

A ACIARIA DA USIBA⁽¹⁾

CLÁUDIO HUMBERTO MONIZ BRAGA⁽²⁾

ANGELO AUGUSTO TOMAZ PEREIRA⁽³⁾

RESUMO

São apresentados os pontos mais importantes do projeto da aciaria que a USIBA está erigindo na Bahia, sob os auspícios da SUDENE, bem como os resultados que se vêm acumulando quanto à fabricação de aço com ferro esponja obtido a partir de minério brasileiro.

1. GENERALIDADES

A Usina Siderúrgica da Bahia S.A. — USIBA — foi concebida e projetada como uma usina integrada para a produção de laminados planos de aço (chapas finas a quente e a frio, e fôlhas-de-Flandres) indispensáveis ao suprimento do mercado das regiões nordeste e norte do País. A par de ser um empreendimento de importância significativa para o desenvolvimento regional, a USIBA será dotada de uma tecnologia moderna, não convencional, porém de comprovada eficiência, mormente no que se refere às seguintes unidades:

- redução direta do minério empregando gás natural; primeira instalação do gênero na América do Sul.
- aciaria elétrica com fornos de grande capacidade e alta potência.
- lingotamento contínuo do aço para produção das chapas finas e fôlhas-de-Flandres.

A USIBA está destinada a ser um fator definitivo e imprescindível dentro do planejamento global de desenvolvimento que vem sendo traçado pela Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste. No seu projeto observa-se uma constante preocupação de se adequar a tecnologia moderna às condições gerais e aos recursos naturais da região, com a finalidade de implantar-se

uma indústria que seja, de fato, uma parcela importante no grande esforço de integração do Nordeste Brasileiro no quadro geral da economia nacional. Neste trabalho são apresentados os pontos mais importantes do projeto de sua aciaria, bem como os resultados que se vêm acumulando quanto à fabricação de aço com ferro esponja obtido a partir de minério brasileiro.

2. EXPERIÊNCIA ACUMULADA NA FABRICAÇÃO DE AÇO COM FERRO ESPONJA

A produção de aço em fornos elétricos a arco a partir de cargas sólidas com elevada porcentagem de ferro esponja, embora não constitua uma tecnologia convencional, tem seu sucesso técnico e econômico assegurado não só pela sua evidente viabilidade teórica como pela exaustiva comprovação prática em escala industrial.

Essa comprovação prática tem sido efetivada em maior escala no México nas usinas da Hojalata y Lamina S.A. — HyLSA, e da Tubos de Acero de México S.A. — TAMSA.

A primeira delas tem mais de dez anos de experiência industrial acumulada na fabricação de chapas a quente e a frio e de fôlhas-de-Flandres, e a segunda, cerca de dois anos na fabricação de tubos sem costura (especificações API) para a indústria de petróleo.

Ambas operam com cargas sólidas compostas de aproximadamente 40% de sucata e 60% de ferro esponja, tendo êste de 80 a 85% de metalização, em média.

Em um ponto essencial diferem a HyLSA e a TAMSA: quanto à técnica empregada no carregamento do ferro esponja.

(1) Apresentado ao Simpósio sobre Eletrosiderurgia; Salvador, BA., setembro de 1968.

(2) Membro da ABM. Engenheiro Civil; Diretor Superintendente de Projetos da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

(3) Membro da ABM. Engenheiro Metalurgista; Assistente de Estudos e Planejamento da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

Na HyLSA o ferro esponja é carregado pelo tópo do forno em caçambas especiais, tal como a sucata. Essas caçambas são manipuladas pelas pontes rolantes. Através de uma prática bem desenvolvida, o material é distribuído de maneira a formar uma maior concentração junto às paredes do forno, de modo a atender à necessidade de protegê-las contra a escória. No caso da HyLSA (utilização de minério mexicano) a escória é particularmente ácida e agressiva, formando-se em grande quantidade no período de fusão, dado o elevado teor de impurezas do minério que passam integralmente ao ferro esponja.

Já na TAMSA foi desenvolvida uma técnica de carregamento contínuo do ferro esponja, através de um canhão refrigerado que, introduzido em uma abertura adequada na parede do forno, lança uma corrente de ferro esponja na área circunscrita pelos três eletrodos. Com isso a TAMSA visa, tal como propugnado nas experiências e trabalhos publicados pela STELCO e pelo IRSID, diminuir os tempos de fusão, estabilizar a alimentação elétrica dos fornos em altas potências e sobrepôr os períodos de refino e fusão. É interessante observar que ambas as empresas oferecem argumentos práticos, de peso, em defesa dos tipos de carregamento que utilizam, no que concerne aos resultados finais desejados. Não obstante, concordam de uma maneira geral a respeito das vantagens e desvantagens de cada um deles.

Por iniciativa da USIBA, foi feita em escala industrial, embora reduzida, a adaptação dessa tecnologia ao emprêgo do minério de Itabira fornecido pela Cia. Vale do Rio Doce, na usina da HyLSA em Monterrey. Por outro lado, o mesmo está sendo realizado na usina da TAMSA, só em grande escala, em virtude da operação normal dessa empresa com minério brasileiro, iniciada há cerca de 3 meses, e que vai prosseguir em decorrência da aquisição recente de 250.000 t de minério tipo "natural pellet" da CVRD.

Os índices de operação projetados para a aciaria da USIBA (apresentados adiante) refletem os resultados dessas experiências, tendo sido verificados e aprovados pelos técnicos daquelas duas empresas, além de terem sido igualmente aprovados pelo Battelle Memorial Institute de Columbus, Ohio, USA, que presta assistência técnica à USIBA.

3. DESCRIÇÃO DAS INSTALAÇÕES

O arranjo geral e o dimensionamento das instalações da aciaria da USIBA foram projetados de modo a permitir o seu crescimento sem qualquer interferência no futuro com as demais unidades da usina. O projeto global da aciaria está baseado na operação de quatro fornos elétricos com capacidade nominal de 80 t cada, ali-

mentados por transformadores de alta potência (42 a 45 MVA). A totalidade da produção será lingotada continuamente em placas, em três máquinas de molde curvo.

Na fase inicial será montado apenas um forno e uma máquina de lingotamento contínuo; o nível de produção alcançado com essa disposição (cerca de 200 mil toneladas de aço líquido por ano) será mais do que suficiente para atender à demanda de placas da laminação a quente.

Essa concepção para a fase inicial tem a desvantagem de concentrar a produção da usina em uma única unidade o que, em caso de acidente, forçaria a paralização da produção de aço por um tempo que dependeria da gravidade da interrupção. Não obstante, para o caso e as condições da USIBA, as vantagens que essa solução apresenta são de tal monta que a justificam inteiramente, quando se compara com a alternativa de se instalar dois fornos elétricos de menor capacidade. Essas vantagens são:

- menor investimento;
- equipamento de maior capacidade, intrinsecamente com produtividade mais elevada;
- operação do lingotamento contínuo consideravelmente facilitada no que diz respeito à programação;
- muito melhores condições para atender às necessidades futuras de expansão.

Essas razões superam em muito o cuidado adicional que será necessário na operação e na manutenção, o que, na realidade, é muito menos sério quando se opera com fornos elétricos, comparativamente a outros processos de fabricação de aço.

A determinação de optar pelo lingotamento contínuo de placas de aço de baixo carbono levou em conta ser o seu emprêgo considerado questão resolvida para o caso dos aços acalmados; para os aços efervescentes, o processo já ultrapassou a fase experimental e certamente estará sendo usado normalmente quando a USIBA entrar em operação. A experiência que vem sendo acumulada por diversas siderúrgicas na Europa e nos Estados Unidos não deixa qualquer dúvida a esse respeito. As economias que se obtêm tanto no investimento quanto no custo de operação são óbvias e bem definidas.

As instalações da aciaria propriamente dita, lingotamento contínuo e pátio de placas, estão distribuídas em cinco alas contíguas, dispostas longitudinalmente, formando um só conjunto de edifícios, conforme é mostrado na figura 1.

A primeira ala destina-se à estocagem das matérias-primas da aciaria (ferro esponja e sucata de retórno da usina), sendo servida por uma ponte de 30 toneladas. Tanto o ferro esponja como a sucata serão trazidos por caminhão no início da operação da usina, muito embora esteja

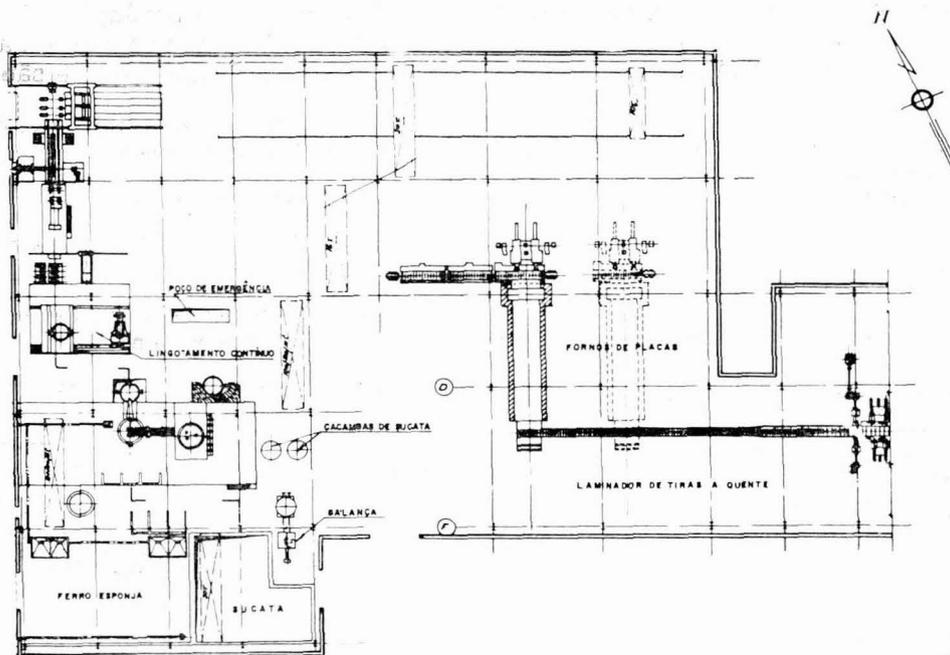


Fig. 1 — Disposição geral das instalações da aciaria e lingotamento contínuo da USIBA.

prevista uma correia transportadora para trazer futuramente o ferro esponja, diretamente da unidade de redução direta.

Dada a alta porcentagem de ferro esponja que se utilizará na carga metálica dos fornos (70 a 80%), e as vantagens advindas da técnica de seu carregamento contínuo, foi prevista uma instalação desse tipo com canhões para injeção de ferro esponja, alimentados por um sistema de correias a partir de tremonhas situadas na ala de estocagem das matérias-primas. Essas áreas são suficientemente grandes para permitir a homogeneização do material proveniente da redução direta.

A sucata interna já será recebida convenientemente preparada; na área de estocagem ela será colocada em caçambas, pesada, e levada à ala de carga por meio de carros de transferência. Dada a alta porcentagem de esponja na carga dos fornos, o carregamento de sucata estará limitado a uma única caçamba por corrida.

Os fornos elétricos estarão situados na ala de carga, em uma plataforma elevada, juntamente com os transformadores, painéis de controle e demais equipamentos auxiliares necessários. Essa ala será servida por uma ponte de 50/20/5 toneladas.

Deve ser ressaltado que a baixa ganga e a alta metalização do ferro esponja, assim como os tipos de aço que serão produzidos (aços comuns de baixo carbono) concorrem para simplificar

bastante a operação dos fornos, do lado da ala de carga. Além disso, não haverá problemas com fósforo e enxôfre, devido à qualidade das matérias-primas empregadas: sucata interna e ferro esponja de alto teor de ferro e baixos fósforo, enxôfre e ganga.

Na ala de corrida estão colocadas as máquinas de lingotamento contínuo. Foi previsto um poço para lingotamento convencional em caso de acidente nas máquinas, bem como o equipamento necessário ao estripamento dos lingotes assim obtidos. Nesta área estarão todos os equipamentos e instalações auxiliares, sendo atendida por pesadas pontes rolantes de 180/80/10 t.

Deve-se salientar a simplicidade de operação resultante do pequeno volume de escória que se forma no processo, o qual poderá ser facilmente removido. Os ensaios realizados nas usinas da HyLSA em Monterrey, e da TAMSA em Vera Cruz, já referidos anteriormente, atestam esse fato.

Na ala que segue encontra-se a saída das máquinas de lingotamento contínuo e os equipamentos de corte. Ela será utilizada também como área de estoque de refratários e outros materiais de consumo.

Na quinta e última ala situa-se o pátio de placas onde estas são manipuladas, escarfas e selecionadas para a laminação a quente, estando prevista a instalação de uma ponte rolante de 30 t e de um semipórtico de 10 t.

A manipulação das placas para a área externa ao pátio de placas e vice-versa, no caso de emergências, será feita com um carro industrial apropriado.

Para as etapas futuras de expansão será necessário construir-se uma ala adicional duplicando o pátio de placas.

4. PRODUÇÃO E PROGRAMAÇÃO

Os rendimentos nas várias etapas do processo estão indicados na figura 2, que é o fluxograma metálico. Esse fluxograma é baseado numa produção anual de 187.470 t de placas, a partir de 195.280 t de aço vazado. A essa produção corresponde uma carga metálica de 208 950 t/ano, composta de 43.950 t de sucata interna e 165.000 t de ferro metálico, provenientes de 180.000 t de ferro esponja.

Os índices de produção adotados para o forno elétrico baseiam-se em uma operação em 3 turnos durante todo o ano e são os seguintes:

- disponibilidade — 86% (315 dias de operação por ano ou seja 7560 horas/ano).
- corrida média — 80 t.
- tempo médio de corrida — 3h e 05 minutos (de vazamento a vazamento).
- produtividade média — 25,9 t por hora de operação, de vazamento a vazamento.
- rendimento metálico — 93,5%.

Esse desempenho pode ser facilmente obtido considerando-se a boa qualidade e as características uniformes das matérias-primas, bem como a uniformidade dos aços a serem produzidos, todos aços comuns de baixo carbono de acordo com

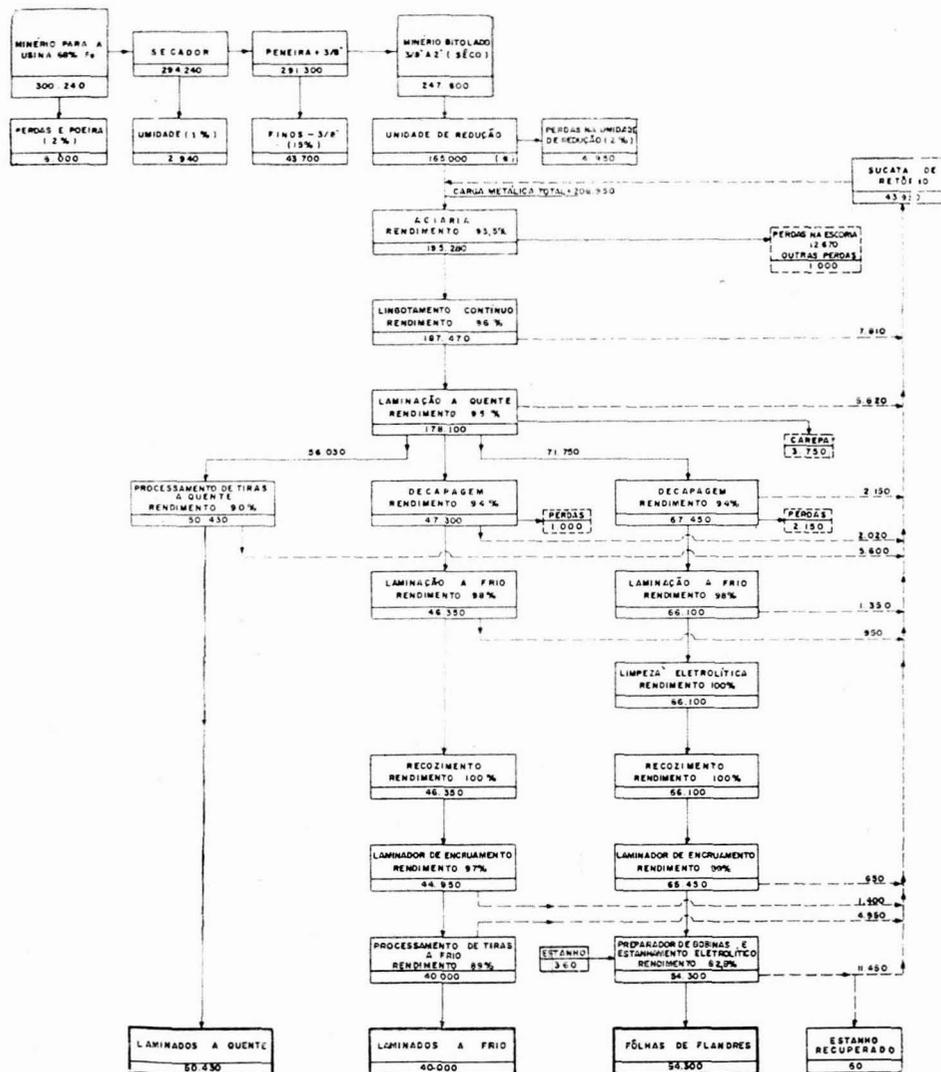


Fig. 2 — Fluxograma metálico para o plano de implantação da USIBA.

os padrões normais AISI, com a seguinte análise típica:

C	= 0,04	— 0,20%
Mn	= 0,25	— 0,50%
P	= 0,030%	— máx.
S	= 0,030%	— máx.

O tempo programado para o lingotamento contínuo, fixado em função da instalação de um único forno, é perfeitamente viável. As três horas previstas constituem um período suficiente entre dois lingotamentos sucessivos, para uma operação sem atropêlos.

As placas produzidas terão 3,30 m ou 5,50 m de comprimento com as seguintes seções transversais:

aços acalmados para chapas finas:

	50" x 6"
	42 1/2" x 6"

aços efervescentes para chapas finas e fôlhas-de-Flandres:

	42 1/2" x 10"
	36" x 10"
	33 1/2" x 10"
	30 1/2" x 10"

Em razão das limitações da máquina de lingotamento contínuo quanto à mudança de moldes e conseqüentes reajustes, juntamente com a necessidade de se otimizar os ciclos de laminação a quente, será necessário um cuidadoso planejamento no pátio de placas. No projeto da aciaria já foi previsto espaço suficiente para essa finalidade.

5. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DA ÁREA DA ACIARIA PARA A FASE INICIAL

edifícios	— 10.500 m ² de área coberta, com tampo lateral.
pontes rolantes	— 2 de 30 t 1 de 50/20/5 t 1 de 180/80/10 t 1 de 30 t (Pátio de Placas) 1 semi-pórtico de 10 t (Pátio de Placas)
forno elétrico	— capacidade nominal — 80 t transformador — 42 MVA
máquina de lingotamento contínuo	— um veio, tipo S, para placas.

B I B L I O G R A F I A

1. CELADA, J. — Electric Arc Furnace Steelmaking with HyL Sponge Iron — Congrès International Sur la Production et l'Utilisation des Minerais Réduits-Evian, França, maio 1967.
2. AYALA, J. P.; RODRIGUEZ, G. J.; BRYAN, E. A. e HUGHEL, H. N. — Electric Furnace Steelmaking with Sponge Iron — Iron and Steel Engineering, agosto 1953 — AISI Western Meeting, March 4/6, 1963, San Francisco, Califórnia.

3. BRAGA C. H. M.; PEREIRA, A. A. T.; HAYDT, H. M. e DECOURT, R. R. — Processo HyL. Fabricação de Ferro Esponja na HyLSA. Utilização pela USIBA — Metalurgia, ABM, n.º 109, vol. 22, 1966.
4. OTTMAR, H. — Leistungsmöglichkeiten eines 50-6, Lichtbogenofens — Stahl und Eisen, 24 fevereiro 1966, 86, n.º 4, pág. 201-207.
5. SIBAKIN, J. P. G.; HOOKINGS, P. H. e ROEDER, G. A. — Electric Arc Steelmaking with Continuously Charged Reduced Pellets — Congrès International Sur la Production et l'Utilisation des Minerais Réduits — Evian, França — Maio 1967.
6. BRAGA, C. H. M.; PEREIRA, A. A. T. e DECOURT, R. R. — Obtenção de Ferro Esponja pelo Processo HyL com Minério de Itabira. Fabricação de Aço a partir desse Ferro Esponja — Metalurgia, ABM, n.º 119, vol. 23, 1966.
7. BRAGA, C. H. M.; PEREIRA, A. A. T. e DECOURT, R. R. — Fabricação de Aço em Forno Elétrico a Partir de Ferro Esponja HyL — Itabira — Instituto Latinoamericano del Fierro y del Acero — Seminario sobre Minerales de Fierro — Tomo II — Santiago de Chile, Junho, 1968.
8. ANTOINE, J. e DUMONT-FILLONI, J. — Elaboration d'acier au four à arc à partir de minerai pré réduit chargé en continu. Résultats des essais effectués à la Station pilote de l'IRSID — Congrès International Sur la Production et l'Utilisation des Minerais Réduits — Evian, França, Maio 1967.
9. SWINDELL-DRESSLER — USIBA — Final Feasibility Report, June, 14, 1967.
10. PROJETO USIBA — Preparado pela Companhia Brasileira de Projetos Industriais — COBRAPI; Colaboração da USIBA; Assistência do Battelle Memorial Institute — Julho 1968.
11. Elementos retirados das propostas de diversos fornecedores de equipamentos.

DISCUSSÃO

FERNANDO LARRABURE (1) — Qual o sistema de trabalho de carregamento contínuo e qual o diagrama de carga do forno? Ele se comporta mais ou menos com o que se tem com a carga descontínua, ou apresenta alguma regularidade? Até hoje não vi nenhuma descrição de diagrama de carga de forno nessas condições.

ANGELO A. T. PEREIRA (2) — A primeira impressão que se tira da análise dos diagramas de cargas com carregamento contínuo e com carregamento convencional (no caso de ferro esponja brasileiro), é a de que são bastante similares, porque a vantagem principal do carregamento contínuo está na superposição da fase de refino à fase de fusão. Devido às características do ferro esponja obtido do minério brasileiro, essa superposição não traz as vantagens que ocorrem com outros tipos de ferro esponja de maior teor de ganga. Por isso, os dois gráficos apresentam uma forma bastante próxima, não digo semelhante, mas bastante próxima, se bem que um pouco mais uniforme e homogênea, com o carregamento contínuo.

F. LARRABURE — Então, a idéia do uso de um forno apenas, de capacidade muito maior, não vai resul-

- (1) Conselheiro da ABM; Engenheiro Eletricista e Metalurgista. Diretor de Aços Anhanguera S.A.; São Paulo, SP.
- (2) Membro da ABM; co-Autor do trabalho; Engenheiro Metalurgista; Assistente de Estudos e Planejamento da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

tar numa maior demanda elétrica da instalação com o conseqüente encarecimento do preço médio do kWh?

A. A. T. PEREIRA — Indubitavelmente o preço médio do kWh para o nosso caso será mais caro com apenas um forno de alta potência, do que seria com dois fornos de menor potência. Mas, em compensação, outros fatores que se obtêm, principalmente na produtividade do forno, mais do que favorecem e anulam essa diferença de preço advinda do encarecimento da energia elétrica. A diferença é muito pequena, principalmente porque se tem uma demanda maior, porém um consumo menor. Como o consumo é muito mais caro do que a demanda, principalmente nas tensões em que devemos trabalhar, essa diferença é muito pequena.

JOSÉ PENHA CYSNE (3) — Haverá dentro da própria companhia consumo total do ferro esponja produzido pela USIBA?

A. A. T. PEREIRA — Nossa impressão é de que vai faltar.

ANCHYSES CARNEIRO LOPES (4) — A minha indagação é pertinente à pergunta do Eng.º Larrabure e ao trabalho de Mr. May*: queria saber se no projeto da USIBA foram consideradas as implicações dessas altas potências; relação entre a potência do transformador e a capacidade do forno. Se não me engano, há uma diferença de potência entre os fornos que utilizariam uma carga metálica de sucata e os que utilizariam uma carga de ferro esponja. Isso é válido?

A. A. T. PEREIRA — Sim, foi considerado, e justamente a utilização simultânea de alta potência e o carregamento contínuo permitem um casamento perfeito dessas duas condições.

ANCHYSES C. LOPES — Em relação ainda àquele trabalho de Mr. May, é válida essa diferença entre a potência de um forno que usa sucata como carga metálica, e a de outro que usa ferro esponja para a mesma produção horária? Há diferença?

A. A. T. PEREIRA — Perfeitamente.

FELIPPE A. V. FRANCESCHINI (5) — Nêsse forno, que realmente será um dos mais modernos em nosso País, existe equipamento que permita uma utilização mais uniforme do refratário, através da ausência de uma fase muito mais irradiante ou muito mais quente do que as demais.

CLÁUDIO MONIZ BRAGA (6) — Êste assunto ainda é controvertido, e é um dos pontos em que a técnica ou

a tecnologia a ser empregada na USIBA deverá ter o maior cuidado ou seja, o efeito da operação com ferro esponja e altas potências, no refratário do forno. A usina da TAMSA — que fez grandes esforços e está em operação normal com um carregamento contínuo por ela desenvolvido, em cooperação com outra empresa associada e, que faz sempre a sua engenharia de processo — está agora juntamente com uma equipe de técnicos da Harbison-Walker tentando solucionar o problema, porque o consumo de refratário elevou-se bastante ao mudarem a operação, de sucata apenas, para sucata mais ferro esponja. Consideram eles que o problema é contornável. E aí entra um outro fator, que é uma certa diferença de opinião entre a HyLSA e a TAMSA da qual a USIBA também espera tirar proveito. Os consumos de refratário de ambas, relativamente a uma operação com sucata, são maiores. Não há dados suficientes nessa matéria de carregamento contínuo contra carregamento convencional para dirimir definitivamente as dúvidas. O fato é que a HyLSA opera com ferro esponja com carregamento normal, pelo tópo, com caçamba abrindo as bordas como geralmente se faz; a TAMSA, opera com um carregamento inicial de sucata, às vezes dois devido à má qualidade da sucata e, em seguida inicia o carregamento contínuo de ferro esponja. Há uma disputa entre ambas quanto às vantagens e desvantagens desses dois tipos de operação. Atualmente, a TAMSA tem um consumo de refratário talvez ligeiramente maior do que a HyLSA, mas sustenta que contornadas essas dificuldades, certamente terão vantagens sobre a operação da HyLSA. Essa diferença em encarar as duas operações é um tanto surpreendente, porque os trabalhos da STELCO e do IRSID, e mesmo a lógica do "handling", do manuseio de um material de carga como o ferro esponja, de granulometria bem definida indicam o carregamento contínuo, como tendo vantagens imediatas e evidentes, destinadas a dirimir imediatamente a questão. Todavia, é um fato que a HyLSA opera com carregamento pelo tópo, de grandes quantidades de ferro esponja obtendo certas vantagens. De qualquer maneira, objetivamente à sua intervenção, há um problema de refratário. A HyLSA sustenta que êsse problema advém de que, principalmente com ferro esponja do minério brasileiro, há uma pequeníssima camada de escória, agravada pelo fato de que o carregamento é contínuo, porque ao mesmo tempo em que se introduz as cargas, vai-se fabricando escória. A TAMSA atribui o elevado consumo de refratário a uma radiação intensa sobre a borda e as paredes do forno. Enquanto isso, a HyLSA sustenta que essa prática de carregamento contínuo, exatamente por êsse fato, rouba calor de toda operação, não dando, portanto, vantagens. Essas questões ainda estão sendo examinadas, estão sendo estudadas em profundidade, tanto pela HyLSA, como pela TAMSA e, mais uma vez repito, a USIBA espera lucrar com essa disputa de altas pesquisas.

F. A. V. FRANCESCHINI — Desejo agradecer as informações interessantíssimas que me foram prestadas, mas mesmo assim gostaria de me reportar novamente a uma pergunta inicial: ainda com maior razão, havendo no caso possibilidade de um consumo relativamente elevado de refratários, êsse problema de igualar as fases têm muita importância. Então, êsse sistema teria eventualmente um interesse muito grande. Daí a pergunta se isso está sendo considerado no projeto.

C. MONIZ BRAGA — Está.

(3) Membro da ABM; Engenheiro de Minas Civil e Metalurgista, Chefe do Contrôlo de Qualidade da Siderúrgica Aço-Norte; Recife, PE.

(4) Presidente da ABM; Engenheiro Civil e Metalurgista; Diretor Técnico da Scandia Projetos e Engenharia; Rio de Janeiro, GB.

(5) Conselheiro da ABM; Engenheiro Civil; Livre Docente da Escola Politécnica da USP; Diretor da Cerâmica São Caetano; São Paulo, SP.

(6) Membro da ABM e co-autor do trabalho; na orientação dos trabalhos; Engenheiro Civil; Diretor Superintendente de Projetos da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

(*) Publicado em METALURGIA, vol. 25, n.º 135, fev. 1969.

REVESTIMENTOS REFRACTÁRIOS BÁSICOS PARA FORNOS ELÉTRICOS TRIFÁSICOS A ARCO ⁽¹⁾

DENIZ VALLE NETTO ⁽²⁾

RESUMO

O forno elétrico trifásico a arco, pela distribuição geográfica das 96 unidades em funcionamento no País, é um importante produtor de aço comum. Tratou-se de estudar os materiais refratários e métodos de instalação da soleira e parede, objetivando reduzir ao mínimo os tempos de construção e reparo. Inclui-se no trabalho uma relação de fornos, assinalando aqueles que usam os revestimentos em discussão.

1. INTRODUÇÃO

Os tempos não produtivos são, via de regra, responsáveis por parcela considerável do custo unitário de um produto. O aumento da produtividade é dependente da possibilidade de, entre outros fatores, se estabelecerem métodos capazes de reduzir os tempos de troca e manutenção do revestimento refratário, considerando que, atualmente, o forno elétrico a arco, pela aplicação de novas técnicas e conceitos, está se tornando um importante produtor de aço comum.

2. REVESTIMENTOS REFRACTÁRIOS

O revestimento refratário de um forno elétrico pode ser dividido em três partes: soleira, paredes e abóbadas. Esta última não será discutida, porque quase todos os fornos dispõem de um sistema que permite a troca rápida da abóbada, representando este tempo de troca, parcela de pequena expressão dentro dos tempos improdutivos. As paredes e soleira, dentro das condições brasileiras, foram motivo de estudos que permitiram, finalmente, o estabelecimento de paredes refratárias básicas, de retirada, instalação e aquecimento rápidos, soleiras magnesianas de construção a seco sem necessidade de sinterização prévia e, o que é mais importante, repara-

ções feitas com o mesmo material de construção da soleira, a seco, sem necessidade de sinterização após reparo.

Soleiras — Nos fornos metalúrgicos, e em especial nos fornos elétricos a arco, a soleira funciona como uma espécie de reservatório monolítico que recebe os materiais necessários à elaboração do metal. Deve, portanto, ser capaz de suportar o impacto, a erosão e o peso das cargas, e, além disso, resistir à agressividade dos metais liquefeitos, das escórias e dos gases, bem como manter-se sólida e rígida, em altas temperaturas. Uma soleira como descrita pode ser construída com MAGNEDAM-C, massa refratária fabricada à base de síter especial de magnesita, com granulometria controlada e cuidadosamente estudada para dar peso por volume máximo depois de aplicada a seco, exatamente como é fornecida e, ao contrário das massas clássicas usadas para confecção e/ou manutenção das soleiras, não necessita da adição de ligantes ou fundentes de qualquer natureza. Soleiras de até 50 cm de espessura podem ser compactadas de uma só vez, empregando-se secadores manuais próprios para esta finalidade.

Construção da soleira — Completada a construção da sub-soleira, deve-se despejar a massa no forno, tendo o cuidado de homogeneizar todo o conjunto para prevenir possível segregação em transporte. A espessura da massa solta deve ser 20% maior que a prevista para a soleira. Terminada a compactação do fundo, que se faz com técnica própria e dispensa o uso de equipamentos pneumáticos ou vibratórios de custo elevado, introduz-se no forno a fôrma para com-

(1) Apresentada ao Simpósio sobre Eletrosiderurgia, Salvador, BA; setembro, 1968.

(2) Membro da ABM. Engenheiro de Minas e Civil; Chefe do Serviço de Assistência Técnica da Magnesita S.A.; Belo Horizonte, MG.

pactação das laterais. Sendo o perfil da soleira peculiar a cada forno e a cada finalidade, deve-se considerar este fato no desenho da fôrma das laterais. A fim de garantir a elaboração do metal sobre a soleira, recomenda-se que esta ultrapasse o nível da escória previsto de 15 a 20 cm. Terminada a compactação, que se faz à razão de 1 m² por hora, instalam-se as paredes do forno e retiram-se as fôrmas das laterais. A soleira nova, ainda que corretamente compactada, não possui resistência à abrasão. Portanto, antes de ser carregado o forno, deve ser coberta totalmente com pedaços de chapa de sucata a fim de protegê-la contra o impacto do primeiro carregamento. Esta precaução só é necessária para o carregamento da primeira corrida.

Para os fornos que operam com carga líquida, recomenda-se que este procedimento seja adotado da segunda corrida em diante, devendo a primeira carga ser sólida.

É importante salientar que, depois de colocadas as chapas de proteção sobre a soleira, pode-se fazer a carga e iniciar a fusão *sem necessidade* de secagem e/ou sinterização.

Manutenção de soleira — Uma soleira construída com a massa magnésiana descrita deverá manter-se lisa e estará homogêneamente desgastada após muitas corridas. Convém proceder-se a um recapeamento geral toda vez que o desgaste for da ordem de 5-15 cm e de acordo com a conveniência do programa da aciaria. Eventualmente poderão aparecer buracos localizados, que deverão ser reparados. Para isto basta limpar o buraco, secá-lo utilizando pequena quantidade

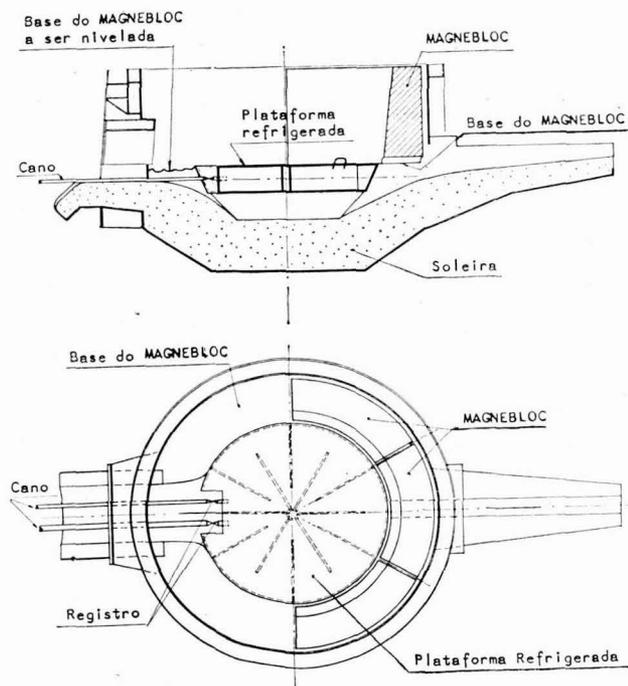


Fig. 1 — Plataforma refrigerada no forno.

de massa e a seguir enchê-lo de uma só vez com a massa descrita. Deve-se cobrir o reparo com pedaços de chapas, e sem perda de tempo e sem necessidade de sinterização, a soleira estará pronta para receber carga.

Paredes — As paredes dos fornos podem ser constituídas de 1, 4, 6 ou 8 blocos monolíticos armados, de magnésita-piche. O peso de cada bloco não deve ultrapassar 4 t, visando a facilitar o transporte, estocagem e manuseio.

Os blocos — Um revestimento de blocos monolíticos, de magnésita-piche, denominados MAGNEBLOC, tem o seu perfil, número e dimensões estabelecidos a partir de:

- capacidade nominal e efetiva do forno
- diâmetro e altura do forno
- diâmetro do círculo dos eletrodos
- tipos de aços fabricados
- sistema de carregamento do forno
- número de cargas por corrida
- tipo de desgaste observado em revestimentos anteriores
- modo de operação do forno
- funcionamento contínuo ou intermitente
- posição do forno em relação às pontes rolantes e a outros fornos.

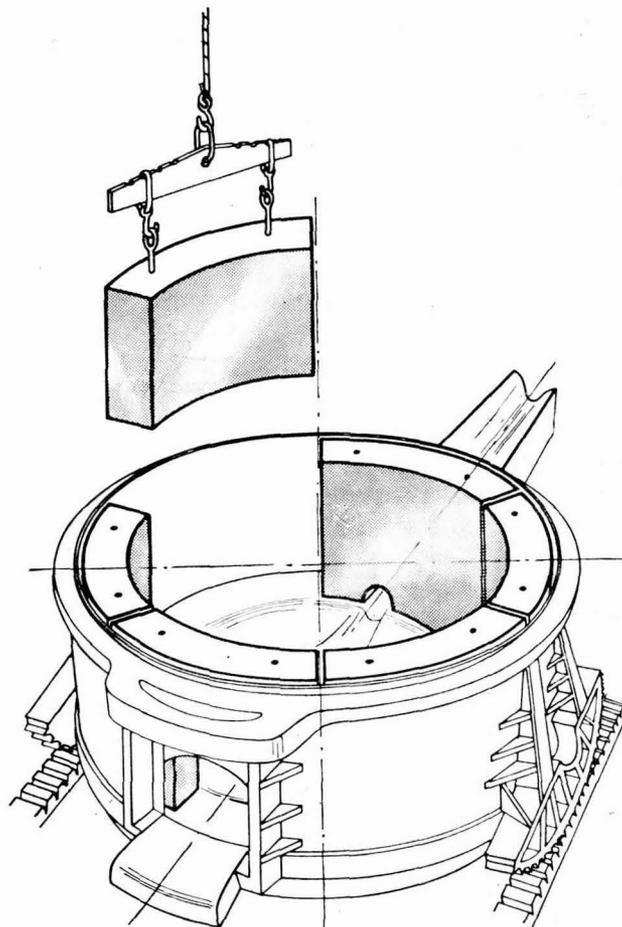


Fig. 2 — Forno elétrico a arco — montagem do MAGNEBLOC.

A armadura interna do bloco tem por finalidade, dar-lhe estrutura para ser transportado e instalado no forno, um a um ou em conjunto; permitir aumentar-lhe a resistência à abrasão e ao impacto das cargas; impedir que o bloco se desagregue em funcionamento ou no momento da demolição do revestimento a quente ou a frio.

Montagem — Se o forno estiver quente — e esta é a situação mais difícil — coloca-se em posição a plataforma refrigerada (figs. 1 e 4), usando seu contôrnio externo como fôrma para completar e nivelar a base, que deve ser cêrca de 5 cm mais larga que a espessura da parede. A seguir, com a ponte rolante, colocam-se os blocos um a um (fig. 2) ou em conjunto pré-montado na plataforma (fig. 3). Preenche-se o espaço entre a parede refratária e a carcaça do forno com massa magnesia.

Início de funcionamento do forno — Retirada a plataforma refrigerada, carrega-se o forno

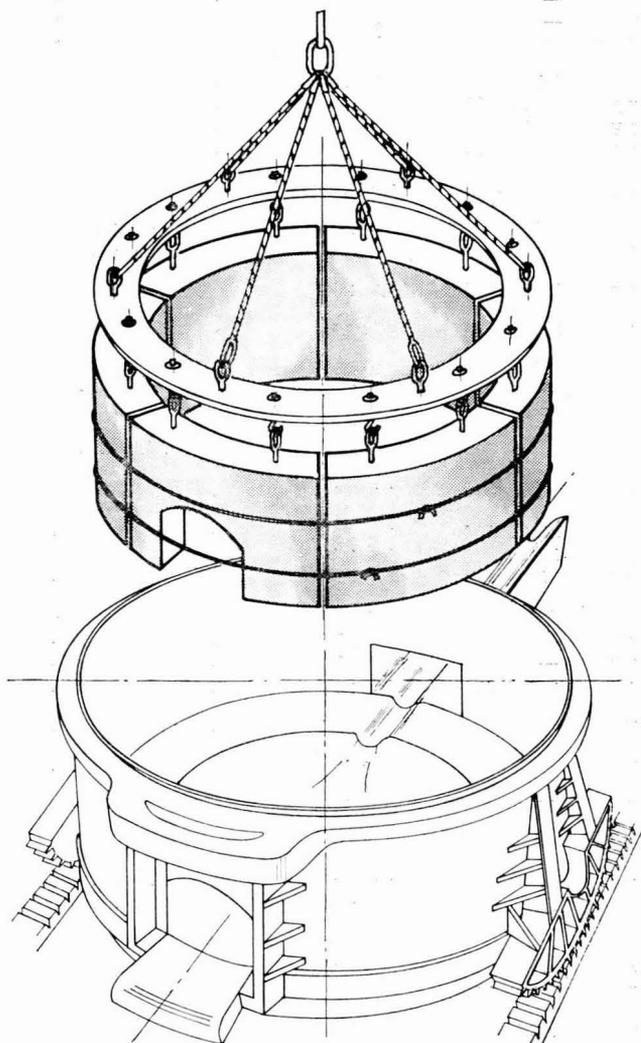
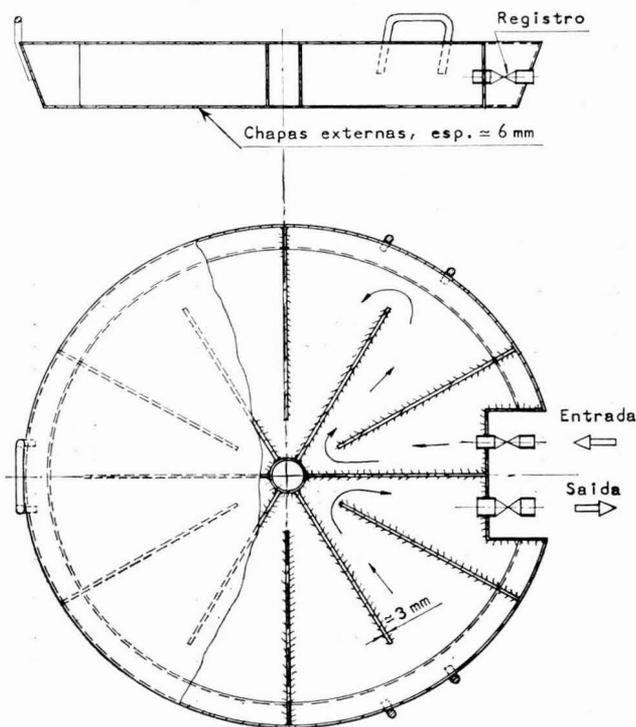


Fig. 3 — Forno elétrico a arco — montagem do MAGNEBLOC.

e inicia-se a fusão com a potência máxima, operando o forno normalmente sem gastar tempo adicional para secagem e/ou aquecimento. Durante as primeiras corridas, os blocos de magnésita-piche serão paulatinamente convertidos em blocos de magnésita ligada a carbono.

Demolição — Terminada a campanha, introduz-se no forno a plataforma de demolição e, a seguir, com o gancho da ponte rolante, procura-se a ferragem de demolição que se encontra junto à face fria do bloco, retirando do forno ainda ao rubro, se necessário. Os pedaços que porventura se desprenderem cairão sobre a plataforma de demolição e serão retirados do forno de uma só vez, depois que o último bloco estiver fora do forno.

Vantagens do Sistema — O tempo de preparação da base para MAGNEBLOC, tijolos ou blocos secados no próprio forno é o mesmo. O tempo total de montagem do MAGNEBLOC um a um é da ordem de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{8}$ do tempo de montagem do revestimento com tijolos ou do revestimento socado no próprio forno. Para os revestimentos pré-montados o tempo de colocação no forno é de 30 a 60 minutos. O tempo de demolição do MAGNEBLOC é da ordem de metade a $\frac{1}{4}$ de tempo de demolição dos revestimentos em tijolos. O consumo específico depende considerã-



Atenção: — Regular a vazão de entrada da água de modo que a temperatura da plataforma seja tolerada pelos operários que sobre ela trabalham.

Fig. 4 — Plataforma refrigerada.

velmente do modo de operação do forno e das características dos tijolos com os quais o MAGNEBLOC vai ser comparado, mas como ordem de grandeza êle se situa em tôrno de 6 kg por tonelada de aço produzido.

O MAGNEBLOC tem melhor resistência ao choque térmico que os tijolos magnesianos. Sofre menos em funcionamento intermitente.

Para um mesmo forno o custo direto do revestimento em blocos de magnesita-piche é menor que em tijolos magnesianos.

APÊNDICE — Relação dos fornos elétricos no Brasil

Marca (1)	Tipo	Capacidade (t)	Soleira em MAGNEDAM-C (2)	Parede em MAGNEBLOC
H	3R	5,0/ 7,0	×	×
H	15R	21,0/26,0	×	×
D	—	22,0/33,0	×	×
BB	SSKD-340	10,0/13,0	×	×
BB	SSKD-340	10,0/13,0	×	×
BB	SSKD-390	18,0/20,0		
S	—	1,0/2,0	ácido	
S	—	2,0	ácido	
S	—	2,0	×	×
BB	SSKD-450	30,0/35,0	×	
BB	SSKD-450	30,0/35,0	×	
L	CQT	4,8		
L	PT	7,2		
S	—	3,0	×	×
S	—	6,0	×	×
S	—	8,0	×	×
D	—	4,0/4,5	×	×
D	—	4,0/4,5	×	×
L	ST	0,8/1,0		
—	—	0,8/1,0	×	×
L	ST	1,0	×	×
H	—	6,0/ 8,5	×	×
H	—	6,0/ 9,5	×	×
H	—	12,0/17,0	×	×
H	—	0,8/1,0	ácido	
H	—	2,0	ácido	
L	PT	3,0/8,0		×
L	CQT	2,0/6,0		×
BB	SSM-200	1,5		×
L	Q	1,5	×	×
L	Q	1,5	×	×
BB	SSKD-300	6,0	×	×
BB	SSKD-200	1,0	×	×
BB	SSKD-240	3,5	×	×
L	PT	3,0/5,0		×
L	ST	0,8/1,0		
L	OT	10,0		×
RK	—	3,0/5,0		

Marca (1)	Tipo	Capacidade (t)	Soleira em MAGNEDAM-C (2)	Parede em MAGNEBLOC
K	—	4,0/5,0		parado
BB	SSKD-300	6,0		
A	—	2,5		×
H	—	6,0		
H	—	1,0/1,5	×	×
L	ST	0,8/1,0		
L	OPT	0,8		ácido
L	OPT	1,0		ácido
L	PT	3,0		ácido
W	—	4,0		ácido
BB	SSKD-340	10,0/12,0		parado
D	—	10,0	×	×
BB	SSDK-200	1,5/2,0		parado
T	—	1,0/1,5		×
D	—	20,0	×	×
D	—	20,0	×	×
D	—	30,0	×	×
L	ST	0,8/ 1,0	×	
BB	SSKD-390	18,0/20,0	×	
BB	SSKD-250	6,0	×	
BB	SSKD-250	6,0	×	
BB	SS19/15	1,5/2,5		
L	TT	0,5/0,8		ácido
L	ST	0,8/1,0		ácido
BB	SSKD-240	3,5/4,0		
BB	SSKD-300	6,0/7,5	×	×
L	TT	0,5/0,8		
L	QT	1,0		parado
L	PT	1,0		
T	—	9,0		parado
L	TT	0,5/0,8	×	
	SSKD-200	1,5/2,0	×	×
L	ST	0,8/1,0		
BB	SSKD-240	3,5/4,0	×	×
L	QT	3,0	×	
OV	—	5,0/ 8,0	×	×
BB	—	10,0/13,0	×	×
BB	SSKD-340	10,0/13,0	×	×
K	—	0,8/ 1,0	×	×
L	—	15,0		×
L	OT	14,0		×
—	—	0,8	×	×
L	ST	0,8/1,0		ácido
H	—	4,0		ácido
H	—	4,0		ácido
A	—	3,5/4,0		
BB	SSKD-300	6,0	×	×
L	OPT	4,0		
H	—	9,0		
				parado
BB	SSKD-300	6,0	×	

Marca (1)	Tipo	Capacidade (t)	Soleira em MAGNEDAM-C (2)	Parede em MAGNEBLOC
BB	SSKD-240	3,5/4,0	×	×
L	—	5,5	×	×
V-1	—	15,0/24,0	×	×
V-2	—	15,0/24,0	×	×
—	—	4,0	á c i d o	
K	—	6,0		
?	—	1,0/1,2		
BB	SSKD-240	3,5/4,0	×	×
H		1,0/1,5	á c i d o	
?		1,0/2,0	×	
?		3,5/4,0	×	×
?		6,0	p a r a d o	
?		3,0	p a r a d o	

(1) A: ASEA; BB: Brown Boveri; D: DEMAG; H: Héroult; K: Karman; L: Letromelt; OV: Oto V; RK: R. Konkar; S: Siemens; T: Tagliaferri; W: Whiting.

(2) Incluíram-se nesta relação os fornos que usam soleira de massa dolomítica, de funcionamento semelhante ao MAGNEDAM-C.

BIBLIOGRAFIA

- SCHWABE, W. E.; SHEA, J. W. & SLEPPER, A. Z. — High Production Techniques for Electric Arc Furnaces; METALURGIA, vol. 24, n.º 127, jun. 1968, p. 437.
- Revestimentos Monolíticos Prefabricados para Fornos Elétricos, in Revista Latinoamericana de Siderurgia, n.º 75, julho de 1966.

DISCUSSÃO

CLÁUDIO MONIZ BRAGA (1) — Desejo fazer duas perguntas ao autor, que se referem a essa instalação do Magnedam-C. Como o senhor sabe, provavelmente nós, na CSN, nos idos de 53/54, iniciámos no Brasil a instalação de soleiras com o que na época chamamos de “refratários plásticos”; tivemos com isso, com material importado, grande sucesso. Acompanhei, até 1960, quando trabalhei na CSN, os progressos da Magnesita no sentido de substituir êsses materiais importados. Por essa experiência, gostaria de perguntar ao autor quando diz “terminada a compactação do fundo, que se faz com técnica própria e dispensa o uso de equipamentos pneumáticos ou vibratórios”. Gostaria de uma informação, se possível mais detalhada, a respeito do “modus faciendi” dessa técnica própria.

Em segundo lugar, perguntaria porque êsse cuidado com a primeira carga sobre soleiras assim feitas. Não sei se estou dizendo a verdade, falando que não é comum — em soleiras dêsse tipo ou semelhante, depois de feitas, elas se apresentam prontas imediatamente para o trabalho, por mais árduo que seja.

Como exemplo, cito que nas soleiras que primeiro fizemos, por um processo semelhante na CSN, não precisávamos tomar nenhum cuidado. Trabalhamos com alta porcentagem de gusa líquido, cerca de 70 a 75%, e não era necessário o menor cuidado, nem na carga das trin-

ta, quarenta ou cinqüenta toneladas, como também na carga de elevada porcentagem de gusa líquido. Evidentemente, trata-se de alguma peculiaridade dêsse tipo de soleira, pelo que gostaria que o autor esclarecesse, se possível, essas duas questões.

DENIZ VALLE NETTO (2) — A primeira indagação é acerca do que se faz com técnica própria, dispensado o uso de equipamentos pneumáticos ou vibratórios. Devo dizer que essa massa preconizada é inteiramente sêca. É feita a partir de um sinter de magnesita especial e funciona fundamentalmente à base de granulometria. Ela precisa ser acomodada e não socada. A acomodação se faz através de ferramentas pontudas em um trabalho contínuo. Somente quando a penetração dessas ferramentas pontudas na massa se torna quase impossível, porque neste ponto ela já está praticamente compactada, é que se deve fazer uma pequena acomodação final com ferramenta de cabeça chata.

O problema do uso do equipamento vibratório é mais complexo porque existe um momento exato em que se deve parar a vibração, caso contrário, dêste determinado ponto para frente, em vez de a soleira ser compactada, ela passaria a ser escavada. Daí a indicação do uso de equipamento simples pontudos terminados por um pedaço de palanquilha, digamos de secção de 5 x 5 cm.

Com relação à segunda parte, repito que a massa é inteiramente sêca. Depois de instalada no forno, ainda não tem resistência, a não ser à carga. Ela não foi sinterizada ainda; será sinterizada durante a primeira corrida. Aqui estabelecemos uma diferença fundamental entre o forno Siemens-Martins — em que para entrar em operação, as câmaras deverão estar quentes e durante o aquecimento do forno a soleira estará automaticamente sinterizada —, e os fornos elétricos, em que terminada a soleira e colocada a parede, é possível fazer a carga e tirar a primeira corrida. Se a soleira fôr feita com MAGNEDAM-C é possível tirar a primeira corrida dentro do mesmo tempo de uma corrida normal. Aí é que está a diferença fundamental.

C. MONIZ BRAGA — Já tem o autor alguns resultados em termos de número de corridas sem reparação ou sem uma reparação mais severa? Evidentemente, isso depende do tipo de aço fabricado, do grau de severidade com que é operado o forno. De qualquer maneira, se ainda não tem, ficam devendo isto à USIBA, que está interessada nessa questão.

D. VALLE NETTO — Temos diversos dados. Entretanto, são de tal maneira contraditórios, levando-se em conta o tipo de operação de fornos e o tipo de aço produzido, que eu não estaria, de momento, preparado a fornecê-los. Posso perfeitamente fornecê-los em época oportuna.

FRED WOODS DE LACERDA (3) — Queria apenas lembrar um detalhe fundamental na operação de forno elétrico. A primeira carga vai ser executada com o operador da ponte, despejando o metal diretamente sobre a soleira ou uma carga sólida. Essas duas maneiras de carregar normalmente o forno é que poderiam danificar em parte o trabalho sobre a soleira. Acredito que êsse é um detalhe dos mais importantes. Para carga sólida, quando a panela de fundo móvel é aberta, essa carga, evidentemente, desce com grande violência sobre a soleira. E no segundo caso, o metal líquido também poderia causar uma erosão inicial que traria algum problema de manutenção.

D. VALLE NETTO — Realmente a observação é interessante, mas se tratando de uma soleira em que precisamos ter segurança absoluta, preferimos não correr o risco do uso de carga líquida na primeira corrida.

(1) Membro da ABM e Orientador do Debate. Engenheiro Civil; Diretor Superintendente de Projetos da USIBA; Rio de Janeiro, GB.

(2) Membro da ABM e autor do trabalho. Engenheiro Civil e de Minas; Chefe do Serviço de Assistência Técnica da Magnesita S. A.; Belo Horizonte, MG.

É possível, em toda aciaria, programar-se para usar carga sólida em uma corrida. Parece que esse sacrifício não é muito grande. Assim, preferimos manter a sugestão de não utilizar carga líquida para a primeira corrida, depois de uma soleira nova. A carga de materiais sólidos realmente poderia danificar, por isso mesmo é que sugere-se a cobertura da soleira com pedaço de chapa de sucata para prevenir contra o impacto de pontas, sobretudo.

JOSÉ PENHA CYSNE (4) — Querida dizer que a soleira de Magnedam que temos em nosso forno está com quase três mil corridas. Saber porém quando termina, é muito difícil de se definir. Temos feito, realmente, algumas reparações grandes, numa operação a que chamados de "lavagem da soleira". Então, quando ela está um pouco desgastada, muitas vezes motivado por um ataque do eletrodo — porque às vezes, por falhas na própria operação, deixam o eletrodo se aprofundar demais e a soleira fica estragada mesmo — nós temos feito a lavagem, uma escorificação, porquanto é muito difícil secar aquele buraco grande debaixo do eletrodo. Então, fazemos a escorificação, limpamos a soleira e a refazemos com Magnedam, como foi descrito, e com isso poderemos tirar mais três mil corridas.

FELIPPE J. V. FRANCESCHINI (5) — Gostaria de acrescentar um comentário acerca da vida da soleira. As soleiras poderiam, em alguns casos, viver indefinidamente. Realmente há um ponto em que elas deixam de ser econômicas. A quantidade de material para reparo da soleira, no início de sua vida, é relativamente pequena. À medida que o tempo vai passando e o número de corridas vai aumentando, o consumo de material para reparo, e principalmente o tempo que se perde para esse reparo, vai aumentando. Então, o que se deve fazer é um levantamento cumulativo para se verificar qual é o ponto econômico em que se deva trocar a soleira.

Tenho visto agora, em trabalhos recentes, que na Inglaterra, em fornos Siemens-Martin, chegaram à conclusão, em algumas usinas, que a soleira deva ser trocada a cada reparo grande do forno, contrariamente às técnicas antigas. Com isso, eles julgam que aumenta a produtividade global do equipamento. O mesmo ocorre aqui; existem levantamentos feitos em alguns lugares, mas infelizmente temos uma grande carência geral de dados aqui entre nós.

Este o comentário e o apelo que gostaria de fazer, para obtenção de maior número de dados a esse respeito, especialmente o levantamento do tempo perdido para reparos e de certas quantidades que se vão avultando, de materiais granulados para reparo.

C. M. BRAGA — Quero aduzir que na CSN, na época desses trabalhos que fizemos sobre soleira, chegamos à conclusão que um fator que existe lá — e creio que esse dado estará à disposição do Eng.º Franceschini — e que determinávamos, eram minutos por corrida perdidos em reparos de soleira. Chegamos à conclusão de que esse fator dava uma boa idéia não só da época na qual deveria ser trocada a soleira, como também tinha correlação imediata e quase em linha reta com materiais empregados; portanto, chegávamos ao mesmo ponto por esse caminho. Essa maneira de avaliar a vida da soleira não é invenção nossa; foi decalcada, copiada de prática em grandes aciarias americanas de fornos Martin. Con-

cordando com o Eng.º Franceschini, fizemos um trabalho grande, que acho que está em curso ou pelo menos está sendo seguido em grande parte, de determinar a época da troca da soleira em função exatamente desses fatores e de nenhuma outra consideração.

SAULO FERNANDO TARCIA (6) — O autor se refere, no seu trabalho, a uma massa dolomítica de características iguais ao Magnedam. Essa massa dolomítica não seria mais barata do que o Magnedam?

D. VALLE NETTO — Realmente colocamos um apêndice mostrando que foram incluídos os fornos que têm soleira feita de massa dolomítica, de funcionamento semelhante ao do MAGNEDAM-C. O problema do uso desse tipo de massa feita com dolomita é um pouco controvertido. O custo final é um pouco difícil de ser determinado, porquanto todos os senhores sabem a facilidade com que a dolomita hidrata. Assim, essa massa dolomítica teria de ser mantida em recipiente hermético, entamborada, e, provavelmente o custo final desse tambor somado ao preço da massa de dolomita, que é realmente mais barata, seria maior do que o da massa magnesiana, que dispensa esse cuidado.

S. F. TARCIA — Essa massa é preparada pela Magnesita também?

D. VALLE NETTO — A Magnesita S.A. está fornecendo, em caráter experimental, esse tipo de massa, em tambores.

S. F. TARCIA — Numa soleira de Magnedam, a reparação, após a corrida, com dolomita, sinteriza bem?

D. VALLE NETTO — Com dolomita é um pouco difícil de afirmar "sim" ou "não". Seria necessário ver as condições. Dependendo do estado da soleira, depende do tipo de dolomita empregada, se é dolomita pichada ou não. É um pouco difícil afirmar "sim" ou "não" "a priori". Diria que os melhores resultados são obtidos quando se deixa que a soleira se desgaste homogênea-mente, para depois então fazer um recapeamento geral. Este procedimento parece ser mais vantajoso sob o ponto de vista econômico e de produtividade.

S. F. TARCIA — A Magnesita S.A. tem estudos sobre blocos monolíticos na base de cromo-magnesita para parede de forno elétrico.

D. VALLE NETTO — Não. Não temos estudos para fornecimento a curto prazo.

J. PENHA CYSNE — É só para esclarecer, corroborando com o que disse o Eng.º Franceschini, que o nosso forno de 13 t é relativamente muito pequeno e pára aos domingos. De modo que na operação que é feita, aproveitamos essa singularidade de parada.

D. VALLE NETTO — Permito-me também fazer uma nova referência: a soleira, quando feita com material dolomítico de mesma natureza que o MAGNEDAM-C, corre o risco de, numa parada, sofrer hidratação. Tal não ocorre, entretanto, com a massa magnesiana.

F. V. A. FRANCESCHINI — Tenho um comentário ainda a respeito da possibilidade de fazer parede pseudo-monolítica com bloco de tijolos pré-formados, principalmente para os casos com tijolos cromita-magnesianos. Esses tijolos cromita-magnesianos podem ser preparados, pré-montados em blocos devidamente cintados sobre base metálica e montados muito rapidamente, como tem sido feito em algumas aciarias; não me consta aqui no Brasil, mas é prática normal pelo menos na Inglaterra.

(3) Membro da ABM. Engenheiro Civil; Secretário Regional do IBS; Belo Horizonte, MG.

(4) Membro da ABM. Engenheiro Civil, de Minas e Metalurgia; Chefe do Controle de Qualidade da Siderúrgica Aço Norte; Recife, PE.

(5) Conselheiro da ABM. Engenheiro Civil; Livre Docente da Escola Politécnica da USP e Diretor da Cerâmica São Caetano; São Paulo, SP.

(6) Membro da ABM. Engenheiro de Minas e Metalurgia; Chefe da Aciaria da ACESITA; Acesita, MG.