

Monique Jon

*

INTRODUÇÃO

As técnicas modernas da elaboração do aço tendem cada vez mais a separar a etapa de elaboração propriamente dita das etapas de ajustamento da qualidade e da temperatura finais.

O conversor ou o forno realizam portanto, num espaço mínimo de tempo a conversão e a fusão do metal bem como a desescoriação enquanto que as operações de ajustamento fino, de separação das inclusões e de homogeneização da temperatura são realizadas na panela de aço por borbulhamento de argônio, por tratamento sob vácuo com ou sem ajuda eventual de um aquecimento auxiliar.

Nestas condições e, em relação as condições habituais de trabalho das panelas de aço, os revestimentos refratários são submetidos a solicitações mais sérias devido em particular, à elevação das temperaturas, à agressividade das escórias formadas e ao prolongamento dos tempos de permanência do contato com as fases líquidas.

Os materiais silicosos ou argilosos habitualmente utilizados nos revestimentos das panelas de aço tornam-se então nitidamente insuficientes e julgou-se necessário desenvolver a utilização de refratários de qualidade, adaptados especialmente a cada tipo de tratamento.

A evolução atual, no que respeita às qualidades dos refratários moldados e não moldados utilizados nas panelas de lingotamento e de tratamento do aço, foi o tema do Vigésimo Congresso Internacional sobre os Refratários de Aix la Chapelle (Aachen), durante o qual foram apresentadas diversas experiências industriais tanto européias como japonesas e americanas.

O estudo aqui apresentado tem como finalidade, a partir das exposições feitas e de publicações mais recente, fazer uma síntese das tendências observadas quanto à natureza dos revestimentos utilizados em função do tipo de tratamento efetuado:

- Lingotamento contínuo com borbulhamento de argônio;
- Tratamentos de dessulfuração para aços ordinários e inoxidáveis;
- Tratamento sob vácuo com ou sem aquecimento auxiliar;
- Tratamento do aço inoxidável em conversores AOD.

*

1. Lingotamento contínuo com borbulhamento de argônio

Em relação ao lingotamento, o revestimento refratário das painéis de lingotamento contínuo é submetido a solicitações mais sérias, e em particular:

- A uma corrosão mais importante, especialmente ao nível da escória, devida ao prolongamento dos tempos de permanência do metal, necessários para o borbulhamento e o lingotamento;
- A uma erosão da parede refratária devida aos movimentos do banho metálico provocados pelo borbulhamento.

Nestas condições, os refratários de fraco teor de alumina (areias, argilosos ou silico-argilosos) geralmente utilizados no revestimento das painéis de aço, tornam-se frequentemente insuficientes e dão performances inaceitáveis.

Para resolver esta dificuldade e para obter, em fim de campanha, um perfil de desgaste equilibrado, numerosas aciarias usam na panela, ao nível da escória, um refratário de melhor qualidade (à base de gibsita ou de zircon) (fig.1) (1).

Ao lado desta prática, já comumente utilizada, observa-se atualmente uma tendência muito nítida para o emprego de materiais refratários nobres, para o revestimento completo da panela:

- tijolos de gibsita (1) (2);
- tijolos de zircon (3) com performances superiores a 100 cargas para as painéis de 340 toneladas da usina de Oita da Nippon Steel;
- tijolos básicos (1) (3) (4).

Na Europa, enquanto que a utilização de gibsita permite duplicar ou triplicar a duração de vida das painéis, o emprego de dolomita ligada com piche, de baixo preço pode, com performances ligeiramente inferiores as da gibsita, conduzir a uma solução econômica (1).

A figura 2 apresenta, com efeito, a comparação observada entre os custos de um revestimento argiloso e de dolomita para uma panela utilizada em lingotamento contínuo numa aciaria alemã.

De uma maneira geral, o emprego de materiais básicos no revestimento das painéis de lingotamento permite chegar a excelentes performances desde que se respeitem certas precauções bem precisas para a sua colocação e utilização. Performances superiores a duzentas cargas foram obtidas nas painéis de oitenta toneladas da aciaria Keihin (Nippon Kokan KK) alimentando um lingotamento contínuo centrífugo.

Esta performance notável obtida com um revestimento de tijolos queimados de magnésia dolomítica (92% MgO, 7% CaO), pode ser obtido pela ação combinada de várias

operações:

- aquecimento prévio e permanência da temperatura;
- reparações sistemáticas do revestimento.

Por outro lado, para minimizar as perdas térmicas devidas à forte condutibilidade térmica e à capacidade calorífica elevada dos tijolos básicos, a construção refratária deve ser fortemente isolada. Utiliza-se, por exemplo, a construção seguinte:

- 100 mm tijolos de desgaste (qualidade A,B, ou C, quadro 1);
- 50 mm revestimento permanente argiloso;
- 8 a 10 mm lâmina cerâmica.

O fundo tem os mesmos revestimentos de desgaste e permanente; o isolamento é realizado com tijolos isolantes e concreto isolante.

Através das medições de temperatura realizadas no interior da parede refratária e para evitar a sua deteriorização por choque térmico, foi possível demonstrar que o bom desempenho em serviço deste tipo de revestimento era condicionado por: (fig.2)

- Um aquecimento prévio que conduza o interior da construção refratária a uma temperatura próxima de 1100°C;
- Uma permanência de temperatura entre os lingotamentos suficiente para que a temperatura das paredes não desça abaixo de 800°C. Nas condições de trabalho da usina de Keihin, com a colocação de uma tampa depois do lingotamento, tornou-se necessário um reaquecimento da panela 30 minutos depois do seu esvaziamento completo;
- Por projeções sistemáticas do revestimento com auxílio de um produto de gunitagem apropriado (quadro 1).

A utilização de um material de reparação de composição próxima da dos tijolos utilizados, permite evitar a escamação da parede refratária pela formação de um revestimento monolítico fechando as fissuras e impedindo a penetração do aço.

A figura 4 apresenta o esquema do aparelho utilizado para a projeção do material de reparação sobre a parede.

As campanhas de duração superior a 200 cargas necessitam de 5 a 6 mudanças intermediárias do fundo. Durante o resfriamento que se segue a esta operação, pode-se produzir uma pulverização do interior do refratário penetrado pela escória como consequência da transformação alotrópica do silicato dicálcico $\alpha\text{-C}_2\text{S} \rightarrow \beta\text{-C}_2\text{S}$ que se dá durante o resfriamento com um aumento de volume de 12%.

Por esta razão, recomenda-se:

- Não deixar o interior do refratário baixar a uma temperatura inferior a 300°C;

- Utilizar um material de alto teor de magnésia (qualidade B).

Para as performances superiores a 200 cargas realizadas nestas condições, o consumo de refratários de panela é de cerca de 2 Kg/Tonelada, correspondendo a 50% de tijolos e 50% de material de reparação.

Ao lado destes revestimentos totalmente em tijolos, se generaliza a utilização de materiais não moldados, além da areia, ou da areia de zircon, socados automaticamente, na maioria das vezes, na máquina Slinger.

De uma maneira geral, e em relação aos refratários moldados, a utilização destes materiais permite não só uma colocação mais rápida do revestimento mas também fazer variar, tanto quanto for necessário, a qualidade do produto na altura do revestimento.

Entre os produtos utilizados podemos citar:

- Materiais de alto teor de alumina (2) (5);
- Materiais básicos (6);
- Materiais mistos à base de alumina e de cromita (3).

Os produtos de alto teor de alumina são geralmente à base de gibsita; estes contêm normalmente adições de cianite crua e uma ligação argilosa e química; a adição de cianite permite compensar a retração do produto quando este é mantido a temperatura elevada.

Foram assim obtidas performances médias de 78 lingotamentos nas panelas de 100 toneladas da aciaria de Völklingen cujas paredes foram revestidas com este produto socado na máquina Slinger (fig. 5) (5). Esta construção é realizada da seguinte maneira:

- as paredes compreendem 150 mm de material socado no interior e uma plaqueta de 40 mm com 40% de alumina contra a chapa. No cimo da panela coloca-se uma coroa de tijolos com 80% de alumina e, em baixo, uma sobre espessura de uma massa com 90% de alumina.

- o fundo é fortemente isolado e tem tijolos com 60% de alumina na camada de desgaste.

No que respeita às massas socadas básicas, os trabalhos realizados com panelas de 200 toneladas de Salzgitter (6) mostram que estes produtos também podem ser socados na máquina Slinger. Estes materiais que têm teores de magnésia compreendidos entre 36 e 80%, de óxido de cromo inferior a 25% e que contêm uma liga cerâmica argilosa e química silicata, devem ser colocados com uma quantidade de água muito próxima de 8% para apresentarem depois da socagem uma densificação máxima.

Devido à sua fraca condutibilidade térmica e ao fraco coeficiente de dilatação, eles apresentam, em relação aos tijolos básicos, a vantagem de serem pouco sensíveis à ação dos choques térmicos.

Enfim, o emprego das massas socadas de natureza química diferente, variando em função da sua colocação na altura das painéis de 340 toneladas da aciaria de Oita da Nippon Steel, permitiu, melhorando ligeiramente as performances próximas de 50 cargas e para um consumo de refratários equivalente a 3,3 Kg/tonelada, baixar muito sensivelmente o preço do custo (3).

A título de exemplo, a figura 6 apresenta um tipo de revestimento utilizado. O quadro 2 apresenta as características dos materiais correspondentes; ao nível da escória, são usadas duas qualidades chamadas "special basic" ricas em alumina e contendo cromita; a parede em contato com o metal é revestida de diferentes qualidades ricas em zircon; o alto da painél é em areia.

Estes diversos materiais são colocados com o auxílio de uma nova máquina automática (fig.7) que tem a particularidade de socar o produto nos sentidos horizontal e vertical e que apresenta as seguintes vantagens:

- Possibilidade de fazer variar facilmente a espessura do revestimento;
- Possibilidade de realizar um revestimento por zonas;
- Aumento da densidade do material em função da socagem nas duas direções e da sua colocação com uma fraca quantidade de água.

É importante assinalar também o desenvolvimento das técnicas de projeção, quer sejam a quente, para a manutenção das painéis durante a utilização (4) (8) ou a frio, para a colocação de um novo revestimento (8).

2. Tratamentos de dessulfuração

A elaboração, na painél de lingotamento, de aços de baixo teor de enxofre, torna incompatível, ao contato do metal a dessulfurizar, a presença de um material refratário contendo sílica, gerador de oxigênio.

Depois da utilização de refratários de magnésia-cromo, a tendência atual consiste em usar cada vez mais refratários dolomíticos ou magnésios menos sensíveis à ação corrosiva das escórias básicas ricas em cal e em spath-fluor formadas durante a elaboração (9) (10) (11) (12).

Foram realizadas experiências comparativas de diversas qualidades de tijolos à base de dolomita e de magnésia em duas aciarias alemãs, elaborando diferentes qualidades de aço nas condições seguidamente referidas:

- Aciaria de Siegen (9):

Elaboração de aços especiais diversos por tratamento em painél de aço Martin

constituída da seqüência seguinte:

- . uma dessulfurização por uma escória cal-spath(o teor de Ca F_2 da escória final pode atingir 12%);
- . um tratamento de homogeneização por borbulhamento de gás;
- . uma desgaseificação eventual.

- Aciaria de Neunkirchen (10) (11):

Elaboração de aços fracamente aliados a partir de aços Thomas ou Martin; 40% das cargas são dessulfuradas por uma escória cal-spath fluor.

As qualidades dos tijolos refratários utilizados, referidos no quadro 3, são as seguintes:

- . dolomita ligada ao piche e temperada;
- . dolomita queimada;
- . dolomitas enriquecidas em magnésia (55% e 75% Mgo) ligadas ao piche;
- . dolomita enriquecida em magnésia (75% Mgo) queimada.
- . dolomita-magnésia queimada a 55% MgO à base do co-sinter.

O revestimento tipo da panela de 100 toneladas da aciaria de Siegen (9) é apresentado na figura 8. No caso desta aciaria, que elabora quatro qualidades diferentes de aços especiais, e cujas durações de tratamento podem atingir 90 minutos, com uma eventual desgaseificação, as performances próximas de 40 cargas são obtidas sem observar diferenças muito nítidas segundo a qualidade do refratário utilizado.

Por outro lado, na aciaria de Neunkirchen (10) (11), onde somente os tratamentos de dessulfuração são realizados na panela, observa-se diferenças muito nítidas no aspecto do refratário da panela (quadro 3), desde 57 cargas para o refratário de dolomita ligado ao piche até 125 cargas para o refratário dolomita-magnésia à base de co-sinter.

Observações mineralógicas realizadas no laboratório com amostras recuperadas, permitiram explicar estas diferenças; com efeito constata-se que:

- Os tijolos temperados apresentam, atrás da zona escorificada, uma zona des-carbonizada de grande fragilidade provocando escamações.
- Entre os tijolos queimados, os tijolos ricos em magnésia formam, por reação com a alumina da escória e imediatamente atrás da face quente, uma zona rica em espinélio ($\text{MgO-Al}_2\text{O}_3$) que impede a penetração da escória e deve reduzir os fenômenos de corrosão do refratário pela escória (fig.9). Quanto às performances superiores dos tijolos de magnésia-dolomita, à base de co-sinter, podemos atribuí-las à distribuição homogênea dos constituintes no refratário, em particular à distribuição da cal e da magnésia (12) obtida pela queima simultânea das matérias primas.

Na realidade, e na medida em que o preço do custo da dolomita ligada ao piche fica muito econômico em relação às outras qualidades de refratários básicos, a uti-

lização deste material é ainda mais interessante porque ele se apresenta muito menos sensível à ação dos choques térmicos.

Com efeito, é importante lembrar que a colocação destes materiais nos revestimentos das panelas de lingotamento, necessita, tal como já estudamos no parágrafo anterior:

- Um aquecimento prévio a alta temperatura;
- Uma permanência em temperatura entre os lingotamentos, se os tempos de rotação da panela se tornam importantes;
- Um isolamento suficiente para minimizar as perdas térmicas.

3. Tratamento de desgaseificação com ou sem aquecimento auxiliar

Os diversos processos de desgaseificação de aço submetem o refratário do revestimento da panela às seguintes solicitações:

- . Temperaturas elevadas, próximas ou superiores a 1700 °C;
- . Tempo de permanência prolongado, podendo ultrapassar 4 horas;
- . Escórias de índice de basicidade variável, contendo por vezes adições de spath fluor;
- . Efeitos do vácuo;
- . Sobreaquecimentos possíveis, devidos ao aquecimento auxiliar.

Nestas condições, os revestimentos habituais em refratário argiloso foram pouco a pouco substituídos por materiais à base de bauxita e por produtos básicos, escolhidos em função da natureza das solicitações às quais foram submetidos:

Pelos primeiros processos desenvolvidos, concluídos por volta dos anos 60, e que não realizaram o reaquecimento do metal durante a operação (processos RH, DH, desgaseificação em panela, de panela em panela...) os refratários de panela são essencialmente submetidos às solicitações seguintes:

- Temperatura elevada 1700°C;
- Erosão devida à circulação do metal;
- Corrosão pelo metal e pela escória.

A construção clássica consiste ainda em utilizar um refratário denso com 42% de alumina, com uma zona reforçada com material à base de gibsita (85% Al_2O_3) na linha da escória. Entretanto, devido à erosão sofrida pelo refratário, tende-se atualmente a generalizar o emprego da gibsita para a totalidade do revestimento da panela. Por vezes, e em função da natureza das escórias, a linha da escória é revestida de um material de magnésia pobre em ferro (13).

Todas estas panelas necessitam de um isolamento suficiente para minimizar as perdas térmicas produzidas durante a operação.

Para os processos, no decorrer dos quais o metal é reauecido durante a desgaseificação, (VOD, VAD), os refratários são submetidos a sobreaquecimentos locais, sobretudo ao nível da escória, que precisam do emprego de refratários básicos, pelo menos neste lugar. As construções clássicas das painelas tipo ASEA-SKF e Finkl estão representadas na figura 10 (14). Elas são constituídas:

- De tijolos de magnésia-cromo com ligação direta ou à base de co-sinter simultâneo ao nível da escória;
- De tijolos de gibsita para o resto do revestimento, no caso da painela ASEA-SKF, e de magnésia cromo com ligação direta para a painela Finkl;
- De tijolos de 42% de alumina para o revestimento de segurança.

Com a finalidade de equilibrar o perfil de desgaste, tem-se atualmente tendência para reforçar as zonas de desgaste máximo, quer ao nível da irradiação do arco para as painelas Finkl, ou ao nível do impacto do jato de metal para as painelas ASEA-SKF.

Construções semelhantes às apresentadas na figura 11 são cada vez mais realizadas, utilizando uma maior quantidade e uma maior variedade de materiais básicos com zonas reforçadas, quer em magnésia cromo à base de co-sinter simultâneo ou em grãos fundidos, quer em magnésia queimada, podendo o resto do revestimento ser em refratário dolomítico ou em magnésia ligada ao piche.

Ao nível da escória, o refratário é escolhido em função da sua natureza: em magnésia cromo no caso das escórias ácidas, em refratário de magnésia queimada no caso das escórias básicas (15). É preciso notar, a este respeito, que o emprego do refratário de dolomita-magnésia com base de co-sinter permitiu obter excelentes performances numa painela Finkl de uma aciaria do norte da França (média 40 cargas/campanha).

Pelo processo VOD, um revestimento semelhante ao que foi descrito para a painela Finkl foi colocado com o emprego do refratário de magnésia cromo com ligação direta ou à base de simultâneo para o conjunto do revestimento com reforços de espessura nas zonas mais solicitadas e em particular ao nível de impacto do jato de metal e ao nível das escórias (16).

Revestimentos inteiramente em magnésio ou dolomita podem igualmente ser colocados; nestes casos é particularmente importante:

- Pré-aquecer suficientemente a painela;
- Colocar um bom isolamento.

Enfim, mais recentemente, um refratário à base de espinélio $MgO \cdot Al_2O_3$ foi desenvolvido para o revestimento das painelas VOD (17); este material (65% Al_2O_3 , 27% MgO), que possui uma estrutura à base de grãos fundidos $MgO \cdot Al_2O_3$ e uma ligação da mesma

natureza tem o interesse de apresentar uma fraca porosidade aparente, minimizando assim a penetração das fases líquidas no interior do revestimento.

4. Processo AOD

O processo AOD, desenvolvido inicialmente para a elaboração de aços inoxidáveis, é cada vez mais utilizado para a elaboração de certas qualidades de aços aliados. Este processo que utiliza geralmente várias etapas de sopro e de tratamento, mostra-se particularmente severo em face dos refratários colocados no revestimento em função de:

- Temperatura elevada que pode ultrapassar 1750°C;
- Tempo de elaboração frequentemente próximo de 3 a 4 horas;
- Evolução da natureza das escórias formadas durante as diversas etapas do processo.

Estas condições criam no conversor duas zonas principais de desgaste máximo, geralmente situadas ao nível das ventaneiras e ao nível da linha de escória.

O desenvolvimento deste processo precisou, portanto, da obtenção de um refratário capaz de resistir a estas solicitações e, depois da utilização do refratário de magnésia cromo com ligação direta, por volta dos anos 70, os japoneses conseguiram, em 1975, obter performances próximas de 150 cargas com um refratário de magnésia cromo, à base do co-sinter simultâneo de teor relativamente elevado de magnésia (65%) e de fraca porosidade aparente. ($\sim 13\%$).

Ao mesmo tempo em que se desenvolvia nos Estados Unidos e no Japão o emprego de magnésia cromo para o revestimento de conversores AOD, o emprego de dolomita temperada mais econômica permitia obter performances razoáveis (~ 40 cargas) no conversor AOD de Ilssa Viola, na Itália.

Nestes últimos anos, a tendência em todas as aciarias européias, japonesas ou americanas, consistiu em substituir progressivamente o refratário magnésia cromo por um refratário dolomítico queimado, mais ou menos enriquecido em magnésia (12) (18).

A dolomita apresenta vantagens:

- . de ser pouco sensível à corrosão pelas escórias ácidas por neutralização da sílica e formação do silicato dicálcico refratário;
- . de ser mais econômica que a magnésia-cromo.

O refratário de dolomita que se encontra em contato com as fases líquidas deve apresentar as seguintes características (12):

- Não conter carbono para evitar a recarbonização do banho;
- Ser tão denso quanto possível para evitar a penetração das fases líquidas no revestimento.

Atualmente são utilizadas diferentes qualidades de dolomita: dolomita queimada, na Europa e USA (12), co-sinter de dolomita magnésia na Europa e no Japão.

Na França, se obtiveram performances superiores a 80 cargas com o seguinte revestimento:

- Cone: dolomita ligada ao piche e temperada;
- Cilindro: dolomita queimada de densidade elevada ou co-sinter de dolomita magnésia com reforços de espessura na zona das ventaneiras.

No Japão são obtidas as performances superiores a 200 cargas com um revestimento de co-sinter dolomita magnésia queimada com o mais alto teor de magnésia (~80%).

Para obter tais performances e a fim de evitar a penetração das fases líquidas no revestimento se recomenda uma alvenaria muito compacta, com vista a:

- Utilizar tijolos bem dimensionados, retificados, se necessário;
- Realizar uma montagem a seco, utilizando um mínimo de juntos de dilatação.

CONCLUSÃO

Os diversos processos de tratamento do aço em panela têm como resultado, qualquer que seja o tratamento realizado, submeter o revestimento refratário a solicitações mais severas, devido, em particular, à ação de:

- Temperaturas mais elevadas;
- Permanência prolongada das fases líquidas;
- Ação das escórias agressivas.

Os refratários habituais, ricos em sílica, tornando-se insuficientes, foram primeiramente substituídos pela bauxita, depois por refratários básicos. De uma maneira geral, a evolução atual observada em função do tipo de tratamento pode resumir-se da seguinte maneira:

- Revestimentos de zircon, alto teor de alúmina ou de materiais básicos para as panelas que alimentam um lingotamento contínuo com borbulhamento de gás;
- Revestimentos em materiais básicos para as panelas de dessulfurização;
- Revestimentos mixtos: alto teor de alúmina magnésia-cromo ou totalmente básico para as panelas de tratamento sob vácuo;
- Revestimentos em magnésia cromo e sobretudo em dolomita para conversores AOD.

Observa-se atualmente uma generalização do emprego de materiais básicos, qualquer que seja o tratamento realizado na panela; podem-se obter performances notáveis com a condição de respeitar, para sua colocação e para sua utilização, as seguintes precauções:

- Um aquecimento prévio à temperatura mais elevada possível;

- Uma permanência em temperatura entre as cargas;
- Um isolamento suficiente da parede para os tratamentos realizados sem adição de calor.

Enfim, sua duração de vida pode ser prolongada muito sensivelmente com reparações por projeção a quente.

Ao lado dos revestimentos tradicionais em tijolos, a utilização de materiais não moldados, socados na máquina Slinger ou na nova máquina automática japonesa, permite, além de uma construção mais rápida, fazer variar facilmente, na altura do revestimento, a natureza do produto em função do tipo de solicitação ao qual ele é submetido.

*

8. W. Fleischman

Experience in the use of greenable chemically - ceramically bonded plastic mixes in the field of ladle management in Steelworks -

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 296 - 297

9. R. Baum - T. Taake - H. Zörcher - W. Münchberg - J. Stradtman - G. Zingel -

Ladles with dolomitic linings in a special steel plant.

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 258 - 262

10. W. Münchberg - J. Stradtman - W. Deelmann -

Wear behaviour of dolomite - based refractory bricks in ladles for the discontinuous casting of steel -

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 263 - 265

11. W. Deelman - W. Zednicek

Experimental results of ladle linings with magnesite products and bricks made of mag-dol-co-clinker -

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 269 - 273

12. O.L. Forcheimer - D.A. Brosnan

USA. dolomite practice in Steel ladles -

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 266 - 268

13. D.H. Houseman

Secondary steelmaking processes (2)

Steel Times - Sept. 1977. p. 939-945

14. S. Allcock - D. Newbound - D.R.F. Spencer

The application and performance of basic refractory materials in steel ladles in the United Kingdom -

20^o International Colloquium on refractories - Aachen

Interceram 1978 Vol. 27 p. 251 - 257

15. J.R. Lakin
The effect of process variables on the performances of the linings of secondary steelmaking units -
20^o International Colloquium on refractories - Aachen
Interceram 1978 Vol. 27 p. 286 - 282

16. D. H. Houseman
Secondary Steelmaking processes (4)
Steel Times - February 1978 - p. 205-211 -

17. J. Störmann - S. Chaudhuri
The use of basic bricks in steel ladles, especially that of newly developed spinel bricks for secondary steelmaking -
20^o International Colloquium on refractories - Aachen
Interceram 1978 Vol. 27 p. 278 - 279

18. D.H. Houseman
Secondary Steelmaking processes (3)
Steel Times - October 1977 - p. 1.005 -

Quadro 1

Características dos tijolos de panela

		Mag-dol tijolo A	Mag-dol tijolo B	Mag-chro tijolo C	Material Projetável
1. Densidade aparente	g/cm ³	3.08	3.10	3.16	2.21
2. Porosidade aberta	%	12.3	13.0	15.4	33.0
3. Resistência à com- pressão à frio	N/mm ²	62.0	95.0	54.0	15.0
4. Módulo de ruptura	N/mm ²	17.5	18.0	10.0	7.0
5. Dilatação térmica à 1.000 °C.	%	1.26	1.27	1.00	1.32
6. Composição Química					
SiO ₂	%	0.6	0.5	1.2	2.0
Al ₂ O ₃	%	0.2	0.1	6.3	0.2
Fe ₂ O ₃	%	0.4	0.1	4.4	0.4
CaO	%	14.1	7.0	1.0	9.4
MgO	%	84.7	92.2	73.8	80.0
Cr ₂ O ₃	%	-	-	15.0	-

Quadro 2

Características das massas socadas
(depois de queimadas a 1.200 °C)

Qualidade		A R		C	D E		F
		básicos especiais			semi-zircon		
1. Refratariedade	SK	37 ⁺	37 ⁺	28 ⁺	28 ⁺	28 ⁺	27
2. Densidade Aparente	g/cm ³	3,15	2,98	2,87	2,82	2,73	2,34
3. Porosidade aberta	%	17,0	17,3	15,4	14,5	15,7	
4. Resist. à Compres.	N/mm ²	35,0	32,0	9,6	12,5	8,9	11,3
5. Dilatação Térmica à 1400°C	%			3,01	3,74	3,01	2,56
6. Composição Química							
SiO ₂		11	19	54	61	68	90
Al ₂ O ₃		37	65	12	9	7	8
ZrO ₂				30	27	23	
Cr ₂ O ₃		24	7				
MgO		10	3				
Fe ₂ O ₃		17	5				
Teor em água	%			2,5 ~ 3,3			

Quadro 3

Propriedades dos tijolos básicos e duração de vida das painéis de desulfuração

Qualidade do tijolo	Ligação	Composição Química %						Dens. Aparente g/cm ³	Porosidade aberta vol. %	Resistência à compres. N/nm ²	Duração de vida
		SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	CaO/MgO				
1. Tijolo de dolomita	piche	1,0	0,8	0,8	59,2	38,2	1,53	2,8....2,9	14	40	57
2. Tijolo misto dolomita-magnésia	piche	0,9	1,9	0,2	42,5	54,0	0,79	2,9....3,0	8....12	30	84
3. Tijolo misto dolomita-magnésia	piche	1,4	0,7	0,4	22,5	75,0	0,3	2,95....3,05	8....12	30	54
4. Tijolo misto dolomita magnésia	Cerâmica	0,9	1,5	0,5	45,0	52,0	0,87	2,8....2,9	19	35	90
5. Tijolo de dolomita tipo denso	Cerâmica	1,0	0,8	0,8	59,2	38,2	1,53	2,85	16	70	102
6. Tijolo de dolomita magnésia à base de co - sinter	Cerâmica	0,5	1,1	0,2	46,7	51,8	0,90	2,93	14,8	51,8	125

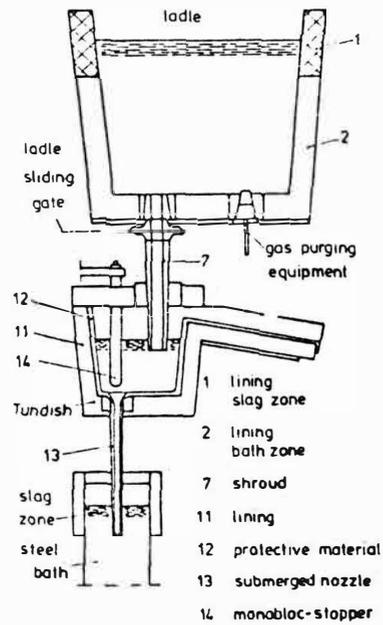


Figura 1 - Construção refratária do conjunto panela - distribuidor de lingotamento contínuo.

1: revestimento ao nível da escória.

2: revestimento ao nível do banho metálico

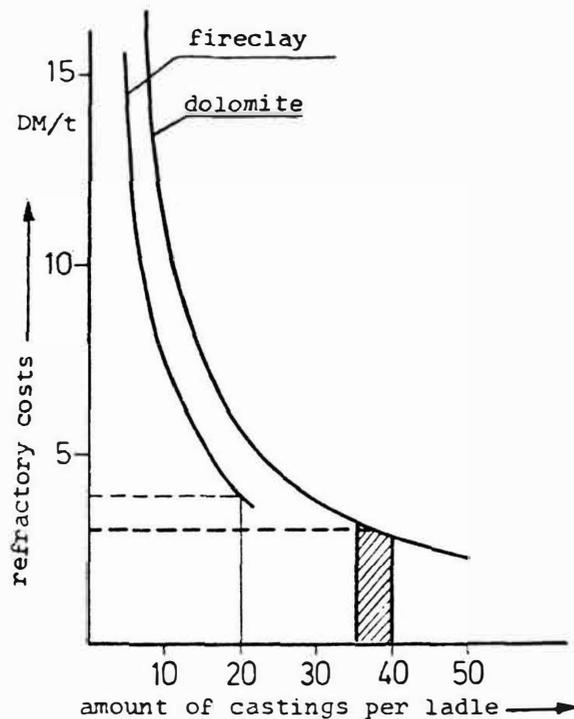


Figura 2 - Comparação dos preços de custo em função do número de lingotamentos de um revestimento argiloso e de um revestimento dolomítico.

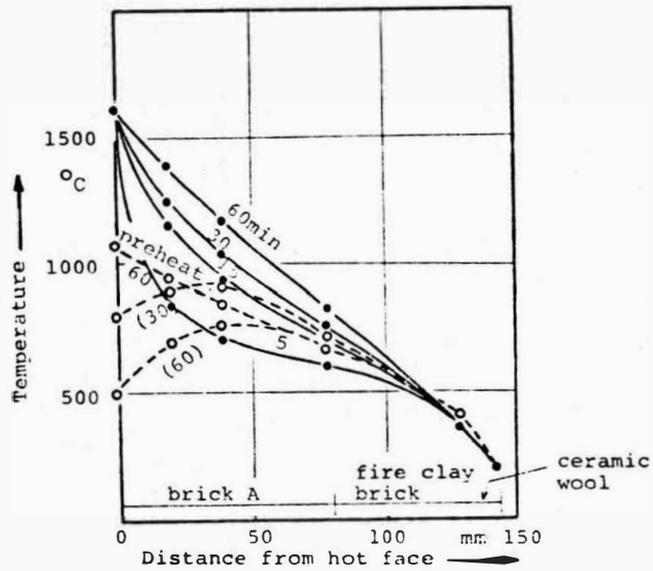


Figura 3 - Gradiente de temperatura da parede refratária em função do tempo de permanência.
 - panela cheia de aço.
 - panela vazia

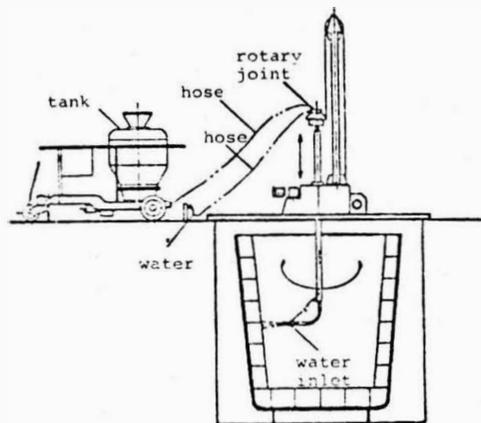


Figura 4 - Esquema da máquina automática de projeção tipo L

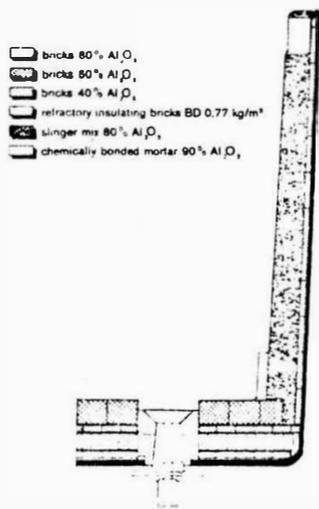


Figura 5 - Exemplo de uma panela cuja parede é revestida de massa com 80% de alumínio socada na máquina Slinger.

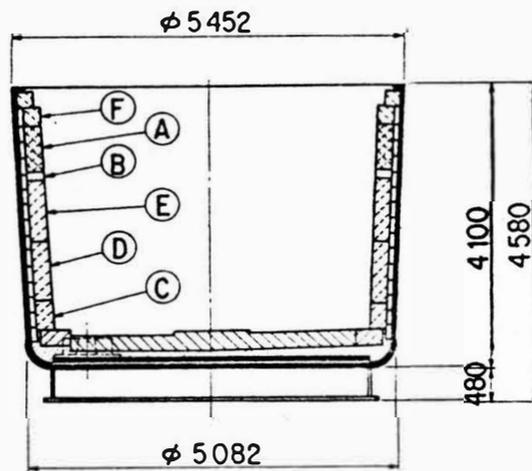


Figura 6 - Revestimento socado de uma panela de 340 toneladas.

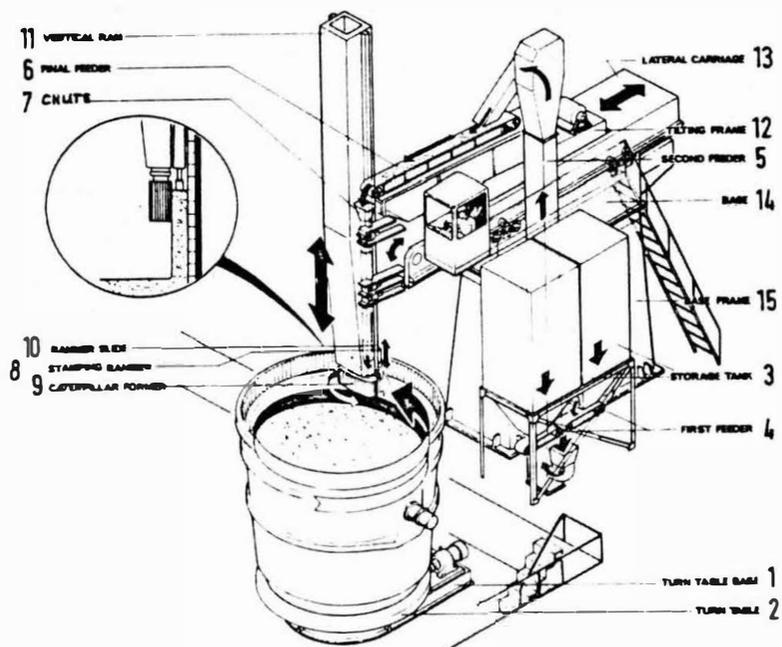


Figura 7 - Máquina automática de socar

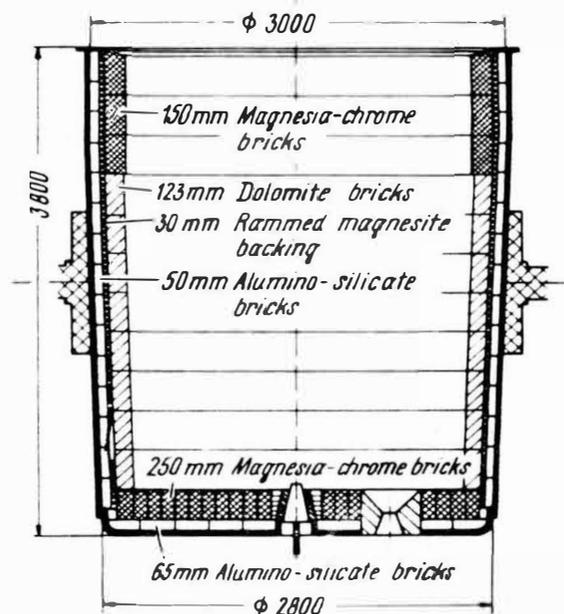


Figura 8 - Revestimento dolomítico de uma panela de 100 toneladas.

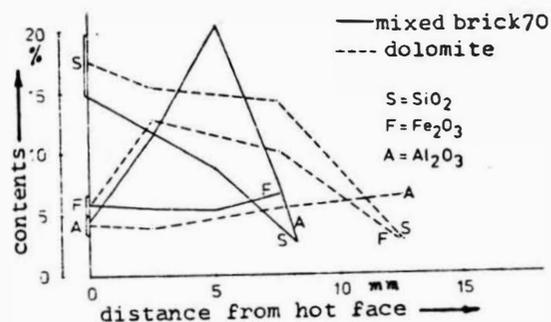


Figura 9 - Evolução da composição química de um tijolo misto dolomita - magnésia, desgastado.

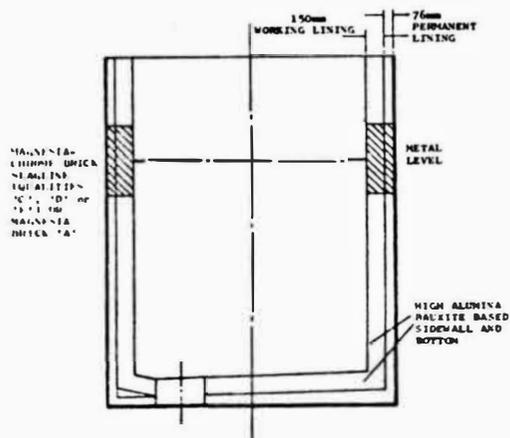


Figura 10 A
 Revestimento tipo de uma panela ASEA - SKF

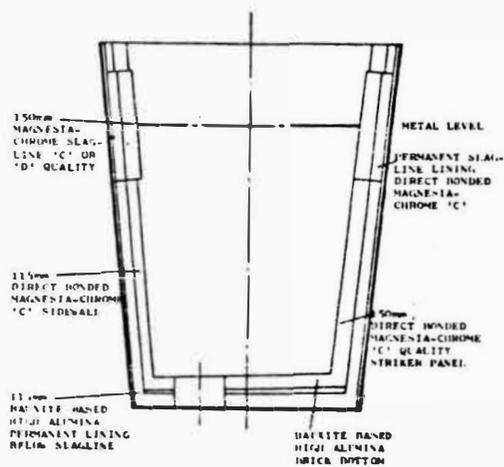


Figura 10 B
 Revestimento tipo de uma panela Finkl.

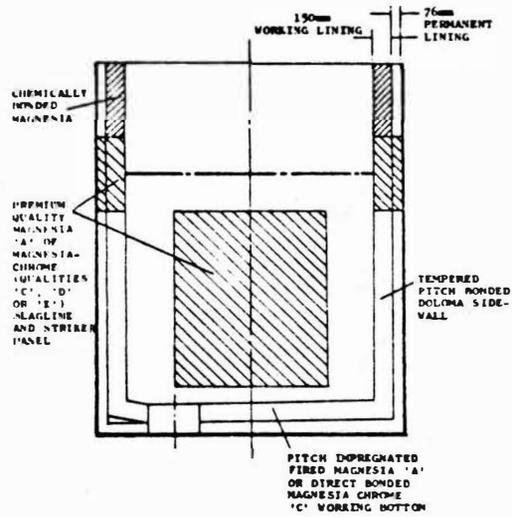


Figura 11 A
 Revestimento básico de uma panela ASEA - SKF

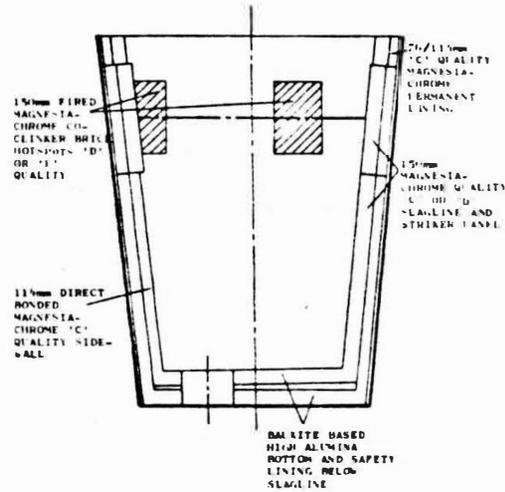


Figura 11 B
 Revestimento básico de uma panela Finkl