

APLICAÇÕES DE PRODUTOS DE FIBRA CERÂMICA
NOS FORNOS EMPREGADOS NA SIDERURGIA

Autores : Carlos Wagner Medeiros
Engº de Assistência Técnica
Antonio Carlos Menezes Resende
Gerente de Engenharia da Babcock
& Wilcox Fibras Cerâmicas.

Resumo :

As fibras cerâmicas são produzidas no Brasil desde 1976, e têm apresentado um aumento exponencial no seu consumo. Este fato é principalmente devido a grande economia de combustível proporcionada por este material, e seu baixo custo de manutenção.

Neste trabalho apresentamos as principais aplicações destes materiais nos fornos envolvidos nos processos siderúrgicos.

Comparamos as performances térmicas dos produtos de fibra cerâmica e a dos Refratários Convencionais.

Procuramos também enfocar as técnicas de aplicação mais adequadas para cada tipo de forno.

Sinopse:

Introdução.

Fornos de Tratamento Térmico.

Fornos de Reaquecimento.

Considerações Gerais.

1) INTRODUÇÃO

A atual crise energética tem levado a um consenso da necessária melhoria da eficiência térmica dos fornos e equipamentos em geral. Eficiência essa, que poderá ser melhorada de várias formas mas, nesse trabalho, daremos ênfase à sua melhoria pelo aperfeiçoamento dos revestimentos refratários/isolantes, utilizando-se as diversas formas e tipos de fibras cerâmicas.

Dividiremos para melhor explanação, este trabalho em duas partes:

Na primeira abordaremos os fornos de tratamento térmico e na segunda os fornos de reaquecimento.

II) FORNOS DE TRATAMENTO TÉRMICO

Nesta classificação se incluem fornos de vagoneta, de campânula, de recozimento de bobinas, etc., geralmente com operação cíclica, e sendo revestidos com materiais densos e com altos índices de condutibilidade térmica, e capacidade de armazenamento de calor. Possuem baixas eficiências: elevada inércia térmica e baixa capacidade de isolamento.

Atualmente com a aplicação da fibra cerâmica, tem-se conseguido economias, nestes casos, da ordem de 40% em combustível. Essas economias substanciais, são devido ao baixo coeficiente de condutibilidade térmica das fibras cerâmicas, que chegam a atingir a metade da condutibilidade dos tijolos isolantes (veja figura 1), significando uma menor espessura de isolamento para uma melhor eficiência. Outro fator bastante significativo é a baixa massa do revestimento de fibra cerâmica, cerca de 20 vezes menor que dos Tijolos Refratários, isso resulta um baixo armazenamento de calor e uma consequente diminuição nos tempos de aquecimento e resfriamento necessários ao forno. Veja figura 2.

Para esse tipo de aplicação utilizamos as fibras cerâmicas sílico-aluminosas, que combinam a refratariedade de sua matéria prima básica com

o alto poder isolante das formas fibrosas.

Esses revestimentos poderão ser feitos em 3 formas:

2.1 Papel de Parede:

As mantas de fibra cerâmica são colocadas paralelas à chaparia do forno, sendo possível dessa forma, colocar vários tipos de mantas, ou seja, densidades decrescentes, tornando assim, o sistema mais econômico. É também a forma mais eficiente de se aplicar fibra, do ponto de vista de isolamento térmico.

Com esse sistema as mantas são fixadas por pinos metálicos, arruelas metálicas e cerâmicas, a que suportam até 1200°C (figuras 3 e 4).

Empregando essa aplicação, não devemos exceder 1200°C (para fibras sílico aluminosas), pois acima disto haverá um encolhimento significativo na manta da face quente.

Na figura 5 podemos analisar as diferenças básicas de performance térmica entre os revestimentos de fibra cerâmica no sistema descrito e os tijolos convencionais.

2.2 Enfileiramento:

Nesse sistema as mantas são colocadas com o topo voltado à face quente ficando portanto, com sua espessura exposta. Sua fixação é feita através de cantoneiras e pinos de aço inox, os quais ficam protegidas pelas próprias mantas (figura 6).

Para esse sistema consideramos, dependendo da atmosfera do forno, um limite de temperatura de 1350°C. Notem que nessa aplicação obtemos maiores limites de temperatura e resistência física, devido a compressão necessária entre as mantas, a qual é de cerca de 20%. Na figura 7 podemos verificar as vantagens desse sistema contra os revestimentos convencionais.

Uma observação importante para essas 2 técnicas anteriores é a pintura antiácida da carcaça do forno, protegendo-o dessa forma, dos ataques de resíduos formados pela combustão.

2.3 Recobrimento:

Essa técnica foi desenvolvida, visando fornos que necessitam melhorias no isolamento, mas seus refratários estão ainda em boas condições. Nesses casos aplicamos os módulos de fibras cerâmicas, colados sobre os refratários existentes.

Dessa forma, possibilitamos um trabalho mais ameno aos tijolos (diminui a temperatura) e proteção aos mesmos.

Essa aplicação, utilizando as fibras sílico-aluminosas, pode operar até 1350°C.

Para exemplificar uma aplicação com mantas de fibras cerâmicas sílico-aluminosas, em fornos de Tratamento Térmico, escolhemos um caso prático, de um forno para tempera, com temperatura máxima de operação de 1200°C. Nessa aplicação utilizamos duas técnicas diferentes: Paredes em papel-de parede e Tetos com mantas empilhadas. Veja figuras 12 e 13.

III) FORNOS DE REAQUECIMENTO

Por se tratar de equipamentos que operam a temperaturas de até 1400°C e em geral continuamente, são revestidos com materiais de fibras cerâmicas aluminosas. Esse material é obtido através de um processo a vácuo, formado com uma mistura de dois tipos de fibras, sílico-aluminosas e aluminosas. Essa mistura resulta em um material resistente a altas temperaturas, até 1565°C, e maior resistência mecânica devido a formação de mulita entre os dois tipos de fibras, trabalhando como uma solda cristalina.

Esse material mixto, composto pela mistura dos dois tipos de fibras, possui as características das fibras cerâmicas convencionais com uma vantagem, são praticamente imunes ao encolhimento das fibras comuns. (Veja figura 8).

Esse material mixto - placas ou módulos - poderá ser aplicado de duas formas:

3.1 Papel de Parede:

Como no caso anterior, as placas desse material mixto, podem ser aplicadas combinadas às fibras cerâmicas comuns, paralelas à chaparia do forno. Sua fixação é feita através de pinos e arruelas cerâmicas. Veja figura 9, e como os materiais de fibras cerâmicas são praticamente imunes aos choques térmicos e ataques químicos.

3.2 Recobrimento:

Como já descrito, os módulos aluminosos são colados sobre os Refratários Convencionais. Veja figura 10.

Na figura 11, vemos as diferenças entre os revestimentos convencionais e com recobrimento.

Para que tenhamos uma idéia prática do que isso representa, fizemos uma análise comparativa entre um revestimento típico de um forno para laminação, considerando 2 zonas, 1200°C e 1400°C, e esse mesmo forno, sendo revestido com módulos de fibras mixtas. Veja figuras 14 e 15.

IV) CONSIDERAÇÕES GERAIS

As fibras cerâmicas, como pode ser visto, são de fácil aplicação e possuem baixo coeficiente de condutibilidade térmica, baixa inércia térmica e grande durabilidade devido a sua ótima resiliência térmica.

O seu uso tem crescido continuamente em todo mundo, e particularmente no Brasil, onde começaram a ser produzidas em 1976.

Normalmente, seus produtos têm proporcionado uma grande economia de combustível nos fornos industriais, chegando em alguns casos a até 40%.

Cabe porém, ressaltar que a análise criteriosa do equipamento e de suas condições de trabalho é fundamental para que a escolha dos materiais e técnicas mais apropriadas, leve a obtenção do desempenho técnico e econômico ótimo do revestimento.

V) BIBLIOGRAFIA

5.1 Fryatt and Langman Ceramic Fibers in Furnace Construction-Glass pāg. 53 ā 56 - Nov.76

5.2 Reynolds - "New Approaches in Insulating Furnaces With Ceramic Fibers" - Industrial Heating pāg. 43 ā 46 Out.76.

5.3 M.R. Harrison "Refractory Fiber Module for High Temperature Furnace Applications" - Ind.Heating pāgs.22 e 24 Abril 77.

Comparação de Condutibilidade Térmica

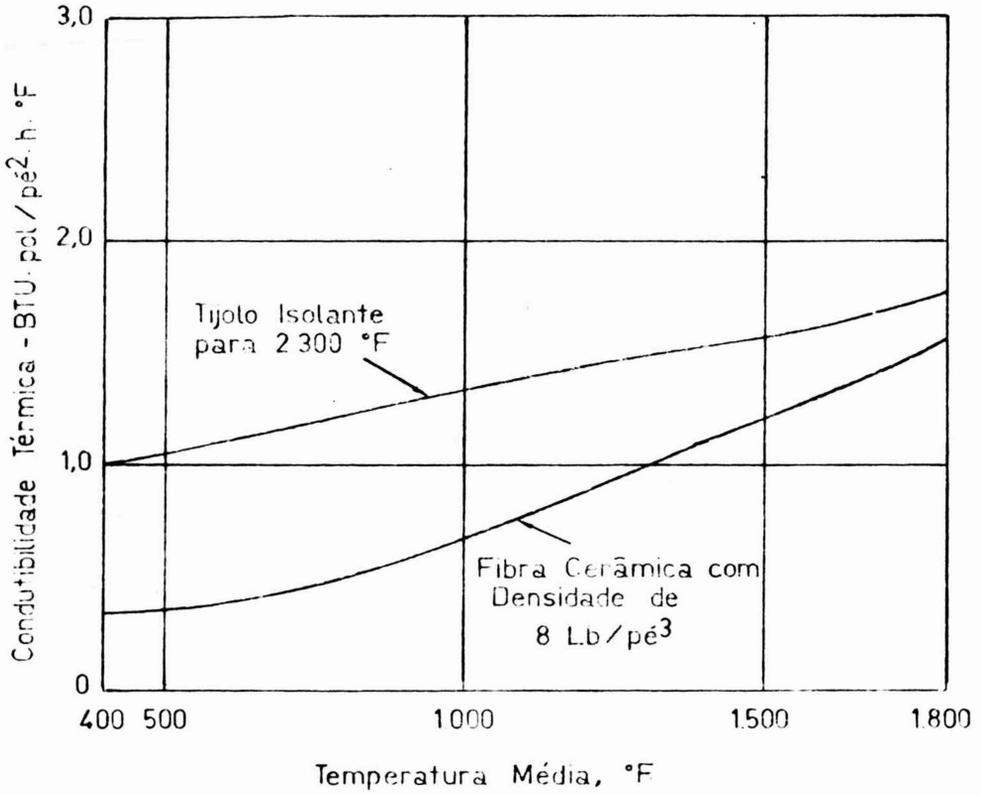
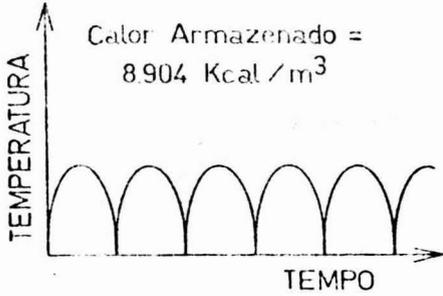
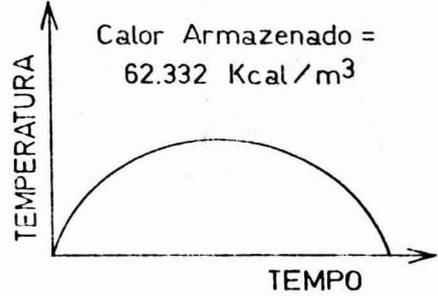


Fig. 1

Baixo Calor Armazenado

Fibra Cerâmica

Tijolo Isolante e
Concreto Isolante**RESULTADO: AQUECIMENTOS E RESFRIAMENTOS MAIS RÁPIDOS****Fig. 2**

Sistema de fixação com Pino Metálico Kao-Lok

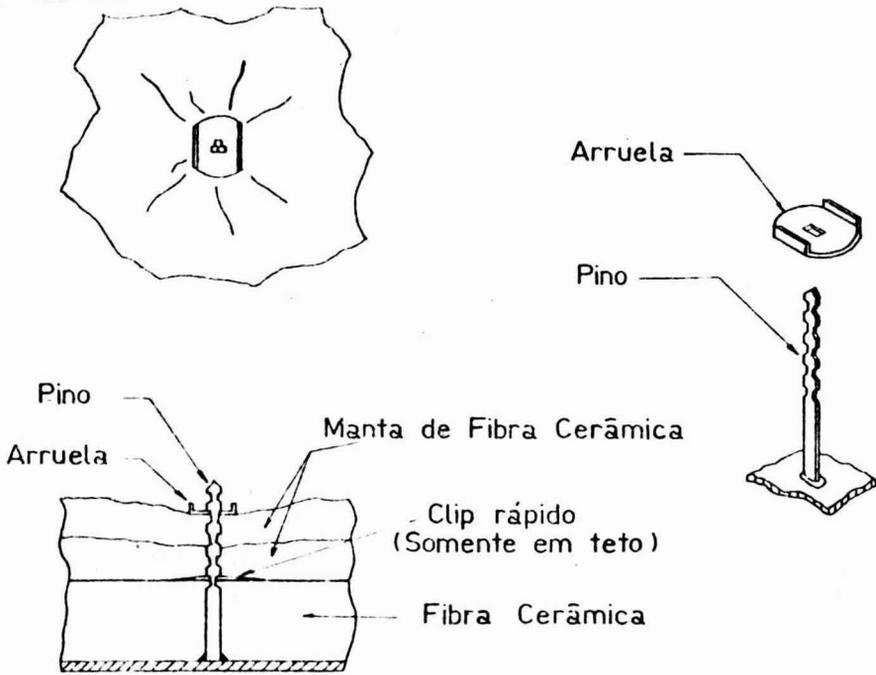


Fig. 3

Revestimento com Fibra Cerâmica
Técnica do Papel de Parede

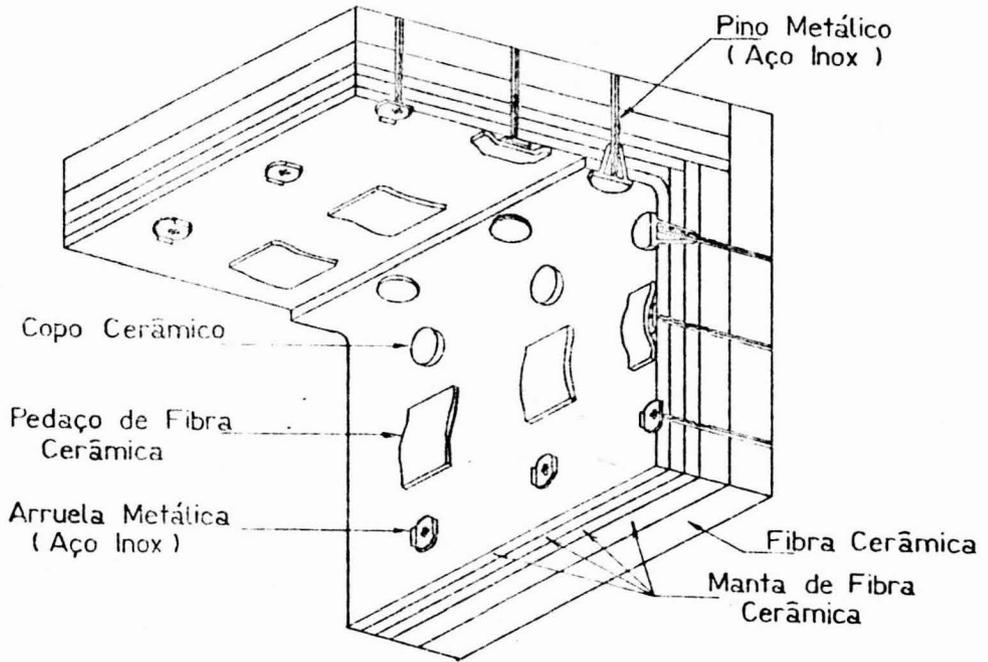
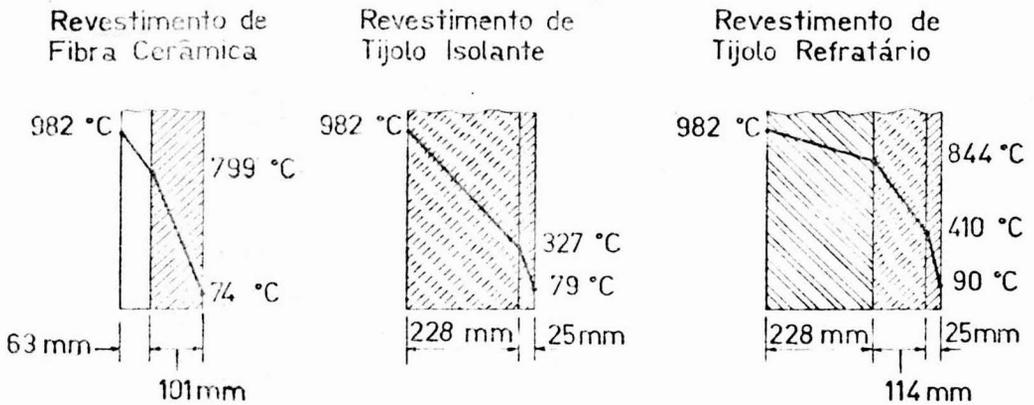


Fig. 4

Comparação de Revestimentos de Fornos



Perda de calor Kcal / m ² ·h	475	483	529
Armazen. de calor Kcal / m ²	4950	14.890	131.000
Peso Kg / m ²	36	113	565

 Fibra Cerâmica
 Material Isolante

 Tijolo Isolante
 Tijolo Refratário

Fig. 5

Revestimento com Fibra Cerâmica - Técnica do Enfileiramento

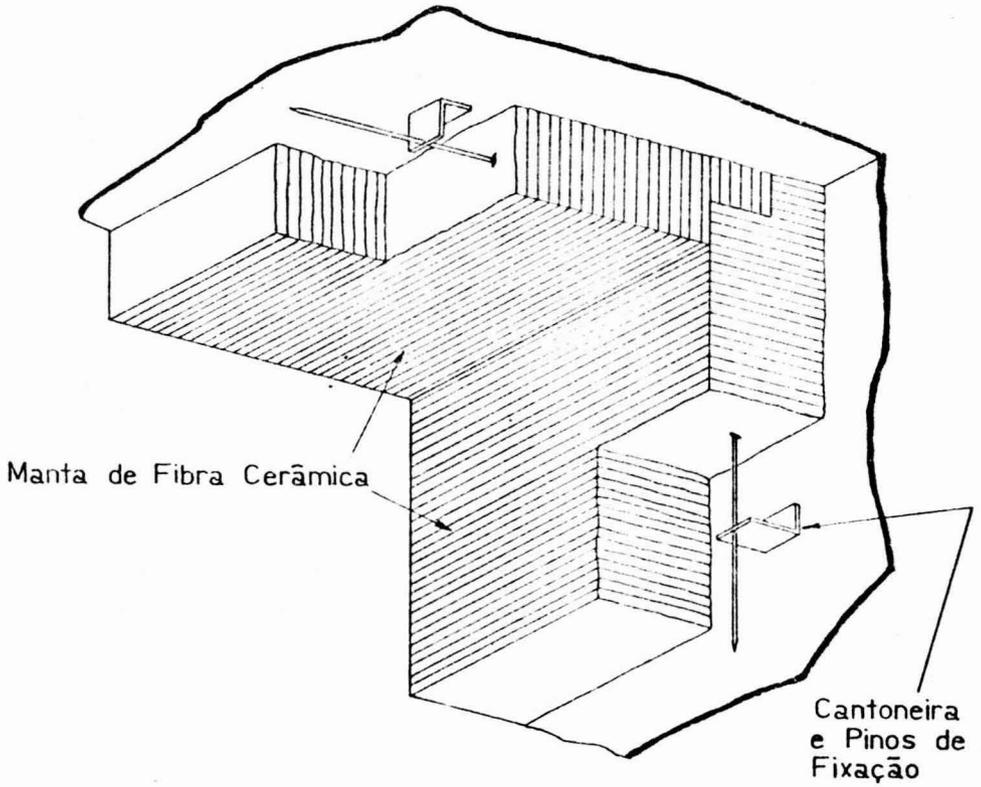
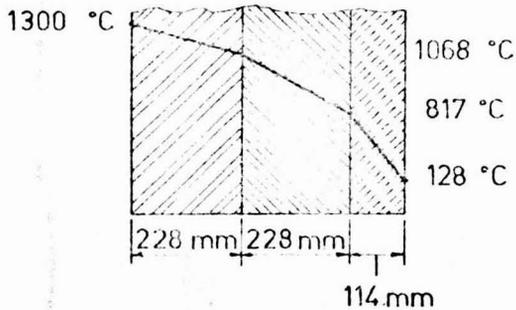


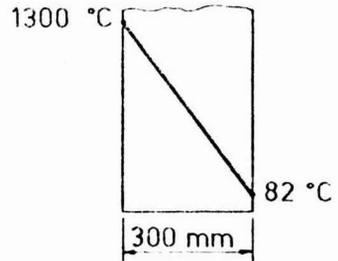
Fig. 6

Comparação de Revestimentos de Fornos

Revestimento Convencional



Revestimento com Fibra Cerâmica Técnica do Enfileiramento

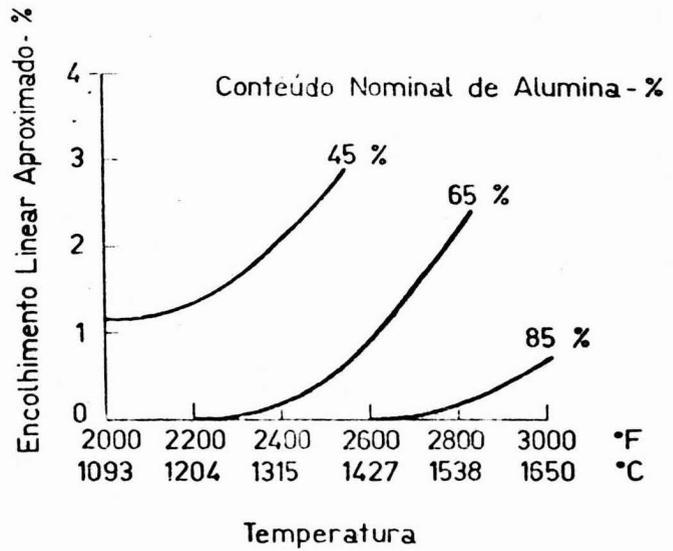


Perda de Calor Kcal / m ² · h	1.301	593
Armazen. de Calor Kcal / m ²	262.567	8.168
Peso Kg / m ²	1.078	40

- Tijolo Refratário com 60 % de Al₂ O₃
- Tijolo Refratário com 42 % de Al₂ O₃
- Tijolo Isolante
- Fibra Cerâmica - Técnica do Enfileiramento

Fig. 7

Encolhimento Linear X Teor de Alumina a várias Temperaturas

**Fig. 8**

Revestimento com Placas e Mantas
para Altas Temperaturas

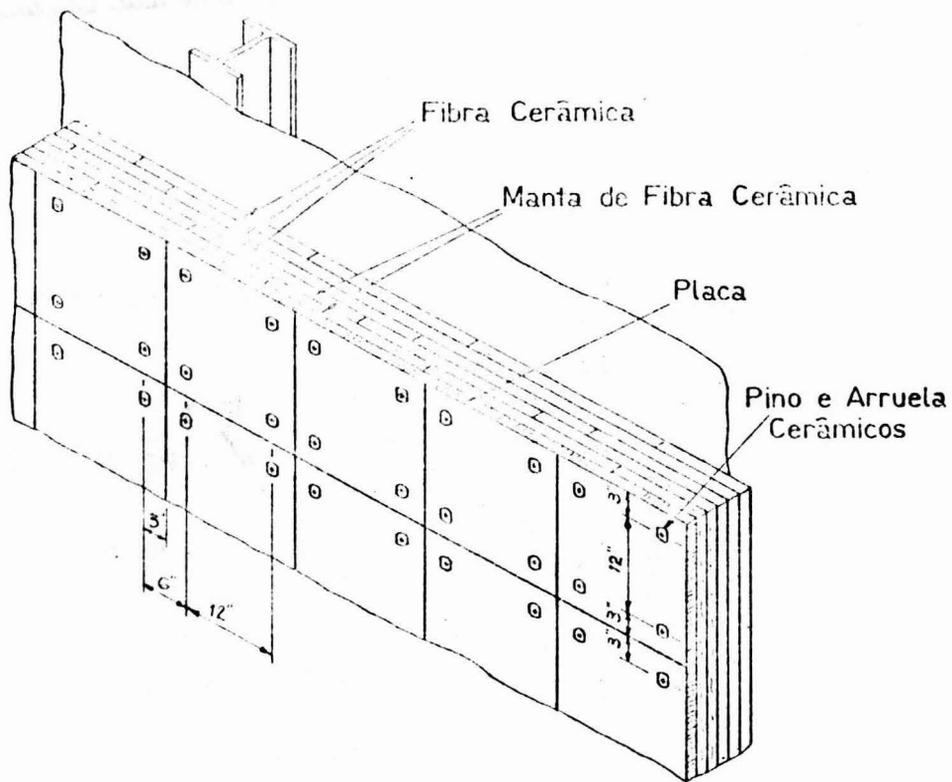


Fig. 9

Revestimento com Fibra Cerâmica
Técnica do Recobrimento

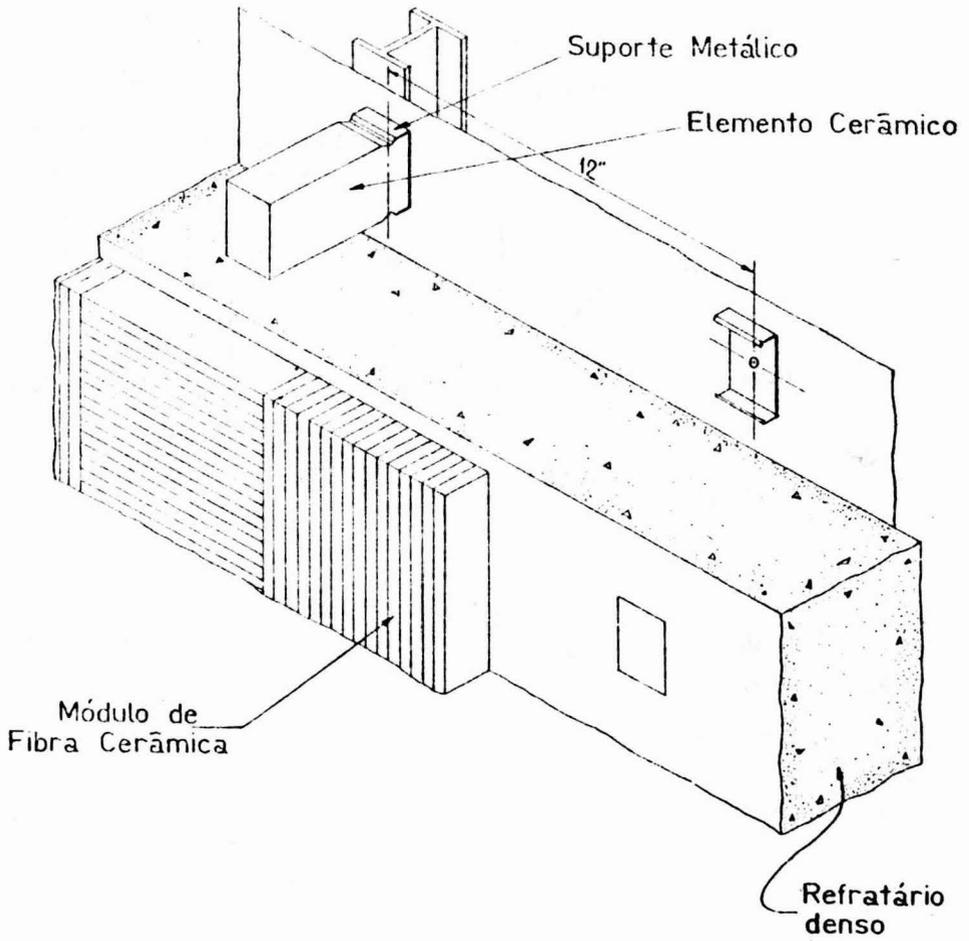
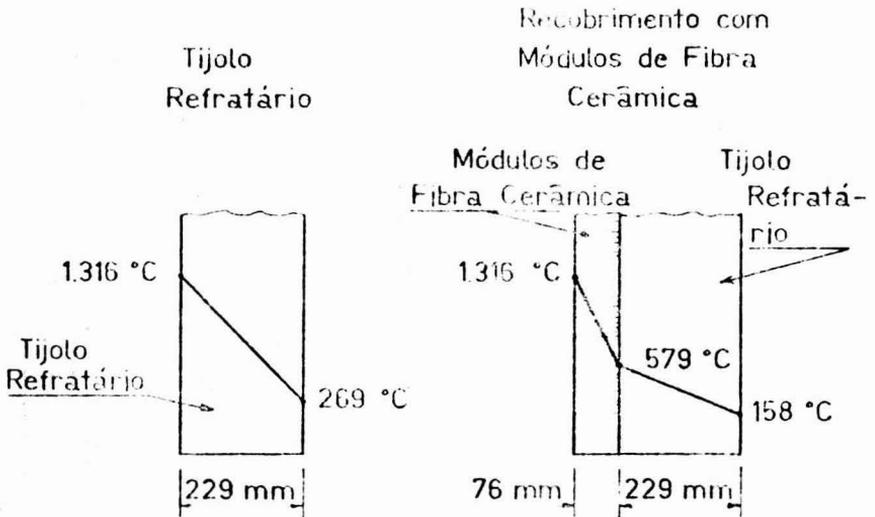


Fig.10

Comparação de Revestimentos de Fornos



Perda de Calor
Kcal / m² · h

5.465

2.067

Armazenamento
de Calor
Kcal / m²

100.815

42.050

Fig. 11

PERFORMANCE TÉRMICA FÓRNO DE TRATAMENTO TÉRMICO

REVESTIMENTO ANTERIOR - TIJOLOS REFRAATÁRIOS

Abóbada : 9" Tijolo Refratário de 42% + 2 1/2" Tij. Isol.
Dens. = 0,8

Paredes e Portas : 9" Tijolo Refratário de 42% + 1 1/2" Bloco Iso-
lante

	PAREDES	ABÓBADA	TOTAL
F.Q. (°C)	1100	1100	-
F.F. (°C)	133	166	-
I ₁ (°C)	839	730	-
I ₂ (°C)	-	-	-
P.C. (Kcal/m ² .h)	1390	1950	-
A.C. (Kcal/m ² .ciclo)	85615	81869	-
P.C. (Kcal/h)	97300	50700	148000
A.C. (Kcal/ciclo)	5993050	2128594	8121644
ÁREA (m ²)	70	26	-

Redução nas Perdas:

Perda de Calor(PC) de 148.000Kcal/h para 64.991Kcal/h equivale a 56%
Acumulo de Calor(AC)de 8.121.644Kcal/h para 322.008Kcal/h equivale
a 96%

Nota:

Esse exemplo foi tirado de um caso real e a economia em combustivel medido foi de 35%.

Terminologia F.Q. - Temperatura de Face Quente, F.F. - Temperatura de Face Fria, In - Temperatura Interface n.

PERFORMANCE TÉRMICA FORNO DE TRATAMENTO TÉRMICO

REVESTIMENTO ATUAL - FIBRA CERÂMICA

Abóbada : 8" Mantas de Fibra Cerâmica, Empilhadas.
Paredes e Portas : 7 1/2" Mantas de F.Cerâmica em Papel de Parede.

	PAREDES	ABÓBADA	TOTAL
F.Q. (°C)	1100	1100	-
F.F. (°C)	91	82	-
I ₁ (°C)	865	-	-
I ₂ (°C)	558	-	-
P.C. (Kcal/m ² .h)	710	588	-
A.C. (Kcal/m ² .ciclo)	2883	4623	-
P.C. (Kcal/h)	49701	15290	64991
A.C. (Kcal/ciclo)	201810	120198	322008
ÁREA (m ²)	70	26	-

Redução nas Perdas:

Perda de Calor(PC) de 148.000Kcal/h para 64.991Kcal/h equivale a 56%
Acúmulo de Calor(AC) de 8.121.644Kcal/h para 322.008Kcal/h equivale a 96%.

Nota:

Esse exemplo foi tirado de um caso real e a economia em combustí-
vel medido foi de 35%.

Terminologia F.Q. - Temperatura de Face Quente, F.F. - Temperatura de
Face Fria, In - Temperatura Interface n.

FIG. 13

PERFORMANCE TÉRMICA FORNO DE REAQUECIMENTO

P A R E D E

Revestimento Convencional : 9" Tijolo Refratário 60% Al_2O_3 + 4 1/2" Tijolo Isolante Dens.1,2 + 2 1/2" Tij. Isol. Dens. 0,60

Revestimento com Recobrimento "A" : 3" Módulos Unifelt 1400 + Revestimento Convencional.

Revestimento com Recobrimento "B" : 3" Módulos Unifelt 1600 + Revestimento Convencional.

F.Q.	1200°C	1200°C	1400°C	1400°C
Revestimento	Convencional	C/Recobrimento "A"	Convencional	C/Recobrimento "B"
F.F.	142	112	157	118
P.C.(Kcal/m ² xh)	1540	1015	1840	1110
I1 (°C)	923	866	1068	933
I2 (°C)	628	678	735	728
I3 (°C)	-	461	-	495

Redução da Perda de Calor (P.C.) nas Paredes :

Zona 1400°C de 1840Kcal/m²xh para 1110Kcal/m²xh ou seja 39,7% menor

Zona 1200°C de 1540Kcal/m²xh para 1015Kcal/m²xh ou seja 34,1% menor

FIG. 14

**PERFORMANCE TÉRMICA
FORNO DE REAQUECIMENTO**

T E T O

Revestimento Convencional : 9" Tijolo Refratário 60% Al_2O_3 + 4" Concreto Isolante.

Revestimento com Recobrimento "A" : 3" Módulos Unifelt 1400 + Revestimento Convencional.

Revestimento com Recobrimento "B" : 3" Módulos Unifelt 1600 + Revestimento Convencional.

F. Q.	1200°C	1200°C	1400°C	1400°C
Revestimento	Convencional	C/Recobrimento "A"	Convencional	C/Recobrimento "B"
F.F.(°C)	201	112	223	133
P.C.(Kcal/m ² xh)	2860	1015	3440	1370
I1 (°C)	678	478	778	625
I2 (°C)	-	283	-	365

Redução da Perda de Calor no Têto :

Zona 1200°C de 2860Kcal/m²xh para 1015Kcal/m²xh ou seja 64,5% menor.

Zona 1400°C de 3440Kcal/m²xh para 1370Kcal/m²xh ou seja 60% menor.

FIG. 15