

PRÁTICA DE FORNOS SIEMENS - MARTIN BÁSICOS (*)

Eng.^o Renato Wood (**)

1 — Conservação e consumo de óleo combustível

O óleo bruto, um dos melhores senão o melhor combustível praticamente utilizável em fornos Siemens-Martin, deve merecer toda a atenção do consumidor.

Infelizmente, não é fornecido ao nosso país o óleo mais adequado, utilizado nas acierias norte americanas, o qual nunca tem mais de 0,5 a 0,8% de Enxofre.

Como sabemos, dos elementos prejudiciais ao aço, culmina dentre todos o enxofre. Sua ação nociva se faz sentir principalmente como causa de fendilhamento ou quebra do aço durante a laminagem, fenomeno designado "red shortness" pelos países de língua inglesa e "Rotbruch" pelos alemães. O teor de enxofre que pôde existir sem motivar esse mal varia inversamente com o teor de manganês presente. Este é o elemento de combate aos maus efeitos daquele — quanto maior fôr a percentagem de manganês para um dado teor de enxofre no aço, menor a probabilidade do fendilhamento.

Para o aço estrutural a percentagem de S não deve jamais ultrapassar 0,06%, embora para alguns outros não se dê fendilhamento com 0,1% e mesmo mais.

O maior perigo de S no aço estrutural, mesmo que depois de pronto não tenha nunca de ser trabalhado a quente é que, durante a laminagem podem se dar fendilhamentos parciais que se fechem com a continuação do trabalho, não aparecendo no material acabado. Serão sempre pontos de partida para rutura quando o material sofrer esforços.

A influência do enxofre na resistência à tração não se faz sentir entre 0,05 a 0,06%; com 0,09%, porém, já podemos contar

(*) Trabalho apresentado à Primeira Reunião Geral do A.B.M., São Paulo, 28 de abril de 1944.

(**) Membro ABM, sub-diretor técnico de Companhia Brasileira de Usinas Metalúrgicas, Neves, Rio de Janeiro, Presidente da Comissão de Fornos Siemens-Martin, ABM.

com menos 2 kg/mm². Quanto ao alongamento, também é desprezível sua influência até 0,06%; 0,06 a 0,08%, menos 2% para aço doce, e menos 3% para aço duro.

E' sabido, além disso, que a corrosão se dá mais em aços altos do que baixos em enxofre.

Vemos que o único caminho seguro para se obter aço estrutural de confiança é exigir baixo teor de enxofre, por exemplo, 0,04%.

Entretanto, para trabalhos a frio, como trefilagem e estampagem, podem ser produzidos com teor até 0,2%. Barras para porcas a frio tem até o enxofre aumentado propositalmente, pois, está provado que o fio da rosca é assim muito mais facilmente cortado.

E pôde aqui surgir a dúvida — como é então que se lamina tal aço? Não se dá fendilhamento no decorrer da operação?

O cuidado a tomar é, além do alto teor em manganês, dar sempre muito suaves os primeiros passes no trem desbastador, voltando o lingote ao forno de reaquecimento para que de novo seja reencetada a operação.

Vê-se assim que, para a obtenção das duas condições primordiais — Mn elevado e S baixo —, tem-se que contar com gusa alto em Mn, pois que, como se sabe, a incorporação de Mn por adições no banho é parcial, e estas tem limite, e materiais de carga pobres em S.

Além disso exige-se que o combustível seja também baixo em enxofre (não mais de 0,5 a 0,8%) porquanto sabe-se que o S do combustível se incorpora ao banho em parte do seu teor.

Esta é uma das dificuldades para a nossa siderurgia, responsável pela perda de muitas toneladas de aço. A distribuição de "fuel oil" no Brasil não prevê o tipo próprio para fornos Siemens-Martin, sendo às vezes difícil obter-se baixo teor de enxofre no aço.

Os dados acima pareciam fugir ao enunciado, mas aí figuram para bem mostrar o que se poderá evitar quando pudermos receber combustível mais adequado.

O problema principal da combustão do óleo bruto está em manter vasão uniforme no maçarico, atomização completa e mistura adequada com o ar.

O óleo deve ser aquecido, para baixar a viscosidade, permitindo a bôa atomização.

Dos tipos de maçaricos parece o mais usado, e também no nosso país, o de alta pressão, entrando o ar de estrangulação a 90 a 120 libras, e o óleo a umas 150, aquecido a uns 70 a 100° C.

Num forno S-M pequeno (no Brasil podemos assim chamar entre 10 e 25 toneladas por corrida) é considerado normal um consumo de 180 a 200 quilos de óleo por tonelada de lingotes, de corrida a corrida, usando-se gusa sólido e sucata.

O contrôle de consumo de óleo mais eficiente é aquele por meio de pirometro na abóbada que, ligado eletricamente ao registro, desliga automaticamente o combustível si ultrapassada a temperatura máxima regulada (geralmente 1650° C), religando logo que restabelecida a normalidade. A abóbada é assim bem protegida contra excessos de fogo por parte dos operadores.

Este sistema é ligado tambem a um mostrador-registrador que indica a cada momento, ao mesmo tempo que registra em gráfico circular, o consumo de óleo em litros por hora. E, finalmente, um medidor totaliza o consumo.

O óleo combustível merece ser cuidadosamente tratado.

A bibliografia usada para estas notas é a que todos nós geralmente conhecemos. Além disso, mais 14 anos de experiência numa usina.

As curvas típicas de aparelhos registradores estão representadas nas figs. n.º 1 e 2.

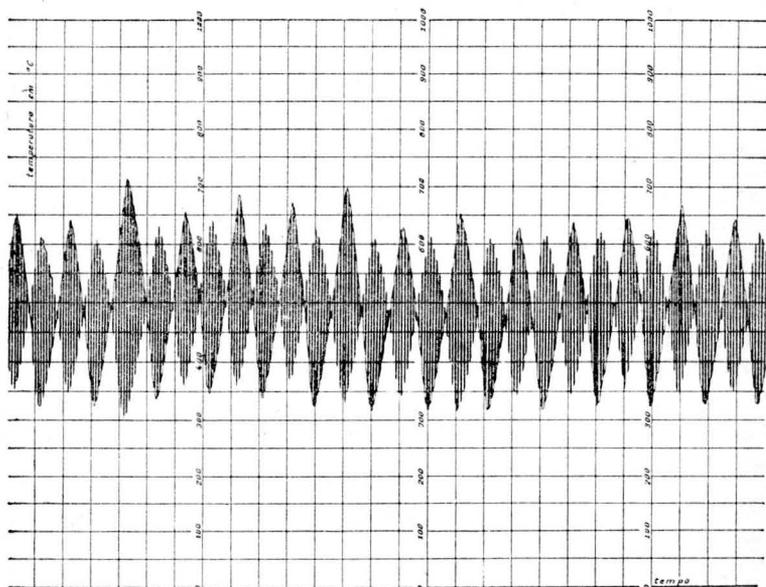


Fig. 1 — Variação das temperaturas em função do tempo.

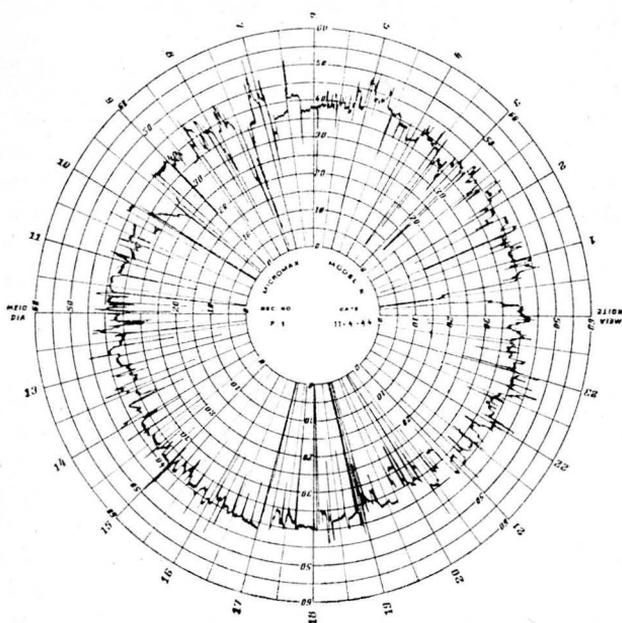


Fig. 2 — Curva da variação do consumo de óleo.

2 — Duração das campanhas e limpeza das camaras durante as campanhas

Emquanto que nos países siderúrgicos a duração de uma campanha é geralmente determinada pela vida da abóbada, parece que no Brasil nem sempre é assim.

Muitas vezes é o empilhamento das camaras que marca uma campanha. Quantas vezes não se põe abaixo uma abóbada ainda em razoável estado para aproveitar a paralização motivada pela troca de empilhamento, afim de não se interromper a marcha do forno logo depois, agora para trocar abóbada. E' portanto investimento inteligente de capital tudo que se despenda tentando prolongar a vida dos empilhamentos.

Quando o forno tem as camaras acima do nível do sólo, uma solução feliz é a sopragem semanal. Caso o forno tenha, como infelizmente acontece em mais de um exemplo, as camaras enterradas, fica a instalação privada de usar um meio que lhe daria pelo menos mais uns 10 dias de produção por campanha.

Desde que o empilhamento seja feito de bom material e tenha sido montado prevendo-se o serviço, e estejam as camaras acima do nível do sólo, pôde-se soprar semanalmente o empilhamento, em varias camadas, caíndo os conglomerados e poeiras nos fundos das camaras, de onde são retirados nas separações gerais.

A operação é assim executada:

Primeiro, com tubo réto, 3/4", servindo este ao mesmo tempo de alavanca para deslocar os conglomerados de poeiras aderentes à camada superior do empilhamento; depois, com outro curvado na extremidade, para permitir soprar verticalmente através das aberturas. O operador manobra do furo de observação das camaras, caindo então as poeiras e conglomerados no fundo destas, como ficou dito acima.

Os tubos são ligados por mangueiras a compressor de ar, sob cerca de 100 libras de pressão.

Como a corrente de ar ou de gases no interior das camaras inverte-se a cada 12, 15 ou 18 minutos, é de se esperar que o operador escolhesse para soprar durante o espaço de tempo em que os gases da combustão estão descendo pelo empilhamento, pois, assim seria ajudada a queda das poeiras; mas isso não se dá porque o calor dos gases funde os tubos e estes ficariam pesados demais si resfriados à água. A sopragem é feita ora numa ora noutra camara quando o ar para combustão está subindo pelo empilhamento e, embora a pressão de baixo para cima não permita gosar-se daquela vantagem, não é todavia forte bastante para impedir a queda.

Consegue-se assim que o empilhamento dure toda a campanha e, às vezes outra, substituindo-se apenas algumas camadas superiores mais queimadas, por ocasião da reparação geral.

3 — *Sucata de aço para forno Siemens-Martin básico*

E' pena não haver ainda no nosso país classificação uniforme e racional de sucata. Cada usina adota os seus padrões e compra de acôrdo.

A classificação mais conhecida de quem alinhou estas notas é: —

1. *Ótima* (de estradas de ferro em geral, desde que possa ser carregada diretamente, sem operação de côrte, etc.);
2. *Muito boa* (da mesma procedência anterior e semelhante, dosada por um coeficiente pessoal de julgamento, segundo o estado de conservação);
3. *Bôa* (de oficinas, estaleiros, automóveis, e semelhantes, em bom estado);
4. *Regular* (a mesma, em regular estado de conservação. Pacotes e briquetes de chapas finas e rebarbas, em bom estado);

5. *Sofrivel* (pacotes, briquetes ou sucata em geral fina, ainda com vestígios de zincagem etc., ligeiramente enferrujada);
6. *Péssima* (em geral quando misturada com parte esmaltada, parte zincada ou parte enferrujada, etc.).

Claro que é inevitável um coeficiente dependendo dos fornecimentos anteriores ou da consideração para com o fornecedor, etc.

A sucata de automóveis que, se separadas as partes como se faz nos países siderúrgicos, seria preciosa, passa a ser entre nós às vezes elemento perturbador quando se trata de corrida de aço especial ou com especificação muito rígidas.

Como sugestão, e por todos os óbvios motivos, dever-se-ia adotar a classificação dos Estados Unidos, retocada para adaptação.

A título de ilustração, seguem alguns tipos, e podemos vêr como está tudo bem definido: —

N.º 1 Heavy Melting Steel Scrap — Sucata de aço, 1/4" de espessura mínima, não mais de 18" de largura, e não mais de 5' de comprimento. Os pedaços devem ser cortados de forma a ficarem livres de saliências e se acomodarem facilmente nas caixas de careamento. Chapa de caldeira cortada deve ser praticamente limpa e livre de estais, não mais de 3' de comprimento, e precisa acomodar-se razoavelmente na caixa de carregamento. Dimensões menores de sucata de chapa dependerão de acôrdo entre vendedor e comprador.

Nenhum pedaço deverá pesar menos de 5 libras.

N.º 1 Heavy Melting póde abranger perfis estruturais, cantoneiras, chapas, aço fundido, correntes pesadas, forjados, pontas de forja, e similares. Igualmente, pedaços de tubos novos amassados de diâmetro original mínimo de 4", pedaços de "sheet bars", de billets, de "blooms" e de trilhos; aço de estrada de ferro; molas planas e espirais, não devendo estas últimas terem menos de 3/8" de diâmetro.

Não abrangerá perfis de agricultura, caixas de recosimento, tubos de caldeira, grelhas, ferro fundido, ferro maleável ou peças encaracoladas.

Tem de ser limpa, livre de ferrugem ou "scale", e de material extranho, de qualquer qualidade. Sucata de aços-liga deve ser excluída destas especificações mediante acôrdo entre vendedor e comprador.

N.º 1 Machine - Shop Turnings — Aparas ou cavacos, novos, de aço ou de ferro pudlado, livre de bôlos, material mal misturado, cavaco de broca de ferro fundido, outros metais, óleo,

sujeira, material estranho de qualquer qualidade. Material enferrujado ou corroído não será aceito.

Loose sheet clippings — Aparas novas, de chapa preta, aparas de tesoura, e de estampadeiras, 3/16" e mais leve, livre de ferrugem, pintura, ou camada protetora de qualquer qualidade, não mais de 18" de largura ou de comprimento ou, si fôr beira, não mais de 12" por 5' de comprimento. Não será aceito — sucata desestanhada, chapas elétricas, ou material com mais de 0,50 de Silício. Maior limitação deste último, segundo acôrdo entre vendedor e comprador.

E muitas outras.

A tendência dos mercados centrais de sucata tem sido de alta assombrosamente celerada, principalmente depois de alguns Estados tomarem medidas defensivas de exportação e, por último, com a falta de transportes, sem mencionar a especulação que sempre houve.

Está-se comprando sucata ótima e muito bôa, no Rio e São Paulo, de Cr\$ 1,00 a 1,20 o quilo, enquanto que nos Estados Unidos a correspondente (N.º 1 Heavy Melting) está a cêrca de Cr\$ 0,45 a 0,50, isto é, paga-se mais do dobro do que nos Estados Unidos.

Não sendo o Brasil país detentor de grandes estoques de sucata e, não sendo provavel existirem estes antes que muitos lustros decorram, segue-se que é de todo desaconselhavel qualquer novo empreendimento siderúrgico a durar no após guerra, baseado na sucata. Outros processos, como o duplex ou gusa líquido e minério, além do convertedor simplesmente deverão merecer preferência.

Sucata sintética — Seria a mais aconselhavel, pelo menos enquanto perdurarem os altíssimos preços atuais para a comum, a esponja, produzida por um dos vários processos conhecidos, dos quais ha mesmo experiência no país quanto ao Smith e Krupp e, talvez algum outro.

Os preços atuais quasi já justificam a produção de aço Bessemer a ser usado como sucata, quando se trata de casos em que aquela qualidade não convenha, ou quando só se dispuzer de minério relativamente alto em fósforo.

4 — Escórias S-M-contrôle de viscosidade

Uma escória adequada é da máxima importância na produção de bom aço S-M, pois que as impurezas são removidas como óxidos e nela retidas. O seu contrôle constitue, portanto, capítulo útil na fabricação, principalmente quando são restritos os limites das especificações.

Contrôle de escória começa, por assim dizer, com a carga do forno, uma vez que composição, características físicas e quantidade dos metais e fundentes carregados tem que ser dosados de modo a dar, quando fundidos, escória com propriedades adequadas ao refino respectivo.

Pretende-se principalmente, pois, ajustar o grau de oxidação do banho, regulando até certo ponto as reações, não perdendo de vista as leis da química e da física, e que ha muitas condições na escória que só podem ser seguidas e não controladas.

Como sabemos, caracteriza-se a escória pela sua maior ou menor basicidade, isto é, a relação entre Cal e Silica. Pela experiência verificou-se que para o processo em causa a dita relação se avizinha de 2 a 4 por 1.

Os elementos principais a considerar são pois o Silicio e a Cal da carga, por meio dos quais pôde-se controlar CaO e SiO_2 da escória.

Variando o FeO com a basicidade, segue-se que é possível o contrôle do FeO que restaria no metal debaixo de uma escória de dado FeO . Este teor na escória varia diretamente com a basicidade e, para determinado valor desta, quanto mais baixo o Carbono no banho, mais alto o FeO da escória. Tem de ser considerado também o fósforo final desejado no aço e, para uma dada relação de basicidade na escória, quanto mais baixo aquele, mais alto tem de ser o óxido de ferro na escória final.

Quanto à cal, a melhor técnica é, considerado o Silicio, carregar o mínimo possível, fazendo-se posteriormente adição ou adições que se fizerem necessárias.

A viscosidade da escória é outro fator da máxima importância, desde que o coeficiente de eliminação dos metaloides do banho depende tanto da sua consistência como do seu poder oxidante: quando muito grossa embaraça a saída dos gases e, quando muito fina não protege suficientemente o metal, além de varias outras considerações. Ainda aqui a virtude está no meio termo.

Como sabemos, para engrossá-la usa-se cal e, para fluidificá-la, spath-fluor.

O grau de fluidez é medido pelo "Viscosímetro" ou julgado pela experiência do operador.

O Viscosímetro é um pequeno aparelho de aço, em duas metades, com um furo grande vertical e afunilado numa das extremidades, comunicando-se com outro, horizontal, $1/4$ " de diâmetro e 7" de comprimento. A escória, despejada no primeiro, penetra no segundo percorrendo uma certa distância conforme sua viscosidade; e a fluidez é expressa em polegadas de comprimento.

A fluidez de uma escória ideal para aço completamente desoxidado é de $2\ 1/2$ a 3 polegadas.

O processo da prática consiste em despejar a escória numa chapa inclinada, julgando o operador a sua fluidez, pela maior ou menor facilidade com que corre.

Usando-se dados como Fe O ou $\text{Fe}_2 \text{O}_3$ seria praticamente difícil tomar-se prova com exatamente o mesmo teor destes óxidos na escória dentro do forno, não só devido à grande variação deles entre as camadas superior e inferior da escória, como também à oxidação do ar no momento de despejar a prova na fôrma; verificou-se que apesar disso, o Fe total da escória não é afetado e daí a preferência por este elemento para o controle pois, além de tudo mais, a análise é rápida.

As provas são tomadas numa fôrma de aço circular, com $4 \frac{1}{2}$ " de diâmetro de boca e apenas $1 \frac{3}{4}$ " de profundidade, de forma a se obter uma bolacha de escória (fig. n.º 3).

A última prova, representativa da corrida, é tirada pouco antes da corrida, fazendo-se então as análises dos elementos recém-mencionados. Os outros elementos da escória: Mn O , Si O_2 , $\text{P}_2 \text{O}_5$, Ca O , Mg O , $\text{Al}_2 \text{O}_3$, etc. não precisam ser analisados como rotina de serviço; sómente quando se quer verificar alguma particularidade referente a algum deles.

A escória, durante o refino, é julgada visualmente pela aparência da bolacha de prova; a experiência do operador permite resultados bem aproximados que podem ser conferidos por análises a qualquer momento.

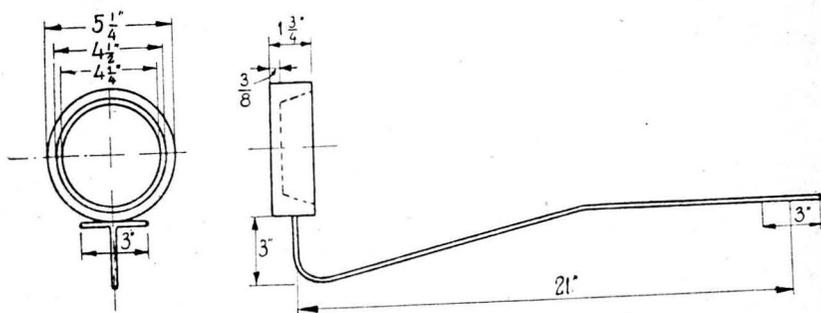


Fig. 3 — Molde para amostras de escória.

De acôrdo com dados do laboratório de uma grande acieria Siemens-Martin dos Estados Unidos onde estagiu quem fez esta breve comunicação, vai aqui uma relação de características de escórias baseadas no Fe total: —

7 a 11% Fe : Parte superior da bolacha preta brilhante; parte inferior brilhante; fratura pedregosa com varias porções de grãos deslumbrantes encastrados, cujo número cresce com a basicidade e Fe;

- 11 a 14% Fe : Parte superior grosseira, preta lustrosa; parte inferior lustrosa quando à luz; fratura, a mesma que acima;
- 14 a 16% Fe : Parte superior preta lustrosa com tiras ou faixas prateadas; parte inferior grosseira, brilhando ocasionalmente quando à luz; fratura a mesma que acima;
- 16 a 18% Fe : Cerca de metade da superfície superior prateada; parte inferior grosseira; fratura pedregosa com ocasional estrutura cristalina a qual indica escória muito básica (estrutura cristalina indica excesso de cal livre e, escórias deste tipo tornam-se finas em alguns casos; para engrossá-las, adição de ácido, tal como areia);
- 18 a 20% Fe : Inteira superfície prateada com margem preta escura; parte inferior grosseira; fratura, a mesma que para 16 a 18% Fe;
- 20% ou mais Fe : Inteira superfície superior prateada sem indicação alguma de lustro preto; parte inferior grosseira; fratura, a mesma que para 16 a 18% Fe.

Com basicidade mais alta as escórias começam a fender e saltar.

A parte inferior da bolacha difere grandemente acima ou abaixo do índice de basicidade 2,5 (relação entre cal e sílica); abaixo deste ponto, a parte inferior é sempre brilhante qualquer que seja o tipo de escória.

Adições grandes de spath-fluor alteram de certo modo as características visíveis da bolacha, dando à superfície superior um aspecto grosseiro como si fôra estampada à água forte. Isto é mais pronunciado em escórias muito básicas, e menos em escórias pouco básicas.

As condições variam certamente de uma fábrica para outra e cada qual tem de organizar a sua prática. E parece que já é tempo de se ir organizando contróle mais científico da produção de aço no Brasil. Embora não se faça como rotina o contróle da escória, é aconselhável uma verificação periódica para, pelo menos, saber-se os limites entre que se acha.

Salvo demonstração em contrário pelas condições locais, talvez seja uma base para as acierias S-M brasileiras, na sua produção comum, uma escória com

10 a 15%	Fe O
5% mínimo	Fe ₂ O ₃
Relação de basicidade	2,4 a 2,8