

O DESENVOLVIMENTO DO PROCESSO LD NOS ÚLTIMOS ANOS ⁽¹⁾ ⁽³⁾

HERBERT TRENKLER ⁽²⁾

I PARTE: *Conferência*

O desenvolvimento surpreendente do processo LD nos últimos dois ou três anos baseia-se nos seguintes pontos:

- 1 — Aplicação do processo para tipos de gusa de alto P e de composição pouco comum.
- 2 — Adaptação à disponibilidade de matérias-primas.
- 3 — Ampliação da aplicação do processo aos aços de alto carbono e aços-ligas.
- 4 — Adaptação do processo para unidades grandes e pequenas.
- 5 — Ensaio para melhor conhecimento metalúrgico do processo.

Ao preparar esta exposição, tivemos à disposição os relatórios de diversos técnicos pertencentes a outras aciarias; ante a impossibilidade de reunir todos os detalhes sobre este importante assunto, a presente conferência deve ser considerada uma exposição sucinta sobre os pontos citados.

1. APLICAÇÃO DO PROCESSO PARA TIPOS DE GUSA DE ALTO P E DE COMPOSIÇÃO POUCO COMUM

Em publicações anteriores falava-se em teores máximos de fósforo de 0,5% aplicáveis ao processo LD¹. Na prática de muitas usinas o teor era inferior. As primeiras usinas a terem teores de 0,4-0,5% foram as japonesas. Demonstraram que, com este tipo de gusa, podiam obter aços de teor de P aceitáveis. Para tanto, mudaram o sistema de sôpro, adotando o que denominamos de “sôpro brando” (weicheres Blasen).

(1) Lida no decorrer do XV Congresso Anual da ABM; São Paulo, julho de 1960. Na II Parte, a seguir, figuram as perguntas formuladas ao Conferencista e as respostas por este dadas.

(2) Engenheiro Metalurgista, Professor e Dr. Mont.; Diretor da «Montanistische Hochschule de Leoben; Áustria.

(3) Foi lida pelo Eng. Armenio de Lima e Silva, da CSBM; Monlevade, MG.

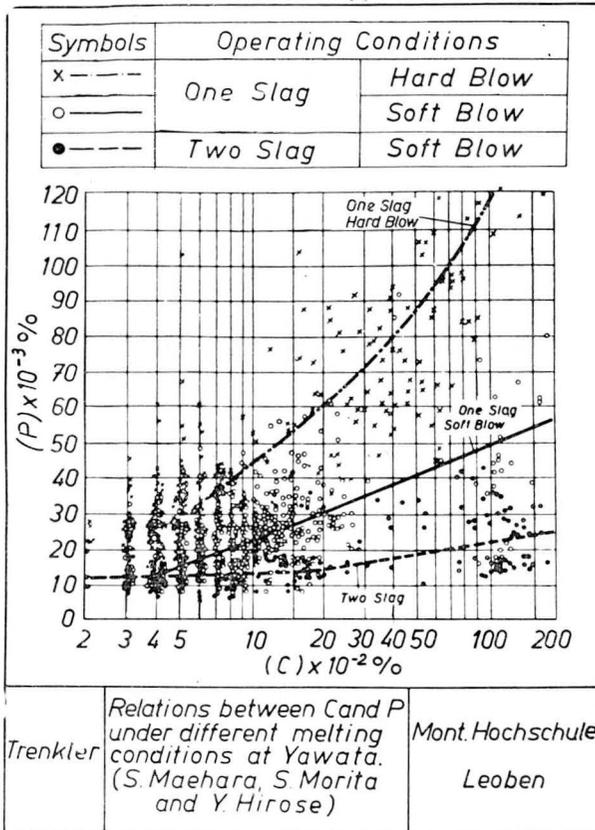


Fig. 1 — Relações entre C e P sob diferentes condições de fusão, na Yawata Steel Works.

A fig. 1 mostra as condições na Yawata Steel Works². Com isso obtiveram, para aço de 0,10% de C, com uma escória, 0,03% de P max. e com duas escórias, 0,020% de P max. A aplicação do sistema de duas escórias é o processo típico para o tratamento de gusas de teor elevado de P.

A firma VÖEST, no anos de 1956/57, realizou experiências com gusas de teor de 0,5-1,5% de P³. Foram feitas as seguintes observações:

Recuperação da escória final da corrida precedente. Utilização de fundentes e minério, para dar fluidez à cal mais rapidamente.

Com 1,5-2,0% de C no banho de aço, o teor de P fica abaixo de 0,3%. Nesse momento o sopro é interrompido, a escória relativamente rica em P é retirada e, depois da adição de nova cal e de fundentes, o

sôpro continua até o momento desejado. O aço é vazado na çaçamba e o resto de escória, relativamente pobre em P, fica no conversor e é utilizado na próxima carga.

A recuperação da segunda escória é feita por razões metalúrgicas, no sentido de ajudar a fluidificação das adições da carga seguinte; e por razões econômicas, para reduzir as perdas por queima.

Para gusas com teores de P acima de 1,5%, praticamente gusa Thomas, muitos foram os ensaios executados, mas só três sistemas deram resultados práticos:

- a) A técnica da usina Sociéte des Aciéries de Pompey, na França.
- b) A técnica da usina luxemburguesa da Arbed em Dudelange, denominada processo LD-AC.
- c) O sistema da usina austríaca de VÖEST, utilizando novo tipo de lança com injetor anular ("Ringdusse").

*

a) Os técnicos da usina de Pompey descrevem o processo como segue:

A corrida começa com a escória da corrida precedente. Para reter esta escória no conversor, o aço é vazado, não pelo bico, mas por um orifício de corrida próprio, existente no conversor. A essa escória restante juntam-se o gusa Thomas e a sucata. Temos assim uma primeira reação que já elimina 0,2% de P, 0,2% de C e a maior parte do Si. O FeO da escória é em grande parte reduzido, sendo assim utilizada uma quantidade apreciável de oxigênio nesta redução. A cal e as adições entram no conversor uma vez colocado êste em posição vertical.

Regula-se a operação agindo sôbre a altura da lança e a pressão de oxigênio, conforme se queira eliminar principalmente C ou P. No fim da primeira parte do processo, que dura aproximadamente 2/3 do tempo total, procura-se obter um metal com cêrca de 1,5% C e 0,2-0,3% P. Nesse momento a escória apresenta teores de 50% de CaO; 20% de P_2O_5 e 8% de Fe; é eliminada por vazamento pelo bico.

Antes de começar o segundo período são adicionados, eventualmente, minério de ferro, sucata, cal e fundentes. O fim do processo é determinado pelo teor de carbono; nesse momento o teor de P é suficientemente baixo. A usina de Pompey, à base dêste processo, produz aço LD correntemente.

*

b) O processo LD-AC é executado conforme a descrição seguinte, de Metz e Decker⁵:

Todo o gusa e a maior parte da sucata são enfiados antes do início do sôpro, junto com 1/3 da cal necessária, bau-

xita e 500 kg de minério (para uma carga de 26 t). No início do processo, a lança é mantida a uma altura relativamente grande sobre o banho e trabalha com grande vazão de oxigênio. Depois de cinco minutos, começam as adições de pó de cal no jato de oxigênio, sem parar a operação; ao mesmo tempo baixa-se a lança continuamente, para evitar a formação excessiva de espuma (projeções de escória). A regulagem desta operação é feita automaticamente, conforme a medição da intensidade da chama.

O mais importante é obter-se, tanto na primeira como na segunda parte do processo, uma escória espumosa que favorece a rápida desfosforação. Atingindo teores de 0,7-1,0% de C, o sopro é interrompido para evacuar a escória, operação fácil devido ao estado espumoso desta. A escória tem aproximadamente 24% de P_2O_5 e só 4-9% de Fe, sendo boa a sua solubilidade em ácido cítrico.

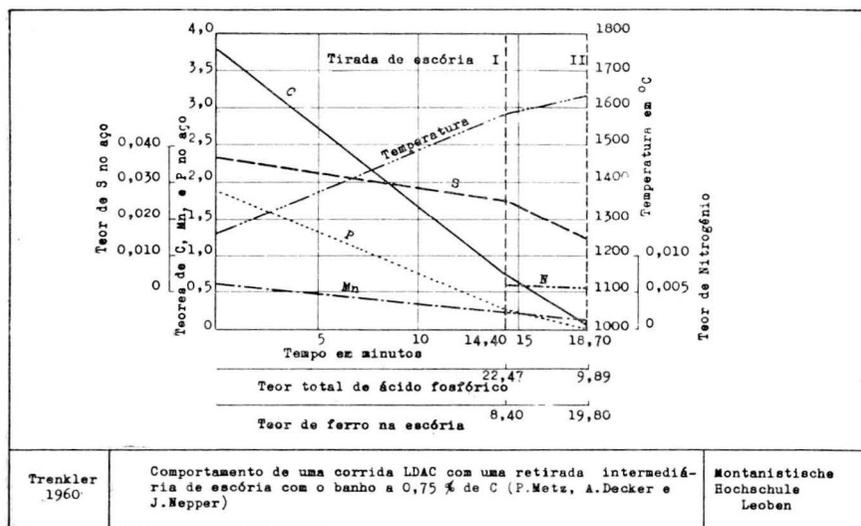


Fig. 2 — Comportamento de uma corrida LD — AC com uma retirada intermediária de escória com o banho a 0,75 % de C.

A fig. 2 mostra estas relações. Se o teor de Si no gusa for muito baixo, pode-se melhorar a solubilidade da escória com adições de areia no início do processo, o que também facilita a formação de uma escória espumante. A quantidade de cal para a primeira parte do processo é (conforme o teor de P e Si no gusa) de 65-80 kg por tonelada de gusa. A operação de sopro, depois da evacuação da primeira escória, continua com uma mistura de oxigênio com pó de cal e eventuais adições de sucata

e minério para a regulação da temperatura. É recomendável adicionar bauxita e areia periodicamente, a fim de obter a formação de escória mais rapidamente. Conforme o teor de carbono, durante a evacuação da escória, esta parte do processo dura 3-5 minutos. Sopra-se até obter o teor de C desejado.

É absolutamente possível ter teores de 0,025-0,030% de P com teor de C de 0,4%. As adições de cal na segunda fase do processo são da ordem de 20-41 kg por tonelada de gusa. A prática até agora adotada no processo LD-AC não prevê a utilização da segunda escória, que contém 12-14% de P_2O_5 e 15-23% de Fe. Deixa-se a escória vazar, faz-se uma barragem com cal e o aço é vazado na caçamba. Naturalmente, é possível utilizar a segunda escória para a corrida seguinte.

*

c) A firma VÖEST chegou a desenvolver, nos últimos anos, um novo tipo de lança especial, fazendo ensaios num conversor de 5 t. Neste ínterim, essa lança já foi usada em conversores maiores, com bons resultados. O Dr. Rinesch⁶ fez um relato perante o Congresso Austríaco de Metalurgia, em maio de 1960.

As características desta lança estão indicadas na fig. 3. Pode-se ver que, no eixo do tubo de oxigênio da lança, existe outro tubo concêntrico, através do qual é possível adicionar materiais pulverulentos ou de pequena granulometria.

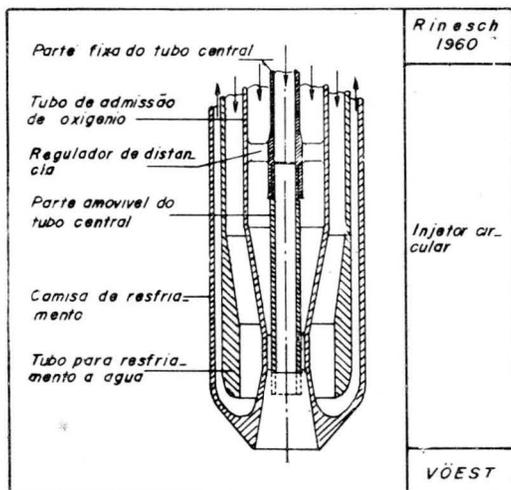


Fig. 3 — Características da lança VÖEST, com tubo concêntrico para adicionar materiais pulverulentos ou de pequena granulometria.

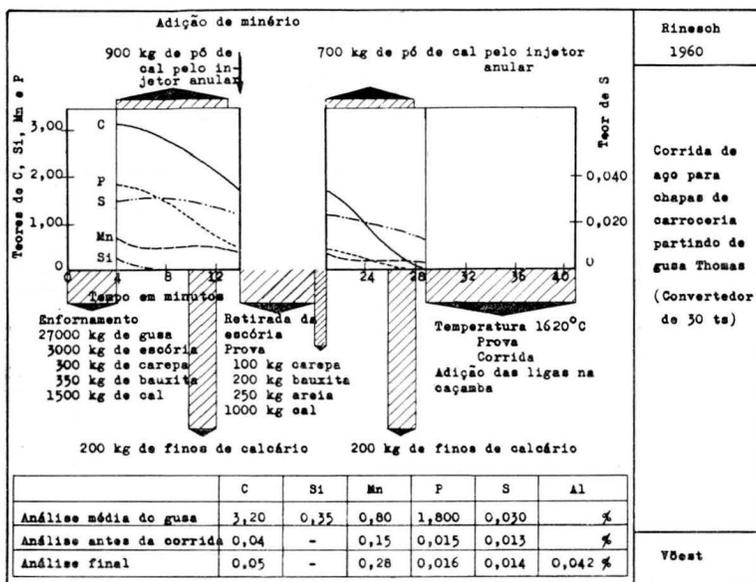


Fig. 4 — Operação num conversor de 30 t no caso de um gusa de teor elevado de P. O resultado é um aço pobre em P e em S.

A fig. 4 mostra a operação em conversor de 30 t, no caso de um gusa de teor elevado de P. Pode-se observar que também neste caso se trabalha com duas escórias. Depois de realizada a maior parte da operação de desfosforação, é a escória evacuada. Para acelerar a escorificação do P, parte da cal é introduzida pela lança. Tem o mesmo fim uma adição de minério no primeiro período. Também parte da cal é adicionada no segundo período, em forma fina, pela lança. Resultado: é um aço pobre em P e S.

*

Enfim, podemos constatar que todos os gusas ricos em P podem ser tratados por um desses processos LD. Observam-se as seguintes características típicas para todos os processos de fabricação:

- 1 — Utilização de duas escórias, sendo a primeira retirada com teores de C da ordem de 0,5-2,0%.
- 2 — Escorificação rápida. Pode ser obtida por:
 - a) Adição de fundentes.
 - b) Utilização da segunda escória.
 - c) Adição de minério fino.

- d) Sôpro brando (Weiches Blasen).
- e) Adição de cal de granulação fina, em pequenas adições.
- f) Adição de pó de cal no jato de oxigênio.

Estas alternativas podem ser usadas isoladamente ou em várias combinações.

O processo LD já dominava um campo bem amplo de tipos de gusa. Ainda existiam, porém, alguns casos que não podiam ser resolvidos, como por exemplo: gusas de C muito baixo ou de Si muito alto. Mas com o bico especial da lança da "VÖEST", agora é possível usar êstes tipos de gusa pouco comuns, porque se pode introduzir qualquer tipo de adição justamente no centro de reação, para influenciar o processo à vontade. A fig. 5 mostra a marcha de uma dessas corridas. O gusa tinha 2,4% C; 3,25% Si; 0,4% Mn; 1,45% P e 0,14% de S. Pelo sôpro, os teores de Si e S são bem abaixados.

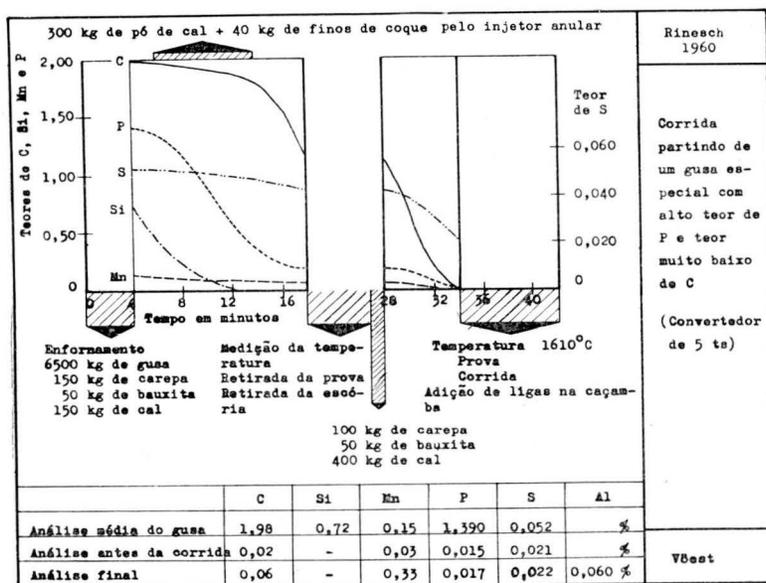


Fig. 5 — Marcha de uma corrida com gusa de alto teor de P e baixo C. O resultado foi um ótimo aço.

A fig. 5 indica a composição do gusa no instante do enforamento no conversor. Através da lança, foram introduzidos cal pulverizada e "finos" de coque. Êste último foi adicionado para melhorar o balanço térmico, porquanto o gusa possuía poucos elementos termogênicos. Na curva do C pode-se ver o efeito da

adição do coque. Aqui também o resultado foi um ótimo aço. Podemos então deduzir que, mesmo um gusa com teor elevado de P ou de análise anormal, não é problema para o processo LD.

2. ADAPTAÇÃO À DISPONIBILIDADE DE MATÉRIAS-PRIMAS

No início da aplicação deste processo, a maioria das aciarias LD trabalhou com adição de sucata para resfriamento. Estudos mais profundos demonstraram a possibilidade de utilização de minério de ferro como adição de resfriamento, industrialmente executado em primeiro lugar pela firma Bochumer Verein durante um longo período⁷. O problema era o seguinte: Graças à escolha cuidadosa do minério, o gusa destinado à fabricação de aços LD especiais era muito pobre em elementos indesejáveis (tramp elements). Para se evitar prejuízo na qualidade do aço pelas impurezas contidas na sucata comprada, dever-se-ia empregar somente sucata LD de retorno dos laminadouros. Na citada firma, porém, a sucata da laminação, extremamente pura, era utilizada para a fabricação de aços especiais elétricos e S.M. Foi decidido então usar, para resfriamento, minérios aglomerados (Erzpellets), de preferência de origem sueca.

Foi desenvolvido o seguinte esquema de trabalho: a adição de "pellets" era feita no início da carga, de uma só vez, raramente em pequenas adições. A experiência demonstrou que uma tonelada de minério substitui 3,5 toneladas de sucata. A metade da cal necessária foi adicionada no início do sopro, e a segunda parte, 3 minutos após. Se necessário, pequenas adições de cal ou calcário eram feitas durante a operação. Com isto foi constatado que, para corridas que deviam ser paradas com teores de C mais elevados, obtinha-se boa eliminação do P trabalhando só com cal. Nestas corridas também foi usada fluorita para rápida formação de escória e a resultante boa desfosforação.

Para corridas de baixo teor de C, as adições de fluorita podem ser eliminadas. Foi demonstrado, com isso, que as análises acertavam melhor com os "pellets" compactos suecos do que com os finlandeses, que são mais friáveis.

Para um exame geral do processo e da comparação entre o resfriamento com sucata e com "pellets", foram feitos gráficos de oxidação do banho metálico e de escória. Para isso foram tiradas provas com o conversor em posição horizontal e o oxigênio fechado. Foram reunidas numa única curva várias corridas com quantidades idênticas de gusa enornado. As figs. 6 e 7 mostram os resultados destas curvas no caso de aços doces para fabricação de tubos. Primeiro examinemos a fig. 6, que

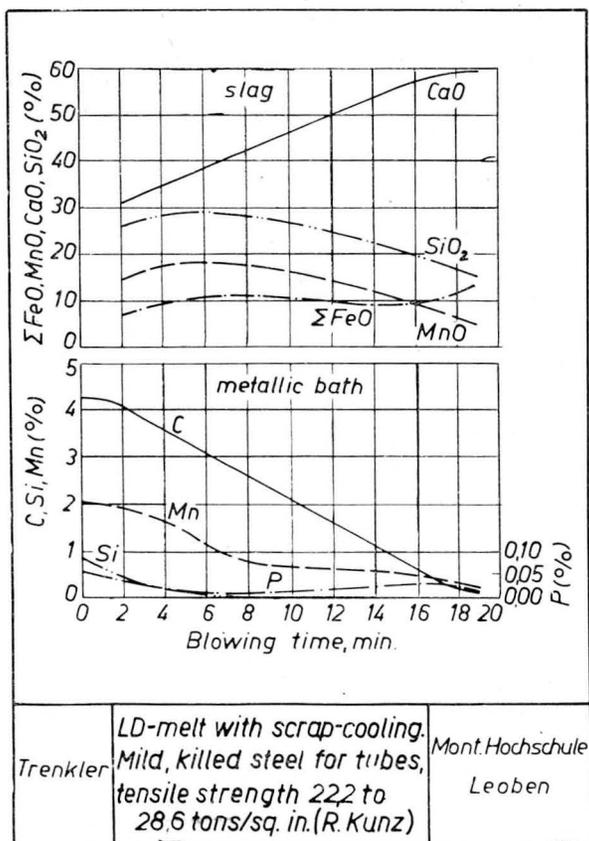


Fig. 6 — Corrida em LD com resfriamento por sucata. Aços doces para fabricação de tubos. Ver figura 7.

mostra a marcha com resfriamento por sucata. Nada temos a acrescentar ao aspecto bem conhecido das curvas. A fig. 7 mostra uma carga idêntica resfriada com minério. Pode-se ver que aqui nos primeiros minutos de sôpro obtem-se escorificação mais rápida do Si, Mn e P. As "corcundas" do P e Mn são mais pronunciadas. É responsável por isso o oxigênio adicional fornecido pelo minério no início do processo. Isto pode ser visto nas curvas da escória. O teor mais elevado de FeO produz-se no fim da combustão do Mn e Si e antes da descarbonização enérgica, resultando uma corcunda na curva do FeO, que termina no 8.º minuto de sôpro, e logo a seguir as curvas, tanto

para sucata como para minério, são as mesmas. Assim, pode-se afirmar que a influência do minério na corrida depois de 8 minutos é nula.

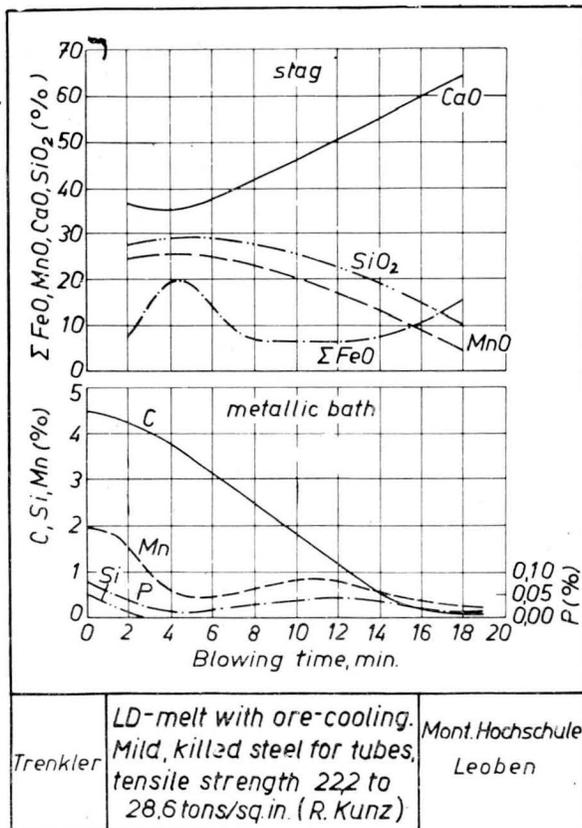


Figura 7 — Corrida com LD com resfriamento com minério. Aço doce para fabricação de tubo. Ver figura 6.

Baseado nessas constatações, era de se esperar que as qualidades de aço dos dois sistemas não tivessem nenhuma diferença. E esta conclusão foi reforçada por longa prática. A firma Bochumer Verein produz com sucesso, pelo resfriamento com minério, aço doce, aço semiduro, aço duro, aço para estampagem, aço para tubos, aços para nitretação e cementação, aços-ferramentas, aço de construção de baixa liga e aços para rolamentos⁸.

A esperança depositada no resfriamento com minério foi completamente alcançada na usina da firma Bochumer Verein. Podem-se constatar ainda as seguintes vantagens, sem aumento das projeções:

- 1) Diminuição do tempo de corrida, porque a adição de minério se faz por meio de um funil, o que exige menos tempo que o carregamento de sucata.
- 2) Economia de 10% do oxigênio para um gusa de 4,3% de C; 0,5-1,0% de Si; 1-1,8% de Mn; 0,10-0,13% de P.
- 3) Em momento de alta de preços da sucata, um aço mais barato.

O trabalho pioneiro da firma Bochumer Verein permite contornar o caso de impossibilidade do resfriamento com sucata, em épocas de carência ou de preço muito elevado. Quando não se dispõe de minério rico, diminui-se o uso de adições de minério, para não aumentar as impurezas.

Torna-se interessante para o caso a comunicação de E. Plöckinger¹², feita ao Congresso Austríaco de Metalurgia de 1959, de que, num pequeno conversor de 3 t, usou lupas Krupp-Renn para resfriamento das corridas LD. A percentagem de S dessas lupas tinha sido baixada previamente de 0,35%.

Na prática, podem existir casos nos quais há interesse em aumentar a adição de sucata. Nesses casos, o bico especial de lança "VÖEST" pode ser de grande utilidade. Pode-se introzir finos de coque pelo tubo central para aumentar as calorias no conversor, que serviriam para fundir mais sucata. Assim, é possível aumentar a adição de sucata de 15-20% em relação a cargas normais, sem que a qualidade do aço fique prejudicada. Também foram feitos, com sucesso, ensaios para introduzir um conduto de óleo pelo tubo central, e usar óleo combustível para aumentar as calorias, em lugar de combustível sólido. Existe também a possibilidade de usar combustível gasoso.

Se adicionarmos minério no lugar de sucata, temos possibilidade de obter aço diretamente do minério, naturalmente com a utilização de uma pequena quantidade de gusa líquido para iniciar o processo. Torna-se necessária a presença do gusa líquido no início do processo por causa do revestimento. A fig. 8 mostra um exemplo dêste tipo de corrida.

Depois da primeira fase de sôpro, que serve para formação de escória e elevação da temperatura, adiciona-se ao banho: minério fino, moinha de coque e cal pulverulenta, através do injetor anular. Neste período altera-se pouco a composição do banho. Essencialmente os finos de minério estão sendo reduzidos pelo coque adicionado. A temperatura cai. Após a retirada parcial da escória e a adição normal de cal, sopra-se a carga como de rotina.

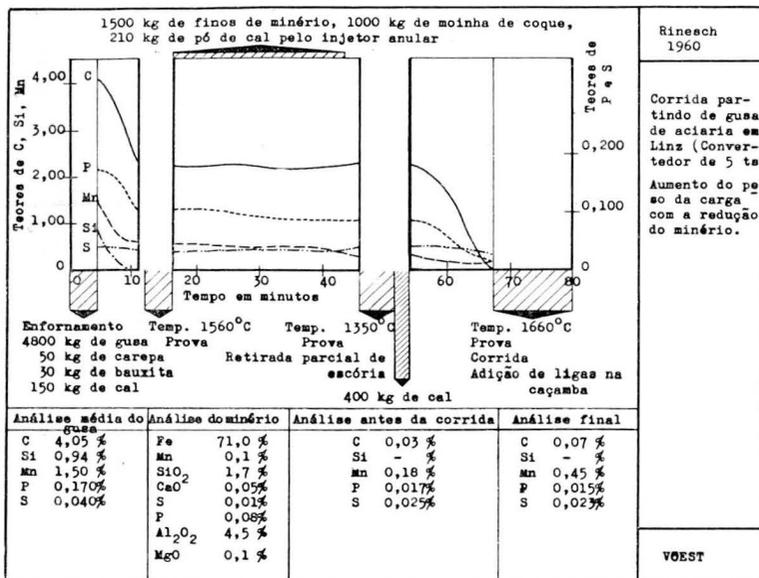


Fig. 8 — Corrida partindo de gusa de aciaria em Linz; conversor de 5 t. Aumento do pêso da carga com a redução do minério.

3. AMPLIAÇÃO DA APLICAÇÃO DO PROCESSO AOS AÇOS DE ALTO CARBONO E AÇOS-LIGAS

Destaca-se neste campo, nos últimos tempos, o grande trabalho que vem sendo realizado pelas firmas Osterreichisch-Alpine Montangesellschaft^{9 e 10}, Bochumer Verein^{7 e 8} e Guzstahlwerke Witten¹¹.

Estas experiências tinham, em comum, a tendência de, em vez de recarburar o aço que foi soprado até um teor de C muito baixo, parar a operação ao atingir o teor de C desejado. Com isto, obtinham um aço mais pobre em oxigênio, por causa do C mais elevado, e portanto menos produtos de desoxidação na calmagem do aço. Outras vantagens dêste sistema de trabalho são: menor consumo de oxigênio, menor escorificação do ferro e tempo de operação mais curto. Isto implica numa desfosforação bem rápida logo no início do processo, para que, no fim da corrida, o teor de P seja bem baixo. Não existindo as condições preliminares para isto, devemos operar como já foi demonstrado anteriormente, ou seja: acelerar a formação de escória, adição de minério fino, sôpro brando ou adição de fundentes. Quando isso não fôr suficiente, deve-se trabalhar com duas escórias, como no caso de aços-ligas com teor de P muito baixo.

Para a execução de uma corrida “interrompida”, devemos observar os seguintes detalhes: conhecer exatamente a composição do gusa; ter o peso certo do carregamento líquido e consumo exato de oxigênio. Bons aparelhos de medição são indispensáveis. A corrida pode ser parada com teor de C próximo ao desejado, por meio do controle do tempo (cronômetro). Faz-se um controle intermediário por meio de análise rápida. Se o C é ainda muito alto, faz-se um sopro de correção. Se baixou demais o teor de C, recarbura-se na çaçamba por meio de pequenas adições carburantes que não tenham influência sobre a qualidade. O teor de manganês deve ser bem observado. Já é conhecido que, com teores de 0,5-1,0% de C no aço, o teor de Mn é o mais elevado (ver figs. 6 e 7). A acentuada “corcunda” do Mn é função da temperatura, do teor de FeO, da basicidade da escória, e portanto é sempre variável. Por isso, deve-se fazer o controle rápido do Mn. Para aços que exigem teor de Mn elevado, procura-se aproveitar o teor elevado do banho.

Se se deseja baixo teor de Mn, por exemplo para fabricação de arames especiais ou aço para ferramentas, é necessário trabalhar com duas escórias, para eliminar o Mn do sistema. A retirada da escória deve ser feita no momento em que o teor de Mn no banho é o mais baixo, isto é, antes de atingir a corcunda da curva. Isto exige aproximadamente 5-7 minutos para conversores de 30 toneladas. A tabela 1, de Cuscoleca e Rösner¹⁰, reproduz este tipo de corrida. Vemos que se deve conduzir o sopro em duas fases. A retirada da escória foi motivada pelo alto teor de Mn (2,20%) no gusa. Isto foi necessário para baixar lentamente o teor de Mn no aço. O teor de P do aço é muito baixo, a despeito de ter o gusa 0,1% de P. Observa-se também o baixo teor de Fe na escória na segunda fase de sopro.

Do mesmo modo são produzidos na usina de Donawitz aços ligados para nitretação e cementação, aços de baixa liga para ferramentas, aços para rolamentos de esferas e aços para a indústria elétrica. Um exemplo típico deste sistema de trabalho aplicado a um aço para rolamentos é demonstrado na tabela 2. Também aqui trabalha-se em duas fases, pela mesma razão exposta ao comentar a tabela 1, isto é, alto teor de Mn no gusa. Vemos que o tempo total da operação não foi demasiadamente prolongado. Para a dissolução do Fe-Cr foi necessário um tempo de espera de 5 minutos.

As operações adicionais na fabricação de aços de alto carbono e aços-ligas implicam em maior duração do processo. A seguinte tabela mostra-nos as durações na Usina de Donawitz, em minutos:

Aço de baixo carbono não acalmado	32
Aço de baixo carbono acalmado	34

Aço de alto C recarburado com gusa líquido	37
Aço de alto C recarburado na çaçamba por meios carburantes (coque, carvão, etc.)	33
Aços de alto carbono, corridas interrompidas (sôpro interrompido com o teor de C desejado)	31
Aços de alto carbono, corridas interrompidas com retirada de escória intermediária no caso de altos teores de Mn e P no gusa .	39
Aços ligados de alto carbono	44

Na usina de Witten foi desenvolvido um sistema de trabalho com duas escórias, no qual a primeira escória é de alta basicidade e rica em FeO, para a desfosforação, e a segunda, é pobre em FeO e de menor basicidade, sem finalidade metalúrgica. O objetivo dêste sistema é obter cêdo, com o teor de C ainda elevado, a desfosforação forte necessária para aços ligados e também para reduzir a queima dos elementos de liga da sucata proveniente de aços especiais e melhorar o rendimento dos ferro-ligas. Para isso é usada cal de pequena granulometria, bastante fundentes para a formação da primeira escória, devendo ser conduzido o sôpro de modo a obter uma escória mais rica em FeO.

Pode-se obter com essas condições de trabalho, depois de dez minutos de sôpro (sôpro total de 30 min.), uma escória de 20-30% FeO com basicidade de 3,5 (CaO/SiO₂). O teor de C no banho é então de 3,2 a 3,4%, bem elevado. Nesse ponto o banho metálico ainda não sofreu aumento de temperatura, porque o calor proveniente das reações foi utilizado para a formação da escória. Durante a retirada da escória, o teor de FeO da mesma diminui de 50% devido à reação violenta com o C do banho.

Com 0,12% de P no gusa, pode-se obter com segurança no fim do primeiro período, um abaixamento até 0,02% de P. A análise final é de 0,010% a 0,015% de P no aço.

Antes do início do segundo período de sôpro, adicionam-se ferro-manganês e ferro silício, para introduzir calorías químicas. Essas adições dependem da qualidade do aço a ser elaborado, do teor de C desejado no fim da corrida, da quantidade de sucata e de ferro-ligas a serem depois adicionados. A quantidade da segunda escória é propositadamente mantida menor (cêca de 3%), com basicidade 1,6 a 2,5. Durante a elevação da temperatura, só será eliminado o C, enquanto os elementos de liga permanecem. Pode-se adicionar sucata com Cr sem risco algum, obtendo-se um rendimento em Cr de 75% a 80% para aços de 0,1% de C. Importante para isso, bem como para a boa qualidade do aço, são temperaturas do banho acima de 1.700°C.

Obtêm-se assim aços de tão boa qualidade do ponto de vista da pureza e das características físicas, quanto os obtidos em forno elétrico. Numerosos ensaios mostraram que, nos aços de 0,4% a 1,5% de C, na parada o teor de oxigênio é menor

que nos aços SM bem trabalhados. Para os aços abaixo de 0,3% de C, a percentagem de oxigênio é ligeiramente superior.

Possuindo a segunda escória uma concentração de P mais baixa, pode-se précalmar a corrida no conversor com ferro silício, sem perigo de refosforação, e assim reduzir as perdas de metais nobres na adição dos elementos de ligas.

Pela desoxidação no conversor, o abaixamento da temperatura é menor e o tempo de repouso para permitir a fusão dos ferros-ligas pode ser prolongado até 40 min. Foi assim possível obter, no conversor LD de Witten, tipos de aços que até então só se obtinham nos fornos elétricos, a baixo preço de custo, apesar deste método especial de trabalho gastar muito tempo e ocasionar consumo elevado de dolomita, da ordem de 30 kg/t, com redução da durabilidade do revestimento.

Para aços de nitretação e cementação são produzidos os aços CrMn, CrMo, CrNi e Ni. Suas características correspondem às dos aços elétricos, só que a sensibilidade para a cementação, especialmente a cementação por gases, é mais enérgica. Aços para nitretação, ligados com mais de 1% de Al e Cr e CrNi, são iguais aos melhores aços elétricos, e neles se pode salientar a regularidade da qualidade. Também os aços-ferramentas, ligados ou não, apresentam-se muito regulares quanto à dureza, e tendência mínima a apresentar pontos de baixa dureza.

Foram produzidos aços Cr, aços CrMn e aços CrSi com até 1,5% de C. Além disso, foram produzidos aços CrNiMoV, NiMo e WCrv. Ao todo, são 47 tipos de qualidades que eram produzidas normalmente no forno elétrico e que entram agora nos programas das aciarias LD. Como especialidade, podemos citar aço duro ao Mn com 1% de C e 13% de Mn; para isso o banho deverá atingir a temperatura de 1850°C.

4. ADAPTAÇÃO DO PROCESSO PARA UNIDADES GRANDES E PEQUENAS

As primeiras aciarias LD possuíam conversores de 30 t de capacidade. Pouco depois surgiram aparelhos de 50 e 60 t. Nos últimos dois anos, nas usinas de Jones & Laughlin e Kayser Steel, os primeiros conversores de 90 t entraram em serviço. Superadas algumas dificuldades iniciais, essas unidades trabalham tão satisfatoriamente, que a firma Jone & Laughlin vai agora instalar unidades de 100 a 120 t de capacidade. Também em outras usinas, vão ser montados conversores maiores nos anos de 1961/62¹³. Resta esperar os resultados. Acreditamos firmemente nos bons resultados dos grandes conversores.

O desenvolvimento é importantíssimo, já que, com três conversores deste tipo, pode-se atingir a produção anual de 2 mi-

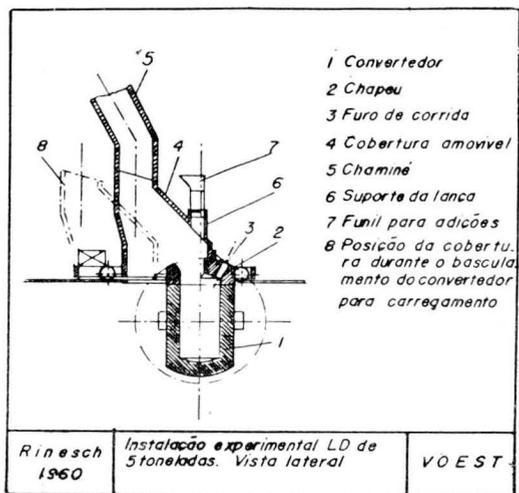


Fig. 9 — Conversor experimental da VÖEST, de 5 t, com sua construção especial.

lhões de toneladas. Produz-se numa pequena área uma grande quantidade de aço, acentuando ainda mais o aspecto econômico do processo.

Devemos observar que existem muitos conversores de 5-6 t de capacidade em serviço, trabalhando todos satisfatoriamente¹³ e que ainda serão construídos mais conversores deste tipo. Apresentamos, como exemplo, o conversor experimental da VÖEST, de 5 t, com sua construção especial (fig. 9). No caso deste conversor usa-se uma chaminé de construção particular. Coloca-se uma tampa em abóbada com um furo de corrida. Os pequenos conversores são de importância nos casos em que se precisa de pequenas quantidades de aço, especialmente onde há baixos fornos elétricos de redução e pequenos altos fornos.

O desenvolvimento exposto demonstra que o processo LD pode ser aplicado em pequenos e em grandes conversores, conforme as necessidades.

5. ENSAIOS PARA MELHOR CONHECIMENTO METALÚRGICO DO PROCESSO

Como todo processo novo, o sistema LD estará sempre sujeito a estudos mais profundos; assim, todos os problemas metalúrgicos correlatos serão esclarecidos por meio de novos ensaios.

As perdas do banho, que constituem o ponto principal dos estudos metalúrgicos, foram, desde o início, objeto de muitas investigações. É muito difícil tomar amostras sem interromper a

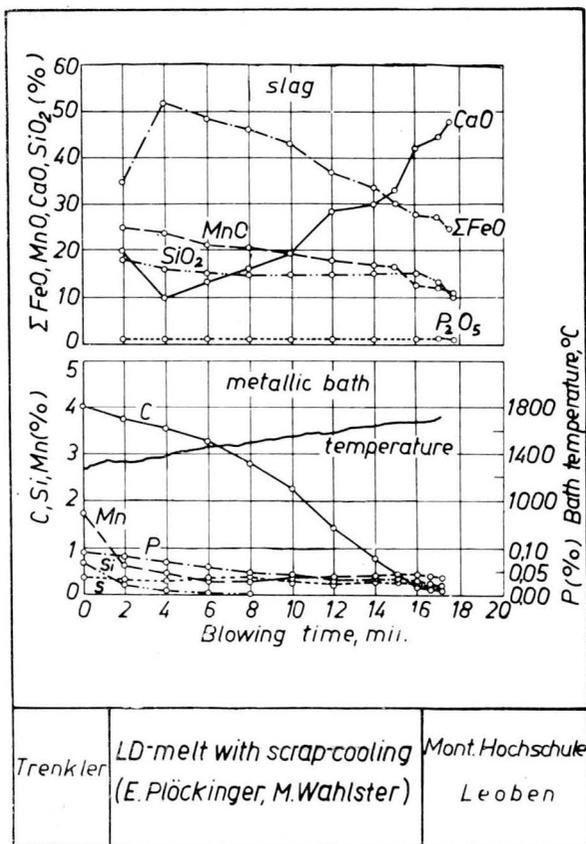


Fig. 10 — Andamento de uma corrida resfriada com sucata.

operação. E. Plöckinger¹² apresentou um relatório no Congresso Austríaco de Metalurgia de 1959 sobre ensaios efetuados com sucesso num conversor de 3 t, no qual a temperatura foi controlada continuamente, por meio de um termoelemento colocado na borda do fundo. A fig. 10 mostra o andamento de uma corrida resfriada com sucata. Sobre a análise do aço, nada houve a observar; confirma os resultados de trabalhos anteriores. Plöckinger analisou nas escórias somente a parte ativa das mesmas, isto é, dissolvida e líquida.

É perfeitamente visível nas curvas que devemos lidar no início com uma escória ácida e que, só com a dissolução da cal, esta se torna de caráter básico. À medida que a basicidade aumenta, o FeO e MnO diminuem continuamente.

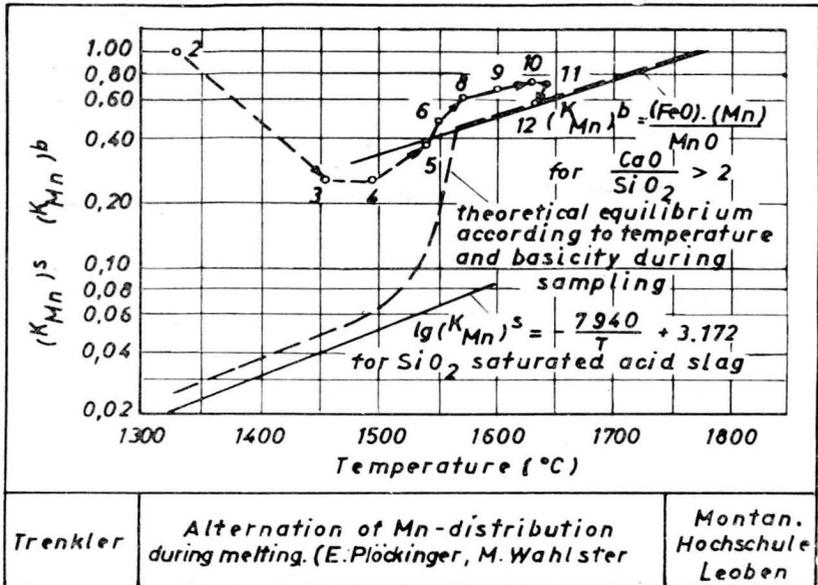


Fig. 11 — Condições para o equilíbrio do Mn, segundo E. Plöckinger. Referência 12.

As curvas demonstram claramente a importância da rápida dissolução da cal para acelerar a desfosforação. Os resultados apresentados por Plöckinger contradizem parcialmente os trabalhos anteriores sobre o assunto, mas julgamos que suas idéias estão certas.

Com base nas suas observações, Plöckinger indica as condições de equilíbrio do Mn (fig. 11). Demonstra êle que as curvas calculadas para K_{Mn} por meio de análises das escórias se ajustam perfeitamente com as linhas teóricas para escórias ácidas e que, no início do processo, o banho metálico não está em equilíbrio com a escória (existe um excesso de FeO provocado pela alta velocidade de oxidação do processo), o que é visível na curva entre os pontos 2 e 6. Somente após atingir basicidade acima de 2 (entre as provas 6 e 8), a distância entre as linhas de equilíbrio diminui. Após interromper o sopro de oxigênio (prova 12), ajusta-se em pouco tempo o equilíbrio teórico entre o aço e a escória, como era de se esperar. Êste é mais um exemplo de que o aço LD não é oxidado em demasia.

Esperamos ter demonstrado ao ilustre auditório, com esta exposição, que cada dia se trabalha mais para o desenvolvimento do processo LD e que êsses trabalhos têm obtido sucessos.

TABELA 1

Fabricação de aço para cabos

	C %	Mn %	Si %	P %	S %
Análise prevista	0,65-0,72	0,45-0,55	0,2-0,3	0,025 max	0,025 max
Análise obtida	0,68	0,50	0,28	0,016	0,016

Carregamento: 6 minutos

Carga:

Gusa	34.100 kg	4% cal
Sucata	1.900 kg	1% quartzo
Carepa	300 kg	0,3% fluorita

Análise do gusa: 4,12% C
2,20% Mn
0,16 Si

Após 8 minutos de sôpro:

Fim do 1.º período: Banho: 2,55% C
0,64% Mn

Escória: CaO 38,52%
MgO 2,37%
SiO₂ 10,47%
Fe 7,7 %
Mn 19,43%

Amostras e retirada de escória: 6 minutos

Adições para o 2.º período: 3,2% cal
0,8% quartzo
0,3% fluorita

Sôpro: 10 minutos

Fim do 2.º período: Banho: 0,54% C
0,39% Mn

Escória: CaO 48,2%
MgO 3,08%
SiO₂ 11,32%
Fe 9,8 %
Mn 10,37%

Amostras, medição da temperatura, retirada de escória: 7 minutos

Vazamento: 2 minutos

Adição de FeSi, Al, para desoxidação

Adição de C para correção

Tempo total: 39 minutos

TABELA 2

Fabricação de aço Cr para rolamentos

	C %	Mn %	Si %	P %	S %	Cr %
Análise prevista	0,98-1,08	0,3-0,5	0,25-0,35	max 0,020	max 0,020	1,4-1,65
Análise obtida	1,02	0,54	0,25	0,013	0,018	1,57

Carregamento: 4 minutos

Carga:

Gusa	35.400 kg	4% cal
Sucata	— kg	0,6% quartzo
Carepa	600 kg	0,3% fluorita

Análise do gusa: 4,29 C
2,30% Mn
0,33% Si

Sôpro: 8 minutos:

Fim do 1.º período: Banho: 2,85% C
0,71% Mn

Escória: CaO 33,60%
MgO 2 %
SiO₂ 18,20%
Fe 9,25%
Mn 20,8 %

Provas e retirada de escória: 10 minutos

Adições para o 2.º período: 4 % cal
0,7% quartzo
0,3% fluorita
200 kg FeSi 75%

Sôpro: 8 minutos

Fim do 2.º período: Banho: 0,85% C
0,57% Mn

Escória: CaO 49,55%
MgO 5,08%
SiO₂ 16,50%
Fe 7,56
Mn 7,52%

Provas, medição de temperatura, retirada de escória: 7 minutos

Adição de Fe-Cr e tempo para ligar: 5 minutos

Vazamento: 2 minutos

Adição de FeSi e Al

Tempo total: 44 minutos

BIBLIOGRAFIA

1. 3 Jahre LD. — Stahl (1956) Eigenverlag der VÖEST.
2. CUSCOLECA, O. und RÖSNER, K. — Journal of the Iron and Steel Institute 1959, Vol. 192, Part 2, S 147/153.
3. TRENKLER, H. und RINESCH, R. — Stahl und Eisen 78 (1958), S. 883/90.
4. LAMBERT, M. und MESSIN — Circulaire d'Informations Techniques Nr 4 de 1958.
5. DECKER, A. und METZ, P. — *Application of the physical chemistry to the basic oxygen steelmaking process*. Sonderdruck des Centre National de Recherches Metallurgiques 1959. METZ, P.; DECKER, A. und NEPPER, J. — *Herstellung von Stahl aus P-reichen Roheisen durch Aufblasen von Sauerstoff zusammen mit Kalkstaub*. Stahl und Eisen 1960, S 20/27.
6. RINESCH, R. — *Neu Entwicklungen auf dem Gebiete des LU-Verfahrens*. Vortrag gehalten auf der Hauptversammlung der "Eisenhütte Österreich" am 28.5.60, Berg- und Hüttenmännische Monatshefte demnächst.
7. GRÜNBERG, K.; SCHLEICHER, W. und KUNZ, R. — *Die Stahlherstellung nach dem LD-Verfahren mit Kühlung durch Erz*. Stahl und Eisen 1960, S. 277/281.
8. AMMARELLER, S. und KNORR, W. — *Die Eigenschaften der nach dem LD-Verfahren hergestellten Kohlenstoffstähle und legierten Baustähle*. Stahl und Eisen demnächst.
9. RÖSNER, K. und WEGSCHEIDER, A. — Stahl und Eisen 1956, S 1337/43.
10. CUSCOLECA, O. und RÖSNER, K. — Bericht über Journées Internationales de Siderurgie 1958, S 61/70.
11. RICHTER, A.; WITTEN — Persönliche Mitteilung an der Verfasser.
12. PLÖCKINGER, E. — *Zur Metallurgie des Sauerstoff Aufblaseverfahrens*. Berg und Hüttenmännische Monatshefte, Heft 11 und 12/1959, Stahl und Eisen 1960, S 407/416.
13. TRENKLER, H. — *Ein Jahrzehnt LD-Stahl, Sonderdruck des österr. Bundeskanzleramtes, Verstaatlichte Unternehmen, Wien 1960*.

II PARTE: *Debates*

H. Meyers ⁽¹⁾ — Acabamos de ouvir a conferência do Prof. Herbert Trenkler e consideramos de grande interesse as comunicações que nos foram feitas hoje, especialmente para as condições particulares do Brasil. Refiro-me à aplicação do processo LD para vários tipos de gusa; para pequenas e grandes unidades; para aços de alto e de baixo teor de carbono; para aços de liga e sem liga e pelo emprêgo do minério puro no processo. Em resumo, trata-se de um processo extremamente flexível. A indústria siderúrgica nacional tem um dever de gratidão para com o Eng. Trenkler e para com todos os co-inventores do processo LD, cujas interessantes e úteis informações nos foram transmitidas há pouco.

Antes de passarmos às perguntas ao conferencista, peço a todos os apartesantes a fineza de declinarem seu nome. O Eng. Janusz Wscieklica pôs-se gentilmente à disposição para servir de intérprete entre os apartesantes e o conferencista.

* * *

H. Poblete ⁽²⁾ — Queria perguntar ao Eng. Trenkler se existe algum processo para se fazer a dessulfuração do gusa, introduzindo carbureto de cálcio pulverizado, pela lança. Desejaria saber se foi feita alguma experiência e se, nesse caso, introduz-se, em vez de cal, o CaC_2 no processo LD-AC.

Janusz Wscieklica ⁽³⁾ — O Eng. Trenkler responde que a dessulfuração com carbureto de cálcio é possível, mas é menos econômica que a feita com soda. Todos os processos de dessulfuração devem ser conduzidos em condições reductoras; assim, torna-se necessário (e é mais econômico) executá-los sobre o gusa o mais cedo possível, seja na saída do alto forno, seja na caçamba. É possível dessulfurar o aço obtido, mas no momento não há processos econômicos para essa operação. Diz ainda o Eng. Trenkler que tem conhecimento de um ciclo de estudos que está sendo feito atualmente nos Estados Unidos sobre a dessulfuração com carbureto de cálcio, mas ainda não está a par dos resultados.

H. Poblete — No caso do gás natural, que é praticamente constituído de carbono e hidrogênio, utilizado como combustível e introduzido pela lança, desejaria saber se há experiência sobre a dissolução do H_2 no aço.

J Wscieklica — O Prof. Trenkler diz que no processo LD, a decarboxetização, acompanhada de forte produção de CO, prossegue até o fim do período de refino; o hidrogênio eventualmente introduzido no banho será expelido juntamente com o monóxido de carbono.

O Prof. Trenkler informa também que estudos realizados na firma Bochumér Verin, comparando os teores de hidrogênio nos aços LD e S. M., deram o seguinte resultado: os aços LD tiveram em média teores de 2 a 4 partes por milhão de hidrogênio, enquanto que os aços S. M.

(1) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista e Diretor da Usina de Monlevade, da CSBM; Monlevade, MG.

(2) Membro da ABM; Engenheiro do Instituto Chileno del Acero «ICHA»; Santiago do Chile.

(3) Membro da ABM; Engenheiro Chefe do Departamento de Ensaios e Pesquisas da Usina de Monlevade; Monlevade, MG.

tiveram teores de até 9 e 15 p.p.m. Este fato confirma que os aços LD permitem eliminação eficiente do hidrogênio, isto é, não permitem (se assim quiserem) a entrada do hidrogênio no aço.

H. Poblete — Fiz a consulta porque vários países da América Latina, que têm grande quantidade de gás natural, poderiam ter a sua siderurgia facilitada.

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler adianta que os ensaios em que foram feitas adições de minério combinado com combustível, foram realizados com coque pulverulento e combustível líquido. Ainda não foram feitas experiências com combustível gasoso. Acredita êle, entretanto, que êste sistema seja perfeitamente realizável.

* * *

Deniz Valle (4) — Gostaria de saber, quanto a se fabricar aço com 1% de carbono e 13% de manganês, em que é necessária a temperatura de 1.850°C, qual foi o revestimento usado e se, para a produção desse aço, foi notado qualquer desgaste excessivo no revestimento.

J. Wscieklica — Responde o Prof. Trenkler que, em geral, a produção dos aços-liga resulta em maior consumo de refratários do revestimento. No caso da usina de Witten, para produção de aços-liga, entre os quais foi incluído o aço mencionado, o consumo era da ordem de 30 quilos de refratário por tonelada de aço, enquanto que normalmente êsse consumo situa-se entre 3,5 e 7 kg/t. Adianta também o Prof. Trenkler que os conversores LD não estão predestinados à produção de aço com teor alto de manganês; no seu trabalho êle quis apenas sublinhar as grandes possibilidades e a versatilidade do processo, bem como a possibilidade de neles se produzir aço Hadfield. É evidente que, com temperaturas elevadas, da ordem de 1.850°C, necessárias para obter-se êsses aços, encurta-se a vida dos refratários, resultando num consumo mais elevado por tonelada de aço.

D. Valle — Pergunto se êsse revestimento usado é de dolomita ou magnesita.

J. Wscieklica — A resposta do Prof. Trenkler é que o revestimento referido na usina de Witten é de dolomita.

* * *

L. C. Corrêa da Silva (5) — Poderia o Prof. Trenkler dizer-nos, em poucas palavras, qual o estado atual dos processos de lança submersa e os seus possíveis desenvolvimentos futuros?

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler, se entendeu bem a pergunta ou se a traduzi corretamente, que uma das características principais do processo LD é a da lança mantida acima da superfície do banho. Julga que o desenvolvimento do processo LD no futuro não irá na direção do uso de lanças submersas.

(4) Membro da ABM; Engenheiro da Magnesita S/A Refratários; Belo Horizonte, MG.

(5) Membro da ABM; Doutor em Metalurgia; Docente da EPUSP e Engenheiro do IPT; São Paulo; SP.

L. C. da Silva — A minha pergunta não tinha relação direta com o processo LD. Tratava de saber algo sobre outros processos, já em uso, com lança submersa. Pergunto se o Prof. Trenkler crê que tais processos tenham aplicação, por exemplo, para gusa de alto fósforo.

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler gostaria de indicar no quadro negro algumas idéias básicas a respeito do assunto. Diz êle que, quando se sopra o oxigênio sobre o banho, a superfície atingida pelo oxigênio depende essencialmente da pressão ou da velocidade do jacto e da distância entre a lança e a superfície do aço.

Quando se introduz a lança mais profundamente e se sopra com pressão mais elevada, o FeO produzido reage em primeiro lugar com o carbono do banho e não facilita a formação prévia de escória.

Quando se sopra de modo mais suave, o FeO formado entra diretamente na escória, reagindo com a cal e promovendo desfosforação mais rápida. A êsse processo se deu o nome de sopro suave. Regulando-se a posição da lança às condições do sopro, tem-se em mãos a possibilidade de regular à vontade o avanço do processo.

Quando se mergulha a lança dentro do banho metálico, o oxigênio forma imediatamente o FeO, que reage também rapidamente com o carbono. Êsse processo assemelha-se ao caso LD do sopro com alta velocidade e lança baixa, permitindo sua grande penetração no banho. Também no caso da lança submersa pode-se influenciar a velocidade da eliminação do carbono e do fósforo.

A lança, quando menos submersa, favorece a eliminação mais rápida do fósforo. Ao contrário, quando a profundidade de imersão é maior, favorece a eliminação mais rápida do carbono.

O processo de usar lanças não protegidas (nos fornos S.M. e nos fornos elétricos) apresenta a desvantagem de que, devido à fusão do próprio tubo da lança, não se tem um meio de conhecimento exato da posição do bico da lança dentro do banho. Esta é a razão por que, na Inglaterra, fazem-se experiências de soprar o oxigênio nos fornos S.M., não com lança imersa, mas com lança do tipo LD, acima do banho, convenientemente protegida.

Todavia, as vantagens do emprêgo de oxigênio nos fornos S.M., mesmo com as lanças comuns, são tão elevadas que sempre será utilizado.

O Prof. Trenkler julga que os processos que usam lanças acima do banho são os mais indicados; terão melhor futuro, devido a que facilitam ao operador maior domínio do processo.

L. C. da Silva — Acho que sobre isto não resta dúvida. Apenas perguntei se os processos de lanças submersas teriam algum futuro e em que condições. Em particular, queria perguntar qual a aplicação que o processo da Phönix tem?

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler diz que o processo Phönix não usa lança submersa; mas refere-se ao processo «Rotor» de Oberhausen, no qual se usa lança submersa. Neste processo apareceram essencialmente dois obstáculos: o desgaste da lança (que êle julga que os técnicos da Oberhausen poderão vencer) e o das dificuldades experimentais no desgaste do refratário de revestimento do «Rotor». Acrescenta que, se o sopro com uma lança imersa no banho tivesse apresentado sensíveis vantagens nos conversores LD, teria sido usado êsse processo. No entanto, preferiram usar a lança acima do banho que, como já foi dito, oferece maior flexibilidade ao processo e foi julgada mais conveniente.

L. C. da Silva — Lamento que a pergunta tenha dado lugar a uma volta tão grande pelo campo da injeção de oxigênio. Mas a minha intenção era apenas a de perguntar o presente e o futuro desses processos, mesmo que não exista esse futuro. Em segundo lugar, queria perguntar se há experiência com adição de «pellets» de minério com carbono.

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler não tem conhecimento de adições de pelotas que contenham carbono. Mas afirma que foram feitas experiências com pelotas que contêm cal.

L. C. da Silva — Esta não será uma pergunta, mas apenas uma observação. O Prof. Trenkler mencionou que o processo LD pode ser empregado mesmo em fornos pequenos. Desejamos aduzir que, em trabalho apresentado a este Congresso, como resultado de recentes experiências feitas no IPT, empregamos no refino de gusa e em particular no de gusa níquelífero, o processo LD, com cargas de 20 kg em primeiro lugar, e em seguida com cargas de 200 kg. Obtivemos um produto satisfatório, que permite a adição a aços especiais, sem preocupação com teores de Si, de C e de outros elementos presentes no gusa níquelífero original

* * *

Luiz Antônio Araújo (6) — Desejo perguntar ao Prof. Trenkler qual a granulometria de cal introduzida pela lança; em segundo lugar, o tamanho dos «pellets» de minério também empregados na experiência e, em terceiro lugar, no caso da utilização da hematita compacta brasileira, qual a granulometria mais indicada.

J. Wscieklica — A respeito da granulometria da cal que foi soprada através da lança do conversor, o Eng. Trenkler não pode, de memória, indicar a análise granulométrica exata. Adianta apenas que se trata de uma cal fina que, no caso do processo LD-AC, deve ser mais fina do que no caso do processo Vöest, que usa lança de diâmetro maior. Com referência ao uso de pelotas, o Eng. Trenkler informa que o tamanho utilizado varia entre 20 e 30 mm de diâmetro médio.

O Eng. H. Trenkler responde também que, com a hematita compacta brasileira, o minério deveria ser mantido fino; julga que seria indicável um diâmetro médio da ordem de 10 a 20 mm. Solicita aos representantes da Belgo-Mineira, Eng. Henri Meyers ou ao Eng. Guido Visconti, respectivamente superintendente da Usina e chefe das Aciarias de Monlevade, aqui presentes, que indiquem a prática dessa empresa no que respeita à granulometria do minério.

Guido Visconti (7) — Em Monlevade, adicionamos minério de ferro pela bica situada acima da boca do conversor. Fazemos minério bem fino, mas não fino demais porque, pela erupção do conversor, dêle perderíamos um pouco. A granulometria desse minério é mais ou menos de 3 a 5 mm. Usamos também «palha» de laminação que é muito boa para substituir o minério de ferro.

L. A. Araújo — Gostaria que o Eng. Trenkler fizesse alguns comentários a respeito da utilização das poeiras coletadas no processo LD pelo próprio processo.

(6) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista da Cia. Siderúrgica Paulista «COSIPA»; São Paulo, SP.

(7) Membro da ABM; Engenheiro Chefe das Aciarias de Monlevade da CSBM; Monlevade, MG.

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler que de fato, a usina de Donawitz recupera e recircula as poeiras da operação. Para tanto carregam-se as poeiras em sacos que, no início do processo, são introduzidos no conversor.

L. A. Araújo — Isso porque a usina de Donawitz utiliza o processo de recuperação a sêco. Perguntaria ao conferencista se tem alguma informação a respeito da re-utilização das poeiras no caso de precipitação úmida.

J. Wscieklica — Diz o Eng. Trenkler que as poeiras dos finos recuperadas nas precipitações úmidas estão sendo utilizadas, de preferência, na sinterização. É este o procedimento adotado nas usinas de Linz e da Bochumer Verein.

* * *

Fernando H. Bonafede ⁽⁸⁾ — Desejaria perguntar ao Eng. Trenkler que resultado se poderia esperar da injeção da segunda escória moída em um processo com lança submersa.

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler que a possibilidade de re-circulação da segunda escória depois de moída apresenta as seguintes vantagens: 1.º) perda de calor, ao se resfriar a escória para moer; 2.º) despesas decorrentes da moagem dessa escória. É mais interessante deixar a escória líquida no conversor, que tomará parte, imediatamente, nas reações da próxima carga.

F. H. Bonafede — A fim de contornar as desvantagens citadas e havendo possibilidade de se fazer adição da segunda escória pela lança submersa e em forma líquida, acredito que se possa adicionar líquido através da lança. Pergunto: que resultado, sobretudo de desfosforação e de dessulfuração, se poderia esperar?

J. Wscieklica — O efeito sobre as reações de desfosforação e de dessulfuração seria sem dúvida bom, se fosse possível introduzir a escória líquida dentro do banho; mas o Prof. Trenkler não imagina a realização prática desse sistema.

* * *

Günther Joseph Baumann ⁽⁹⁾ — Indago do conferencista como compara o desgaste do revestimento no conversor LD quando se usam cargas altas em fósforo, com a desfosforação desse tipo de material nos outros processos diferentes mas convencionais.

J. Wscieklica — Segundo o Prof. Trenkler, os dados sobre a durabilidade do revestimento no processo LD-AC ainda não são disponíveis, visto que nenhuma usina trabalha, no momento, exclusivamente com este processo. Supõe-se que o processo LD-AC requer mais dolomita que o LD comum com baixo teor de fósforo. O futuro mostrará se o consumo de dolomita será igual ou algo mais elevado que no processo Thomas. Ele pergunta se esta resposta é suficiente, ou se quer comparação com outros processos.

(8) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista; Secretário da «Sociedad Argentina de Metales»; Buenos Aires, República Argentina.

(9) Membro da ABM; do «Instituto de Investigaciones y Ensaños»; Concepcion, Chile.

L. A. Araújo — Desejaria perguntar, em relação à usina de Linz, quando a porcentagem de sucata de chapa é bastante grande, se éle tem empregado o processo chamado de carga «Sandwich», quer dizer, carregar a sucata parcialmente e entremeando com a carga de gusa líquido.

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler que na usina de Linz, toda a sucata é adicionada no início do processo, em suma, duas ou três vagonetas, de acôrdo com a proporção de sucata adicionada.

* * *

Carlos Dias Brosch ⁽¹⁰⁾ — Desejaria uma informação sôbre qual o teor máximo de óxido de magnésio na escória, compatível com a obtenção de aços de baixo fósforo, e pergunto qual a limitação do óxido de magnésio na cal de adição.

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler não tem dados exatos a respeito do teor máximo de MgO na escória, do ponto de vista de desfosforação. Mas diz que esse teor não deve ser alto. A respeito da quantidade de MgO tolerável nas adições de cal, diz que na usina Linz, na própria prática dêle; nos casos de dificuldade com fornecimento de cal, usou-se cal que continha até 6% de MgO; a marcha foi perfeitamente possível. Acredita que talvez se possam usar teores de MgO de até 7-8%. Considera, entretanto, que o teor 6% de MgO deveria ser o máximo.

L. D. Villares ⁽¹¹⁾ — Desejaria saber do Prof. Trenkler, com relação à sua afirmação de que se obtém assim aços de tão boa qualidade do ponto de vista da pureza e características físicas, se se pode esperar do processo LD, quanto a inclusões, especialmente para aços em que essas inclusões são prejudiciais, principalmente para aços de rolamentos, o mesmo grau de pureza da produção dos fornos elétricos.

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler que no caso de aços de baixa liga produzidos nas usinas de Donawitz e de Witten, a qualidade do aço, do ponto de vista da quantidade de inclusões não metálicas, foi igual à dos aços elétricos das mesmas usinas. Ao se produzir aços de alta liga, especialmente naqueles casos onde é necessário utilizar escórias brancas, a pureza de aços LD foi ligeiramente inferior à dos aços elétricos. Quanto ao caso particular de aços para rolamentos, o A. pode adiantar que a quantidade de inclusões foi um pouco maior ou a pureza do aço foi ligeiramente inferior à dos aços elétricos.

* * *

H. Hellbruegge ⁽¹²⁾ — O A. mostrou-nos uma corrida, na qual foram adicionados minério e coque. Teoricamente, agora poder-se-ia adicionar mais minério e mais coque e, no fim, fazer-se redução. Queria perguntar se o Eng. Trenkler tem idéia formada sôbre até que ponto podem ser feitas essas adições.

J. Wscieklica — Diz o Prof. Trenkler que a possibilidade de se proceder, num conversor LD, à redução de minério, introduzindo-se na

(10) Membro da ABM; Engenheiro da Cia. Siderúrgica Paulista «COSIPA»; São Paulo, SP.

(11) Membro da ABM; Engenheiro e Presidente de Aços Villares S/A.; São Paulo, SP.

(12) Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista; São Paulo, SP.

lança conjuntamente o minério fino com coque e outro redutor, é promissora. O Eng. Trenkler não está em condições de informar agora até que ponto esse processo poderá ser desenvolvido. Depende das temperaturas e dos processos de redução e oxidação, que poderão ser desenvolvidos alternativamente no conversor. De qualquer forma, as experiências realizadas são animadoras.

* * *

G. Visconti — O Eng. Trenkler disse que a regulagem da operação é feita automaticamente, conforme a redução da chama. Gostaria que ele nos informasse a respeito de qual a melhor aparelhagem para esse fim e quais as operações dessa aparelhagem automática.

J. Wscieklica — Responde o Prof. Trenkler que os instrumentos utilizados no processo LD-AC ainda não foram divulgados pela ARBED. O A. conhece o seu funcionamento, porém não está ao par dos detalhes de construção.

* * *

H. Poblete — Desejaria reportar-me à pergunta feita a respeito da adição de combustível no conversor, com a finalidade de se reduzir quantidades cada vez maiores de minério de ferro. Parece-me que, com certos combustíveis sólidos, como o carvão, ou líquidos, como produtos de petróleo, a operação vai alongar-se enormemente, porque as condições de reação de partículas sólidas com partículas semi-líquidas ou líquidas são lentas. Creio que, forçosamente, deve-se fazer adição de combustíveis gasosos, quer dizer, gás natural ou combustível gaseificado, como gás de gasogênio. Gostaria de ouvir a opinião do Prof. Trenkler sobre este ponto.

J. Wscieklica — As experiências levadas a efeito com os combustíveis sólidos demonstraram que as reações se realizam bem, com a condição de que o coque esteja bastante fino. Pensa o Prof. Trenkler que é possível que, com os combustíveis líquidos ou gasosos, essas reações prossigam melhor, mas no momento ainda não tem experiência.

* * *

L. A. Araújo — O Prof. Trenkler se referiu, por diversas vezes, à importância da distância correta da lança ao banho. Perguntaria: quais são os métodos mais recentes, utilizados em Linz, para controlar essa distância, além do processo conhecido do ruído das projeções e da medição com uma barra, para evitar o desgaste depois de cada corrida?

J. Wscieklica — O Prof. Trenkler esclarece que, sendo metalurgista, conhece bem o processo em si mesmo. Mas o desenvolvimento desse processo dependeu também dos mecânicos e eletricitistas que foram encarregados de construir os instrumentos de medição. Assim, não pode dar uma resposta exata sobre o funcionamento ou construção desses aparelhos.

* * *

H. Meyers — Antes de encerrar a Sessão, o Sr. Presidente da ABM, Eng. Joseph Hein, vai dizer algumas palavras e também traduzir o que o Prof. Trenkler acabou de nos dizer.

Joseph Hein ⁽¹³⁾ — Como Presidente da Associação Brasileira de Metais, cabe-me o grato dever de transmitir ao conferencista e à assistência os nossos agradecimentos sinceros. Creio que a melhor maneira de agradecer ao Prof. Herbert Trenkler é o de confirmar o quanto é interessante para o País, e para tôdas as nações sul-americanas, o processo do qual êle é um dos maiores responsáveis; creio que qualquer engenheiro tem a maior satisfação ao verificar quão largamente é êle utilizado.

Quero, para melhor compreensão, ilustrar essa afirmação com alguns dados. O processo LD, industrialmente iniciado em 1952 na usina de Vöest, e quase ao mesmo tempo na Usina de Donavitz, representava, em 1957, 1% da produção mundial de aço. Em 1961, com as usinas existentes e com aquelas em construção, vão ser por êle elaborados 6% da produção mundial de aço. Considerando as condições brasileiras, neste ano de 1960, com uma produção pouco acima de 2 milhões de toneladas de aço no conjunto de tôdas as usinas, a contribuição do processo LD da usina Monlevade já será da ordem de 12% a 13% daquele total nacional. Com as usinas em construção pela COSIPA e USIMINAS e com o aumento da produção em Monlevade, em 1963, aquela porcentagem irá subir a aproximadamente 33%. Por aí, já se nota o grande valor econômico, o grande interesse que temos neste processo, nós e todos os países sul-americanos. Creio, portanto, que é fácil ao Prof. Trenkler compreender como lhes somos gratos por êste processo que quase se predestinou às nossas condições.

Neste particular, temos ainda outra vantagem quanto à construção de novas usinas, dado o aumento expressivo que a produção do aço deve ter neste país. Temos a felicidade de poder contar com êste processo LD para com o mesmo investimento alcançar maior capacidade de produção, porque as instalações LD são as mais baratas entre os processos de fabricação do aço, com a outra vantagem de que também a elaboração dêsse aço se faz a um preço de custo menor do que os outros.

Como bem disse o ilustre técnico na conferência de hoje, já pôde ir além da exposição feita em 1956, quando estive pela primeira vez em nosso País, participando do Congresso Internacional ABM-CEPAL. Hoje, o Prof. Trenkler já pôde citar novas aplicações e demonstrar a versatilidade do processo LD.

Aproveitando-me do último tópico da conferência — «Ensaio para melhor conhecimento metalúrgico do processo» — estou certo de que o processo em evolução nos proporcionará futuramente o prazer de ouvir mais uma vez o Prof. Herbert Trenkler.

Augurando essa possibilidade, encerro as palavras de agradecimento ao Prof. Herbert Trenkler e aos que contribuíram para o êxito desta conferência, em especial ao Presidente da Mesa, Eng. Henri Meyers; ao Eng. Armênio Lima e Silva, pela exposição que fêz da conferência; ao Eng. Janusz Wscieklica que, de maneira brilhante traduziu e esclareceu as perguntas feitas e, principalmente, aos ilustres aparteantes que realmente apresentaram interpelações bem interessantes e tôdas rigorosamente dentro do assunto.

Quero ainda, para finalizar, dizer que realmente, a introdução do processo LD na usina de Monlevade demonstrou nesses dois anos que êsse processo é perfeita e absolutamente adaptável às nossas condições. Isto é uma satisfação para a Belgo-Mineira e — por que não dizê-lo? — até nos sentimos orgulhosos de termos sido os pioneiros da introdução dêsse processo.

(13) Presidente da ABM e Diretor Geral da Cia. Siderúrgica Belgo-Mineira: Belo Horizonte, MG.

Aproveitando o ensejo para colocar a nossa experiência à disposição de todos quantos se decidam pelo LD, convidando-os para usá-la, e afirmando-lhes que serão bemvidos dentro das nossas usinas, aqui manifesto a minha satisfação pela bela jornada que tivemos hoje e pelo interesse demonstrado por um assunto de tão palpitante atualidade para o País e para a América do Sul.