

# LAMINAÇÃO DE PLACAS DA USINA “INTENDENTE CÂMARA” DA USIMINAS <sup>(1)</sup>

KENJI KOBAYASHI e IZUMI YUASA <sup>(2)</sup>

## RESUMO

*Os Autores, especialistas responsáveis pela Laminação de Placas da USIMINAS, apresentam descrição das instalações da USINA INTENDENTE CÂMARA, em Ipatinga, M.G. Fornecem detalhes da construção e montagem, do processamento industrial, dos equipamentos e sistema de rontrolé. Mostram como o pessoal brasileiro foi sendo formado, com a ajuda de mestres especialmente vindos do Japão.*

## 1. INTRODUÇÃO

A linha de laminação de placas da Usina “Intendente Câmara” da USIMINAS foi projetada visando chapas grossas e tiras; sua capacidade máxima foi fixada em 1.500.000 t/ano de lingotes. Na etapa inicial, no entanto, dispõe de fornos poço e leitos de resfriamento suficientes para atender à demanda de dois altos fornos de 700 t/dia, isto é, 50.000 t/mês de lingotes.

Essa expansão foi prevista na disposição dos fornos, nos pátios e leitos de resfriamento, de tal modo que sua futura execução não virá prejudicar o funcionamento normal das instalações existentes. O plano de expansão prevê, para 600.000 t/ano, o acréscimo de mais uma bateria de fornos, uma ponte tenaz e leito de resfriamento de  $2 \times 15 \times 18$  m, isto em 1964. Para a produção futura de 1 Mt, será acrescida mais uma bateria de fornos e  $2 \times 24 \times 18$  m de leito.

A título de ilustração, apresentamos tabela comparativa de algumas usinas nacionais, norte-americanas e estrangeiras.

2. DISPOSIÇÃO relativa dos fornos e das linhas de mesas, laminados e tesoura é a comumente denominada “linear” ou “retilínea”, muito adotada devido ao bom aproveitamento da ponte no

(1) Contribuição Técnica nº 519. Apresentada ao XVIII Congresso Anual da ABM; Belo Horizonte, MG.; julho de 1963.

(2) Membros da ABM e engenheiros da Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais; Ipatinga, MG.

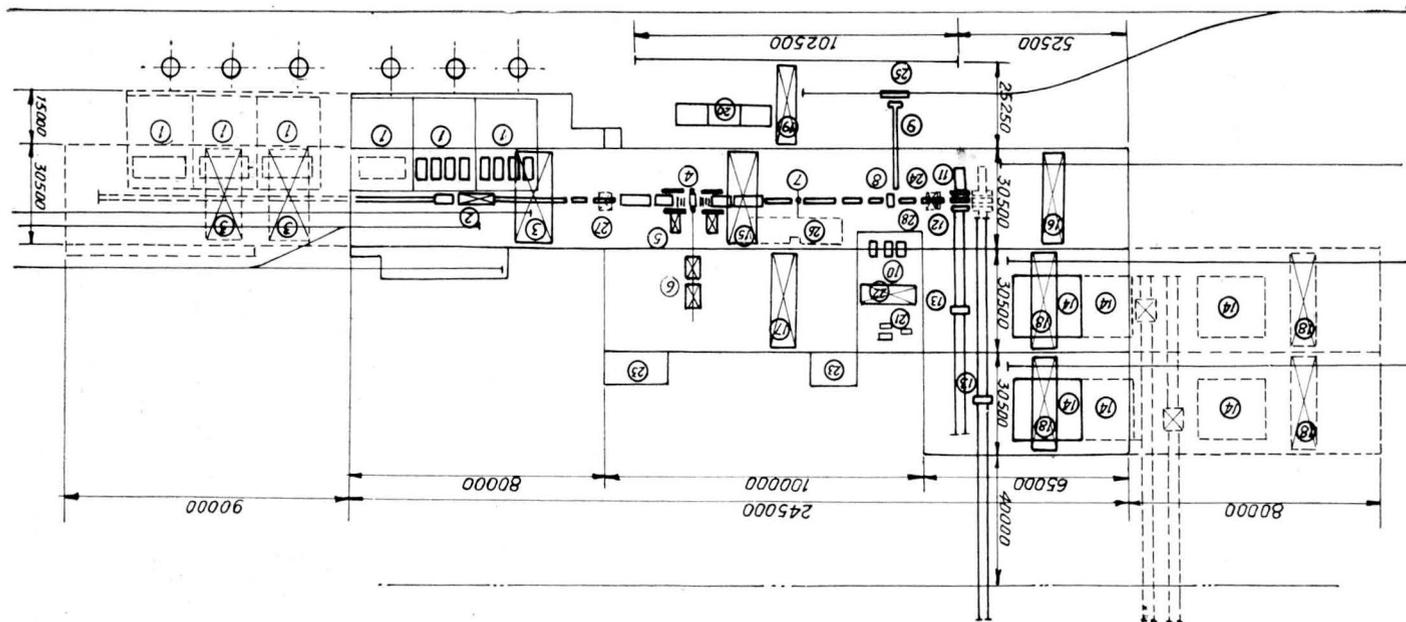


Fig. 1 — Disposição geral da Laminação de Placas da Usina "Intendente Câmara" da USIMINAS, em Ipatinga, MG.  
 Convenções: ——— atual; - - - - - expansão

- |                      |                        |                             |                           |
|----------------------|------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| 1 — Forno pôco       | 8 — Tesoura            | 15 — Ponte rolante 100/30 t | 22 — Ponte rolante 10 t   |
| 2 — Carro de lingote | 9 — Içador de aparas   | 16 — Ponte rolante 30/5 t   | 23 — Filtros de ar        |
| 3 — Ponte tenaz      | 10 — Lubrif. tesoura   | 17 — Ponte rolante 80/30 t  | 24 — Estampador           |
| 4 — Laminador        | 11 — Empurrador placas | 18 — Ponte garfo 15 t       | 25 — Vagão                |
| 5 — Manipulador      | 12 — Empilhador placas | 19 — Ponte caçamba 5 t      | 26 — Central lubrificação |
| 6 — Motores 5.000 HP | 13 — Carros placas     | 20 — Poço carepas           | 27 — Balança lingotes     |
| 7 — Encarfadeira     | 14 — Leito resfriam.   | 21 — Bomba de agua          | 28 — Balança de placas    |

caso de desarranjo do carro de lingotes ou da mesa recebedora. Essa disposição apresenta também simplicidade no arranjo das linhas de lingotes quentes, do carro de lingotes e da bateria de fornos.

A interligação com a aciaria é feita eficientemente através de linha ferroviária direta, como pode ser visto no "lay-out" geral. Na figura anexa, apresentamos a planta geral da usina desbastadora, salientando os equipamentos principais e seus acessórios.

### 3. CONSTRUÇÃO E MONTAGEM

O terreno de fundação da Laminação de Placas se apresentou com boa camada arenosa e com algumas estratificações de silte; não constituiu obstáculo às obras dos edifícios. Estes apresentam as seguintes características principais:

Escavações — 183.225 m<sup>3</sup>; concreto — 42.000 m<sup>3</sup>; área total da construção — 18.655 m<sup>2</sup>; área coberta — 14.160 m<sup>2</sup>; altura da cumieira — 30 m; pé direito máximo — 22 m; peso das estruturas metálicas — 2.810 t; peso da estrutura por unidade de área — 151 kg/m<sup>2</sup>; peso total das estruturas e equipamentos — 10.881 t.

O andamento da construção e da montagem dessa parte da usina processou-se como segue: início das obras de fundação — maio de 1960; início da montagem da estrutura — junho de 1961; início das montagens mecânicas — dezembro de 1961; acendimento dos forços poço — maio de 1963; início de produção — junho de 1963.

### 4. PROCESSAMENTO INDUSTRIAL

*Laminação desbastadora* — Sua missão numa usina siderúrgica integrada é a de laminar os lingotes obtidos na aciaria, melhorando suas qualidades físico-metalúrgicas; fornece produtos semi-acabados como matéria prima uniforme e de boas características para a ulterior laminação de chapas, perfis, tiras, etc. A laminação de placas permite que os departamentos subsequentes operem com alta eficiência e dêem grande produção. Para isso, desbasta os lingotes aquecidos, dando-lhes formas e dimensões mais apropriadas. Apresenta mais as seguintes vantagens:

- Pela laminação de desbaste, caldeiam-se bolhas e bolsas existentes no lingote; modifica-se a estrutura das camadas superficiais, tornando menores os cristais que as compõem e dando ao aço melhores propriedades.

- Corta as partes defeituosas ou segregadas do lingote laminado, fornecendo placas, blocos e esboços de qualidade mais uniforme.
- Simplifica o serviço de lingotamento; permite produção em grande escala e a baixo custo.

Note-se que é possível eliminar a laminação desbastadora em certos casos (o do lingotamento contínuo, por exemplo), partindo de lingotes de dimensões correspondentes às de peças desbastadas; enfrenta-se porém o problema do trabalho exaustivo do lingotamento e dificuldades de mão de obra. Qualquer desses processos não é adequado à grande produção e a qualidade do produto nem sempre é das melhores. Para as grandes usinas, é regra portanto instalar uma laminação desbastadora.

O custo dessa unidade é elevado; devido porém à sua grande produção, a despesa operacional representa porcentagem relativamente pequena, da ordem de 3 a 5% do custo do produto acabado.

Os lingotes a serem laminados tendem a ser cada vez maiores; são comuns lingotes de 20 t ou mesmo mais. Na Usina "Intendente Câmara" serão inicialmente laminados lingotes de 7 t e de 9 t (tipos K-71 e B-9); são programados vários tipos até 16 t (B-16). Anexamos tabela dos lingotes a serem utilizados na usina, segundo a tabela "T-1".

A operação de desbaste compreende as seguintes sequências:

- Recebimento, enformamento (forno poço), aquecimento, encharcamento e desenformamento dos lingotes.
- Laminação do lingote em placas ou blocos, com a secção indicada.
- Corte das partes defeituosas do lingote laminado e obtenção do comprimento desejado.
- Resfriamento no leito respectivo (ao ar livre, jatos de água, controlado ou retardado), arrumação, marcação e expedição das placas ou blocos obtidos.

## 5. EQUIPAMENTOS PRINCIPAIS DA LAMINAÇÃO DE PLACAS

*FORNO POÇO* — Do tipo "Top one way recuperative" de duas baterias; 4 poços por bateria. Capacidade de aquecimento de 29.000 t/mês/bateria, ou 14 t/hora/poço. Área efetiva do poço 19 m<sup>2</sup>. Fabricantes — Chugai Rokogyo S.A.; Osaka, Japão.

Proteção do chão com camada de moinha de coque de 2 a 20 mesh, com 400 a 460 mm de espessura. Paredes de tijolos

TABELA 1 — Quadro comparativo das principais características das laminações desbastadoras de usinas brasileiras e de outros países.

Companhia	Usina	Ano de Construção	Forno Poço		Lingotes	Laminador					Tesoura			Produto Princ.	Cap. Nominal Mensal
			Tipo	Unid.		Fabricação	Tipo	Diâmetro	Compr.	Motor	Tipo	Acion.	Seção Max.		
USIMINAS	Int. Câmara — Cel. Fabriciano — MG.	1963	Top one way	• 2 baterias	2000 × 700 × 1660	Sack Ishi-kawajima	Duo reversível	1150	2930	HP 5000 × 2	Down & Up Cut	Óleo hidráulico	1000 × 405 1850 × 110	Placas	50.000 t
ACESITA	Cel. Fabriciano — MG.	—	Double Pits Elétrico	4 Fornos	2200 kg	SECIM	"	875	2200	HP 2 × 1430	—	Ar comp.	(600 t)	Placas Blocos	260.000 t/ano
C. S. N.	Volta Redonda — RJ.	—	Regenerativo 3 queimadores	9 × 2 4 × 2	25" × 54" × 92"	Mesta	"	40"	78"	6.000 HP	—		400 in <sup>2</sup>		
Belgo Mineira	João Monlevade — HG.	1938	Individual	2 novas 4 velhas	1200 × 50 × 50	Krupp Sack	"	750 1000	2400			Eletro-mecânico	120 × 120	Tarugos	
COSIPA	Cubatão — SP.	1963	Top two way	6 baterias		Mesta Inocenti	"	44"	114"	HP 4000 × 2		Elétrico			
ARMCO	Middletown	1938	Regenerative One way Recuperative	24 4	20" × 65" × 70"		"	45" × 120"		HP 5000 × 2	Double Cut	275 Kw × 2	6" × 76"	Placas	
Bethleem	Johnstown	1951	One way Recuperative	6	28" × 66" × 90"	Mesta	"	44 3/4" × 114"		HP 4000 × 2		Hidráulico	15 1/2 × 59" 20" × 20"	Placas e blocos	
U.S. Steel	Fair Less		One way Recuperative	20	29" × 72" × 94		" Univers.	45" × 90"		HP 6000 × 2	Up Cut	Hidráulico	22" × 22" 8" × 74"	Placas e blocos	
Yawata	Atsuta Bunkai	1958	Regenerative Top two way Top one way	3 3 2	916 × 1754 × 2200	Sack	"	1220	3000	HP 6000 × 2	Down & Up Cut	Hidráulico	500 × 500 420 × 1500	Placas	115.000
Kawasaki	Tiba	1954	Boton Recuperative	4	790 × 1650 × 1800	U. E.	"	1120	2920	HP 3500 × 2	Up & Down Ut	2 × 500 HP	200 × 1500	Placas	120.000
Youngstow Sheet & Tubeco	India Harbour	1953		18	32" × 58" × 74"	U. E.	"	39"	100"	HP 5000 × 2	Up & Down Ut	2 × 500 HP	10" × 60"	Placas e blocos	
Jones & Laughling Steel Co.	Pittsburgh	1952	Top one way	12	25" × 66"	Mesta	"	45"	144	HP 5000 × 2	Up Cut	Hidráulico	1000 Sqin	Placas	160.000



TABELA 2 — Tabela dos lingotes da Usina «Intendente Câmara» da USIMINAS.

Tipos de Lingote	Peso Unitário	Dimensões em Milímetros				Lingotes p/ corrida	Lingotes P/ Forno	
		Inferior	Superior	Média	Altura		Quant.	Peso (t)
K. 71	6.000	710 × 710	680 × 680	695 × 695	2.200	9	12	72
B. 9	9.000	620 × 1260	1230 × 580	1245 × 60	2.000	6	8	72
B. 11	11.000	600 × 1550	1520 × 560	1535 × 580	2.000	5	6	66
B. 13	13.100	640 × 1740	1740 × 640	1735 × 620	2.000	4	6	78,6
B. 14	14.400	780 × 1550	1520 × 740	1535 × 760	2.000	3	6	86,4
B. 15	15.000	740 × 1750	1720 × 700	1735 × 720	2.000	3	6	90
KB. 9	9.000	640 × 1260	1230 × 600	1245 × 620	1.700	5	8	72
KB. 11	11.000	630 × 1550	1520 × 590	1535 × 610	1.700	4	6	66
KB. 13	13.000	660 × 1740	1710 × 620	1725 × 640	1.700	3	6	78
KB. 14	14.400	790 × 1550	1520 × 750	1535 × 770	1.750	3	6	86,4

e de placas isolantes; recuperador metálico de 48 tubos e recuperador cerâmico de blocos. Capacidade de enformamento de 70 a 90 t.

Quanto às qualidades e defeitos desse tipo de forno, podemos informar que possui capacidade de combustão maior e, portanto, maior capacidade de aquecimento; que a área ocupada é menor; que o sistema de pre-aquecimento do ar é excelente, pois não há vazamento de ar no recuperador e a oscilação da temperatura do ar pre-aquecido é pequena e, finalmente, que apresentam pequenas variações na distribuição de temperaturas nos lingotes enformados.

**COMBUSTIVEIS E COMBUSTÃO** — Esse forno emprega gás de alto forno de 900 K cal/N m<sup>3</sup> e gás de coqueria de 4.600 K cal/N m<sup>3</sup>; a relação do gás misto é 5 : 1, com 1.500 K cal/N m<sup>3</sup>. O consumo de gás é de 170.000 K cal/t no caso de lingote quente, a 800 ou 900°C; no caso de lingote frio, esse consumo sobe a 420.000 K cal/t.

O tubo soprador apresenta as seguintes características: — 150 m<sup>3</sup>/min.; 150 kW; 3.530 rpm. O queimador é feito de um aço fortemente ligado, resistente ao calor, com capacidade para 3.800 N m<sup>3</sup>/hora; é colocado na parede do lado do recuperador.

O forno-poço dispõem de controle automático de combustão; regula a temperatura, a pressão, a vazão do gás e a de ar. Fabricante: Hokushin Electric Ltd., Tokyo, Japão.

**REFRATÁRIOS** — As paredes do forno, os blocos do queimador, o canal de fumaça, etc. são revestidos com tijolos refratários de sílica, cromo-magnesianos, de alta alumina, de chamote e outros, segundo as condições de trabalho. Os materiais refratários foram fornecidos pela Cerâmica São Caetano, Aremina, Italbrasil, Cerâmica Togni e Magnesita.

Constituem equipamentos auxiliares do forno poço a ponte tenaz de 16-30 t; a ponte de tampa; carro de lingotes, de 16 t; etc.

**LAMINADOR** — Fornecido pela Sack Ishikawajima; tipo "Two high reversible high lift slabbing mill"; cadeira de quadro fechado e pesando 132 t. Manipulador 100/200 HP corrente contínua; velocidade 1,05 m/segundo; dimensões da guia — 9.000 mm × 1.200 m; curso — 2.900 mm. Parafuso do manipulador — motor de 200/400 HP × 2; velocidades — 0-102-244 mm/seg; lubrificação forçada.

**CILINDRO** — Diâmetro máximo 1.150 mm e mínimo 1.020 mm; aço fundido especial, de dureza Hs 30; fornecido pela Hi-

tachi Japan Steel. Motor de 5.000 HP  $\times$  2, de 0,40, 80 rpm; quantidade possível de laminação: 200.000 a 250.000 t; mancais de resina plástica, refrigerados com graxa e água.

*EQUIPAMENTO ELÉTRICOS PRINCIPAIS* — Fornecidos pela Hitashi S.A., temos os seguintes: Motor principal do laminador: 10.000 HP (5.000  $\times$  2); corrente contínua; 750 V, para 0-40 rpm; gerador de corrente contínua de 8.400 kW, 750 V.

A parte elétrica do desbastador compreende ainda um gerador c.c. de 8.400 kW; um "driving induction motor" de 5.220 kW e 514 rpm. O volante é de 215.000 HP/segundo.

Completam o equipamento a descarepagem (água sob pressão de 80 kg/cm<sup>2</sup>) e o carreamento de carepa, em canal de jato d'água forçada.

*TESOURA* — Do tipo "down and up", hidráulica a óleo, fornecida pela Sack Ishikawajima. Com uma força de corte de 3.000 t, corta secção máxima de 5.700 cm<sup>2</sup> de aço a 950°C.

A tesoura é acionada por três bombas "radial piston" 275 kg/cm<sup>2</sup>; 3  $\times$  700 litros/minuto; 3  $\times$  450 HP. Completam a instalação um içador de aparas de 10 t; um estampador; medidor de placas; empurradores de placas e de aparas; empilhadeira de placas; carro de placas e leito de resfriamento.

*SISTEMA DE LUBRIFICAÇÃO* — Compreende um sistema central de graxa, com 7 bombas e 3 bombas transferidoras, as quais, por intermédio de bombas auxiliares, lubrificam todas as unidades do equipamento. No subsolo há um circuito de óleo que lubrifica, com pressões adequadas a cada caso, várias mesas do sistema, rolos, empilhadeira de placas, etc.

## 6. TREINAMENTO DO PESSOAL

O problema do recrutamento e formação do pessoal (operadores, encarregados, mestres e técnicos) constituiu assunto de grande preocupação da USIMINAS, a qual lhe deu o melhor de seus esforços. O principio adotado foi o da separação nítida entre o pessoal da montagem e o da operação. Assim, a maior parte dos esforços do pessoal de operação foi canalizado para o ensino e treinamento. Foram enviados do Japão assistentes de engenheiro (muitos deles com 10 a 20 anos de experiência específica dos vários setores, tais como forno poço, tesoura, pontes rolantes, central de lubrificação, equipamentos, etc.), formados

em cursos especializados de mestria. Com a supervisão dos engenheiros (em número de seis, dos quais três enviados) assistidos pelos engenheiros brasileiros, foram organizados textos e manuais de equipamentos e de sua operação.

Primeiramente os auxiliares técnicos e depois os operadores, receberam aulas baseadas nos textos e manuais, com demonstrações e treino local, à medida que isso ia se tornando possível.

Foram confeccionados modelos de lingote e de blocos, do controle dos manipuladores, do "dial" ou relógio do laminador. Este, com as mesmas divisões e números do relógio real, com correias e roldanas simulava a manipulação do "parafuso". Junto com esquemas de redução real, blocos — modelo de lingotes e manipuladores simulados de madeira, — foi feito o treinamento exaustivo da operação de laminar.

Devido a baixa escolaridade dos operadores em geral, foram ministradas aulas complementares (aritmética; sistema métrico; cálculo de áreas, volumes e pesos; elementos de mecânica e de eletricidade), além dos treinos específicos. Durante a fase de ensino, treinamento e operação de amaciamento, e entrosados com as firmas empreiteiras e de manutenção, — foram sendo observadas e anotadas a capacidade e dedicação do pessoal e as qualidades necessárias para liderança (expediente, comando, iniciativa). Estes elementos serviram de base para a organização do quadro de pessoal dos vários setores, inclusive encarregados e mestres.

## 7. SISTEMA DE CONTRÔLES DA LAMINAÇÃO DE PLACAS

Uma usina como a "Intendente Câmara", dotada dos melhores equipamentos e de uma profusão de aparelhos de medida em todas as fases de sua operação, delas permite controles precisos e contínuos, os quais logo após são traduzidos em gráficos e histogramas e submetidos à análise estatística. Desses controles e estudos resultam melhorias operatórias e, principalmente, maior rendimento, menor custo e qualidade melhor e uniforme. Somente assim as chapas grossas, produto final, podem corresponder às severas especificações que regulam muitas de suas aplicações. (\*)

No setor de laminação de placas, são bem numerosos os controles, os quais permitem à empresa realizar os objetivos

(\*) NOTA DA C. DE R. — Podemos informar que, após reiteradas inspeções e ensaios de laboratório, o «Lloyd's of Shipping» de Londres aprovou os lingotes, placas e chapas grossas da usina «Intendente Câmara» para todos os fins da construção naval. Já foi iniciada, com apreciável tonelagem, a aplicação desses materiais nos estaleiros brasileiros. Também a PETROBRÁS aprovou o material da USIMINAS, aplicando-o na conservação de reservatórios de petróleo e de seus derivados, tubos para oleodutos, etc.

acima citados. Foi elaborado um esquema geral desses controles no Departamento de Placas, do qual damos a seguir um resumo:

ACIARIA: número de cada corrida; tipo de aço; desoxidação; tipo e tonelagem de cada lingote; temperatura do lingote; etc.

FORNO POÇO: hora do recebimento de cada lingote e sua temperatura; início e fim de enformamento; temperatura de enformamento; início e fim de aquecimento; início e fim do encharcamento; consumo total e específico de gás; etc.

LAMINADOR: início e temperatura do mordimento; fim da laminação e sua temperatura; tonelagem de laminação, prevista e real; consumo de cilindro, total e específico; formas laminadas e suas dimensões; produção horária e índice de funcionamento; etc.

TESOURA — Comprimentos laminados; tonelagem das placas; rendimento.

PATIO — Inspeção; expedição.

#### BIBLIOGRAFIA

- Revista «Tetsu to Hagane»
- Manuais de Operação da Laminação de Placas
- Especificações da Laminação de Placas
- Folhetins técnicos da Yawata