentadora e tirantes.

A troca de cilindros será feita por trocador de cilindros acionado a motor e que se desliza em guias. Por meio d'êste trocador os dois cilindros podem ser trocados ao mesmo tempo, ou sòmente o cilindro inferior, o superior ficando suspenso por meio do sistema de balanceamento.

Os parafusos ajustadores são acionados por dois motores de 200 H.P., 0/420/840 r.p.m. a velocidade de elevação dos cilindros, podendo ser de 0/776/1.552 mm/min. A abertura máxima entre o cilindro superior e o inferior é de 25" (635 mm). As aberturas entre os cilindros podem ser constantemente conhecidas pelo operador por meio de um dial mecânico montado no tópo da cadeira e por meio de outro do tipo "selsyn" instalado na cabine de comando.

O laminador duo reversível de 120" será usado como laminador/esboçador e alargador das placas para chapas. Contudo, na laminação de longas placas para tiras, êste laminador será usado como quebrador de carepas. Em vista da primeira finalidade, os rolos das mesas de vante e de ré do laminador têm diâmetros escalonados "stepped", em suas duas metades no sentido longitudinal. Assim sendo, os rolos são dispostos com suas extremidades de maior e menor diâmetro de modo alternado de maneira a permitirem o giro das placas quando êstes rolos alternados são girados em sentidos contrários ao mesmo tempo. Os rolos destas mesas são de aço forjado com 160" (4.046 mm) de comprimento da mesa, isto porque a diagonal da maior placa a ser virada é de aproximadamente 3.840 mm.

De cada lado do laminador, existem dois rolos alimentadores de 20" de diâmetro acionados individualmente por meio de eixo, acoplamento flexível e motor.

Na mesa de vante e de ré do laminador, guardas laterais com uma abertura máxima de 4.267 mm (168") mínima de 559 mm (22") permitem a centragem das placas. Indicadores mecânicos permitirão conhecer as aberturas dos guardas laterais de cada lado.

Os jatos para descarepação se dispõem de cada lado do laminador e se dividem em dois grupos de modo a poderem ser usados sòmente os jatos centrais ao serem laminadas placas mais estreitas, os jatos das extremidades sendo fechados por meio de válvulas acionadas a ar. Do mesmo modo, saídas de água para o resfriamento dos cilindros são previstas de cada lado do laminador.

O conjunto motor-gerador para o acionamento do motor do laminador é constituído por três unidades e um volante, sendo um motor de indução de 4.000 HP, 11.000 V, 3 fases, 60 ciclos

e 2 geradores de 2.000 kW, 750 V, 514 r.p.m. A energia total armazenada neste conjunto é de 120.000 HP.

Os motores das mesas de vante e de ré, rolos alimentadores e parafusos ajustadores são alimentados por dois conjuntos de geradores de corrente variável.

À distância de 36' (10, 966 m) do laminador duo, será instalado, no futuro, o laminador esquadrinhador. Assim sendo, no primeiro estágio da operação, foi instalada uma mesa provisória em lugar dêste laminador. Os rolos verticais terão 42" de diâmetro por 28 1/4" de comprimento da mesa e serão acionados por um motor de corrente contínua de 1.500 HP, 0-150-250 r.p.m. que dará 0-263-439 pés/min. nesses cilindros através de engrenagens cônicas e helicoidais duplas. A energia para o motor será suprida por um conjunto motor gerador de 1.250 kW a ser instalado no futuro. A finalidade principal do laminador esquadrinhador será a de reduzir a sucata lateral da chapa e dar bordas melhores e mais uniformes ao material a ser laminado.

*Laminador quádruo reversível de 120"* — Aproximadamente a 52,1 m do laminador duo reversível está a cadeira acabadora quádrua reversível, com cilindros de 36" e 54" x 120" com um laminador vertical anexo "attached" de 24". Êste laminador tem a necessária rigidez e mancais que o tornam apto a laminar tanto chapas largas de espessura uniforme e boa superfície bem como servir de cadeira esboçadora para o trem semi-contínuo de tiras a quente. As armações são de aço fundido com o tópo fechado, os montantes tendo 952 pol<sup>2</sup> de secção, cada.

Assim sendo, êle poderá laminar chapas de 6 mm a 100 mm de espessura, larguras de 600 mm até 2.800 mm e comprimentos até 12,5 m (máximo de 20 m para pedidos especiais) e esboçar placas para bobinas até 60 m de comprimento com 19 mm de espessura e 500 lb por polegada de largura em 5 ou 7 passes.

Os motores principais dêste laminador são apropriados tanto para as severas operações de laminação de chapas grossas como para as operações mais leves de esboçar placas para o tiras a quente. Consistem de dois motores reversíveis de corrente contínua de 3.500 HP, cada, capazes de manter uma sobrecarga de 275% durante um minuto, que acionam os cilindros de trabalho superior e inferior através de eixos acionadores universais.

Os motores podem ter uma velocidade de 0-35-90 r.p.m., a velocidade periférica dos cilindros podendo ser 0-330-848 pés/min (0-100-258 m/min). O conjunto motor-gerador principal é constituído por um motor de indução de 7.000 HP,

11.000 V, 3 fases, 60 ciclos e um volante tendo uma energia total de 180.000 HP/s, e três geradores de corrente contínua de 2.000 kW.

O laminador esquadrinhador junto ao laminador quádruplo possui cilindros de 24" de diâmetro por 10" de altura da mesa; é acionado por um motor reversível de corrente contínua de 600 HP, 750 V, 0-200-600 r.p.m., possibilitando uma velocidade periférica dos cilindros de 0-200-600 pés/min. O conjunto motor-gerador para este laminador é de 500 kW.

Os cilindros de trabalho (feitos de liga especial de ferro fundido) tem 36" de diâmetro por 120" de comprimento da mesa; seus munhões são suportados pelos mancais de rolos com 4 fileiras situados em cada suporte. O cilindro de trabalho superior é balanceado através de cilindros hidráulicos.

Os cilindros de encôsto são feitos de aço fundido especial; têm 54" de diâmetro por 118" de comprimento da mesa e são suportados por mancais de filme de óleo tipo Morgoil de série 54-90. O cilindro de encôsto superior é balanceado hidráulicamente por meio de cilindro hidráulico montado no separador no tampo das cadeiras.

No caso de uma mudança de cilindros, os cilindros de encôsto e de trabalho podem ser movimentados para dentro ou para fora das armações por meio do trocador de cilindros acionados por motor e que se desloca em guias.

Os parafusos ajustadores do laminador, de 20" de diâmetro e 1" de passo, são operados por dois motores de 200 HP; 0/420/840 r.p.m.; alimentados por um conjunto motor-gerador de voltagem variável. Caso necessário, os motores podem ser acionados independentemente desligando o seu acoplamento pelo acionamento de uma embreagem magnética. A velocidade máxima dos cilindros é de 0/776/1552 mm/min e a abertura máxima entre os cilindros de trabalho é de 15". As posições do parafuso ajustador são mostradas por meio de um dial mecânico no tampo da cadeira e um indicador tipo "selsyn" na cabine de comando.

Por ocasião do início da operação do laminador de tiras a quente, será instalado na cadeira acabadora um sistema de pré-posicionamento automático do parafuso ajustador "pre-set automatic screw control system" e que poderá ser usado sempre que se deseje.

Este sistema permitirá a preparação de dois programas de até 21 passes, um podendo ser modificado enquanto o outro estiver em operação. Com este controle, o programa de laminação pode ser pré-estabelecido num painel de chaves, com as desejadas aberturas do laminador para cada passe durante a



laminação. Esta operação automática do parafuso ajustador é conjugada com o movimento dos guardas laterais de vante e de ré e dos cilindros, do laminador esquadrinhador anexo.

Com uma placa na mesa de vante do laminador, os guardas laterais de vante e os cilindros de esquadrinhar se movem para dentro a fim de colocar a placa no centro da mesa e os guardas laterais de ré do laminador se movem para fora deixando livre a placa em sua saída. A seguir, a placa passa pelo laminador pelo acionamento do comando principal do operador do parafuso ajustador e que controla a velocidade e sentido de rotação dos motores principais, laminador esquadrinhador anexo e motores das mesas de vante e de ré do laminador.

Logo que a placa para na mesa de ré após sua passagem pelo laminador, o operador do laminador aciona o botão de comando do posicionamento automático do parafuso ajustador. A seguir, a abertura dos cilindros muda automaticamente para o valor predeterminado para o passe seguinte; os guardas laterais de ré se movem para dentro, a fim de centrar a placa e os cilindros de esquadrinhar e guardas laterais de vante se movem para fora para deixar livre a passagem da placa após sua saída do laminador.

Quando a placa se encontra em frente do laminador e o botão de comando do parafuso ajustador é acionado, é dada, automaticamente, a abertura dos cilindros para o passe seguinte e tem lugar as ações citadas nos guardas laterais e cilindros verticais de uma maneira inversa.

Este curso automático dos cilindros verticais para dentro e para fora pode ser ajustado para qualquer valor, entre 0 e 125 mm. As aberturas dos cilindros de trabalho, ambos os guardas laterais e cilindros verticais são sempre mostradas pelos indicadores mecânicos em cada equipamento e pelo indicador tipo "selsyn" no painel de comando do operador do parafuso ajustador.

A mesa de saída do futuro laminador esquadrinhador (C-3) a mesa (D-1) de aproximação do laminador quádruo, as mesas (D-2) e (D-3), respectivamente, de vante e de ré do laminador, a mesa de saída (D-4) do laminador quádruo, as mesas D-5, D-6, D-7 e D-8 bem como os rolos alimentadores e parafusos ajustadores são acionados por dois conjuntos de motores geradores de corrente variável.

A velocidade periférica dos rolos das mesas de rolos é de 0-410-820 pés/min (0-125-250 m/min).

Durante a laminação de chapas, as mesas D-1, D-2, D-3 e D-4 são operadas com a velocidade de 0-410-820 r.p.m. e as mesas D-5, D-6, D-7 e D-8 são operadas na velocidade de 0-300 pés/min, porque elas são usadas juntamente com a

desempenadeira de chapas até 3/4". Durante as operações de esboçamento de placas para tiras, as mesas C-3, D-1, D-2, D-3, D-4, D-5, D-6 e D-7 são operadas à velocidade de 0-410-820 pés/min, porém, após o último passe, quando a tira esboçada alcança a mesa D-8, a velocidade das mesas citadas pode ser mudada automaticamente para a velocidade do trem acabador de tiras.

De cada lado do laminador existem 2 rolos alimentadores com 20" de diâmetro acionados por motores individuais através de eixos e acoplamentos flexíveis.

Na mesa D-2 em frente ao laminador quádruplo há um virador de placas que eleva as placas e as gira de 90°. Este virador de placas é utilizado para virar placas delgadas e leves, de no máximo, 2.900 mm × 2.900 mm, para as quais a laminação de alargamento é feita no laminador quádruplo. O alargamento destas placas não pode ser feito na cadeira dua, porque os rolos deste laminador são dotados de caneluras especiais para facilitar a remoção da carepa e que podem deixar marcas na superfície do material a ser acabado.

A descarepação é feita hidráulicamente por meio de jatos localizados no lado de trás dos cilindros superior e inferior. A água para a descarepação é fornecida por meio de duas bombas de 1.250 galões/min, acionadas por motores de indução de 1.500 HP, cada, instaladas na sala de bombas e a pressão da água é de 1.350 psi (cerca de 95 kg/cm<sup>2</sup>). No segundo estágio, será acrescentada mais uma bomba, para servir o tiras a quente.

## 8. DESEMPENAMENTO, RESFRIAMENTO E MARCAÇÃO

*Desempenamento* — O efeito do desgaste dos cilindros (produzido pelo uso) no coroamento "plate crown" e no acabamento superficial das chapas pode ser visto prontamente. Um efeito adicional tem relação com o desempenho da chapa "plate flatness"; torna-se mais pronunciado com as bitolas mais finas. Portanto, a quantidade de aplainamento requerida pela chapa depois de deixar o laminador geralmente aumenta com o decréscimo da espessura da chapa.

A efetividade do aplainamento que pode ser produzido numa desempenadeira, aumenta com o decréscimo do diâmetro e espaçamento de seus rolos e com o aumento da temperatura da chapa. Para chapas finas, portanto, uma desempenadeira com rolos de pequenos diâmetros e com espaço bem reduzido entre êles, deve ser localizada perto da cadeira acabadora.

As chapas grossas, nas temperaturas correspondentes, para serem desempenadas exigem rolos muito mais rígidos e fortes que as chapas finas. As chapas grossas, usualmente, saem do laminador com altas temperaturas de acabamento e requerem um resfriamento acelerado antes da sua entrada na desempenadeira, ou então, a desempenadeira pesada deve ser localizada a grande distância da cadeira acabadora de modo a permitir um conveniente resfriamento da chapa.

É comum a adoção de desempenadeiras duas nos laminadores de chapas, entretanto, alguns laminadores recentes instalados na Alemanha adotam desempenadeiras quádruas. As desempenadeiras quádruas são mais fortes e rígidas que as duas, mas possuem a desvantagem de a carepa cair entre os cilindros de trabalho e encôsto, marcando as chapas. As desempenadeiras quádruas são também usadas para o desempenamento a frio.

O desempenamento a quente deve ser feito na temperatura própria, cêrca de 730°C, isto é, no ponto de transformação A1, no acabamento.

Jatos d'água para o resfriamento das chapas são providos no lado de frente das desempenadeiras a quente e são constituídos de jatos superiores e inferiores de maneira que ambas as superfícies das chapas são esfriadas igualmente. Isto significa que as chapas são resfriadas até a temperatura desejada antes do seu desempenamento, sem paradas do laminador. Os jatos d'água são particularmente benéficos quando se laminam chapas grossas, porque asseguram uma melhor superfície pela redução da formação de carepa secundária.

*Resfriamento* — As chapas saindo das desempenadeiras devem sofrer um resfriamento uniforme de maneira a evitar o aparecimento de esforços localizados, os quais provocam distorções permanentes nas chapas. Como mais calor é cedido pela chapa em contacto com outra superfície metálica do que pela exposição à atmosfera, é necessário que o sistema de transporte da chapa durante o resfriamento seja construído de tal maneira que somente contactos momentâneos sejam feitos com a superfície inferior da chapa, sendo que o resfriamento dessa superfície seja feito, principalmente, por radiação, semelhante à superfície superior.

Esta condição de resfriamento deve ser mantida até que as chapas alcancem uma temperatura tal que não seja mais susceptível de distorção proveniente de um resfriamento não uniforme. Este fato é de grande importância no "lay-out" de um laminador de chapas grossas.

Para se obter êsse resfriamento, grande confiança está sendo depositada em leitos de resfriamento de transferidores tipo transversal, provendo um movimento relativamente vagaroso ou um movimento transversal das chapas, com uma corrente efetivamente alta de ar, de maneira que permita um adequado tempo para o resfriamento. A área do leito deve ser suficiente de maneira que êle possa mover um certo número de toneladas de chapas por hora, correspondendo à capacidade de laminação, numa velocidade média bastante baixa para promover o requerido resfriamento.

O movimento das chapas nas mesas é também um importante fator no abaixamento de suas temperaturas de maneira que as mesas de rolos servem tanto para o transporte como para o resfriamento do produto.

As mesas acabadoras de um laminador de chapas podem ser de diferentes desenhos. Elas podem possuir rolos cilíndricos ou rolos em forma de disco "disc rollers".

Os rolos de discos, possuindo discos alternados, são bem adaptados para o suporte e transporte tanto de chapas quentes como frias. Os rolos podem ter engrenagens cônicas acionadas por um eixo de transmissão comum, ou podem ser acionados individualmente. Outro tipo comum de mesa transportadora consiste de correntes longitudinais carregando os rolos de discos correndo em esteiras. As chapas são levadas na superfície dos rolos e se movem com velocidade dupla daquela da corrente.

Quando resfriadas a uma temperatura suficientemente baixa para permitir o manuseamento, as chapas devem ser inspeccionadas e marcadas para o corte. Freqüentemente, entretanto, o corte das pontas é feito enquanto a chapa ainda está quente.

*Marcação* — Usualmente a inspeção da superfície superior e inferior de tôdas as chapas é feita no dispositivo de inspeção, que é um virador de chapas. Depois de certificado que nenhum defeito existe em ambas as superfícies, a chapa é virada novamente para a mesa de rolos e transportada até a mesa de marcação.

A operação de marcação consiste na marcação das dimensões das chapas, pintura e estampagem. Geralmente esta marcação é manual e feita enquanto a chapa se move lentamente na mesa ou aí permanece parada. A marcação manual das chapas para o corte nas tesouras, nas dimensões pedidas pelo consumidor, pode introduzir algum grau de desvio na precisão teórica, mas assegura a forma retangular descartando as partes com defeitos.

Alguns laminadores possuem máquinas de marcação, as quais se movem ao longo da mesa de marcação por meio de motores. Movimentos longitudinais e transversais graduados permitem ao operador medir e marcar mecânicamente o desejado tamanho e forma de uma chapa retangular.

A pintura e estampagem consistem no número do pedido, número da corrida da aciaria, nome do consumidor, dimensões, etc., e estampos de identificação. Com respeito às chapas que devem ser cortadas em um número determinado de peças, os marcadores tem a responsabilidade de esboçar os tamanhos e formas de maneira a evitar perdas desnecessárias.

*Equipamento de desempenamento, resfriamento e marcação no laminador da Usiminas* (vide figura 13) — Aproximadamente 162 pés (49,3776 m) além da cadeira quádrupla acabadora está a desempenadeira leve que é constituída por 11 rolos de 12 ½" de diâmetro e 120" de comprimento, e capaz de desempenar chapas quentes de até ¾" espessura. Esta desempenadeira, no seu lado de entrada possui dois rolos propulsores de 15" diâmetro × 120" comprimento. A desempenadeira leve, consistindo na própria desempenadeira, eixos acionadores, cadeira de pinhões, motor principal e dispositivos de lubrificação, está montada em um leito retrátil da linha de laminação.

Quando o laminador esboça produtos para bobinas ou faz chapas grossas acima de ¾" de espessura esta desempenadeira ligada a uma mesa de rolos é afastada e a mesa que é montada no mesmo leito da desempenadeira toma seu lugar na linha de laminação. Deixando esta desempenadeira as chapas vão até a mesa de entrada do transferidor T-1 e daí, para o leito transferidor de corrente.

As chapas até ¾" de espessura se resfriam enquanto atravessam esse leito tipo grelha, o qual possui 80 pés e 7" (24,5618 m) de largura. Daí entram nas mesas de saída do transferidor T-1 e vão até a desempenadeira pesada. Esta desempenadeira possui 9 rolos de 16" de diâmetro por 120" de comprimento e dois rolos propulsores de 18" de diâmetro e pode desempenar chapas quentes de até 1 ½" de espessura. Jatos para o resfriamento das chapas são localizados no lado de frente de ambas as desempenadeiras.

A secção da mesa no lado de frente da desempenadeira leve é projetada de uma maneira tal que chapas grossas acima de 1 ½" de espessura podem ser retiradas da mesa por meio de um garfo (claw) de uma ponte rolante e colocadas no carro transferidor de chapas quentes, que as transfere para a área de resfriamento da linha de tesouras para corte a maçaricos automáticos.

Deixando a desempenadeira pesada, dois outros transferidores (chamados T-2 e T-3) serão instalados no futuro de maneira a obter maior produção de chapas grossas.

Um dispositivo de inspeção das chapas (tendo 15 hastes para levantar as chapas e 15 hastes para apará-las e vice-versa) é capaz de virar chapas de até 1 1/2" de espessura, 80 pés (24,3840 m) de comprimento e 11 t de pêso. Este dispositivo é acionado por 4 motores de 75 HP e pode levantar e virar as chapas automaticamente.

A mesa de marcação tem aproximadamente 90 pés (27,432 m) de comprimento e tem rolos de disco no lado de trabalho da mesa, de maneira a permitir fazer o trabalho de marcação, à mão, do piso do edificio.

## 9. TESOURAS

*Generalidades* — Depois que as chapas são marcadas, elas são movimentadas para as tesouras ou para os maçaricos automáticos oxi-acetilênicos. Estas operações são de importância capital em todo o esquema do projeto e operação de um laminador de chapas. É evidente que considerável trabalho manual pode ser envolvido no manuseamento e corte de grandes volumes de chapas pelos métodos usuais e convencionais; estas operações podem bem provar serem o ponto crítico na produção de chapas acabadas.

Portanto, qualquer substituição bem sucedida de trabalhos manuais por manuseamento mecânico ou qualquer eliminação possível e operações supérfluas poderá pagar elevados dividendos.

A operação de corte lateral, especialmente em chapas grossas, é particularmente importante e das que requerem maior quantidade de manuseamento, trabalhos manuais e equipamento de corte.

A produção e a demanda de mercado para chapas universais (aquelas com os bordos como laminadas) é muito pequena. A grande maioria é de chapas de bordos aparados feitas em laminadores de chapas ou tiras a quente, daí a importância da operação de corte lateral para os laminadores de chapas aparadas.

Os laminadores de chapas possuem diversas espécies de equipamentos de corte, tais como:

- 1) tesouras com lâminas retas;
- 2) tesouras com lâminas circulares;

- 3) tesouras circulares;
- 4) equipamento de corte a maçarico.

As duas primeiras são usadas para o corte retangular, a terceira para chapas circulares e a quarta tanto para chapas retangulares como para chapas de outras formas "sketch plates".

*Tesoura de pontas e tesoura final* — Já foi mencionado que a primeira operação de corte na chapa depois de laminada é o corte da sua extremidade frontal. Isto é usualmente feito com uma tesoura de lâminas retas, isto é, o tipo convencional de tesoura de guilhotina com a lâmina superior móvel e inclinada "down cut guillotine shear", de largura conveniente. O corte no comprimento desejado, o corte de uma chapa em outras menores e o corte da ponta traseira é também efetuado em tesouras similares. Isto produz o problema do "shear bow" (curvamento da aresta cortada da chapa produzido pela tesoura), quando o corte é feito com lâminada inclinada (raked knife).

A porção da chapa que é cortada fora pela lâmina inclinada tende a se torcer e isto produz um curvamento de maior ou menor extensão, dependendo da maior ou menor inclinação da lâmina, da espessura da chapa, da largura ou comprimento cortado, das condições das lâminas, do tipo do aço e outros fatores. Parece que é impossível eliminar ou evitar êste fenômeno ao todo e naturalmente êle não tem importância com referência às chapas acabadas, se o encurvamento se localiza somente no material sucitado, cortado das extremidades ou lado das chapas. Entretanto, fazendo-se sucessivos cortes das extremidades para obtenção do comprimento pedido ou na divisão da chapa em outras menores o curvamento irá permanecer em uma ou outra das peças.

Construções rebitadas cederam lugar às construções soldadas; o encurvamento das chapas produzidas pelo corte tornou-se altamente objeccionável, porque êsse curvamento nas extremidades e bordos cria dificuldades para a solda "union melt welding". Para reduzir êste curvamento (shear bow) ao mínimo, tesouras mais modernas foram projetadas com a inclinação superior não excedendo a  $\frac{1}{2}$ " em 12".

Uma tentativa para eliminar o "shear bow" conduziu ao projeto das chamadas tesouras oscilantes "rocking shear" nas quais a inclinação da lâmina superior é variável durante o ciclo de corte. A inclinação da lâmina superior dessa tesoura começa em 1°20', muda para o máximo de 2°30' e retorna em 1°20' por meio de movimentos excêntricos. Êste projeto obteve

sucesso até certa extensão e sua principal vantagem é que a sucata tem menos curvamento que a produzida nas tesouras convencionais.

*Tesoura rotativa de aparas laterais* — Depois da marcação e do corte das pontas, os bordos das chapas são cortados, nos laminadores de chapas de grandes produções, pelas tesouras rotativas de aparas laterais. Tesouras deste tipo possuem lâminas circulares montadas em eixos em balanço. Ambas as lâminas são acionadas e arranjos podem ser feitos para guiar e avançar a chapa continuamente através da tesoura a uma velocidade moderadamente alta com um mínimo de atenções manuais.

O uso das tesouras rotativas de aparas laterais em laminadores de grande produção é de grande importância desde que as chapas podem passar através dessas tesouras sem paradas e avanços, como é necessário nas tesouras tipo guilhotina.

Uma valiosa característica da tesoura rotativa de aparas laterais é o modo comparativamente fácil que os cortadores de sucata podem ser construídos na mesma unidade com a finalidade de cortar as fitas laterais em comprimentos que podem ser facilmente removidos por calhas e transportadores.

Para completar o conjunto de tesouras, uma tesoura final com um conveniente medidor mecânico, deverá ser instalada atrás da tesoura rotativa de bordos, de maneira a cortar as chapas aparadas nos comprimentos pedidos. Até  $\frac{3}{4}$ " de espessura as chapas podem ser cortadas na tesoura tipo rotativa, dispondo as lâminas de modo conveniente.

É desejável ter os raios das lâminas inferior e superior, respectivamente, numa relação de 4 para 1. Este tipo diminui as mudanças das lâminas e produz um corte de melhor qualidade, quando comparado com tesouras tendo a relação das lâminas de 1 para 1.

O cortador superior menor é usualmente retificado na face, ou segundo a circunferência ou em ambas, conforme seu estado. Como esses cortadores diminuem de espessura, calços são colocados atrás deles. As lâminas superior e inferior, são acionadas por eixos acionadores universais.

O cortador inferior é suportado em bainhas excêntricas. Esta bainha, quando rodada por um parafuso sem fim, eleva ou abaixa o cortador inferior, pondo-o na altura própria de corte. Os cortadores inferiores são usualmente retificados segundo a circunferência e seus diâmetros variam.

O cortador superior é também suportado em bainhas excêntricas uma extremidade da qual é parafusada numa porca estacionária. Quando a bainha roda de modo excêntrico, o cor-



tador é levantado ou abaixado e ao mesmo tempo se move horizontalmente na porca estacionária.

As tesouras rotativas são equipadas com calhas que guiam a sucata lateral para os cortadores de sucata. Há diferentes tipos de cortadores volantes de sucata. Alguns são rotativos e outros operam de modo alternativo.

A sucata cortada é removida dos cortadores por calhas de aço manganês com declividade muito acentuada para prevenir o amontoado da sucata. Essas calhas descarregam a sucata cortada nas caixas de sucata que são retiradas pela ponte.

Alguns laminadores de chapas possuem uma tesoura seccionadora rotativa atrás da tesoura rotativa de bordos.

Uma tentativa para projetar uma completa tesoura rotativa de bordos combinada com uma seccionadora foi feita, e na verdade a máquina foi instalada e posta em operação, mas não obteve sucesso devido ao curvamento dos bordos produzido pela tesoura seccionadora. O método verificado e bem sucedido para o seccionamento das chapas é a posição da tesoura seccionadora a 20 pés além da tesoura rotativa de bordos.

A figura 12 mostra uma secção típica de uma tesoura seccionadora combinada com uma tesoura rotativa de bordos.

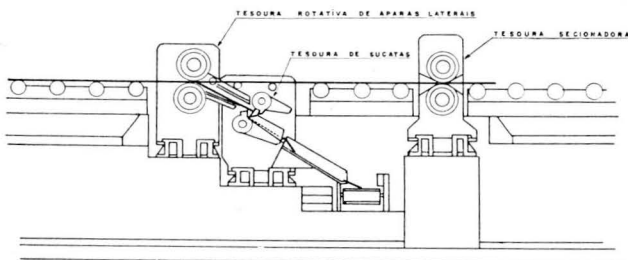


Fig. 12 — Secção típica de uma Tesoura Seccionadora combinada com uma Tesoura Rotativa de Aparas Laterais.

*Tesoura lateral* — O tipo convencional de tesoura de guilhotina com lâmina superior inclinada permanece como o tipo principal para o corte das extremidades, bem como para o corte lateral das bordas de chapas grossas até 1 1/2" de espessura. Muitos "lay-outs" de laminadores de chapas possuem um grupo combinado de tesouras consistindo de uma tesoura final para o corte nos comprimentos pedidos e de 2 tesouras laterais, cada uma cortando uma borda de chapa. A tesoura final é usualmente servida por uma mesa de rolos do lado de entrada, seguida de uma pequena mesa depressível a qual entre-

ga as chapas para uma mesa de roldanas entre as duas tesouras laterais.

As tesouras laterais são alternadas uma em relação à outra, de maneira que um lado da chapa pode ser cortado sem interferência, antes da chapa ser conduzida para a tesoura seguinte. A mesa de roldana é arranjada para uma mínima quantidade de manuseamentos ou movimentos manuais das chapas entre cortes sucessivos.

O manuseamento manual de chapas grossas numa grande mesa de roldanas para alimentação das tesouras tipo guilhotina, deixa muito a desejar; linhas mecanizadas de tesouras, usualmente consistindo de duas tesouras laterais e uma tesoura final foram projetadas com a finalidade de diminuir êste manuseamento manual. Nestas linhas, mesas de rolos são usadas para os movimentos longitudinais da chapa, e os movimentos transversais são efetuados por eletroímãs convenientemente espaçados, movidos por parafusos transversais debaixo da mesa. Os eletroímãs são arranjados de maneira que as chapas são levantadas da mesa de rolos para o movimento transversal.

*Tesouras circulares* — Além das chapas retangulares, há outras formas de chapas, que são conhecidas como “sketch plates”; também devem ser previstos dispositivos para cortá-las. Elas são usualmente marcadas por meio de um molde ou gabarito e cortadas segundo a linha. A chapa podendo ser manipulada manualmente numa mesa de roldanas ou mecânicamente, onde se disponham de equipamentos mecanizados nas tesouras.

Formas especiais (tais como chapas circulares para tampas de tanques chatos, chapas elípticas ou outros formatos irregulares de chapas de até  $\frac{3}{4}$ ” de espessura, possuindo bordos de linhas curvas) podem ser cortadas nas chamadas tesouras circulares. Esta é uma tesoura especial, com lâminas rotativas, tendo os bordos chanfrados sendo acionadas por eixos fazendo ângulos convenientes com a chapa.

As chapas circulares são cortadas da chapa matriz, a qual é prêsá ou centrada em um “pivot” que pode ser ajustado em relação ao ponto de corte para qualquer raio, dentro dos limites do equipamento. Outras formas são cortadas na linha marcada, a chapa sendo guiada a mão.

*Corte com maçaricos automáticos* — Os maçaricos oxiacetilênicos estão tomando um lugar cada vez mais importante no corte de chapas, marcadas nos tamanhos e formas desejados, nos laminadores de chapas modernos. Êste método de corte das chapas não somente foi desenvolvido simultâneamente com o desenvolvimento da solda como método de fabricação,

mas também foi estimulado por ela, já que os bordos das chapas cortadas com maçaricos soldam-se melhor do que os cortados em tesouras e o processo de corte com maçaricos tem menos limitações. O corte a maçaricos possui muitas vantagens, tais como:

- 1) seus bicos podem facilmente cortar ao longo de linhas irregulares ou curvas;
- 2) não tem limitações com respeito à espessura das chapas e corta muito bem chapas mais espessas que 1 1/2" incapazes de serem cortadas nas tesouras;
- 3) é conveniente para o corte das chapas que não devem possuir do "shear bow" (curvamento);
- 4) obtém boa superfície nos bordos cortados;
- 5) envolvem um pequeno investimento inicial comparado com as tesouras mecânicas.

Entretanto, êste equipamento de corte possui uma importante desvantagem que é a dificuldade em se obter uma rápida velocidade de corte. Mesmo os mais bem projetados maçaricos podem obter uma velocidade de corte de somente 500 mm por minuto, numa chapa de 30 mm de espessura. Com a finalidade de sobrepujar esta dificuldade, apareceram vários equipamentos de corte a maçaricos.

Outra vantagem do processo de corte a maçarico reside no fato de que não é requerido nenhum equipamento mecânico muito pesado, embora sejam necessárias ajudas mecânicas de várias espécies para desenvolver suas possibilidades. A mais simples forma dêsse equipamento de corte é o maçarico portátil acionado por rodas motorizadas ou rolos, réguas especiais sendo providas para guiarem o maçarico nos movimentos retos.

Círculos podem ser cortados com a ajuda de barras de raios convenientes e formas irregulares também podem ser cortadas a partir de gabaritos previamente marcados e com condução manual da roda alimentadora. Cortes em bisel também podem ser feitos, com acessórios convenientes.

Equipamento mais elaborado é disponível para corte segundo gabaritos no pantógrafo ou equipamento similar. A principal característica dessas máquinas é que o ponto tracejador está localizado a alguma distância do bico ou bicos de corte. Os modelos ou gabaritos são colocados em convenientes mesas tracejadoras e a chapa é suportada em mesas de trabalho adjacentes.

Os maçaricos automáticos "flame planers" são máquinas projetadas para cortar os bordos laterais, seccionar, cortar as extremidades e condicionar os bordos de uma considerável tonelagem de chapas médias e grossas numa base real de produção. Este equipamento consiste num carro para corte lateral e seccionamento, movimentando-se em trilhos e carregando diversos maçaricos para o corte dos bordos, seccionamento, cortes em bisel ou condicionamento dos bordos.

Dois outros carros com movimentos transversais para os maçaricos são localizados de cada lado do carro para corte lateral e correm nos mesmos trilhos. A movimentação dos dois carros para o corte das extremidades é feita de uma maneira tal que possibilita medir, entre eles o comprimento desejado das chapas, seus maçaricos fazendo então o corte das duas extremidades.

Os carros para o movimento longitudinal e transversal cobrem a área de trabalho onde o corte é feito. Esta área é usualmente servida por uma mesa de rolos de discos ocupando o espaço entre os trilhos. Esta mesa se estende para o lado de frente e de trás da área de corte, de maneira que as chapas podem ser carregadas pela ponte na mesa, no lado do recebimento, se movimentarem através da área de trabalho, passando por baixo dos maçaricos, e saírem na mesa de entrega completamente cortadas.

As chapas acabadas são então retiradas da mesa por uma ponte-rolante com magneto. Dispositivos especiais são previstos na extremidade de entrada do equipamento de corte para o conveniente alinhamento das chapas ainda não cortadas nos maçaricos e para movimentação do carro.

## 10. PESAGEM, INSPEÇÃO FINAL E EMPILHAMENTO

As chapas são pesadas depois de cortadas. Isto é usualmente feito em mesas pesadoras para as quais as chapas são conduzidas depois das operações de corte. Cada chapa acabada é pesada separadamente e passa rapidamente para as mesas empilhadoras.

O mais popular tipo de balança é o tipo com mostrador, sendo que a balança é ligada ao mostrador por uma barra à esquerda. Algumas dessas balanças imprimem o peso em cartões automaticamente.

Em alguns antigos laminadores, onde a pesagem é feita nas tesouras, as balanças constituem uma parte das mesas de roldanas. Em alguns laminadores, balanças suspensas nos ganchos das pontes-rolantes mostram os pesos quando as chapas

são levantadas. Este método não é satisfatório, geralmente, por causa do serviço severo e é usado somente quando necessidades extremas o exigem.

A inspeção das chapas pode talvez ser melhor descrita como um processo e não como um ato, já que deve começar com a análise química da corrida da qual são feitos os lingotes e depois as placas, das quais as chapas são laminadas. Através do processo de laminação a chapa deve ser observada cuidadosamente. Os defeitos das chapas são classificados como se segue:

*Com respeito às dimensões* — Fora de bitola, largura, comprimento, peso, forma retangular e coroamento.

*Com respeito à forma* — Desempenho (“flattness”).

*Com respeito à superfície dos bordos* — “Laminations” e edge-flows”.

*Com respeito à superfície superior e inferior* — Fendas “cracks”, crostas ou gôtas frias “scabs”, carepa “scale”, “blow holes”, marcas de cilindros “roll marks”, esponjosidade “spongy”, refratários “brick”, “snakes”, arranhões “scratches”, bolhas “blister”, etc.

As chapas devem ser examinadas nas suas superfícies superior e inferior antes da marcação; as chapas rejeitadas devem ser aproveitadas o quanto possível, cortando-as em tamanhos menores para outros pedidos de tal maneira que os defeitos eliminados. Se possível, a mudança para atender outro pedido deverá ser feita na marcação, sem nenhum atraso do processo. Finalmente, as chapas cortadas devem ser conferidas nos tamanhos, forma e superfície dos bordos.

Previsões devem também ser feitas para o corte das peças para corpos de prova, das quais podem ser cortados os corpos de prova “standards” para os testes mecânicos. As especificações podem requerer que estes corpos de provas devem ser tirados fazendo ângulo reto com a direção de laminação, ou paralela a ela, ou em ambas as direções.

Algumas vezes, uma pequena tesoura de teste é provida no laboratório físico, ou perto dêle, para cortar primariamente os corpos de prova nos tamanhos “standard”, os quais são posteriormente terminados numa plaina “shaper”.

Depois de serem pesadas e inspecionadas, as chapas acabadas são conduzidas para outra mesa de rolos, de onde são retiradas por pontes, ou dançadas nos leitos de empilhamento por convenientes “roll offs” ou “push-offs”. Os braços do empilhador entre os rolos da mesa são levantados por manivelas

acionadas por motores, os quais tiram as chapas da mesa, deixando-as cair no leito do empilhamento inclinado.

Alguns laminadores usam pontes empilhadoras ou pontes semi-pórtico para o empilhamento ou classificação preliminar das pilhas. O uso dessas pontes rolantes será efetivo para manter a boa superfície das chapas, mas questionável para grande número de pequenas chapas.

## 11. TRATAMENTO TÉRMICO

*Compensação da temperatura de acabamento* — Na laminação de chapas de menor espessura, o tempo variável da operação de laminação influencia a temperatura de acabamento e particularmente as chapas mais largas e finas estão sujeitas a menores temperaturas de acabamento. Estes fatores produzem variações da qualidade e tensões de laminação nas chapas.

Alguns laminadores que produzem grandes percentagens de chapas finas e têm 2 cadeiras, são providos de um forno de recozimento contínuo em linha, ou em derivação (by-pass). Esta espécie de forno é interposta ou paralela ao "lay-out", de tal maneira que as chapas quentes do laminador podem ser carregadas no forno, onde recebem um reaquecimento ligeiro, de maneira a serem entregues na desempenadeira leve com uma temperatura de acabamento controlada.

Usualmente o forno possui soleira de rolos acionados por motores e com velocidade variável, diversas zonas de controle e uma máxima temperatura de operação de 900°C ou 950°C.

Este forno remove as tensões de laminação e produz chapas mais trabalháveis e mais planas, particularmente tratando-se de produtos finos e largos.

*Normalização* — Usualmente as chapas para navios e chapas para caldeiras, de espessuras acima de 1 1/2", são especificadas para serem normalizadas de maneira a aumentar a ductilidade em entalhes "notch ductility".

Os laminadores de chapas possuem fornos de normalização tipo soleira de rolos ou tipo "car-bottom". Os primeiros podem ser projetados para aquecer chapas de no máximo 2" de espessura. As chapas são aquecidas de 40°C a 60°C acima do ponto de transformação AC3 ou ACm e encharcadas. A elevação de temperatura deve ser de 40 minutos por cada polegada de espessura e o encharcamento de 30 minutos por cada polegada. Depois as chapas são descarregadas e resfriadas até a temperatura ambiente.

*Têmpera e revenido* — Recentemente, a demanda do mercado é para chapas tendo características de alta resistência à

tração e boa soldabilidade, porque os navios, vagões, tanques de pressão, máquinas industriais e construções, etc., estão se tornando cada vez maiores e mais pesados e as construções rebitadas cederam lugar às construções soldadas quase universalmente.

Nas construções soldadas, a fratura quebradiça "bittle failure" aparece nas temperaturas baixas. A qualidade que resiste a esta fratura é chamada "notch ductility" e é medida submetendo-se os corpos de prova entalhados "notch specimens" ao impacto e localizando as temperaturas nas quais a fratura muda de dúctil para quebradiça.

Recentemente chapas com mais de 60 kg/mm<sup>2</sup> de resistência à tração estão sendo pedidas, mas este aço possui pouca ductilidade em entalhe "notch ductility" sob a condição de "como laminado". A normalização melhorará a ductilidade em entalhe e a têmpera ainda mais.

Em 1956, a U. S. Steel Corporation desenvolveu o aço T-1 e com o sucesso que este tipo de aço alcançou, a linha contínua de tratamento térmico para chapas de aço foi desenvolvida nos Estados Unidos. As características do aço T-1 são as seguintes:

1) *Composição química (%)*:

C	= 0,10/0,20	Mn	= 0,60/1,00	P	= 0,040
S máx.	= 0,050	Si	= 0,15/0,35	Ni	= 0,70/1,00
Cr	= 0,40/0,80	Mo	= 0,40/0,80	V	= 0,03/0,10
Cu	= 0,15/0,50	B	= 0,002/0,008		

2) *Propriedades físicas*:

Limite de elasticidade	=	≈ 63 5 kg/mm <sup>2</sup>
Resistência à tração	=	≈ 74/95 kg/mm <sup>2</sup>
Alongamento em 2" (min.)	=	18% de ¼" a 2"
		17% de 2" a 4"
		16% de 4" a 6"

3) *"Notch ductily"*:

Mínimo valor de impacto (key hole) = 15 ft. 1b a 50°F

4) *Tratamento térmico*:

Têmpera na água	= 900/950°C
Revenido	= 625/695°C

A primeira usina que pôs em operação uma linha de tratamento térmico contínuo para chapas de aço, de grande capacidade produtiva, foi a Luckens Steel Company nos U. S. A., em 1955. Outra instalação maior foi feita em 1957 na usina de

Homestead, U. S. A., onde uma operação está tendo lugar. Duas usinas similares estão agora operando no Japão.

Uma instalação completa inclui um carro transferidor, uma mesa de carregamento, um forno de têmpera com 145 pés, uma prensa de resfriamento "pressure quench", uma mesa transferidora das chapas temperadas, um forno de revenido de 200 pés, duas mesas transportadoras e no fim da linha dois carros transferidores.

Embora a usina fôsse primariamente projetada para produção tanto de chapas para couraças, como de chapas comerciais tratadas termicamente, a prensa de resfriamento "pressure quench" é provida com um transportador de rolos, o qual quando requerido, transporta chapas diretamente através da máquina de têmpera para o forno de normalização "quenching machine".

A linha completa é do tipo de rolos, que são acionados para o manuseamento automático do trabalho. Todos os acionamentos são reversíveis e operados de uma cabine de controle central.

A máxima capacidade da linha é 22 t/h de chapas temperadas e revenidas "hardened plates". Esta produção é baseada em chapas de largura máxima de 172", espessura de 3" e comprimento de 480", com 92% de carregamento da soleira — extremidade a extremidade.

## 12. EQUIPAMENTO DE ACABAMENTO DA LAMINAÇÃO DE CHAPAS GROSSAS DA USIMINAS (Vide fig. 13 — "Lay-out" geral da Laminação de Chapas Grossas da Usiminas)

*Linha de tesouras* — A linha principal de tesouras é constituída por uma tesoura de pontas, uma tesoura rotativa para corte das aparas laterais, uma tesoura final e ainda uma tesoura lateral, êstes equipamentos sendo instalados na mesma linha de desempenadeira pesada, dispositivo de inspeção e mesa de marcação.

A tesoura de pontas pode cortar chapas de aço doce com até 55 kg/mm<sup>2</sup> de resistência à tração, largura até 2.900 mm e 38 mm de espessura. Esta tesoura do tipo guilhotina, corte para baixo, é acionada por um motor de corrente alternada de 75 HP através de correias em "V" com embreagem de disco operada a ar e freio, um volante e parafuso sem fim.

A lâmina superior, móvel, tem uma inclinação de 1/2" por pé e é balanceada por um cilindro de ar. O afastamento entre as lâminas na extremidade mais baixa é de 2". A pressão da lâmina é de 656.000 lb e pode fazer 16 cortes por min. A



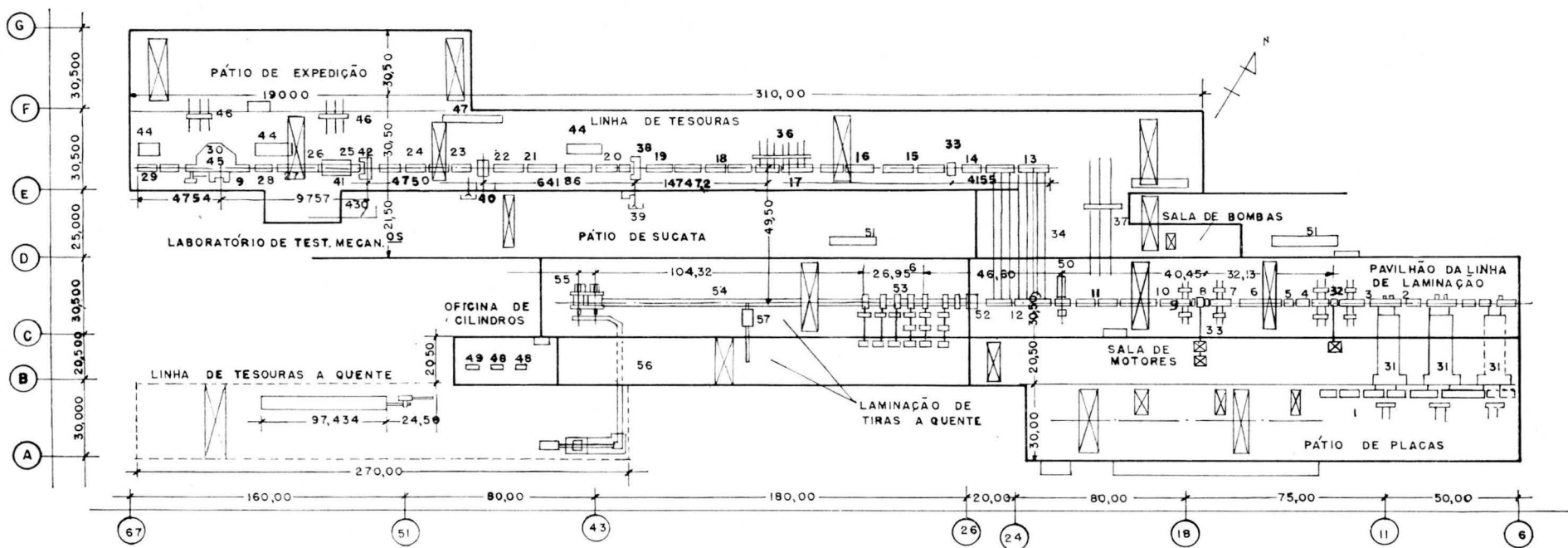


Fig. 13 — "Lay-out" Geral da Laminação de Chapas Grossas e de Tiras a Quente da USIMINAS.

- |   |   |  |   |
|---|---|--|---|
| 1. Mesas A-1 — A-8 de carregamento dos Fornos de Reaquecimento.                         | 12. Mesas D-7 e D-8 de chegada do Transferidor T-1.           | 25. Msa J-3 Depressora.  | 40. Tesoura Rotativa de Aparas Laterais.    |
| 2. Mesas B-1 — B-6 de saída dos Fornos de Reaquecimento.                                | 13. Mesas E-1 e E-2 de saída do Transferidor T-1.             | 26. Mesa J-4 Medidora da Tesoura Final.                        | 41. Medidor da Tesoura Final.               |
| 3. Mesa C-1 de Vante do Laminador Alargador.  | 14. Mesa E-3 de aproximação da Desempenadeira Pesada.         | 27. Mesa K-1 da Balança Volante e K-2 de Inspeção Final.       | 42. Tesoura final.                          |
| 4. Mesa C-2 de Ré do Laminador Alargador.   | 15. Mesas E-4 e E-5 de entrada do Transferidor T-2.           | 28. Mesas L-1 e L-2 de Empilhamento.                           | 43. Tesoura de Sucata.                      |
| 5. Mesa Temporária do futuro Laminador Esquadrinhador.                                  | 16. Mesas G-1 e G-2 de saída do Transferidor T-3.             | 29. Mesas N-1 e N-2 de Empilhamento.                           | 44. Empilhadeiras Laterais.                 |
| 6. Mesa C-3 de entrega do Laminador Esquadrinhador.                                     | 17. Mesas G-3 e G-4 de inspeção.                              | 30. Mesa de Roldanas.  | 45. Tesoura Lateral.                        |
| 7. Mesa D-1 de aproximação do Laminador Acabador.                                       | 18. Mesas G-5 e G-6 de Marcação.                              | 31. Forno Contínuo de Reaquecimento de Placas.                 | 46. Carro Transferidor de Chapas Frias.     |
| 8. Mesa D-2 de Vante do Laminador Acabador.   | 19. Mesas H-1 e H-2 de entrada da Tesoura de Aparas.          | 32. Laminador Descarepador e Alargador de Placas.              | 47. Equipamento Oxi-acetilênico.            |
| 9. Mesa D-3 de Ré do Laminador Acabador.  | 20. Mesa H-3 Depressora.                                      | 33. Laminador Acabador com Laminador Vertical de Bordas anexo. | 48. Retificadora de Cilindros.              |
| 10. Mesa D-4 de entrega do Laminador Acabador.  | 21. Mesas H-4 e H-5 de entrada do Transferidor T-4.           | 34. Transferidor T-1.  | 49. Torno de Cilindros.                     |
| 11. Mesas D-5 e D-6 de saída do Laminador Acabador e de entrada da Desempenadeira Leve. | 22. Mesas I-1 e I-2 de entrada da Tesoura de Aparas Laterais. | 35. Desempenadeira Pesada.                                     | 50. Desempenadeira Leve.                    |
|   | 23. Mesas I-3 e I-4 de saída da Tesoura de Aparas Laterais.   | 36. Mecanismo de Inspeção                                      | 51. Poço de Carepas.                        |
|   | 24. Mesas J-1 e J-2 de entrada da Tesoura Final.              | 37. Carro Transferidor de Chapas Quentes.                      | 52. Descarepador Final.                     |
|   |   | 38. Tesoura de Pontas.   | 53. Trem de Tiras a Quente de 80".          |
|   |   | 39. Tesoura de Sucata.   | 54. Mesa de Saída das Caldeiras Acabadoras. |
|   |   |  | 55. Bobinadeiras.                           |
|   |   |  | 56. Transportador de Bobinas.               |
|   |   |  | 57. Carro de Cilindros.                     |

tesoura é provida de dispositivo de fixação que fixa a chapa durante o corte. Esta tesoura é empregada para o corte das extremidades anterior e posterior das chapas a serem aparadas na tesoura lateral e é também usada para cortar chapas demasiado longas para serem manuseadas na linha de corte e maçarico.

Nas mesas H-1 e H-2 de entrada na tesoura são montados guardas laterais. Esta tesoura dispõe de uma tesoura de sucata acionada a motor de 60 HP e do tipo de guilhotina capaz de cortar sucatas de chapas de 38 mm  $\times$  500 mm.

Após deixar a tesoura de pontas, as chapas com mais de 20 mm de espessura são retiradas em uma empilhadeira localizada ao lado das mesas H-4 e H-5, de onde são retiradas por uma ponte rolante e levadas para uma linha de corte a maçarico.

A maior parte das chapas até 19 mm de espessura é conduzida para a tesoura rotativa lateral. As mesas I-1 e I-2 de aproximação da tesoura rotativa são equipadas com três posicionadores magnéticos de chapas "plate shifters" e um prendedor magnético para alinhar e auxiliar na alimentação da chapa na tesoura rotativa.

Os posicionadores de chapa são utilizados para posicionar a chapa com a linha de referência, a qual indica a posição dos lados das lâminas fixas e se estendem ao longo de toda a mesa.

Na tesoura rotativa, dois conjuntos de lâminas circulares são usados para aparar simultaneamente ambos os lados da chapa, um par destas lâminas sendo ajustável para cortar as várias larguras requeridas das chapas. Esta tesoura pode cortar chapas até 19 mm de espessura, 914 a 2800 mm de largura e pode ser operada em velocidade de 78 a 234 pés por minuto (cêrca de 24 a 72 m/min).

Esta tesoura é provida de cortadores de sucata a fim de cortar as aparas laterais em comprimentos pequenos e adequados ao manuseamento e que através de "chutes" e por gravidade caem em uma ou outra das duas caçambas de sucatas localizadas no poço de sucata a 12 m abaixo do piso. A sucata é dirigida para uma ou outra caçamba por meio de um portão tipo "flaper" operado pneumáticamente e colocado no "chute" de descarga. O guarda lateral ajustável existente atrás da mesa I-3 mantém a chapa alinhada, enquanto ela está sendo aparada.

A cabine de comando desta tesoura se localiza sôbre a mesa I-2 de aproximação da tesoura, nela trabalhando dois operadores. Um dêles alinha as chapas para serem aparadas por meio dos posicionadores, enquanto o outro opera a tesoura. A distância entre a tesoura de pontas e a tesoura rotativa é de cêrca de 64 m.

A tesoura final é do mesmo tipo da tesoura de pontes e é provida de guardas laterais para pôr as chapas em esquadro e de um medidor, com pára-choque, que podem ser ajustados mecânicamente para os desejados comprimentos das chapas. A tesoura de sucata para a tesoura final é igual àquela da tesoura de pontas, com exceção de um medidor colocado em seu lado de saída.

Um guindaste de parede dotado de eltroimã pode remover as peças de teste bem como chapas pequenas do transportador de sucata que vão ter à tesoura de sucata.

A distância entre a tesoura rotativa e a tesoura final é aproximadamente de 48 metros. Após a tesoura final, as chapas vão à mesa pesadora com 50 pés de comprimento, onde podem ser pesadas individualmente. Após pesadas as chapas são transportadas para a mesa K-2 de inspeção final cujos rolos têm menor comprimento e acionamento individual, onde são inspecionadas com relação às dimensões e "laminations" dos bordos aparados.

A mesa de inspeção foi projetada tendo em vista facilitar a operação de inspeção.

Nos empilhadores laterais, hastes eleváveis dispostas entre os rolos e dotadas de roldanas cujos eixos são perpendiculares aos rolos das mesas, permitem retirar as chapas da mesa e lançá-las com segurança nos empilhadores laterais. Os empilhadores laterais são constituídos de duas secções com cêrca de 15 metros, cada.

Após as mesas empilhadoras existe uma tesoura lateral tipo guilhotina com mesa de roldanas "caster bed". Esta tesoura é usada para o corte lateral de chapas grossas acima de  $\frac{3}{4}$ " de espessura.

A mesa de roldanas é provida de guinchos de maneira a ser facilitado o manuseamento para o posicionamento das chapas.

Depois de feito o corte das bordas nesta tesoura as chapas passam para outra mesa pesadora e, em seguida, são empilhadas noutro empilhador.

*Equipamento para corte a maçarico* — A laminação dispõe de duas unidades para corte a maçarico. A unidade n.º 1 está localizada no meio do pavilhão de tesouras e é aplicada para o corte de chapas com espessuras compreendidas entre 20 e 38 mm ou chapas de menor espessura que devam ser cortadas a maçarico. Esta unidade consiste de duas linhas e cada linha tem um conjunto automático com três maçaricos para cortes longitudinais e dois maçaricos para cortes transversais.

Existem ainda diversos maçaricos portáteis que são utilizados para o recorte de chapas com defeitos e de quaisquer espessuras.

A unidade n.º 2 localizada na extremidade leste do pavilhão de tesouras é usada para o corte de chapas grossas com espessuras compreendidas entre 39 a 100 mm que para aí são levadas diretamente da linha de laminação por meio de carro transferidor. Esta unidade é constituída de dois maçaricos para o corte longitudinal e dois para o corte transversal. Estas operações podem ser executadas simultâneamente, pois que os maçaricos são montados em carrinhos que se deslocam sôbre trilhos.

*Pátio de embarque* — O pátio de embarque, tem 30,5 m de largura por 190 m de comprimento. É servido por uma linha férrea em todo o seu comprimento e dispõe de 2 carros transferidores de 200 t para a transferência das chapas acabadas da linha de tesouras para o pátio de embarque.

Neste pátio existem duas balanças com capacidade para 10 t e duas pontes rolantes de 20 t para o manuseamento de produtos acabados. Um outro edifício adjacente ao pátio de embarque será construído no futuro para a linha contínua de tratamento térmico das chapas.

*Pátio de sucatas* — Tôdas as tesouras são providas de transportadores contínuos de aparas que as levam para as tesouras de sucata localizadas no pátio de sucatas. Das tesouras, as sucatas caem nas caçambas de sucatas através de “chutes”. A unidade n.º 1 de corte a maçarico tem maçaricos manuais para o corte da sucata e transportadores para carregá-la dentro de caçambas no pátio de sucata.

As chapas para teste (retiradas da tesoura final e também na unidade n.º 1 de corte a maçarico) são transportadas para êste pátio. Êste pátio é servido por uma ponte rolante de 5 t e dispõe, também, de linha férrea em tôda a extensão.

O laboratório para testes mecânicos é localizado no fim do pátio de sucata. Neste laboratório estão as máquinas de teste para os diversos testes físicos. As chapas para os corpos de prova provenientes da tesoura final e dos maçaricos automáticos são cortadas em pedaços menores por meio de maçaricos portáteis. As máquinas-ferramentas (consistindo de fresadoras, plaina, tornos, serras, retificadoras de superfície e acessórios) são usadas para preparar os corpos de prova especificados pelas várias normas.

As máquinas de ensaio consistem de uma máquina universal de 100 t, outra de 50 t e outra de 30 t para os testes de tração, compressão e dobramento, duas máquinas de 100 t para os testes de dobramento, uma máquina para o teste de impacto de Charpy e um testador Ericson e vários tipos de máquinas para testes de dureza. Também êste laboratório está provido

com equipamentos e instrumentos para testes microscópicos, testes de impressão de enxôfre, testes de tratamento térmico e outros.

## BIBLIOGRAFIA

1. U. S. STEEL CORPORATION — *"The Making, Shaping and Treating of Steel"*.
2. R. E. NOBLE — *"Recent Plate Mill Development"*. Iron and Steel Engineer, April 1944.
3. M. F. DOWING and OTHER ENGINEERS — *"The Modern Plate Mill"*. Journal of Iron and Steel Institute, April 1960.
4. A. MARSHALL — *"Some Aspects of Plate Mill Design and Lay Out"*. Journal of the Iron and Steel Institute, February 1960.
5. T. SODA — *"Plate Mill Equipment and its Modernization"*. Sueco News, ns. 33 and 35, 1961.



## DISCUSSÃO

**M. O. Ferraz** <sup>(1)</sup> — Agradecemos a brilhante exposição do Eng. Antônio Pedrosa da Silva, da USIMINAS; estará à disposição daqueles que quiserem formular perguntas.

**J. Costa Lino** <sup>(2)</sup> — Há muita diferença entre os laminadores descritos da USIMINAS e os da COSIPA, em relação à posição das desempenadeiras. Já usamos desempenadeiras pesadas com relação à espessura: primeiro, antes do leito de resfriamento, onde se desempenam as chapas de 1 e  $\frac{1}{2}$ " polegadas de espessura, e somente após o resfriamento é que se usa a desempenadeira para chapas mais finas, que no caso vão até  $\frac{1}{2}$ ". Por que razão os Senhores usariam a desempenadeira pesada depois desse resfriamento, quando é bastante fácil desempenar-se uma chapa de espessura grande?

**A. Pedrosa da Silva** <sup>(3)</sup> — É pena um dos projetistas de nosso laminador não estar aqui presente, porque êle poderia responder com mais clareza a essa pergunta. A explicação seria a seguinte: as chapas espessas demoram mais tempo a perder o calor. Se forem desempenadas em temperatura muito elevada, elas se deformam novamente ao passar nas diversas mesas, enquanto que isso não acontece com as chapas mais finas, até  $\frac{3}{4}$ " de espessura, que se esfriam mais rapidamente. De outro lado, o citado leito de resfriamento não seria propriamente um leito de resfriamento para as chapas acima de  $\frac{3}{4}$ ", e sim transferidor. As chapas acima de  $\frac{3}{4}$ " entram no transferidor a uma temperatura de cerca de 900°C a 1000°C; aí se resfriam até uma tem-

(1) Membro da ABM; Engenheiro da C.S.N.; Presidente da Comissão; Volta Redonda, RJ.

(2) Membro da ABM; Engenheiro da COSIPA; São Paulo, SP.

(3) Membro da ABM; Engenheiro da USIMINAS; co-autor do trabalho; Ipatinga, MG.

peratura que possibilite terminar o desempenamento a cêrca de 700°C. Após a desempenadeira pesada, são previstos mais um ou dois leitos de resfriamento, que possibilitarão o resfriamento final das chapas.

**J. C. Lino** — Nossa observação é que a chapa espêssa sai bastante plana com o auxílio da desempenadeira imediatamente após a laminação; a colocação no leito de resfriamento garante êsse resultado. As chapas finas ainda podem ser trabalhadas com a desempenadeira que temos, após o leito de resfriamento. Gostaria de saber se os Senhores observam êsse fato.

**A. Pedrosa da Silva** — A Laminação de Chapas Grossas de 160" da Yawata — Japão, cujo «lay-out» é muito parecido com o nosso, adota essa mesma posição para as desempenadeiras, ou seja, uma desempenadeira leve, antes do leito de resfriamento, quando as chapas finas estão em temperatura bastante elevada. Se a desempenadeira leve fôsse colocada após o leito de resfriamento, tôdas as chapas finais teriam que ser desempenadas a frio.

**M. O. Ferraz** — Não seria para possibilitar às chapas finas a passagem em duas desempenadeiras?

**A. Pedrosa da Silva** — Não; as chapas finas passam sômente na primeira desempenadeira.

**A. O. Ferraz** — Na segunda desempenadeira, não passarão as chapas abaixo de  $\frac{3}{4}$ "?

**A. Pedrosa da Silva** — Sim, mas com os rolos levantados.

**M. O. Ferraz** — Trabalharão na parte de  $\frac{3}{4}$ " a 1 e  $\frac{1}{2}$ "?

**A. Pedrosa da Silva** — Os Senhores vão ter oportunidade de visitar a USIMINAS e lá poderão ter uma explicação completa, que poderá ser obtida com o projetista; a explicação que foi dada até agora é a de que as chapas espêssas demoram muito a perder a temperatura, então, parece que êsse desempenamento a uma temperatura muito elevada não é muito efetivo.

**J. Costa Lino** — No nosso caso, poderemos desempenar chapas de 1 e  $\frac{1}{2}$ " até o máximo de 4". Aí, usar-se-ia, imediatamente após, o laminador para tôdas essas espessuras. Sômente para chapas finas até  $\frac{1}{2}$ ", será utilizada a desempenadeira leve após o leito de resfriamento.

**M. O. Ferraz** — Quero apenas trazer ao conhecimento dos senhores uma certa experiência nossa em Volta Redonda. Atualmente, temos uma desempenadeira pesada que desempena todo o material de chapa grossa, até 1". Adotamos a técnica de passar primeiro tôda a laminação pela desempenadeira. Voltamos à linha e desempenamos novamente o material já completamente frio. Deixamos êsse material sem o corte das pontas. Na segunda passagem é que fazemos êsse corte.

**J. Costa Lino** — Qual é a capacidade dêsse laminador da USIMINAS?

**A. Pedrosa da Silva** — Esperamos que com três turnos possamos atingir 35.000 a 45.000 t/mês. A produção de tiras a quente deverá atingir 100.000 t por mês. É possível que no fim do próximo ano se possa entrar com a produção de tiras a quente.

**M. O. Ferraz** — Os senhores consideram chapas grossas as de 3/16". Há idéia de, no futuro, laminarem êsse material, ou será sempre material importado, em chapas? Qual será o procedimento da escarfaagem?

**A. Pedrosa da Silva** — Não será importado. Chapas mesmo acima de 3/16", vamos dizer até 9,4 mm serão laminadas no laminador de tiras a quente. Para essas chapas, teremos uma completa linha de tesouras. As bobinas do tiras a quente, serão cortadas nessa linha de tesouras.

A escarfaagem dispõe de um gerador de acetileno. No projeto foi previsto equipamento completo de geração de acetileno. Entretanto, parece que a experiência japonesa está querendo optar para o uso do GLP. Talvez por questão de segurança, ou talvez de preço. Isso parece que tem dado bons resultados no Japão. De modo que desde agora, no início, colocamos o GLP na escarfaagem. Já demos a partida com o GLP, e até o momento está dando bons resultados.

**M. O. Ferraz** — Em nossas experiência em Volta Redonda, temos feito uso em grande escala do propano, o que representa menos demanda/dias. Mas, o problema que se tem é que o início da escarfaagem é um pouco lento. Em todo caso, seria uma experiência interessante que a USIMINAS nos daria.

**M. O. Ferraz** — Outro detalhe que também gostaríamos de conhecer é o que se refere ao forno. Estão trabalhando com gás misto? É feita alguma previsão, por medida de segurança da USIMINAS, para queimadores a óleo?

**A. Pedrosa da Silva** — No forno, não. Usa-se somente gás misto.

**M. O. Ferraz** — Há sempre a eventualidade de a coqueria faltar. Já tivemos êsse problema na nossa coqueria, no nosso alto-forno, assim como o tivemos para a laminação. Hoje em dia temos possibilidade de usar óleo também nos queimadores. Desemos alguns detalhes também sobre a parte de refratários, porque aqui temos diversos fabricantes de refratários: já existe alguma coisa sobre plástico?

**A. Pedrosa da Silva** — Os nossos fornos são revestidos com refratários comuns; somente na zona de encharque é que colocamos refratários do tipo «Cohart», altamente resistentes à abrasão.

**P. Rocha Azevedo** (4) — Os senhores acham que o processo justifica o preço do material? É muito caro?

**A. Pedrosa da Silva** — Neste caso está sendo aplicada a experiência japonesa; não houve ainda necessidade de qualquer substituição desses tijolos. As placas estão agora atingindo as zonas de encharque e só com um pouco mais de experiência é que poderemos responder.

**H. Motta Haydt** (5) — Qual é o peso dos cilindros desse laminador-duo reversível de 45"?

**A. Pedrosa da Silva** — Cerca de 33 t e são de aço fundido especial. Os cilindros de encosto do laminador quádruplo pesam cerca de 47 t.

**M. O. Ferraz** — Entendi que os senhores usaram nos recuperadores, tubos de refratários. Que tipo de tubo?

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Cerâmica São Caetano; São Paulo, SP.

(5) Membro da ABM; Engenheiro da C.S.N.; Volta Redonda, RJ.

**A. Pedrosa da Silva** — São tijolos especiais, empilhamento de tijolos. De um lado, passa o ar, de outro, o gás quente. A temperatura máxima que devem atingir é de cerca 450°C. Aí há um dispositivo de segurança.

**M. O. Ferraz** — Refratários têm sempre esse problema. De forma que a nossa tendência, hoje em dia, apesar de não estarmos ainda a par das possibilidades dos refratários, é ultrapassar essa temperatura.

**J. Costa Lino** — Na COSIPA usamos recuperadores metálicos, tipo «Eferjan».

**M. O. Ferraz** — Outra parte que achei interessante na sua exposição é quando o senhor falou sobre a descarepação, que seria em duas secções: secção central, separada das secções externas, a fim de retirar a carepa. Na parte de refrigeração dos cilindros também será feito esse seccionamento ou será na superfície total?

**A. Pedrosa da Silva** — Na superfície total.

**H. Motta Haydt** — Essa pressão que é dada para a retirada da carepa é a mesma de refrigeração do cilindro. Qual é a pressão para o resfriamento do cilindro? Qual é o aproveitamento do cilindro?

**A. Pedrosa da Silva** — No resfriamento, a pressão é baixada para 6 e 7 kg por cm<sup>2</sup>. Quanto ao aproveitamento do cilindro, não tenho dados no momento; apenas iniciamos a operação e essa parte não foi ainda discutida. Creio que com um pouco mais de trabalho de laminação poderemos chegar a alguma conclusão. Esperamos, entretanto, que os cilindros de trabalho possam laminar acima de 60.000 t, ou seja 1,5 a 2 mm por cada 2.500 a 3.000 toneladas laminadas, considerando-se um diâmetro útil de 60 mm.

**M. O. Ferraz** — Não é problema atual dos senhores, mas talvez o seja no futuro: entre o atual trem de desbaste e o trem acabador de tiras a quente, onde os senhores têm uma desempenadeira leve, na parte de eliminação de chapas grossas, os senhores terão no futuro alguma tesoura para desvio do trem acabador?

**A. Pedrosa da Silva** — Teremos uma tesoura de pontas, do tipo rotativo, para o corte de ambas as extremidades da barra. No caso atual, de chapas grossas, após a desempenadeira leve, temos um maçarico oxi-acetilênico automático que possibilita, também, o corte das chapas, caso necessário.

**J. Geraldo Leal** <sup>(6)</sup> — Queria saber se no sistema Morgoil do cilindro de encôsto está programado o emprêgo de óleo importado ou de óleo nacional.

**A. Pedrosa da Silva** — Empregamos óleo Vitrea 79 da «Shell», nacional.

**J. Geraldo Leal** — Ainda uma pergunta relativa à manutenção mecânica dêsse equipamento. Alguns dêles devem ter vindo com sobressalentes. Já existe uma programação na USIMINAS para confecção dessas peças no Brasil?

(6) Membro da ABM; Engenheiro da C.S.N.; Volta Redonda, RJ.



**A. Pedrosa da Silva** — Vieram peças sobressalentes, de modo a permitir a operação durante certo tempo. Para as peças que não têm sobressalentes ou que se estragam mais depressa, estamos prevenido sua aquisição no Brasil.

**J. Costa Lino** — Sobre essa questão de sobressalentes, seria interessante mencionar que nós, na COSIPA, também estamos interessados em comprar no mercado nacional a maior parte das peças de que necessitamos. Tínhamos um acoplamento que vai ao cilindro laminador de chapas grossas. Essa peça,  $\varnothing$  850 mm, pesa mais de 2 t e deve ser de aço forjado. Consultamos diversas fábricas de forjados aqui no Brasil, e ficamos satisfeitos em saber que «Aços Villares» podiam fazê-lo daquele tamanho. Mas, o prazo de entrega era de apenas 56 semanas... É preciso que se tenha cuidado com essa garantia para suprimento de peças sobressalentes no Brasil; o prazo de entrega de material forjado e de aço fundido é uma coisa muito séria.

**J. Geraldo Leal** — Já estamos procurando fazer êsse tipo de peças aqui no Brasil. Não existe ainda fabricação em série. Temos usado, em substituição as de aço forjado, peças fundidas em «hylastic», que têm dado resultados muito bons. No acoplamento, temos uma peça igual a essa, fabricada em Volta Redonda, já com produção de 700.000 t, feita na nossa fundição.

Desejo trazer ao conhecimento dêste plenário ainda o seguinte: Há 10 anos, na manutenção mecânica da Usina de Volta Redonda, usávamos em nosso orçamento cêrca de 70% de material importado. No ano retrasado, para satisfação nossa e de acôrdo com estatísticas, nosso orçamento de importação ocupou só 3,5%. Quer dizer que num decênio passámos de 70% a 3,5%. Praticamente, a parte mecânica da Usina é nacional. Só mesmo essa parte de forjados pesados, na parte muito especializada, é que não temos ainda, por falta de projetos de produção em série. Para êles não podemos fugir à importação.

**A. Pedrosa da Silva** — Com relação a essa parte do acoplamento, recebemos 3 conjuntos, ou seja, 6 acoplamentos para o laminador-quádruo. De modo que se pode ter um conjunto de cilindros para troca, sem perda de tempo: o que está trabalhando, outro preparado e ainda um sobressalente.

**M. O. Ferraz** — Sobre essa parte também é interessnte citar que não é tanto o sobressalente que deve ser levado em conta, mas a ferramenta do operador sobre o cilindro. Os senhores comprarão os cilindros no Brasil ou os importarão?

**A. Pedrosa da Silva** — Não sei qual a capacidade de fabricação de cilindros no País; mas os cilindros de encôsto, por exemplo, pesam 46 t. Tenho impressão de que por muito tempo não vamos poder comprá-los no Brasil.

**H. Motta Haydt** — No momento, nossa Fundição só pode atender a Volta Redonda. Temos um plano de expansão, que não está sendo preparado agora; prevê a venda de cilindros, até os de 45 t.

**A. Pedrosa da Silva** — Estaremos em Ipatinga à disposição dos senhores, para qualquer outro esclarecimento; lá teremos o projetista de nossa laminação, atualmente chefe de Laminação de Chapas Grossas. Ele não pôde vir devido estármos nos preparativos finais para o início da Laminação. Prontificou-se, entretanto, a responder quaisquer outras perguntas, solicitando-me transmitir esta informação.