

P09, Absorção química de fluoretos em câmara termo – ativada. Ciclo 2004/2005.

Renato Verghnhanini Filho

COMGÁS - Companhia de Gás de São Paulo
IPT – Instituto de Pesquisa Tecnológica – Laboratório de Engenharia Térmica

Resumo – Foi realizado o desenvolvimento de um sistema de depuração de fluoretos das emissões gasosas geradas em fornos cerâmicos, utilizando-se absorção química em câmara termo-ativada contendo pelotas de cal. O sistema foi testado em escalas laboratorial e piloto na Cerâmica Nardini, verificando-se eficiências de redução de até 97 %, reduzindo as emissões a níveis inferiores aos limites fixados pelo órgão ambiental.

Palavras-chave: Absorção química de fluoretos; câmara termo-ativada; poluentes atmosféricos; fornos cerâmicos.

Introdução - Objetivo do projeto

O conteúdo de flúor nos argilominerais varia de 0,5 a 1,2 %, Durante o processo de queima do revestimento cerâmico, a temperaturas superiores a 900 °C, ocorre a quebra estrutural de alguns minerais, resultando na liberação de flúor, sob a forma de íon fluoreto (Figura 1).

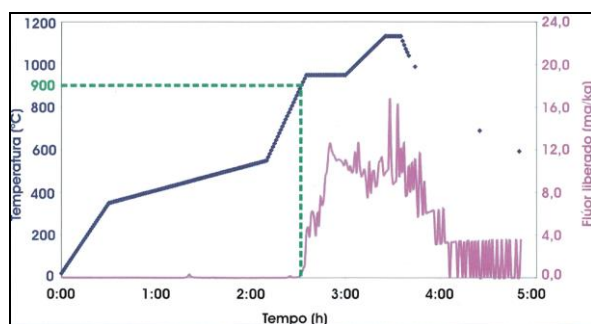


Figura 1 – Curva de queima e liberação de flúor

Num forno túnel a rolo, comum nas indústrias cerâmicas, o flúor que é liberado do material reage com o vapor d'água dos gases e segue para a chaminé, em contracorrente com o fluxo gasoso (Figura 2).

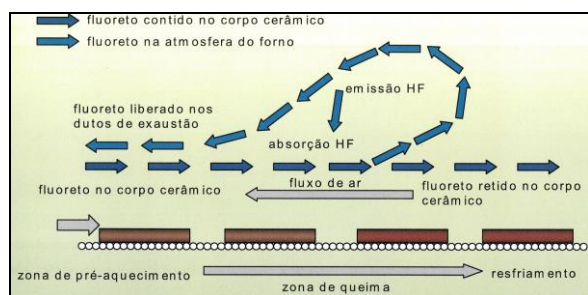


Figura 2 – Circulação de flúor num forno túnel

A tabela 1 mostra as emissões de poluentes atmosféricos típicas da queima de pisos e

revestimento num forno a rolo operando com gás natural.

Tabela 1 – Emissões de um forno cerâmico a rolo

Substância emitida	Concentração (mg/m ³)
Particulados	5 - 50
SO _x , como SO ₂	< 10
NO _x , como NO ₂	15 - 60
CO	1 - 15
Fluoretos, como HF	5 - 40
Cloretos, como HCL	20 - 90
Boro	< 0,5
Chumbo	< 0,15
CO ₂	1,5 - 4,0 (% vol.)

Os fluoretos são extremamente fitotóxicos, podendo causar danos em espécies sensíveis em concentrações de 10 a 100 vezes menores que outros poluentes atmosféricos e se tornam tóxicos em concentrações menores que 1 ppb. O fluoreto gasoso é a forma mais tóxica para a vegetação se comparado aos fluoretos particulados. O fluoreto se comporta, seja no transporte ou na dispersão, de maneira distinta da maioria dos outros poluentes atmosféricos, devido à sua alta reatividade, especialmente na forma de ácido fluorídrico (HF). O limite de emissão para fluoretos provenientes da operação de fornos cerâmicos estabelecido pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb) é de 5 mg/Nm³ (18 % de O₂).

Diversas são as variáveis que influenciam a liberação de flúor. Numa mesma indústria, em linhas produtivas distintas, há variação da quantidade de flúor retida na peça cerâmica e,

portanto, no flúor emitido. Dessa forma, ações voltadas à redução dos fluoretos por meio de intervenções no processo produtivo ou na formulação da massa cerâmica se tornam bastante complexas, demandando de mais tempo para o desenvolvimento de pesquisas, pois devem primar pela qualidade do produto final. Nesse contexto, o desenvolvimento de um sistema de depuração de fluoretos das emissões gasosas, utilizando-se absorção química em câmara termo-ativada, é uma estratégia interessante para o atendimento a legislação ambiental.

Desenvolvimento

Foi desenvolvido, e instalado e testado na Indústria de Revestimento Cerâmico Nardini, um equipamento para a remoção de fluoretos presentes nos gases efluentes da queima de peças cerâmicas.

O sistema consiste, basicamente, de uma fornalha, um retificador de fluxo, uma câmara termo-ativada contendo material absorvedor de fluoretos (pelotas de cal), uma chaminé de exaustão de gases e equipamentos periféricos em geral (Figura 3).



Figura 3 – Sistema de remoção de fluoretos de gases

Vários testes foram realizados em laboratório montado na própria cerâmica (Figura 4).

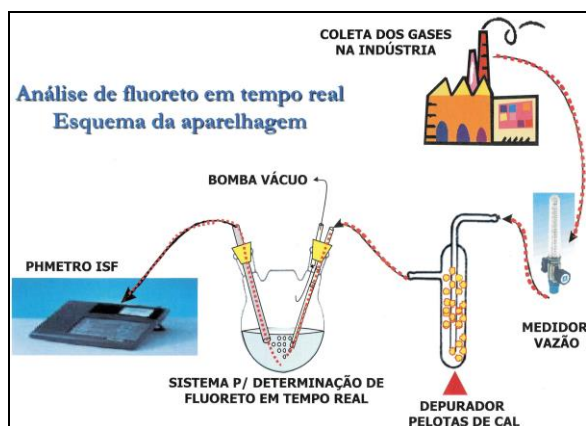


Figura 4 – Análise de fluoretos

Nos testes, variou-se a temperatura da câmara e a quantidade de pelotas. Verificou-se que a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) são absorvidos 67 % dos fluoretos emitidos pelo processo. Aumentando-se a temperatura, a absorção aumenta: a 90 °C a absorção é de 89 % para um leito com 500 cm³ de pelotas e de 93 % para 700 cm³.

Nos testes com a câmara instalada no forno da Cerâmica Nardini, o Laboratório de Análises São Lucas foi contratado para determinar o teor de fluoretos nos gases gerados na queima de cerâmica antes e após o sistema de absorção. As Tabelas 2 e 3 mostram os resultados obtidos com a câmara operando a temperatura de 120 °C e 100 °C, respectivamente. A Tabela 4 apresenta a média dos valores apresentados nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2 – Concentração de fluoretos nos gases com a câmara termo-ativada operando a 120 °C

	Antes da câmara	Após a câmara	Eficiência (%)
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	14,26	1,862	87,78
	2ª medição		
	8,634	0,285	96,91
	3ª medição		
	22,89	2,147	91,22
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	10,97	3,103	-
	2ª medição		
	6,642	0,475	-
	3ª medição		
	17,61	3,578	-
Taxa de emissão de fluoretos (g/h)	1ª medição		
	13,13	1,605	-
	2ª medição		
	7,952	0,246	-
	3ª medição		
	21,08	1,851	-

Resultados obtidos e conclusões

Os resultados alcançados permitem concluir que há aumento da eficiência de absorção de fluoretos nas pelotas de cal com o aumento da temperatura e que a 120 °C, com uma eficiência de até 97 %, as emissões são inferiores aos limites fixados pela Cetesb.

Observe-se que o sistema de remoção de fluoretos desenvolvido é vantajoso em relação aos demais sistemas existentes devido ao fato do absorvedor químico utilizado estar na forma de pelotas, dispensando, portanto, o uso de filtros no tratamento auxiliar para a remoção de

material particulado. Ele também apresenta vantagens em relação aos custos e ao consumo de energia elétrica, quando comparados com os outros sistemas existentes no mercado.

Tabela 3 – Concentração de fluoretos nos gases com a câmara termo-ativada operando a 100 °C

	Antes da câmara	Após a câmara	Eficiência (%)
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	15,92	4,102	73,87
	2ª medição		
	13,47	2,106	84,15
	3ª medição		
	29,39	6,208	78,59
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	10,16	5,594	-
	2ª medição		
	8,599	2,872	-
	3ª medição		
	18,76	8,465	-
Taxa de emissão de fluoretos (g/h)	1ª medição		
	14,74	3,852	-
	2ª medição		
	12,48	1,978	-
	3ª medição		
	27,22	5,829	-

Tabela 4 – Concentração média de fluoretos nos gases com a câmara termo-ativada operando a 120 °C e 100 °C

	Antes da câmara	Após a câmara	Eficiência (%)
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	15,09	2,982	80,42
	2ª medição		
	11,05	1,196	89,12
	3ª medição		
	26,14	4,178	84,10
Concentração de fluoretos nas condições normais, bases seca (mgF/Nm ³)	1ª medição		
	10,57	4,349	-
	2ª medição		
	7,621	1,674	-
	3ª medição		
	18,19	6,022	-
Taxa de emissão de fluoretos (g/h)	1ª medição		
	13,94	2,729	-
	2ª medição		
	10,22	1,112	-
	3ª medição		
	24,15	3,84	-

Referências

Almeida, M. e Correia, A.S. Licenciamento Ambiental: Decreto-lei n. 194/2000. *Kerâmica*, ano XXVI, revista n. 246, março / abril 2001 pp. 38-39.

Almeida, M.; Frade, P.; Campante, H.; Marques, J.C. e Correia, A.M.S. Redução do teor em flúor nos efluentes gasosos da indústria cerâmica. *Kerâmica*, ano XXVI, n. 246, março / abril 2001, pp. 14-23.

Ferrari, K. R.; Figueiredo Filho, P.M.; Zanardo, A.; Almeida, E.B.; Del Roveri, C.; Carvalho, S.G.; Boschi, A.O.; Almeida, M.; Frade, P. e Correia, A.M.S. Estudo da emissão laboratorial de flúor em massas cerâmicas do Pólo de Santa Gertrudes para proposição de medidas preventivas. In: *I Fórum das Universidades Públicas: Ciência e Tecnologia em Resíduos*, 2003, São Pedro. *Anais do I Fórum das Universidades Públicas: Ciência e Tecnologia em Resíduos*. 2003.

Lopes, C.F.F. Avaliação dos níveis de fluoretos no Município de Cordeirópolis. Relatório CETESB, Diretoria de Recursos Hídricos e Engenharia Ambiental - EQQA. 2001.

Cerâmica Industrial. Absorção química de fluoretos em câmara termo – ativada. Site institucional da revista: <http://www.ceramicaindustrial.org.br/workshop/3.pdf>. Acesso em 16/01/2018.