

MODERNOS TRENS DE LAMINAÇÃO PARA PERFÍS PEQUENOS ⁽¹⁾

GERD DITTMAR ⁽²⁾

RESUMO

O A., especialista da firma Moeller & Neumann do Brasil, divulga recentes conceitos no projeto e na operação de trens de laminação para perfís de dequeno pêso linear.

Descreve e compara os diagramas de laminação e se detem no trem Voelklingen, no semi-contínuo "SAFE", no inteiramente contínuo "SUND", no de aços finos "NAGOYA" e no semi-contínuo "WITTEN" para arames. Apresenta conclusões.

I. POSSIBILIDADES E DIFERENCIAÇÃO DE TRENS PARA PERFÍS PEQUENOS

1) OS DIVERSOS TIPOS DE TRENS — Sob a denominação "perfís pequenos" estão compreendidos todos os laminados com um pêso por metro linear relativamente pequeno. Dêste grupo fazem parte os perfís redondos, quadrados, hexagonais, cantoneiras, ferros chatos, T e U. Para todos êsses perfís existe hoje um grande mercado.

A fim de garantir uma produção econômica, são necessários trens de laminação de alta capacidade, que possam produzir êsses perfís em grandes comprimentos e com altas velocidades. Essa combinação só pode ser realizada quando essas laminações funcionam de modo altamente automatizadas.

Fio máquina é hoje laminado em bobinas com pêsos de até 500 kg, com velocidades finais de 30 m/seg. Para êste fim foram desenvolvidos trens especiais de arame. Muitas vêzes o fio máquina, principalmente de aço de qualidade, também é produzido por laminações de perfís pequenos. Neste caso, essas laminações são equipadas com trens acabadores especiais, que podem produzir fio máquina de acôrdo com as exigências modernas, mas em quantidades menores.

(1) Contribuição Técnica n.º 486. Apresentada ao XVII Congresso Anual da Associação Brasileira de Metais; Rio de Janeiro, GB, julho de 1962.

(2) Membro da ABM e Engenheiro Metalurgista; da Moeller & Neumann do Brasil Fabricação de Laminadores, Ltda.; São Paulo, SP.

Nos últimos tempos desenvolveram-se principalmente 4 tipos diversos de trens para perfis pequenos. A aplicação de um ou outro desses tipos depende da produção desejada, do capital disponível para investimento das exigências de qualidade do produto final e também se a maior porcentagem dos produtos finais é acabada em forma de barras ou de bobinas.

Os diferentes tipos de trens são os seguintes:

a) *Trem aberto* (fig. 1) — Este tipo é hoje usado somente para produções pequenas, quando a falta de investimentos obriga a restrições ou quando se tem um programa muito variado, como por exemplo em laminações de aços finos.

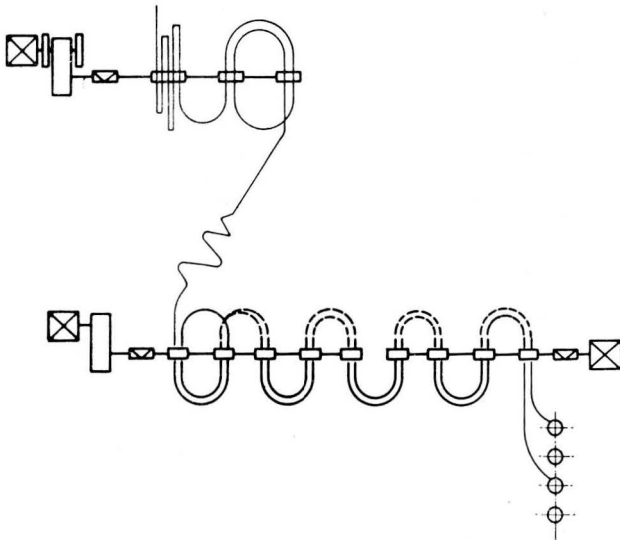


Fig. 1 — Trem aberto.

b) *Trem "Cross Country"* (fig. 2) — Este tipo muito moderno é usado quando predomina a produção de barras com um peso por metro maior e que por isso dão comprimentos finais não muito grandes.

c) *Trem semi-contínuo* (figs. 3 e 9) — A expressão "semi-contínuo" significa que somente uma parte da instalação trabalha de conformidade com o sistema contínuo. Antigamente os trens desbastadores eram muitas vezes construídos do tipo contínuo, enquanto que os trens acabadores eram do tipo aberto (fig. 3). Conseguiram-se grandes produções laminando-se em diversas veias ao mesmo tempo. Em trens de arame o número

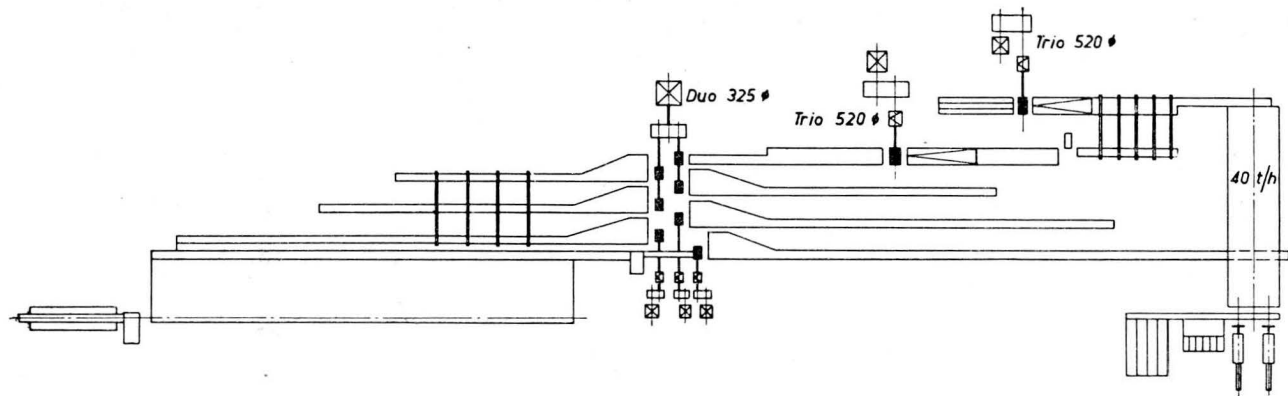


Fig. 2 — Trem «Cross-Country».

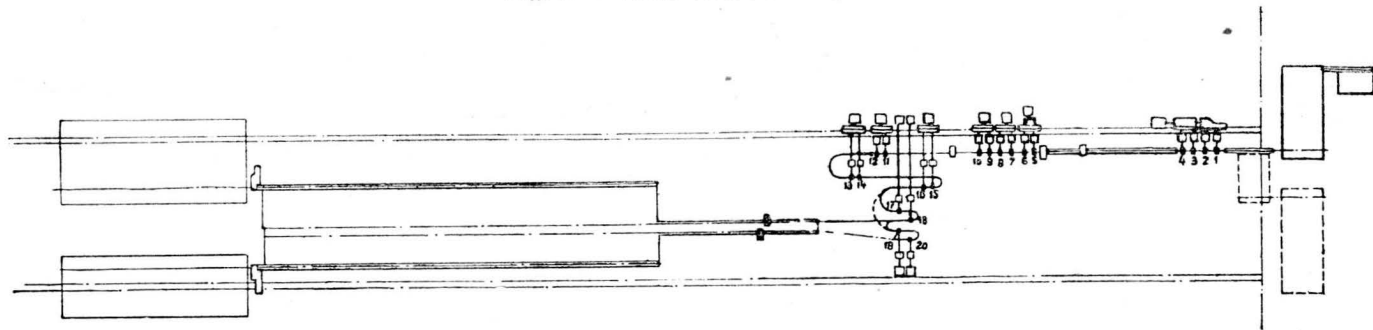


Fig. 3 — Trem semi-contínuo com trem aberto acabador.

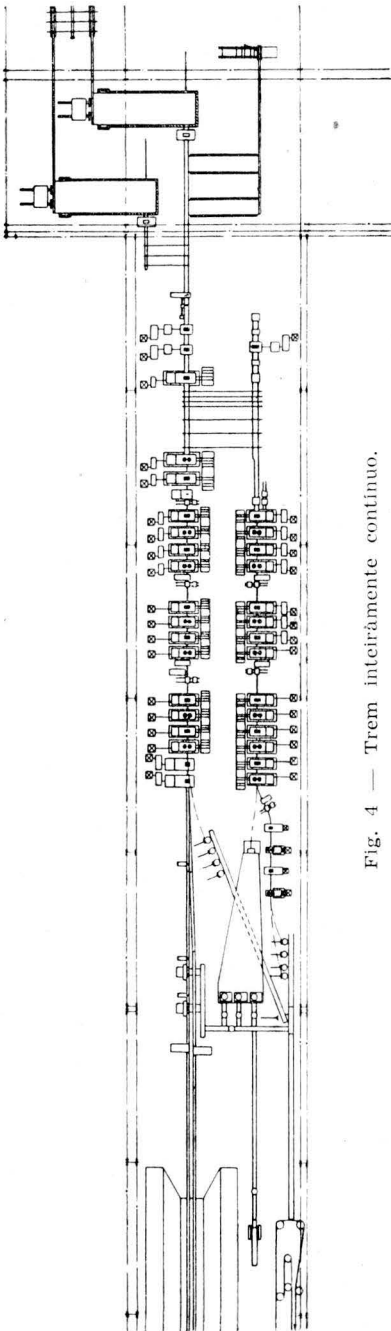


Fig. 4 — Trem inteiramente contínuo.

de veias no trem acabador aberto chegou a 6. No entretanto, o enorme desenvolvimento da eletro-técnica e principalmente dos mecanismos de controle, permitiu velocidades finais muito maiores. Estas podem ser aplicadas principalmente em trens acabadores contínuos. Como por outro lado também as mecanizações foram bastante desenvolvidas, trens desbastadores abertos bem mecanizados podem fornecer a produção necessária para um trem acabador contínuo, diminuindo-se consideravelmente investimentos. Um trem semi-contínuo (fig. 9) é por esse motivo mais moderno.

Às vezes o lugar disponível ou outras particularidades locais motivam variações da forma inteiramente contínua.

d) *Trens inteiramente contínuos* (fig. 4) — Nesta disposição é válida a seguinte lei: “*Em tôdas as gaiolas o produto da secção da barra e da velocidade de laminação tem um valor constante*”, isto é, a velocidade de laminação aumenta na proporção em que a secção da barra diminui.

Também em trens inteiramente contínuos uma parte das gaiolas é separada do trem desbastador e colocada a uma distância suficiente para que a barra possa sair totalmente do mesmo, antes de entrar na gaiola seguinte. Isto tem o seguinte motivo:

Modernamente, para produzir arame \varnothing 5 mm são usadas geralmente palanquilhas de 80 mm de lado. Neste caso, a secção diminui de 320 vêzes. A velocidade final atualmente aplicável é de 30 m/seg. Caso seja usado o processo inteiramente contínuo, a velocidade de entrada na 1.^a gaiola será de apenas 0.094 m/seg. Se, porém, as 1.^{as} gaiolas são separadas, formando o trem desbastador, esta parte pode trabalhar com uma velocidade maior. Nestas condições a perda de calor é menor e o mesmo trem desbastador pode alimentar 2 ou mais trens contínuos diferentes. No caso da figura 4, o trem desbastador de 3 gaiolas alimenta 2 filas de gaiolas contínuas.

2) DIAGRAMAS DE LAMINAÇÃO — O melhor método para examinar o esquema de uma laminação sob o ponto de vista da produção possível e da aptidão para um certo programa é o da execução do diagrama de laminação. Para esclarecer este sistema compararemos 2 diferentes trens: um trem aberto (fig. 5), e um trem inteiramente contínuo (fig. 6). Nestas 2 figuras também são mostrados os diagramas de laminação para estes trens.

a) *Descrição dos trens a serem comparados:*

Trem Aberto — O trem desbastador de 3 gaiolas trabalha com uma velocidade de 2,2 m/seg, o trem intermediário de 5 gaiolas com velocidades de 5,7 a 6,4 m/seg e o trem acabador de 4 gaiolas com velocidades de 7,1 até 8 m/seg.

Numa fila de gaiolas, que é acionada por um só motor sem redutores intermediários entre as diversas gaiolas, a velocidade de laminação somente pode ser aumentada, dentro de pequenos limites, pelo aumento do diâmetro dos cilindros. Como por outro lado o comprimento da barra cresce muito mais, formam-se laços entre as diversas gaiolas, que podem atingir comprimentos de até 20 m. A velocidade máxima de laminação que se atinge nestes trens abertos, onde as secções ovais são dobradas a mão, é de mais ou menos 8 m/seg. As razões porque dobradeiras automáticas para ovais não funcionam com a segurança necessária serão explicadas mais adiante. O limite da velocidade de 8 m/seg reduz não somente a produção do trem, mas também o peso das bobinas.

Trem contínuo — É composto de 20 gaiolas, cada uma acionada por um motor individual. As 4 primeiras gaiolas, formando o trem desbastador, trabalham com velocidades de 0,83 a 2,5 m/seg. Para que a barra que, neste caso, já tem um comprimento de 24,3 m, saia completamente livre é prevista uma distância de 28 m entre a 4.^a e 5.^a gaiola. Da 6.^a até a 20.^a

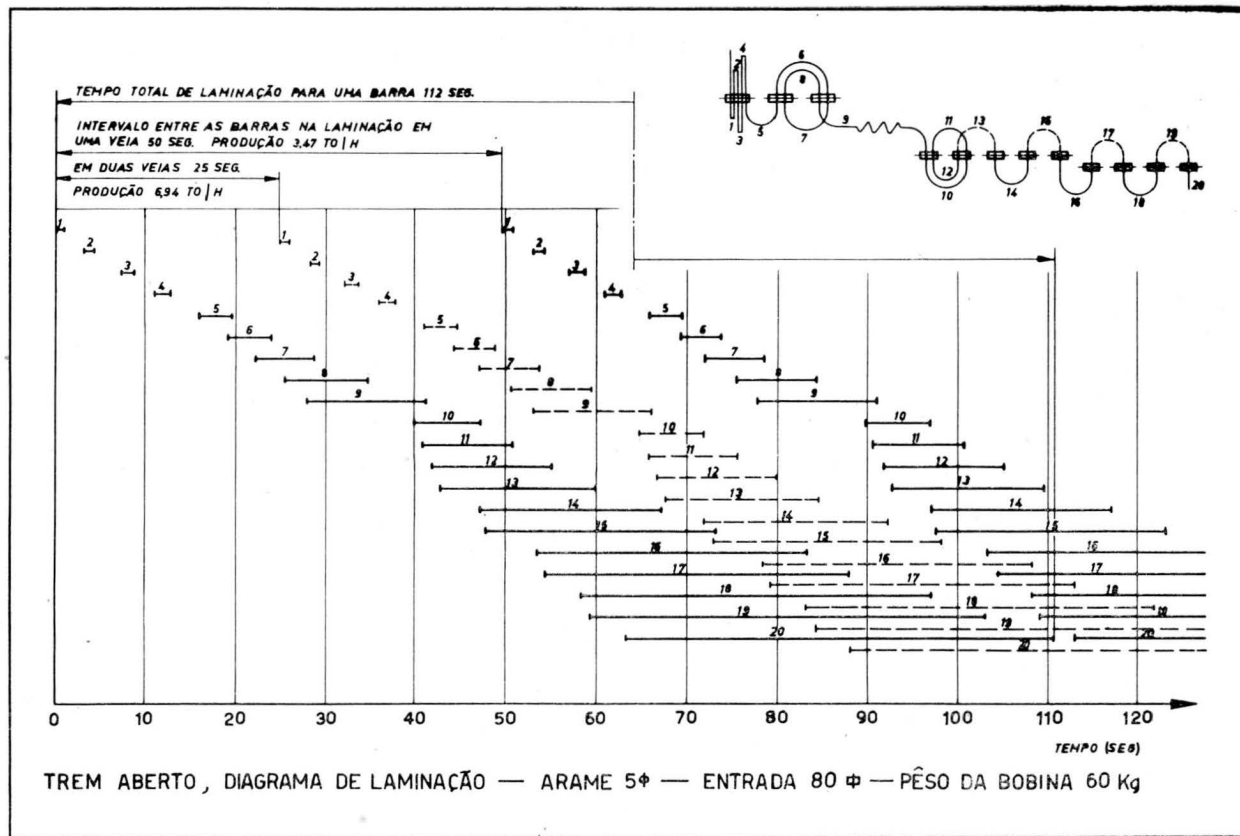


Figura 5

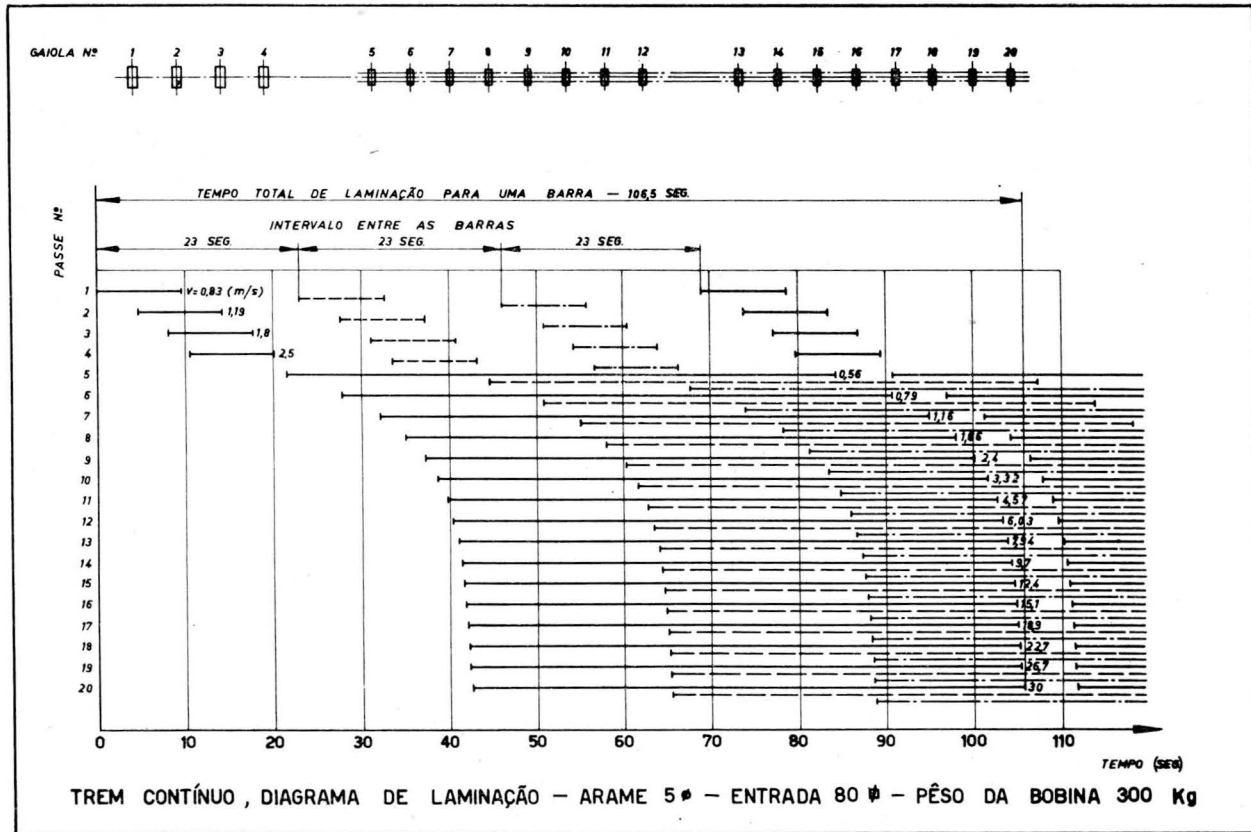


Figura 6

gaiola a velocidade aumenta sucessivamente de 0,55 até 30 m/seg.

b) *Pêso das bobinas* — Devido à pequena velocidade final e à diferença de temperatura entre a cabeça e o fim da barra, causada pelos laços entre as gaiolas, o pêso das bobinas no trem aberto não ultrapassa 60 kg. No trem contínuo, porém, êste pêso pode atingir 300 kg. No trem aberto o comprimento da barra acabada atinge 380 m e no trem contínuo 1.900 m. Apesar desta diferença enorme, o tempo total para a laminação de uma barra no trem contínuo é menor do que no trem aberto, ou seja, 106 seg no trem contínuo e 112 seg no trem aberto.

c) *Análise dos diagramas de laminação* — Nas filas de gaiolas que têm a mesma rotação, o tempo de laminação cresce de um passe para outro devido ao comprimento crescente da barra e à velocidade praticamente igual. Êste fato é visível na figura 6. Neste caso os primeiros 4 passes são executados sucessivamente, enquanto que a barra sai totalmente da gaiola antes de poder entrar no canal seguinte. Os intervalos entre as diversas passagens são relativamente longos, devido ao modo complicado de dirigir a barra de um canal ao outro.

A partir do 5.^o passe, a cabeça da barra é dobrada, isto é, ela já entra no canal antes de seu pé sair do canal precedente. No diagrama é visível a grande economia de tempo que é conseguida com êste método. Dos canais 13, 15, 17 e 19 saem ovais. Êstes são dobrados a mão, enquanto que os quadrados são dobrados automaticamente. No diagrama é visível a vantagem das dobradeiras automáticas em relação à economia do tempo de laminação, não se levando em consideração a economia de mão de obra.

O funcionamento seguro de dobradeiras automáticas para ovais pequenos só pode ser conseguido quando êste oval é formado dentro de uma gaiola com cilindros verticais. Neste caso, a barra pode entrar na calha da dobradeira sem girar em tórno do eixo longitudinal. As gaiolas de trens acabadores, que trabalham com dobradeiras automáticas dos 2 lados, devem ser equipadas com rolamentos ou com mancais fechados de resina sintética, que trabalham com folgas mínimas.

O diagrama de trem contínuo (fig. 6) mostra claramente as grandes vantagens dêste tipo de trem. O tempo de laminação é igual em tôdas as gaiolas que trabalham na mesma seqüência. Êste tempo é de: gaiolas 1 a 4: 9,7 seg; gaiolas 5 a 20: 63,5 seg. Ligando-se os pontos correspondentes aos tempos de entrada da cabeça da barra nas diversas gaiolas, forma-se uma curva parabólica, isto é, os tempos necessários para per-

correr as distâncias praticamente iguais entre as gaiolas diminuem consecutivamente. Nas últimas gaiolas êstes tempos intermediários tornam-se mínimos. No nosso exemplo, a cabeça da barra necessita de sòmente 21 seg para percorrer a distância entre a 5.^a e a 20.^a gaiola e é laminada durante 41 seg, ao mesmo tempo em tôdas estas 16 gaiolas. Êste fato explica a perda mínima de temperatura em trens contínuos modernos e as boas tolerâncias com pequenas variações até o fim da barra.

II. DESCRIÇÃO DE DIVERSOS TRENS MODERNOS PARA PERFIS PEQUENOS

Nos últimos anos, a firma MOELLER & NEUMANN — Fabricação de Laminadores — tem planejado diversos trens modernos para perfis pequenos, que representam desenvolvimentos geralmente reconhecidos como pioneiros. Em seguida, serão descritos 5 trens, que mostram diferenças bastante grandes. As razões destas diferenças serão explicadas mais abaixo. Duas instalações já entraram em serviço e justificaram plenamente as produções esperadas e ainda as superaram:

O trem inteiramente contínuo para a firma ROECHLING, em Voelklingen (Saar), já trabalha há mais de 5 anos. O trem semi-contínuo para a firma SAFE, em Hagondange (França), entrou em serviço há um ano. O trem de Voelklingen foi construído quase sem restrições do ponto de vista de espaço e de investimentos. Porisso êle será descrito mais minuciosamente. Sobre as outras instalações serão mencionadas sòmente as diferenças em relação ao mesmo.

1) *Trem de Voelklingen, para perfis pequenos, inteiramente contínuo* (figs. 4 e 7):

a) *Produção* — Neste trem são laminados: redondos, quadrados, hexagonais e perfis semelhantes, de 5 a 50 mm; cantoneiras até 60 mm; ferros U e T até 50 mm; ferro chatô até uma largura de 150 mm; fitas até 300 mm \times 1,75 mm.

A produção recorde dêste trem é de mais ou menos 44.000 t/mês. Isto corresponde a uma produção de 88 t/h (calculando-se com 500 h/mês de serviço sem interrupção) ou a uma produção anual de quase $\frac{1}{2}$ milhão de toneladas. É claro que esta produção enorme só pode ser atingida quando o trem trabalha quase sem interrupções, em 3 turmas, quando o depósito de palanquilhas tem reservas suficientes e principalmente quando o processo de acabamento de um programa tão variado é bem organizado e tem bastante espaço para depositar os laminados muito variados.

b) *Planejamento geral* — A figura 7 mostra, em cima, um esquema dos diversos galpões e, em baixo, a disposição da maquinaria nos mesmos. A laminação propriamente dita está situada num galpão longitudinal de 36 m de largura, as instalações elétricas e as oficinas num 2.º galpão paralelo. Para os fornos e depósito das palanquilhas são previstos 4 galpões transversais, para as instalações de acabamento e os depósitos de laminados 8 galpões transversais no lado oposto dos galpões longitudinais. No entanto, a produção aumentou tanto que foi necessário construir mais 4 galpões transversais para esta finalidade. O trem total tem agora um comprimento de mais de 800 m.

c) *Fornos e depósitos de palanquilhas* — Como está indicado na figura 7, existem 2 fornos grandes com uma capacidade de 55 t/h cada e outros 2 de 15 t/h cada um. Os fornos pequenos são do tipo de grades oscilantes (Hubbalkenöfen). Eles são previstos principalmente para o aquecimento de aços finos. A capacidade total dos fornos é, portanto, de 140 t/h. Ela é maior do que a capacidade média do trem, porque o serviço em 3 turnos, quase sem interrupção, necessita que permanentemente uma parte dos fornos esteja sujeita à renovação dos refratários.

As palanquilhas são armazenadas em 3 galpões, classificadas de acordo com a qualidade e as dimensões, e preparadas em feixes de 10 t. Em cada galpão existe uma instalação de-sempilhadeira no trem de rolos que alimenta os fornos. Os feixes de 10 t são colocados nestas instalações e depois as palanquilhas são transferidas separadamente para o trem de rolos.

Antes da entrada nos fornos existe um posto de controle para as palanquilhas, onde as 4 superfícies são examinadas e as barras imprestáveis eliminadas. Um transferidor distribui as palanquilhas entre os fornos, e balanças automáticas pesam o material que entra em cada forno. Nos 3 galpões para palanquilhas existem instalações especiais para a limpeza das mesmas por meio de "scarfing" ou processos mecânicos.

d) *Instalações da laminação propriamente ditas* (fig. 4) — Atrás do trem desbastador de 3 gaiolas estão situadas 2 filas de gaiolas (fila A e B) em disposição contínua. Na fila A são laminados os produtos mais grossos do que 8 mm. As dimensões até 16 mm são laminadas em 2 veias ao mesmo tempo. A fila B é prevista principalmente para as dimensões finas de 5 a 12 mm e para laminados de aços finos e produtos com tolerâncias muito estreitas, que são sempre laminados em uma só veia.

Sòmente as gaiolas 1 e 2 do trem desbastador são clássicas e de construção comum. Tôdas as outras gaiolas de tipo especial são chamadas "*gaiolas de câmbio rápido*". Isto quer dizer que as gaiolas já preparadas nas oficinas, com os cilindros e guias para um certo programa, são colocadas num sistema para o acionamento e a regulagem das mesmas. Isto é comparável a uma máquina operatriz universal, onde diferentes ferramentas são colocadas para certas operações de usinagem no suporte da máquina, que contém todos os elementos de acionamento e de deslocamento das ferramentas.

Cada 2.^a gaiola tem um suporte combinado para o acionamento dos cilindros em posição horizontal ou vertical. Ao invés de virar a barra para executar o passe em pé, é virada a gaiola. Além disso tôdas as gaiolas podem ser deslocadas horizontalmente e as gaiolas combinadas também verticalmente, de modo que cada canal pode ser instalado na linha de laminação, sempre reta. Êste sistema evita danos e possibilita altas velocidades de laminação. As guias entre as gaiolas são fixas nesta linha reta de laminação.

Tôdas as gaiolas são acionadas por motores individuais de corrente contínua, reguláveis dentro de grandes limites.

Os motores do trem A tem uma potência de 680 HP cada e os motores do trem B uma potência de 380 e 250 HP respectivamente. Todos os motores são equipados com instalações de regulagem automática muito sensíveis. Como indicadores de regulagem são usados os elevadores mecânicos de laços. O ângulo formado entre a alavanca elevável destas instalações em relação a linha horizontal é usado para a regulagem da velocidade da gaiola seguinte.

O trem é munido de diversas tesouras rotativas para cortar a ponta durante o movimento. Essas também servem para cortar a barra em pedaços pequenos, caso exista um desarranjo no trem. Êste possibilidade diminui consideravelmente os tempos de panes.

e) *Instalação de bobinagem* — O trem é munido de uma ampla instalação para bobinagem. Em 3 bobinadeiras de arame são laminadas bobinas de 500 kg de bitolas até 1". As bitolas mais finas são enroladas em bobinas de 300 kg em 2 bobinadeiras "*Garrett*" e também em 2 bobinadeiras "*Edenborn*". Nestas bobinadeiras os fios podem ser enrolados num banho de água, conseguindo-se o endurecimento diretamente do calor de laminação, por exemplo em arames para molas.

As fitas mais largas são enroladas em bobinadeiras automáticas horizontais, em bobinas até 1.200 kg.

As fitas estreitas são enroladas em bobinadeiras verticais, em bobinas de pêsos diversos. As bobinas de arame são transportadas por transportadores de correntes até um transportador de ganchos com uma extensão de 860 m. As bobinas de fitas são resfriadas em transportadores de correntes, erguidos em posição vertical numa empilhadeira automática e transportadas para o depósito por meio de carros elétricos.

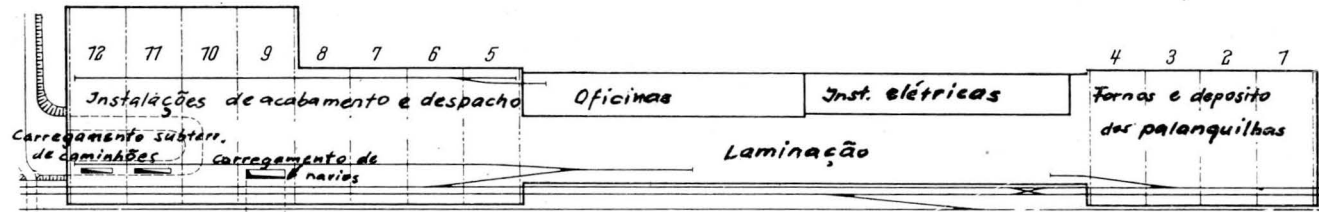
f) *Leito de resfriamento* — A laminação é equipada com um leito de resfriamento duplo, a rolos (fig. 7), com um comprimento de 120 m. A construção e as características de leitos deste tipo serão descritas no parágrafo 2f). Na frente deste leito as barras são subdivididas em comprimentos máximos de 120 m.

g) *Oficinas para manutenção e preparação das gaiolas de reserva e tornearia de cilindros* — Estas instalações são muito bem equipadas e estão situadas ao lado do leito de resfriamento. A figura 7 mostra sua localização. Estas grandes instalações representam gastos adicionais em relação aos trens antigos. Mas os investimentos para a oficina de preparação das gaiolas cambiáveis justificam-se largamente pela economia de horas produtivas do trem. Os gastos para tornearia dos cilindros, por outro lado, amortizam-se pela usinagem dos diversos jogos de cilindros, necessários para o amplo programa dos trens, inclusive uma reserva, como por exemplo demonstraram cálculos de caráter econômico no caso do trem de Voelklingen.

h) *Instalações de acabamento* (fig. 7) — Duas tesouras a frio subdividem as barras saídas do leito de resfriamento em comprimentos de 30 m. Essas barras relativamente compridas são distribuídas em 4 máquinas endireitadeiras colocadas lado a lado. Elas são capazes de endireitar a produção total no mesmo ritmo da laminação. Depois essas barras compridas são subdivididas em comprimentos comerciais de 12 m no máximo em 2 outras tesouras a frio.

Os berços coletores atrás das tesouras a frio são postos em cima de balanças, de modo que é possível pesar toda a produção acabada e assim controlar permanentemente o rendimento da laminação.

Para o despacho dos laminados por meio de caminhões foi aplicada nesta laminação uma solução muito interessante. A rua para os caminhões passa num tunel embaixo da laminação. Um número elevado de caminhões pode ser carregado ao mesmo tempo pelas pontes rolantes dos galpões por meio de diversas escotilhas. Deste modo evitam-se as ruas para caminhões dentro da laminação e a entrada de pessoas estranhas.



Significado das letras :

- a.) Leste de resfriamento
- b.) 2 Tesouras a frio p. 30 m.
- c.) 2 Tesouras a frio p. 12 m.
- d.) 4 Máquinas endireitadoras

- e.) Tornearia dos cilindros
- f.) Manutenção geral
- g.) Montagem das gaiolas cambiáveis.

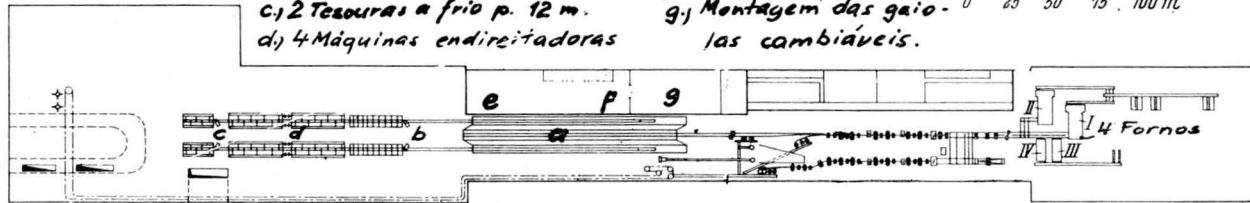


Fig. 7 — Trem de VOELKLINGEN, esquema dos galpões e disposição da maquinaria nos mesmos.

Existe também uma instalação para carregar navios diretamente do Rio Saar à margem do qual a laminação está situada.

i) *Instalações centrais para o abastecimento e a manutenção da maquinaria* — O serviço, que é praticamente ininterrupto e é dividido em 3 turnos por dia, somente pode ser sustentado, porque o abastecimento das diversas máquinas com óleo lubrificante, graxa, água e óleo hidráulico é centralizado e mecanizado. A eliminação da carepa e de lixo é feita hidráulicamente e funciona por meio de um sistema de canais subterrâneos e bombas. As fundações são escavadas em diversos andares para alojar as instalações abaixo relacionadas e para possibilitar o acesso às máquinas durante o serviço, para fins de manutenção.

Existem as seguintes instalações:

- 2 instalações centrais para óleo de lubrificação, com uma capacidade de 4.000 l/min;
- 2 instalações centrais para lubrificação à graxa, que abastecem continuamente, entre outros, os rolamentos de todos os cilindros de laminação durante o serviço.
- 2 instalações centrais de óleo hidráulico, com uma pressão de 100 atm;
- 1 instalação hidráulica de água para limpar a carepa das palanquilhas na saída dos fornos, com uma pressão de 90 atm;
- 2 grandes bacias redondas para coleccionar a água que transporta a carepa e o lixo, cujo fundo está situado 11 m abaixo do nível da laminação. Estas bacias trabalham de acordo com o sistema de ciclones, isto é, a água é mantida em movimento rotativo até que é retirada por bombas especiais a uma distância de 350 m em grandes tubos até a bacia de deposição, fora da laminação.
- Diversos sistemas de água limpa para as instalações de resfriamento dos fornos, dos motores elétricos e de diversas máquinas da laminação.

k) *Instalações especiais para a troca rápida dos programas de laminação* — Os primeiros grandes trens de laminação contínuos foram construídos para programas relativamente pequenos, de somente algumas bitolas, que foram laminados durante muito tempo. Assim foram evitadas as modificações demoradas, que baixam sensivelmente o rendimento de uma laminação. No trem de Voelklingen foi pela primeira vez realizado um trem contínuo grande para um programa muito variado. Por meio dos princípios e das instalações abaixo relacionadas é possível instalar 8 novas gaiolas cambiáveis em 15 min. e assim trocar o programa de laminação. As mesmas gaiolas cambiáveis

servem para colocar os cilindros em posição vertical e horizontal. A figura 8 mostra o tipo dos rolamentos que possibilitam estas posições diversas.

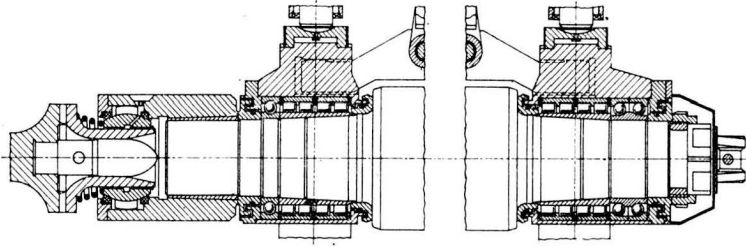


Fig. 8 — Rolamentos dos cilindros e acoplamento automático dos fusos.

As gaiolas cambiáveis são fixadas hidráulicamente nos elementos de acionamento, sem qualquer ligação a parafusos. Os fusos entre a caixa de pinhões e a gaiola são executados na forma de acoplamentos alinhadores, que se ligam automaticamente quando é colocada a gaiola cambiável (Fig. 8). As gaiolas cambiáveis, já providas com as guias para o programa seguinte, são depositadas ao lado das gaiolas que devem ser substituídas durante a laminação do programa anterior. Uma ponte rolante pode porisso fazer todo êste serviço para um grande número de gaiolas.

Para a troca das gaiolas usadas por novas não se necessita de pontes rolantes, porque todos os movimentos são executados ou facilitados por cilindros hidráulicos, existentes neste lugar. Quando um canal é usado e deve ser substituído por um outro, no mesmo programa, a gaiola tãda pode ser deslocada horizontalmente por meio de cilindros hidráulicos. As gaiolas combinadas também podem ser deslocadas verticalmente. Êstes movimentos são dirigidos das cabinas de comando, sem a necessidade de parar os motores principais de acionamento.

2) TREM SEMI-CONTÍNUO PARA AÇOS FINOS SAFE (fig. 9) — Neste trem, já em serviço, são produzidas quantidades consideráveis de laminados para a indústria automobilística francesa, em dimensões redondas e chatas. Nesta indústria a quantidade dos elementos produzidos é enorme. Economias no processo de usinagem são porisso mais importantes do que em outros ramos. No projeto e na execução do trem de "SAFE" foi dada preferência à qualidade em relação à quantidade. Também as dimensões menores são porisso laminadas em uma só veia. Durante quase todo o seu trajeto as barras são movimentadas ou por meio de roletes, substituindo o atrito de escorregamento que às vêzes causa defeitos na superfície.

Para a instalação dêste trem dispunha-se sòmente de um espaço reduzido. Dêste modo explicam-se algumas de suas características. Quanto à qualidade da maquinaria, à eficiência técnica e à mecanização, êste trem compara-se em igualdade de condições ao trem de Voelklingen.

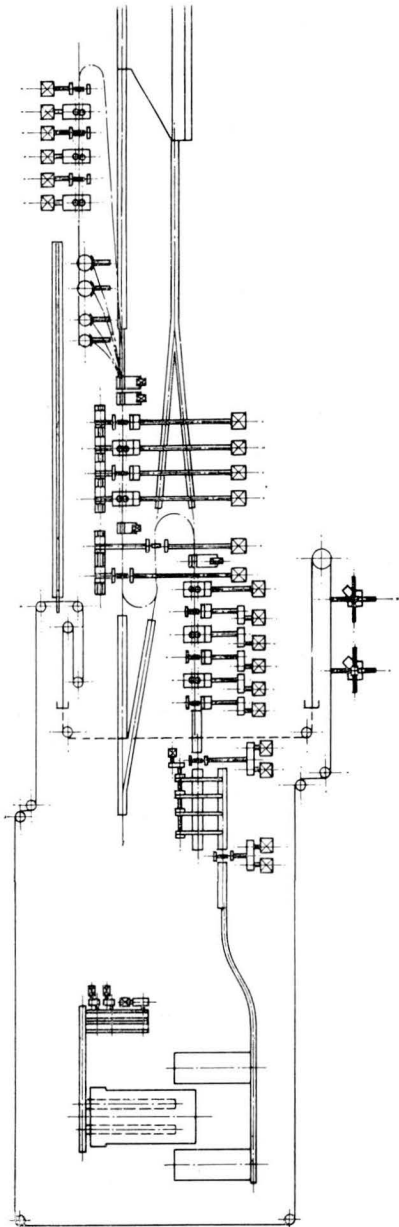


Fig. 9 — Trem semi-contínuo para aços finos SAFE com trem aberto desbastador.

a) *Fornos* — Para diminuir a formação de carepa, o aquecimento das palanquilhas é feito em 2 etapas. No forno de pré-aquecimento as palanquilhas colocadas em 2 filas paralelas e movimentadas independentemente, são aquecidas até um pouco abaixo do ponto crítico. Sòmente quando o trem de laminação está operando, as palanquilhas são aquecidas em tempo relativamente curto, até a temperatura de laminação nos 2 fornos, que trabalham paralelamente. Nestes fornos as palanquilhas são transportadas em cima de uma grade oscilante, deixando intervalos entre as barras. Assim é garantido um aquecimento igual de todos os lados. O regime dos fornos é controlado da cabina de comando por câmaras de televisão. Em frente ao trem intermediário existe uma calha aquecida por indução. Durante o processo de entrada da barra na primeira gaiola a parte traseira da barra é submetida a um aquecimento adicional de modo que a temperatura da laminação é mantida por igual no comprimento total da barra.

b) *Trem desbastador aberto* — Duas gaiolas trio de 550 mm de \varnothing , dispostas obliquamente uma atrás da outra, são acionadas independentemente por motores de corrente contínua. Para cada gaiola foram escolhidos 2 motores iguais, primeiramente para padronizar os motores com os das gaiolas do trem intermediário, que necessitam de uma potência menor, e também pela seguinte razão: quando a barra entra na gaiola, os cilindros giram com baixa rotação. Uma vez mordida a barra, os motores são acelerados para velocidade maior. Dêste modo o tempo total da laminação de barra é encurtado sensivelmente e, na mesma relação, é aumentada a produção do trem.

Dois motores têm um momento de inércia menor do que um motor de potência dupla. Porisso, neste caso, a aceleração é mais rápida e necessita de menos energia.

Notável é o nôvo tipo de mecanização destas gaiolas que é descrita minuciosamente no trabalho "*Possibilidades de aumento de produção das gaiolas desbastadoras em trens abertos de perfis pequenos e de arames*", escrito pelos Engenheiros Weber e Dittmar, e apresentado ao Congresso da ABM de 1961.

c) *Trem intermediário contínuo* — É composto de 4 gaiolas \varnothing 380 mm e de 8 gaiolas \varnothing 340. As gaiolas n.ºs 4, 6, 8, 11 e 13 são verticais. Neste trem não são necessárias gaiolas combinadas como no trem de Voelklingen, porque lamina-se sempre em uma só veia. As gaiolas correspondem às do trem de Voelklingen, inclusive as instalações para a troca rápida do programa.

Entre as gaiolas 8/9 e 9/10 as barras mais finas são dobradas automaticamente. As barras mais grossas saem e são transferidas para a gaiola seguinte pelo mesmo sistema de trens "cross-country". Esta interrupção do processo inteiramente contínuo permite diminuir as dificuldades na regulagem da velocidade, formando diversos grupos de regulagem independentes.

d) *Trem acabador para arame* — O trem acabador é composto de 6 gaiolas protendidas de 280 mm de \varnothing . Êste tipo de gaiolas hoje já é bastante divulgado. As características e vantagens das mesmas estão descritas no trabalho "*Gaiolas de laminação protendidas*", escrito pelo Eng. Karl Neumann, que foi apresentado ao Congresso Anual da ABM de 1960. A figura 10 mostra o princípio dessas gaiolas, a figura 11 o princípio da substituição dos cilindros e a figura 12 uma gaiola executada tipo horizontal, 280 \varnothing \times 400 mm.

e) *Instalação para bobinagem* — As dimensões maiores são enroladas em bobinadeiras Garrett, enquanto que para as dimensões finas são usadas bobinadeiras combinadas, que pos-

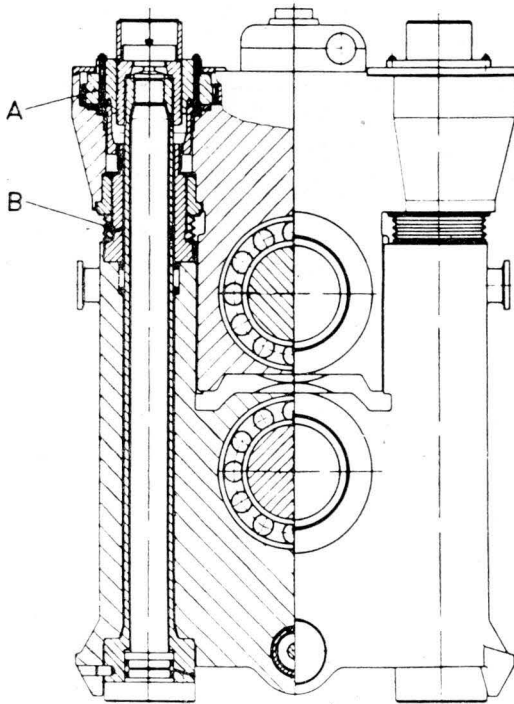


Fig. 10 — Princípio das gaiolas protendidas.

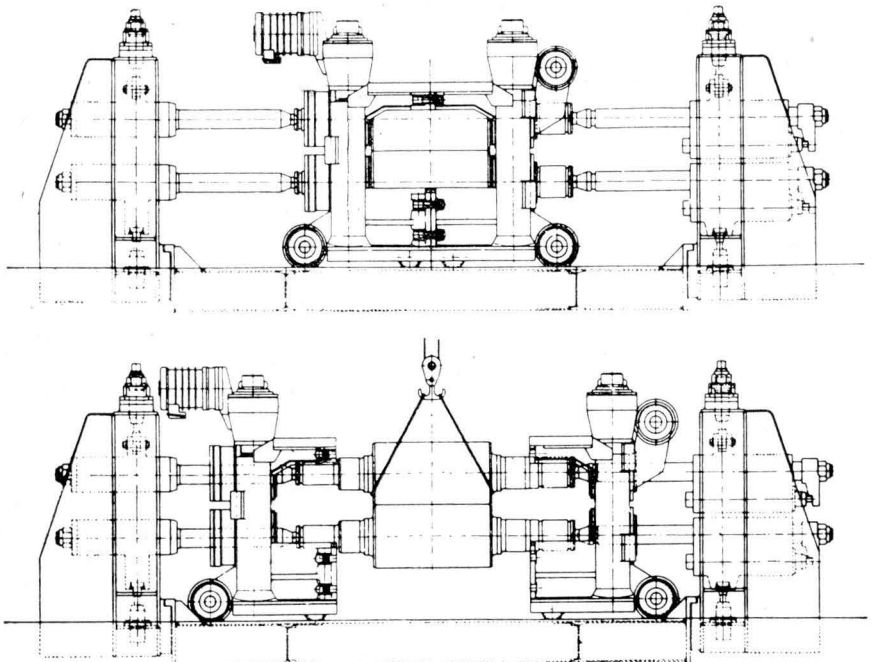


Fig. 11 — Troca dos cilindros em uma gaiola protendida, de dimensões médias.

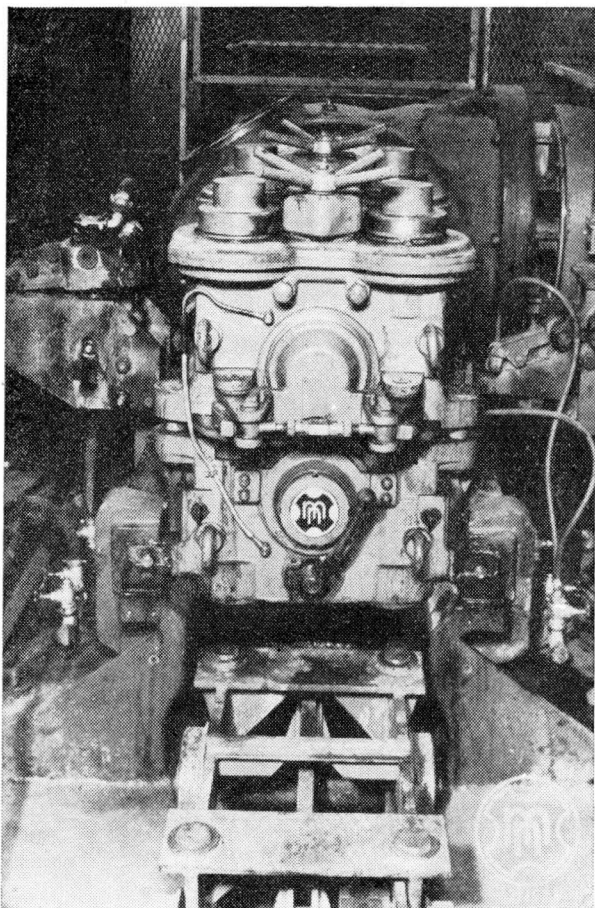


Fig. 12 — Gaiola protendida para trens de arame acabadores.

sibilitam velocidades até 30 m/seg. Este tipo de bobinadeiras é composto de uma parte inferior de sistema "Garrett" e de outra parte superior de sistema "Edenborn". As 2 partes podem ser usadas individualmente ou em conjunto. Elas viram em sentido oposto, de modo que suas velocidades periféricas somam-se à velocidade total de bobinagem.

f) *Leito de resfriamento* — O reduzido espaço permitiu somente um leito de resfriamento de 48 m de comprimento. Foi escolhido um leito a rolos, que dá melhor aproveitamento da superfície resfriadora. Apesar do comprimento pequeno foi possível fazer entrar as barras com uma velocidade até 14 m/seg, devido a uma construção nova do sistema de entrada. Este

leito foi descrito detalhadamente no trabalho "*Leitos de resfriamento de trens de laminação modernos para perfis pequenos*", escrito pelo mesmo autor, como Contribuição para o Congresso Anual da ABM de 1961.

3) TREM INTEIRAMENTE CONTÍNUO PARA PERFIS PEQUENOS "SUND" (fig. 13) — Este trem, no momento ainda em construção, para a firma DET DANSKE STAALVALSVAERK, Frederiksvaerk (Dinamarca), é planejado em 2 etapas. Durante a 1.^a etapa, um trem trio existente de 550 mm de \varnothing serve como trem desbastador. Numa 2.^a etapa é previsto um trem desbastador contínuo. A seguir, o trem será descrito em sua forma definitiva:

a) *Programa de laminação* — Relativamente limitado porque este trem é previsto para aços comuns, laminados em grandes quantidades: redondos: 5,5 — 35 mm \varnothing ; ferro chato: 20 — 150 mm \varnothing de largura; cantoneiras: 35 — 60 mm.

Existe somente uma dimensão para tôdas as palanquilhas, que é de 100 mm de lado \times 4 m. O pêso correspondente é de 310 kg.

b) *Fornos* — Existem 2 grandes fornos a grades oscilantes (Hubbalkenoefen), com uma capacidade de 50 t/h cada. As instalações para o fornecimento das palanquilhas são mecanizadas em forma semelhante à que foi descrita no trem de Voelklingen.

c) *Trem desbastador contínuo* — Este trem é composto de 7 gaiolas duo, de construção normal. Como são sempre laminadas palanquilhas de iguais dimensões, podem ser previstos canais de reserva, de modo que não serão necessárias as instalações para a troca rápida dos programas. Atrás do trem desbastador as barras saem livres antes de entrar nas gaiolas seguintes.

d) *Trem intermediário* — Aqui as gaiolas são alternadamente de tipo horizontal ou vertical, em forma cambiável, sendo as gaiolas de 12-20 do tipo protendido. Os cilindros têm as seguintes dimensões:

gaiolas 8 — 11:	400 \varnothing \times 750 mm
gaiolas 12 — 15:	360 \varnothing \times 600 mm
gaiolas 16 — 20:	345 \varnothing \times 600 mm

e) *Trens acabadores de arame* — Duas filas de 6 gaiolas protendidas com cilindros de 280 mm de \varnothing são colocadas lado a lado. Também aqui as gaiolas são alternadamente com cilindros em posição horizontal ou vertical.

f) *Instalações de bobinagem* — Atrás de cada trem acabador são previstas 3 bobinadeiras “Edenborn/Garrett” com velocidades máximas de até 30 m/seg. As bobinas são resfriadas sucessivamente em transportadores de corrente e de ganchos. Neste caso, todo o comprimento do transportador de ganchos é usado para o resfriamento das bobinas. O transporte das bobinas para o depósito é feito por carros elétricos especiais.

g) *Leitos de resfriamento* — Dois leitos a pentes eleváveis resfriam as barras em comprimentos de 120 m. A máxima velocidade de entrada é de 14 m/seg. Atrás de cada leito uma tesoura a frio com uma pressão de 400 t corta as barras em comprimentos comerciais.

h) *Laminação de fitas* — Já foi prevista para o futuro a laminação de fitas a quente para tubos soldados, inclusive as instalações para laminar, resfriar e empilhar bobinas.

O novo trem contínuo “SUND” fornecerá quase a mesma quantidade de laminados como o trem de Voelklingen. A diminuição da quantidade das bitolas possibilita, porém, uma instalação muito mais simples e, por isso, os custos de investimento baixam sensivelmente.

4) **TREM PARA AÇOS FINOS NAGOYA** — A Usina Siderúrgica AICHI STEELWORKS LTD., em NAGOYA (Japão) encomendou em fins de 1960 um trem completo, muito moderno, na firma MOELLER & NEUMANN. A disposição deste trem está representada na figura 14.

a) *Disposição geral* — Este trem já é equipado na 1.^a etapa com todas as instalações necessárias para a produção e o acabamento moderno de aços finos. A quantidade e a disposição das gaiolas permitem ao mesmo tempo a laminação de 2 programas diferentes. Quando, entretanto, são produzidas bitolas muito finas é laminado somente um programa e uma parte das gaiolas normalmente usadas para o 2.^o programa, é deslocada para a linha do 1.^o programa. Todas as gaiolas, menos as 3 do trem desbastador, são de tipo protendido, da mais recente construção.

b) *Programa de laminação* — São laminados: Perfis redondos, quadrados, hexagonais, etc. de 5-50 mm de barras e bobinas; ferro e aço chato para molas de 32-110 mm de largura; fitas de 32-110 mm largura.

As dimensões das palanquilhas são de \varnothing 60 mm, 90 mm e 120 mm de lado em comprimentos de 2-4 m.

c) *Fornos* — Como no trem da SAFE também aqui é previsto o aquecimento em 2 etapas. Os 3 fornos são construídos de acôrdo com o princípio de grades oscilantes (Hubbalkenoefen). Em cada forno podem ser movimentadas 2 filas de palanquilhas de 2 m, independentemente uma da outra, ou também em sòmente 1 fila de palanquilhas de 4 m.

d) *Trem desbastador* — Apesar da grande capacidade acabadora (2 trens contínuos e 1 trem “cross-country”) esta laminação é equipada com um trem desbastador aberto, composto de 1 trio de 520 mm e 2 trios de 460 mm de \varnothing . Êste trem desbastador, que é muito bem mecanizado, trabalha automaticamente. Os 2 diferentes grupos tem acionamentos individuais. Êles podem trabalhar individualmente como gaiolas desbastadoras dos 2 diferentes programas ou sucessivamente para a produção de bitolas finas.

e) *Trem “cross-country”* — Êste trem é composto de 5 gaiolas horizontais de 360 mm de $\varnothing \times 750$ mm e de 2 gaiolas verticais de 360 mm de $\varnothing \times 300$ mm. Entre as diversas gaiolas são colocados trens de rolos em forma de funís, equipados com instalações especiais para transferir as cabeças das barras.

O trem tem 2 comandos individuais nos 2 lados, com velocidades de laminação crescentes. Dêste modo, o tempo de laminação nas diversas gaiolas é quase igual, apesar do comprimento crescente das barras. Trens dêste tipo trabalham automaticamente e dão uma produção elevada.

f) *Trens acabadores contínuos 1 e 2* — Êstes são compostos de 8 gaiolas de 345 mm de $\varnothing \times 600$ mm e de 4 gaiolas de 300 mm de $\varnothing \times 500$ mm. Cada 2.^a gaiola é do tipo vertical. Tôdas as 12 gaiolas podem ser instaladas numa só fila atrás do trem desbastador de 460 mm de \varnothing para a laminação de bitolas finas. As gaiolas n.^{os} 4 a 7 podem ser deslocadas atrás da 5.^a gaiola do trem “cross-country” e servem neste caso como trem acabador contínuo.

Nas gaiolas n.^{os} 9 e 11 (gaiolas horizontais) os quadros de suporte duo podem ser substituídos por quadros com 4 cilindros (sistema quarto) para a laminação de fitas. A caixa de pinhões nesta ocasião permanece a mesma.

Para o futuro é previsto um trem contínuo adicional de 280 mm de \varnothing , com 4 gaiolas para a laminação de arames. Depois da execução dêste, também no caso da laminação de bitolas finas pode correr paralelamente um 2.^o programa.

g) *Instalações para o resfriamento e o acabamento dos laminados* — Estas instalações, muito variadas, são compostas de:

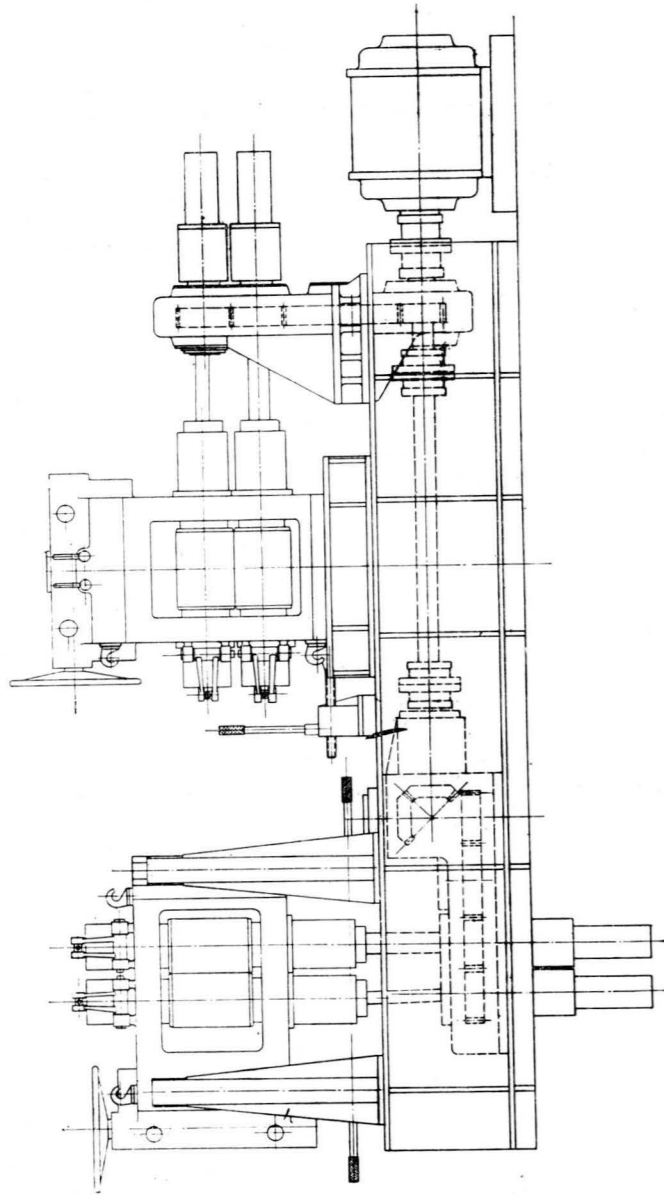


Fig. 16 — Princípio da gaiola dupla.

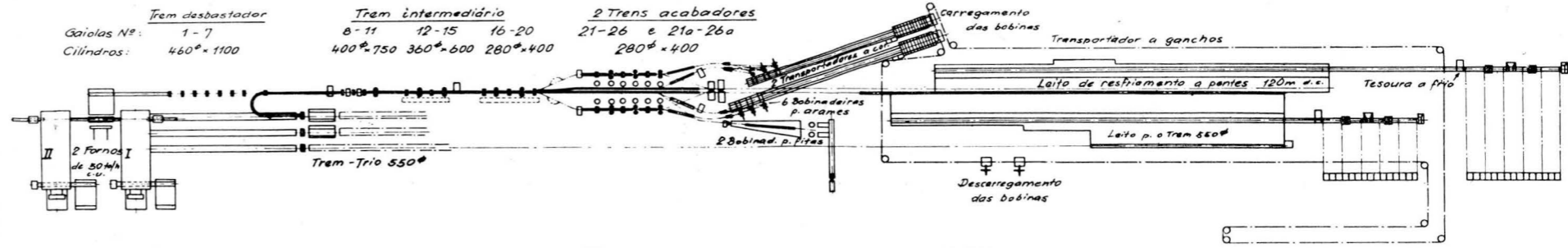


Fig. 13 — Trem inteiramente contínuo SUND.

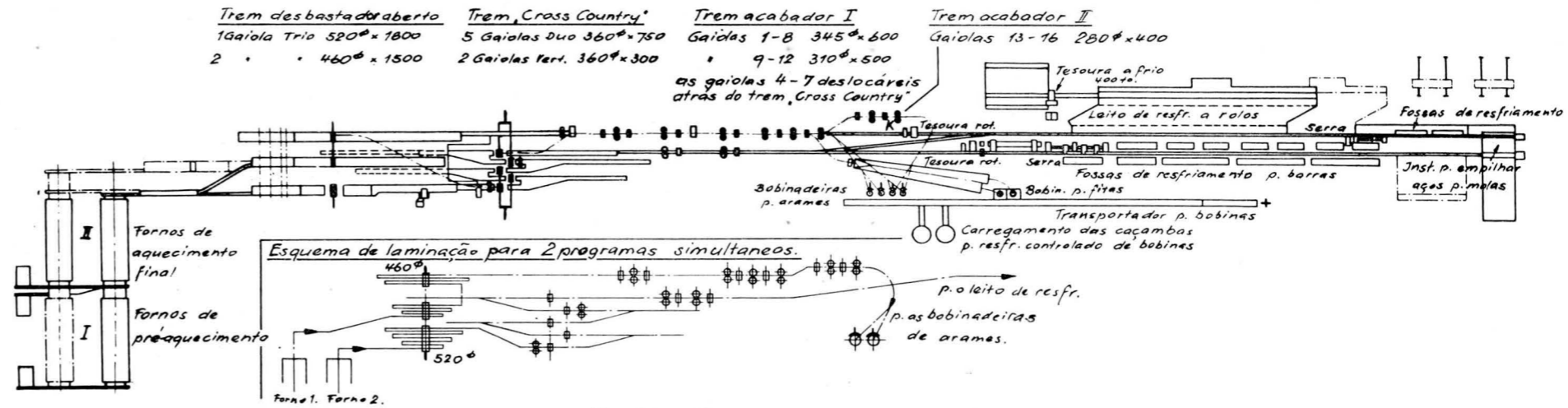


Fig. 14 — Trem para aços finos NAGOYA.

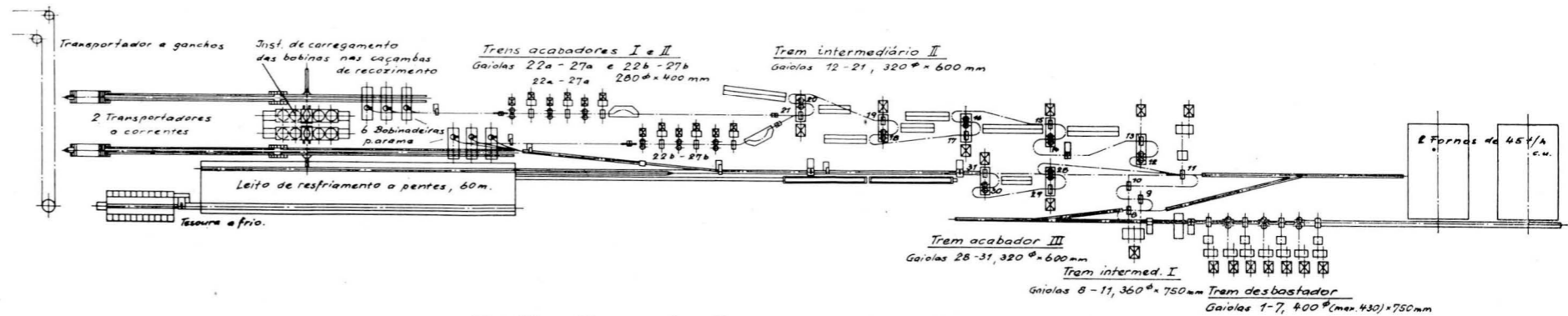


Fig. 15 — Trem semi-contínuo para arames de aços finos WITTEN.

- 1 leito de resfriamento a rolos de 48 m, igual ao leito do trem da "SAFE";
- 1 tesoura a frio, inteiramente mecanizada;
- 4 bobinadeiras para arames, 2 de tipo "Garrett" e 2 de tipo "Edenborn";
- 2 bobinadeiras verticais para fitas; transportadores a correntes para resfriar as bobinas;
- 2 sistemas de resfriamento, controlados em fossas, para barras e bobinas;
- 1 instalação para cortar, empilhar e resfriar sob controle aços chatos para molas.

5) TREM SEMI-CONTÍNUO PARA AÇOS FINOS "WITTEN", PRINCIPALMENTE PARA ARAMES — No ano de 1961 a firma MOELLER & NEUMANN recebeu uma encomenda de um trem para aços finos de dimensões pequenas da firma Gusstahlwerk WITTEN A. G., uma das mais importantes usinas siderúrgicas alemãs para aços finos. Neste trem a maioria da produção será de aços finos em forma de arame.

a) *Disposição geral* — A figura 15 mostra o esquema geral deste trem. À primeira vista a disposição das gaiolas parece um pouco confusa. Atrás de um trem desbastador contínuo de 7 gaiolas, alternadamente horizontais/verticais, são colocados: um trem "cross-country" de 4 gaiolas, 7 gaiolas duplas, cada uma com um dispositivo de cilindros horizontal e vertical e 2 trens acabadores de 6 gaiolas horizontais/verticais cada.

b) *Gaiolas duplas* — Este conjunto de 2 gaiolas, uma com cilindros horizontais e outra com cilindros verticais, já foi antigamente utilizado num trem de arames, construído pela firma MOELLER & NEUMANN, que trabalha satisfatoriamente há alguns anos. Ele foi descrito minuciosamente no trabalho "*Formas de construção de trens de arame*", que foi apresentado ao Congresso Anual da ABM de 1960. A figura 16 mostra o princípio destas gaiolas e nas figuras 17 e 18 estão representadas 2 gaiolas vistas do lado de entrada e de saída respectivamente.

Um motor, que pode ser de corrente alternada, aciona 2 gaiolas. Entre o motor e a caixa de pinhões vertical é colocada uma caixa de engrenagens, que reduz a velocidade da gaiola vertical em relação a horizontal, da mesma forma como a secção da barra é diminuída na gaiola vertical. Entre todas as gaiolas a barra é guiada dentro de tubos ou dobradeiras automáticas. Por meio da 1.^a dobradeira um quadrado é introduzido na gaiola vertical. O oval formado nesta gaiola é guiado pela 2.^a dobradeira até a gaiola horizontal.

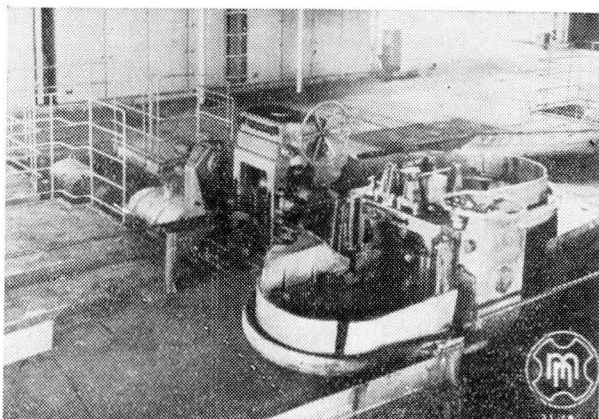


Fig. 17 — Duas gaiolas duplas, lado de entrada.

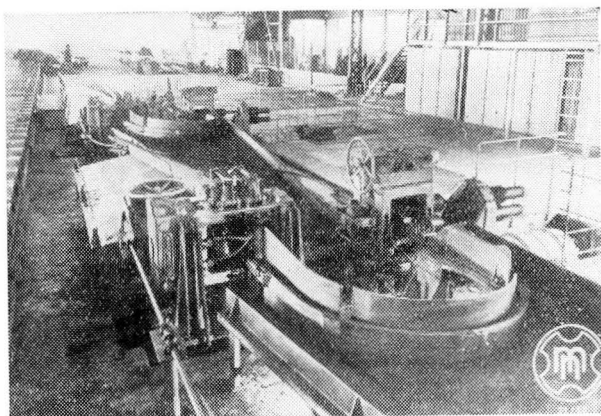


Fig. 18 — Uma gaiola dupla, lado de saída.

Este sistema funciona impecavelmente até velocidades de cerca de 16 m/seg. Pode laminar-se simultaneamente em 1 ou 2 veias. Os ovais podem ser dobrados automaticamente porque as condições descritas no item I, parágrafo 2, letra C são cumpridas. O aumento da velocidade entre as diversas gaiolas é de 2% a 3% abaixo dos tempos necessários para um processo inteiramente contínuo. Deste modo formam-se laços muito pequenos entre as diversas gaiolas, que excluem totalmente a tração entre as mesmas, o que seria muito desvantajoso para obter-se boas tolerâncias em todo o comprimento da barra. Esta pequena divergência do processo contínuo possibilita também a utilização de motores de corrente alternada e

evita as instalações de regulação exatas, que em trens contínuos de alta velocidade são muito dispendiosas.

c) *Programa de laminação* — O trem de “WITTEN” é restringido a dimensões pequenas de 5 até 26 mm e a fitas estreitas de 9,5 até 23 mm de largura. Para o futuro são previstas dimensões redondas até 40 mm. Neste caso, a gaiola 8 será ligada com a gaiola 11 por um trem de rolos em forma de funil e as barras serão acabadas continuamente nas gaiolas 11, 28 (gaiola vertical) e 31. As dimensões das palanquilhas são de \varnothing 83 mm e 9 m de comprimento alternativamente correspondendo a pesos de bobinas de 235 e 470 kg.

d) *Fornos* — São previstos 2 fornos com uma capacidade de 45 t/h cada, que servem para o aquecimento de palanquilhas de 4,5 ou 9 m. Também neste caso foi escolhido o sistema de grades oscilantes (Hubbalkenoefen).

e) *Tipo das gaiolas* — No trem desbastador são usadas gaiolas cambiáveis \varnothing 400 mm \times 750 mm, do mesmo tipo como no trem de “Voelklingen”, com excessão de que neste caso a caixa de pinhões vertical nas gaiolas combinadas está localizada fixamente embaixo da linha de laminação, não sendo transferível horizontalmente. Dêste modo foi conseguida uma simplificação considerável das gaiolas combinadas.

Tôdas as outras gaiolas dêste trem são de tipo protendido. No trem “cross-country” os cilindros têm 360 mm de \varnothing \times 750 mm, nas gaiolas duplas cilindros de 320 mm de \varnothing \times 600 mm e nos trens acabadores cilindros de 280 mm de \varnothing \times 400 mm.

Nas gaiolas duplas as bitolas mais finas são laminadas simultâneamente em 2 veias. Atrás das dobradeiras automáticas são previstas proteções especiais contra as chicotadas nas extremidades das barras laminadas com grande velocidade. Estas são formadas por paredes móveis da mesma forma como as calhas das dobradeiras. Com o crescimento dos laços essas paredes são retiradas e mantidas sempre numa pequena distância dos mesmos. Quando o fim da barra sai da gaiola anterior é guiado firmemente e assim são evitadas as chicotadas, que podem causar nós nas extremidades das barras e paradas no trem.

O movimento das paredes guiadoras é controlado pela própria barra, por meio de foto-células fixas nas paredes.

e) *Instalação para bobinagem* — Atrás de cada trem acabador, serão instaladas 3 bobinadeiras combinadas, que trabalham com velocidades máximas de 30 m/seg. Dois transporta-

dores de correntes trazem as bobinas ao transportador de ganchos. Entre os transportadores de correntes é prevista uma instalação de resfriamento controlado. As bobinas são automaticamente retiradas dos transportadores e jogadas em caçambas especiais, dentro das quais são resfriadas ou recozidas.

f) *Leito de resfriamento* — Neste trem a maioria dos laminados é enrolada e somente uma pequena parte é fornecida em barras. Por isso foi escolhido um leito relativamente simples, a pentes eleváveis, com um comprimento de 60 m. A velocidade máxima de entrada é de 12 m/seg.

III. CONCLUSÕES GERAIS

Foram descritos 5 diferentes trens para perfis pequenos da mais moderna execução para aços comuns e finos. As diferenças de programa, de lugar e de meios de investimento disponíveis causam estas variadas soluções, que foram conseguidas em colaboração intensa e demorada entre a firma construtora e os serviços técnicos das diversas usinas siderúrgicas importantes. Como resumo podem ser destacados os seguintes princípios para o planejamento de trens modernos para perfis pequenos:

1) Os trens acabadores trabalham de maneira contínua, com altas velocidades.

2) Deve-se evitar as barras durante o processo contínuo de laminação. Isto é conseguido com a seqüência de gaiolas horizontais e verticais. Quando as gaiolas verticais são construídas em forma de gaiolas combinadas, os trens ganham uma grande flexibilidade para programas variados. A situação ideal dos cilindros é a seguinte:

- a) *Ferros redondos*: Alternadamente horizontais/verticais: H — V — H — V — H — V. Para poder formar os laços das secções ovais em direção vertical, recomenda-se usar cilindros verticais na gaiola acabadora.
- b) *Ferro chato*: H — V — H — H — V — H.
- c) *Fitas*: H — V — H — V — H — H — H. As últimas 2 gaiolas devem ser quartos ou trios tipo "Laut".
- d) *Cantoneiras*: H — H — H — H — H.
- e) *Ferro T*: H — H — V — H — V — H.

3) Não é conveniente economizar-se nas instalações de acabamento, a fim de garantir o despacho dos produtos laminados no ritmo da produção ou para evitar que produtos bem laminados sejam estragados neste processo.

4) Quando os meios de investimentos são limitados, são possíveis economias, principalmente no trem desbastador. Trens abertos bem mecanizados possibilitam hoje altas produções com barras pesadas e são menos dispendiosos.

5) Para garantir a amortização dos capitais consideráveis necessários para instalação destes trens, é necessário laminar em 3 turnos, quase sem interrupção. Este objetivo pode ser conseguido de 2 modos:

- a) Gaiolas cambiáveis, disponíveis em número suficiente, e preparadas na oficina para o programa seguinte. O próprio trem é equipado com todas as instalações necessárias para uma troca rápida das gaiolas cambiáveis.
- b) O trem é equipado com um número de gaiolas relativamente grande, subdivididas em diversos grupos. Somente uma parte destes grupos trabalha alternativamente, enquanto que os outros serão preparados no próximo programa.

6) Estes trens necessitam de instalações volumosas para o abastecimento central de óleo hidráulico, graxa, óleo de lubrificação, água, etc.

7) As fundações devem ser executadas de modo que a manutenção das máquinas principais possa ser feita sem interrupção do serviço.

8) Quando se necessita de laminados com tolerâncias e superfícies boas — como sempre acontece no caso de aços finos — é necessário laminar sem tração da barra. Em trens contínuos este objetivo somente pode ser conseguido quando é laminado em uma só veia e quando os acionamentos são equipados com instalações de comando dispendiosas. Gaiolas duplas evitam totalmente a tração da barra e podem trabalhar em 2 veias simultaneamente. Elas possibilitam também dobrar automaticamente ovais pequenos com alta velocidade e economia na instalação elétrica.

9) Um trem inteiramente contínuo não é sempre a solução ideal. Às vezes outros sistemas, também modernos, conseguem a mesma finalidade com investimentos menores.

10) No planejamento de modernos trens para perfis pequenos existem às vezes diversas possibilidades. A fim de encontrar a solução ideal para um certo programa de laminação é indispensável uma grande experiência em projetos de trens deste tipo, que somente pode ser conseguida pela colaboração contínua das firmas construtoras com as diversas siderúrgicas importantes.