

TENDÊNCIAS FUTURAS DOS REFRAATÓRIOS

Anibal Camillo Togni - Diretor
Cerâmica Togni S/A. - Materiais Refratários

RESUMO:

Foram considerados os principais fatores que tendem a rumar a indústria de refratários em futuro próximo, enfatizando-se as necessidades de poupar combustível e de melhorar o desempenho dos refratários.

Foi mostrado o esforço da indústria nacional de refratários não queimados, obtidos através de ligantes químicos, seus testes em laboratório e campo e seus resultados positivos.

Quanto a melhora do desempenho, é mostrado o que vem sendo realizado no exterior, cuja repetição espera-se que venha a ocorrer no Brasil.

Seminário de Refratários

Vitória - E.S. - 26 a 29 de outubro de 1.982

1-
INTRODUÇÃO -

A indústria de refratários pela sua própria natureza, destaca-se como grande consumidora de energia, necessitando para seu trabalho, de fornos que operam em altas temperaturas.

Pelas facilidades oferecidas ao uso do óleo combustível, na fase inicial de seu desenvolvimento, não se dispoⁿdo naturalmente de grandes reservas de gás natural ou carvão no Brasil, restou aos produtores de refratários a única opção lógica: "o óleo combustível".

Com a crise internacional iniciada em 1973 e que só sensibilizou as autoridades brasileiras no final dos anos setenta, a indústria nacional começou a sofrer pressões dos órgãos oficiais para limitar seu consumo de combustível.

A indústria em geral procurou solucionar seus problemas através do emprego de gás pobre de madeira, carvão vegetal ou mineral, bagaço de cana, eletricidade, etc.

A indústria de refratários, não podendo conciliar suas altas temperaturas com as fontes energéticas mencionadas, passou a empregar várias técnicas de conservação de energia, e dentre elas, inspirada nos já existentes tijolos básicos não queimados, passou a produzir refratários silico aluminosos e aluminosos quimicamente ligados não queimados.

Os bons resultados revelados dos referidos produtos, sem dúvida nenhuma, definem uma tendência para a indústria de refratários: A extensão do uso dos quimicamente ligados.

Por outro lado, a exigência pelo consumidor de produtos de custos cada vez mais baixos, impõe aos refratários a cada momento um maior desempenho.

A indústria siderúrgica, a maior indutora da indústria de refratários em todo o mundo, se empenha com toda a tecnologia, buscando a cada dia, baixar o consumo específico de materiais refratários.

Neste sentido não só tem havido modificações essenciais nos equipamentos, como também uma luta constante tem sido travada entre consumidor e produtor, no intuito de se obter sempre uma melhora de qualidade.

2-

OS NÃO QUEIMADOS -

Lançados inicialmente com o objetivo de poupar combustível, os refratários não queimados possuem liga química que lhes dão resistência à compressão equivalente a dos tijolos refratários convençionais de boa qualidade e indissolubilidade quando submersos em água.

Evidentemente, as matérias primas que são agregadas para a formação dos referidos tijolos, já foram estabilizadas, tendo lógicamente sido submetidas a uma queima de alta temperatura.

Entretanto, como após o recebimento do formato definitivo por prensagem ou compactação, os tijolos ou blocos são submetidos a simples tratamento térmico em baixa temperatura, dispensando a queima de acabamento, resulta que com a metade do combustível aproximadamente em relação aos refratários convencionais, obtem-se o produto já acabado.

3-

QUALIDADE DOS NÃO QUEIMADOS -

Uma das características que destaca os refratários não queimados dos convencionais, é sua alta resistência ao choque térmico.

Essa qualidade é devida à inexistência de fase vítrea em sua matriz em oposição ao que ocorre com os refratários convencionais que geralmente passam por um "over burned", são queimados em temperatura superior à que vão ser empregados.

Outra característica que os distingue dos refratários queimados, é a uniformidade de dimensões e absoluta ausência de empenos ou deformações das que se apresentam nos refratários convencionais em decorrência da queima.

Não estando sujeitos aos vícios de enforna e irregularidades da queima os tijolos apresentam perfeita gabaritação e esmerado a cabamento.

Os tijolos não queimados já vêm sendo empregados com sucesso em vários tipos de equipamentos dentre eles: Forno de Câmaras para queima de chamote, operando entre 1.500°C a 1.600°C, Caldeiras e plataformas de carros de Fornos Túneis. Revelando destacadas vantagens sobre os convencionais nos referidos equipamentos que operam em ciclo intermitente.

Em equipamentos siderúrgicos foram registrados testes em panelas de vasamento de aço, luvas para haste de tampão e abóbadas de fornos elétricos.

Antes da primeira corrida as panelas revestidas com não queimados devem ser submetidas a um aquecimento de 900°C em cuja temperatura devem ser mantidas no mínimo por duas horas. Tal precaução não é para proteção dos tijolos, mas sim para evitar eferve-cência do aço, que ocorrerá por desprendimento dos voláteis do re-vestimento refratários.

Diante da exatidão de dimensões apresentada pelos tijolos não queimados, o revestimento das panelas pode tranquilamente ser feito com juntas secas, com grande economia de cimento e mão de obra.

A tabela I a seguir mostra as características técnicas de alguns tijolos não queimados já a disposição do usuário:

TABELA I

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	AL ² O ³		SiO ²		Fe ² O ³		TiO ²		
	47,22%		48,78%		1,60%		1,05%		
ENSAIOS FÍSICOS									
QUEIMADO A °C	300	400	500	600	700	800	900	1.000	1.450
D.A. (g/cm ³)	2,31	2,29	2,23	2,22	2,17	2,19	2,21	2,21	2,20
P. A. (%)	14,20	15,49	17,76	16,84	18,31	17,45	17,41	17,02	14,62
R.C. (kg/cm ²)	305	277	284	373	292	258	459	471	500
V.DIM. (%)	0,00	0,00	0,00	0,00	+0,15	+0,22	+0,50	+0,50	+0,77

Foi realizado ensaio de choque térmico comparativo entre o material acima e o convencional.

Para se obter um resultado representativo, duas peças, uma

de cada material pesando cerca de 17 quilos cada, foram ensaiadas.

O método empregado constituiu do seguinte:

- 1) um forno catenário de laboratório foi aquecido até 1.000 °C.
- 2) os dois corpos de prova foram introduzidos dentro do forno e mantido por duas horas.
- 3) retirados do forno foram esfriados ao ambiente.

A operação foi repetida por dez vezes, tendo a peça não queimada resistido sem trincar.

A peça convencional trincou no segundo ciclo.

A tabela II a seguir mostra algumas características de tijolos não queimados de alta alumina.

TABELA II

COMPOSIÇÃO QUÍMICA	AL ² O ³	SiO ²	Fe ² O ³	TiO ²	
		71,00	25,00	1,00	2,00
ENSAIOS FÍSICOS					
QUEIMADO A °C	300	600	800	1.000	1.450
D.A. (gr/cm ³)	2,59	2,58	2,58	2,50	2,48
P. A. (%)	12,96	13,05	13,10	15,00	17,21
R.C. (kg/cm ²)	376	340	358	370	649
V. DIM. (%)	0,00	0,00	0,00	+0,30	+0,52

Com excessão do choque térmico, os demais ensaios foram realizados de acordo com as normas da ABNT, com tijolos paralelos de 229x114x63 mm.

A pequena expansão que começa a se apresentar nos tijolos não queimados, em temperatura entre 700°C e 900°C, quando já aplicados, representa um grande fator positivo, uma vez que a compressão de uma peça contra a outra, fecha todas as juntas.

4-

TESTES DE CAMPO NA INDÚSTRIA DO AÇO -

Entre os vários testes que acompanhamos, vale destacar:

- a) Luvas para haste de tampão;
- b) Revestimento de panelas de aço de 35T.;
- c) Forno de Câmara para chamote.

A foto nº 1 nos mostra alguns varões já montados apresentando cinco luvas pretas na parte inferior, que são as "não queimadas" e três de diâmetro maior na parte superior que facilmente se observa serem convencionais.



Foto nº 1

As fotos 2, 3 e 4, nos mostram três varões que foram testados, em três diferentes corridas, tendo oferecido resultados positivos.



Foto nº 2

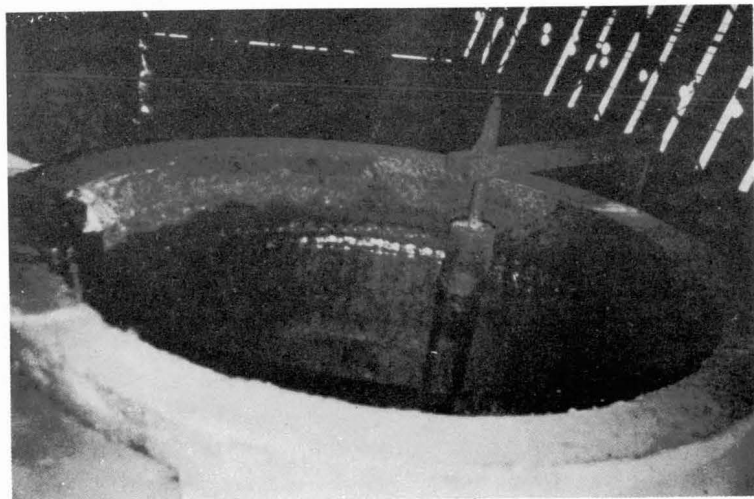


Foto nº 3

A segurança apresentada revelou-se superior, uma vez que com as luvas convencionais, das várias procedências, após a corrida, em geral ao primeiro basculamento da panela, as luvas se partem, raramente ficando uma inteira.

Enquanto que as não queimadas, necessitam ser malhadas para o desmonte do varão.



Foto nº 4

A panela mostrada nas mesmas fotos, teve uma duração normal em relação aos tijolos convencionais da mesma escala econômica. Sendo que o desgaste na zona de escória foi um pouco superior e ao longo do revestimento apresentou melhor comportamento.

O desgaste foi uniforme, sem grandes cavidades nas juntas.

O maior desgaste na linha de escória foi atribuído à baixa condutibilidade da escória em relação ao aço. Este quando em temperatura em torno de 1.600°C , em contato com os refratários, promove a sinterização da sua superfície, e ligeira expansão.

Com isso lhe são atribuídos para a próxima corrida maior resistência à abrasão, maior impermeabilidade, etc.

Enquanto que na linha de escória, não só por já ser uma zona mais fria, mas também pela sua baixa condutibilidade térmica, o revestimento refratário não chega a atingir uma temperatura que lhe forneça para a corrida seguinte, as características que adquire o material que tem contato direto com o aço líquido.

5-

TESTE DE CAMPO NA INDÚSTRIA CERÂMICA-

As fotos 5 e 6 mostram o interior de duas diferentes câmaras utilizadas para a queima de chamote, que opera em temperaturas de até 1.600°C.

O aquecimento até 1.600°C é feito em cerca de 20 horas, havendo um período de residência de queima de 12 horas e posteriormente mais 20 horas de esfriamento.

Uma elevação de temperatura e esfriamento, a razão de 80°C por hora não pode caracterizar uma condição de choque térmico, entretanto se a ela associarmos as impurezas existentes no óleo, enxofre, vanádio, etc., que formam uma crosta de diferentes espessuras na superfície do revestimento, e ainda as tensões provocadas em cada ciclo com a movimentação da estrutura do forno, então vamos concluir por que razões no curto espaço de oito meses a um ano as câmaras ficam no estado lastimável que se apresentam nas fotos.

A foto nº 5 nos mostra o desgaste normal de uma câmara feita com tijolos convencionais ao final de sua campanha.

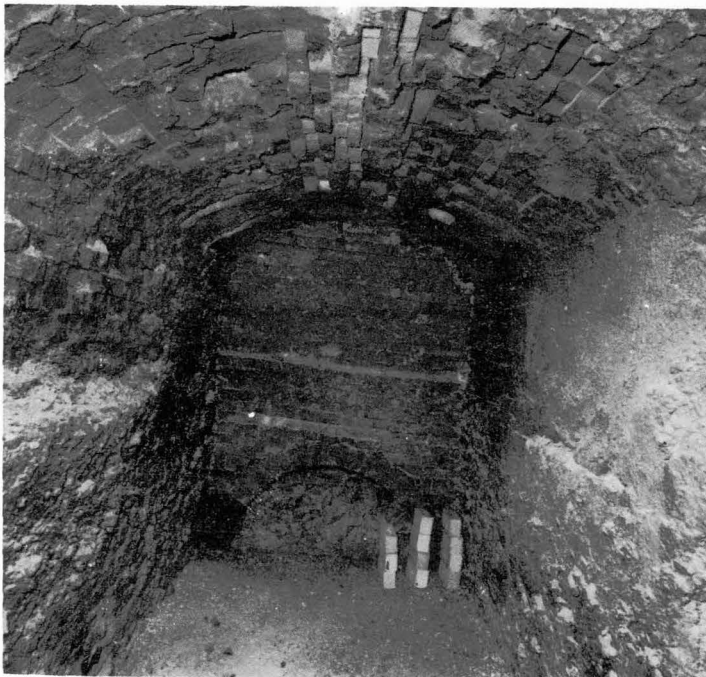


Foto nº 5

Com o uso o revestimento vai se desprendendo em lascas semi fundidas e escorificadas, de 3 a 4 centímetros de profundidade.

Nas paredes laterais se observa uma camada de concreto refratário projetada, para esticar um pouco mais a vida do revestimento, cuja economia é discutível.

Já a foto nº 6 nos revela outra câmara, cuja abóbada foi feita com tijolos quimicamente ligados e paredes com tijolos convencionais. As duas bocas de queimadores que aparecem na abóbada, são peças especiais convencionais e no momento da foto observa-se que já haviam sido reparadas com concreto projetado.



Foto nº 6

Como se vê, a abóbada apresenta-se em perfeitas condições, sem nenhum desgaste ou lascamento. Ao passo que as duas paredes, mostram-se bem castigadas, vendo-se inclusive a existência do concreto projetado.

Na parede da direita distingue-se perfeitamente a progres-

são do lascamento da parede, que vai até a encosta da abobada deixando ali um grande degrau.

As plataformas de carros para fornos túneis têm também se prestado para testes dos referidos materiais, revelando grandes conveniências em seu emprego. Não só em carros para queima de refratários, como também para queima de tubos de barro, pisos e azulejos.

6-

DESEMPENHO DOS REFRAATÓRIOS -

A par de poupar combustível, a indústria de refratários leva também sobre os seus ombros, a responsabilidade de melhorar o desempenho de seus produtos.

A exigência cada vez maior da indústria siderúrgica de reduzir o consumo de refratários em relação à tonelagem produzida, não só impõe um constante aprimoramento em seus processos de fabricação e equipamentos, como também uma constante solicitação de melhora na qualidade dos refratários.

A exigência de maior grau de pureza dos materiais, melhor uniformidade dimensional, melhores características que possam aumentar seu desempenho, é uma constante.

Chega-se ao ponto que: Inconformados com a elasticidade das normas existentes, muitas usinas passaram a criar suas próprias especificações, sem muita preocupação com o preço inicial do refratário, e sim visando apenas o custo final do seu produto.

Os baixos índices de consumo de refratários por toneladas de aço revelados nos últimos anos no Japão e Alemanha, atingindo já a casa de 10 kg/t., animam mais ainda os nossos usuários a baixar seus consumos pressionando cada vez mais o fabricante.

Sem deixar de considerar certas facilidades e dificuldades, para fabricação de um ou outro produto, o que evidentemente pode o correr em vista das facilidades de matérias primas, energia, mão de obra e outros fatores de produção que diferem de nosso país para os outros, para analisar nossas tendências, examinemos o que estão efetuando em países mais adiantados.

Vejamos as figuras de números 7 a 11, que nos apresentam re vestimentos atualizados de alto forno, recuperador de alto forno, carro torpedo, misturador de gusa e forno elétrico.

ALTO-FORNO

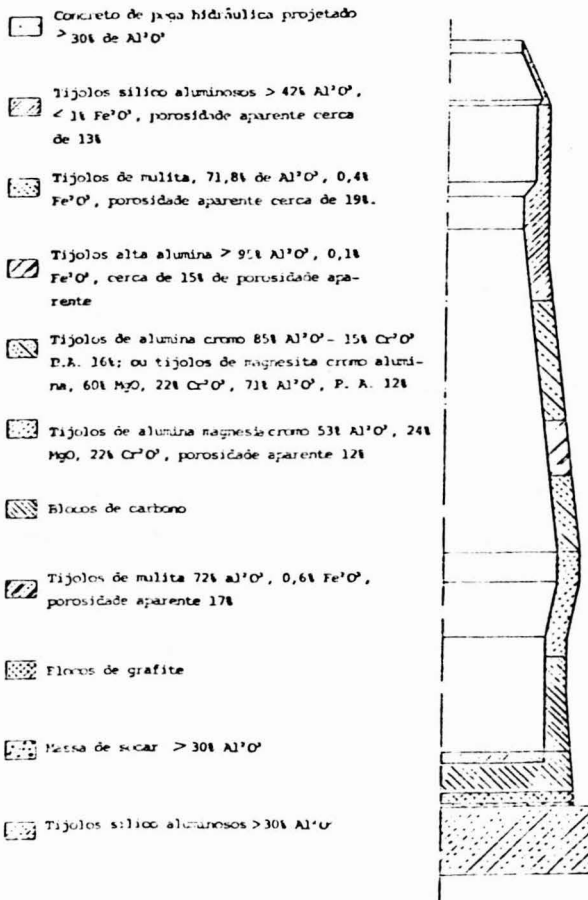











Figura nº 7

RECUPERADOR

-  Tijolos de mulita 75 a 80% Al_2O_3
 0,15% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 17%
-  Tijolos de mulita sinterizada
 70 a 75% Al_2O_3 , 0,6% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 17%
-  Tijolos de silimanita 63% Al_2O_3
 1% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 14%
-  Tijolos silico aluminosos > 42% Al_2O_3
 1,0% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 13%
-  Tijolos silico aluminosos > 35% Al_2O_3
 1,7% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 13%
-  Tijolos silico aluminosos > 30% Al_2O_3
 2,1% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 12%
-  Tijolos silico aluminosos > 30% Al_2O_3
 2,2% Fe_2O_3
 Porosidade aparente 12%
-  Tijolos de silica
-  Isolantes

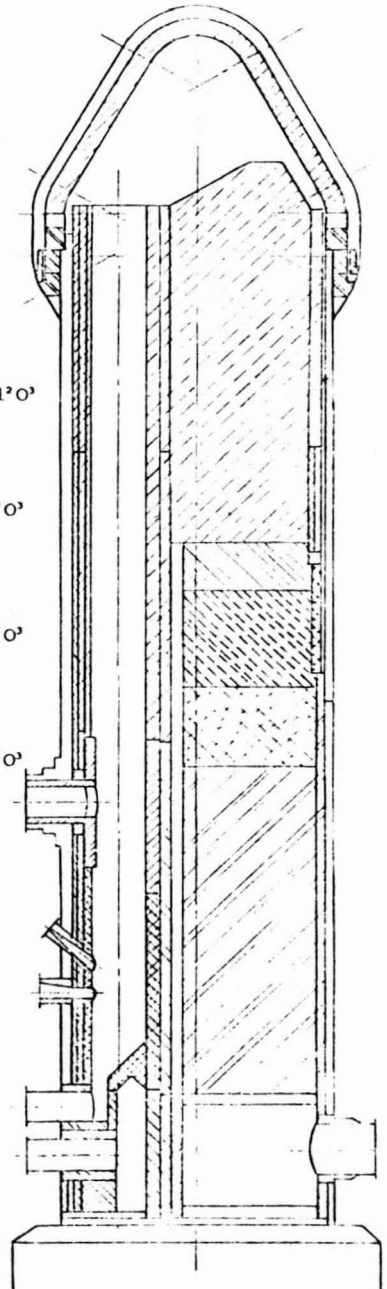
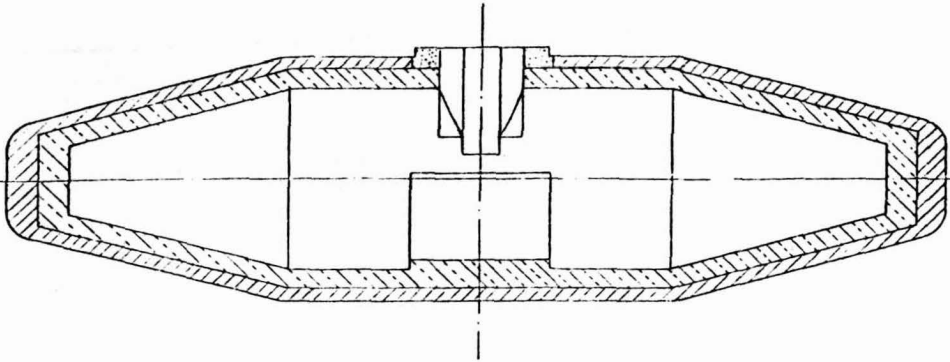


Figura nº 8

CARRO TORPEDO



Tijolos de alta alumina 80 a 85% Al^2O^3

 Fe^2O^3 1,5% - Porosidade aparente < 20%
 ou Tijolos de silimanita 65 a 68% Al^2O^3
 Fe^2O^3 1,1% - Porosidade aparente 16%

Tijolos silico aluminosos 35 a 40% Al^2O^3
 Fe^2O^3 1,5%
 Porosidade aparente 14%

Concreto refratário de pega hidráulica 80 a 85%
 Al^2O^3

MISTURADOR DE GUSA

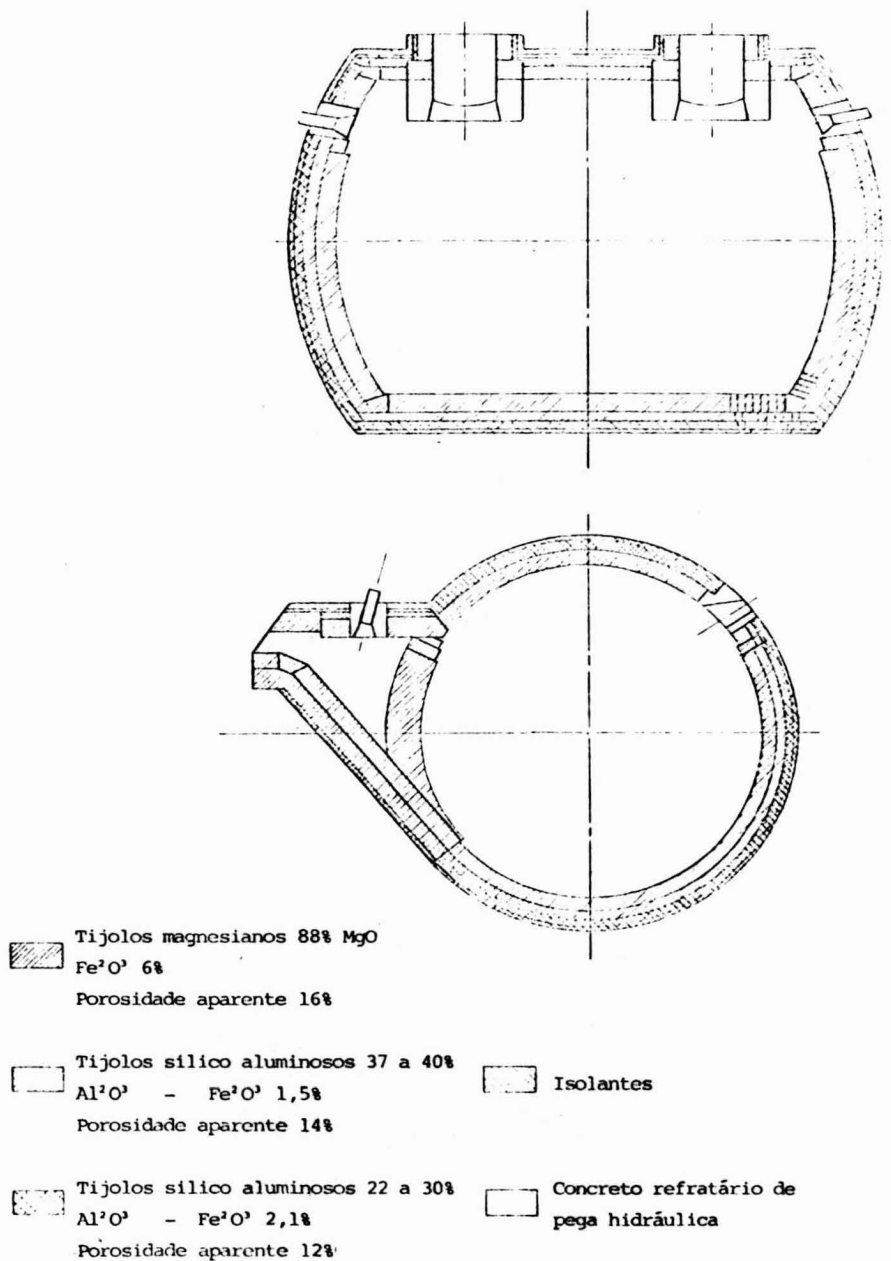
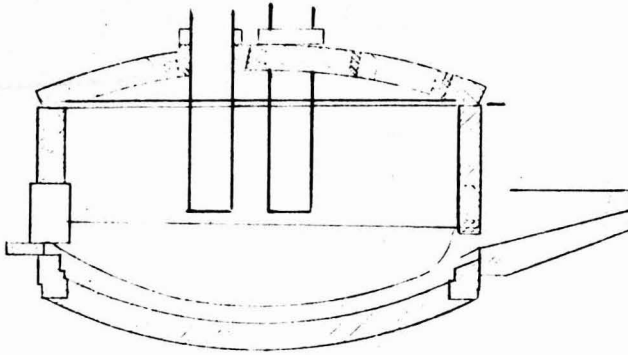


Figura nº 10

FORNO ELÉTRICO



Tijolos de alta alumina quimicamente ligados
 75 a 80% Al_2O_3
 Fe_2O_3 1,5% - Porosidade aparente 15%

Tijolos cromomagnesianos

Tijolos cromomagnesianos de liga direta

Peça especial de magnesita

Massa granulada de magnesita

Tijolos magnesianos 88% MgO
 Fe_2O_3 4%
 Porosidade aparente 17%

Massa de socor de alta alumina 90% Al_2O_3

Figura nº 11

7-

CORRIDAS CONTÍNUAS -

A corrida contínua é outro fator que passou a exigir também uma maior dedicação do fabricante ao desempenho dos refratários. Tendo sido de apenas 6% da produção de aço mundial em 1970, passou em 1980 para 25% e há previsões para uma parcela de 40 a 60% da produção mundial de aço em 1990, que deverá atingir cerca de 1 bilhão de toneladas.

Com as corridas contínuas surgiram os distribuidores e objetivando-se uma maior segurança, passou-se a dar uma atenção especial para os revestimentos das panelas e particularmente para as válvulas, cuja preferência é a opção pelas válvulas deslizantes ou válvulas gavetas.


8-


PANELAS DE AÇO -


Objetivando a obtenção de aços de melhor qualidade, já se utilizam na Alemanha as panelas com revestimento totalmente básicos, empregando-se no fundo tijolos de dolomita / MgO-Cr e nas laterais tijolos de MgO-Cr.


A figura 12 nos dá várias opções sobre revestimento de panelas em uso na Alemanha, que sua escolha depende naturalmente de estudos sobre o aço que se vai fabricar, custo dos produtos motivados pelas condições regionais, etc.

PANELA DE AÇO

- 
 a) Tijolos aluminosos 80% Al_2O_3
 Fe_2O_3 1,5%
 Porosidade aparente 20%
 b) Massa projetada (slinger) 80% Al_2O_3
 c) Tijolos de Forsterita 55% MgO
 Porosidade aparente 20%
 d) Tijolos de Forsterita quimicamente
 ligada 57% MgO , 5% Cr_2O_3
 Porosidade aparente 19%

- 
 a) Tijolos aluminosos 80% Al_2O_3
 Fe_2O_3 1,5%
 Porosidade aparente 20%
 b) Tijolos silicosos < 22% Al_2O_3
 Fe_2O_3 1,4%
 Porosidade aparente 14%
 c) Projeção de sílica (sand slinger)


 Tijolos silicosos 7% Al_2O_3
 Fe_2O_3 0,5%


 Tijolos silico aluminosos 22 a 35%
 Al_2O_3
 Fe_2O_3 2,5%
 Porosidade aparente 20%

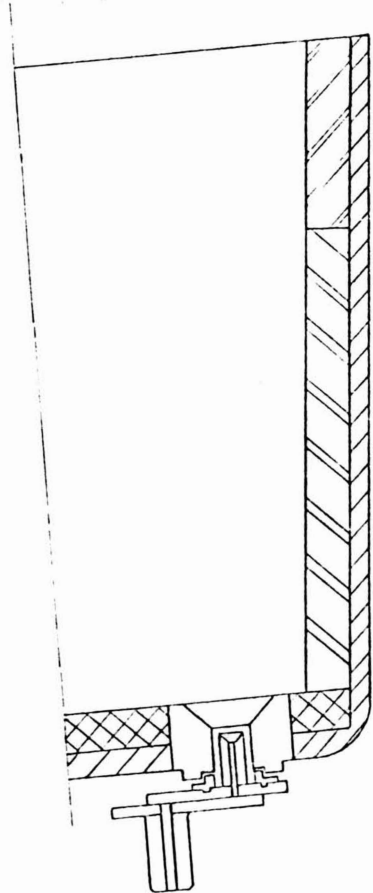


Figura nº 12

9-

VÁLVULAS GAVETA-

Entre outras vantagens oferece maior segurança e permite o controle do fluxo de aço durante o vasamento da panela.

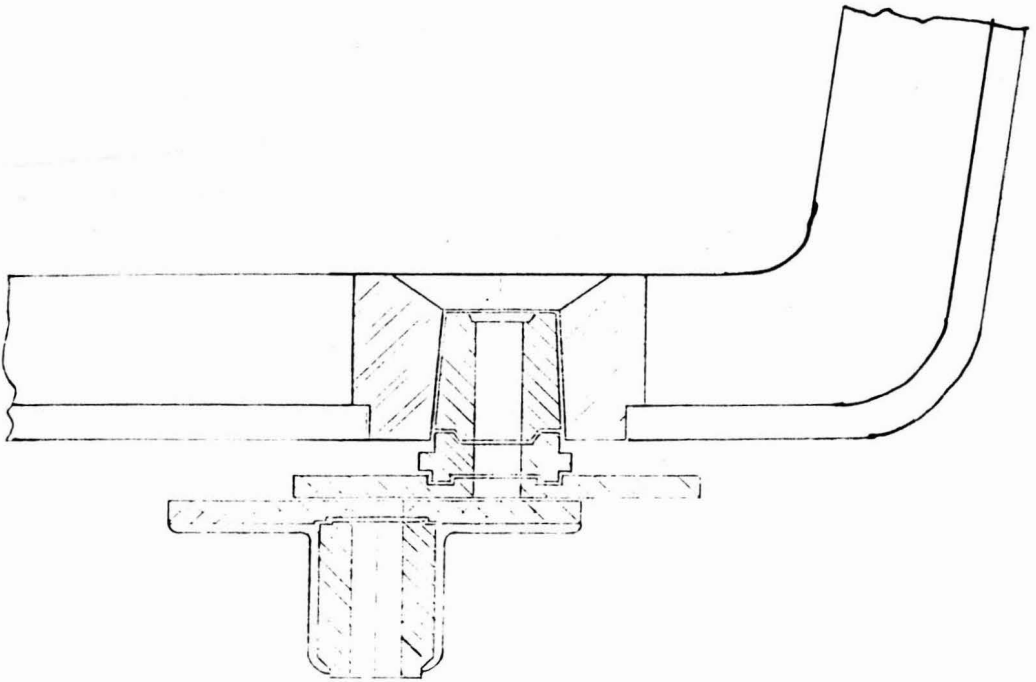
A figura 13 mostra os refratários mais comumente empregados para os conjuntos válvula gaveta.

Em casos de aços extremamente agressivos, porém com pouco movimento da placa deslizante, se emprega magnesita.

Ultimamente já foram feitos testes com óxido de zircônio, dentro de condições das mais difíceis, onde falham todos os materiais, tendo demonstrado ótimos resultados.

O material correto terá que ser escolhido tendo-se em conta os custos e condições de funcionamento.

VÁLVULA GAVETA








-  Bloco de alta alumina 80% Al^2O^3
 Fe^2O^3 1,5%
 Porosidade aparente 20%
-  Placa de alta alumina 90% Al^2O^3
 Fe^2O^3 0,2%
 Porosidade aparente 15%
-  Placa de alta alumina 90 a 95% Al^2O^3
 Fe^2O^3 0,2%
 Porosidade aparente 15%
-  Válvulas superior e inferior 97 a 99%
 Al^2O^3 - Fe^2O^3 0,2%
 Porosidade aparente 18%
-  Cimento de pega ao ar

Figura nº 13

10-
CONCLUSÕES -

Dois fatores principais influenciarão as tendências dos refratários para o futuro próximo:

- 1) Economia de energia na fabricação;
- 2) Melhora da qualidade.

Fatores esses que tendo sido sempre vistos como prioritários pelo bom produtor, passarão agora a ter sua importância sentida por todos.

Os órgãos oficiais passarão a exercer grande influência sobre o consumidor de energia, forçando-o ao enquadramento dentro de certas normas até agora esquecidas pelos mais displicentes.

E o consumidor de refratários, cada vez mais exigente forçará os seus fornecedores a produzirem com qualidade cada vez maior e tecnologia sempre mais avançada.

Com isso se verificará uma tendência de utilização de matérias primas mais puras e mais ricas, inclusive o emprego de grande quantidade de óxidos puros obtidos artificialmente.

É de se supor que isso ocorra em detrimento do uso dos refratários de qualidade mediana que cederão lugar aos de melhor desempenho.

Sem querer ser os "donos da bola de cristal", sentimos que após a grande "explosão" que levou a indústria de refratários em todo o mundo e particularmente no Brasil a atual capacidade ociosa, o sucesso só estará ao lado daqueles que conseguirem conter a "explosão" e promoverem uma "implosão" em suas empresas. Fazerem suas empresas crescerem para dentro; melhorando seus métodos, seus custos e sua qualidade.

BIBLIOGRAFIA -

- 1) Martin Pagenstecher GMBH
Fabriken Feuerfester Erzeugnisse
Köln - Mülheim
- 2) Materiales Refractários Para Colada Contínua de Acero
Manfred R. Oberbach, Wilhelm Parbel, Heinz-Günter Stallmann e
Ernest Lührsén
Didier Werke A. G.
- 3) Refractories for Today's Blast Furnaces
Jun Sawamura
Nippon Crucible Co. Ltd. Toquio Japan
Technical Director
- 4) The Partnership Glass Industry - Refractory Industry
Present Situation and Development Tendencies
P. Baggun and W. Glaser, Didier Werke A. G.
- 5) O Mercado de Refratários no Brasil, Estado Atual e Tendências
Futuras
Régis de Figueiredo Reis - C.S.B.M.