

B169431700

ISSN (C) 01-3004



CNEN/SP

ipen Instituto de Pesquisas
Energéticas e Nucleares

GOVERNO DO BRASIL

TRATAMENTO DE GASES TÓXICOS SO₂ E NO_x POR IRRADIAÇÃO
COM FEIXE DE ELÉTRONS

Dora de Castro Rubio POLI, José Mauro VIEIRA e Cíntia Aparecida de CAMPOS

IPEN-Pub-381

JANEIRO/1983

SÃO PAULO

**TRATAMENTO DE GASES TÓXICOS SO_2 E NO_x POR IRRADIAÇÃO
COM FEIXE DE ELÉTRONS**

Dora de Castro Rubio POLI, José Mauro VIEIRA e Clélia Aparecida de CAMPOS

DEPARTAMENTO DE APLICAÇÕES NA ENGENHARIA E NA INDÚSTRIA

CNEN/DP

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

SÃO PAULO - BRASIL

Série PUBLICAÇÃO IPEN

INIS Categories and Descriptors

E16.00

SULFUR OXIDES
NITROGEN OXIDES
POLLUTION CONTROL
ELECTRON BEAMS
ACCELERATORS

IPEN-Doc-4536

Aprovado para publicação em 29/09/92

Nota: A redação ortográfica, conceitos e revisão final são de responsabilidade do(s) autor(es)

TRATAMENTO DE GASES TÓXICOS SO_2 E NO_x POR
IRRADIAÇÃO COM FEIXE DE ELÉTRONS

Dora de Castro Rubio POLI
José Mauro VIEIRA
Clélia Aparecida de CAMPOS

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR-SP
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal, 11049 - Pinheiros
05422-970 - São Paulo - BRASIL

RESUMO

A poluição do ar causada por gases provenientes de combustão em plantas industriais, tem se tornado atualmente um sério problema. As emissões e as reações de SO_2 e NO_x na atmosfera, são os principais responsáveis pela poluição e a causa da "chuva ácida". A remoção de SO_2 e NO_x por irradiação com feixe de elétrons será estudada usando-se um sistema de fluxo em pequena escala, o qual está sendo montado com a finalidade de se obter uma base de dados para uma avaliação técnica e econômica do processo visando aplicações industriais. A irradiação do gás será realizada utilizando-se o Acelerador Industrial de Elétrons Dynamitron II, de 1,5 MeV e 25 mA da Radiation Dynamics Inc. USA.

3/4

TREATMENT OF TOXIC GASES SO_2 AND NO_x
BY ELECTRON BEAM IRRADIATION

Dora de Castro Rubio POLI
José Mauro VIEIRA
Clélia Aparecida de Campos

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Caixa Postal, 11049 - Pinheiros
05422-970 - São Paulo - BRASIL

ABSTRACT

The air pollution caused by combustion flue gases from industrial plants has become a serious problem nowadays. The emissions and the reactions of SO_2 and NO_x in the atmosphere are the most responsible for environmental pollution and the cause of "acid rain". The removal of SO_2 and NO_x by electron beam irradiation will be studied using a small scale flow system which is being set up in order to obtain basic data for the process technical and economical feasibility concerning industrial applications. The gas irradiation will be performed using a Electron Beam Accelerator with 1,5 MeV power, 25 mA current from Radiation Dynamics, Inc. USA.

INTRODUÇÃO

A poluição causada pelos gases de combustão de plantas industriais tem se tornado atualmente um sério problema em muitos países. A emissão e as reações de SO_2 e NO_x na atmosfera têm sido consideradas com as principais fontes de poluição ambiental e a causa da "chuva ácida", resultando em doenças respiratórias crônicas, problemas de coração e pulmão, devastação de florestas, da flora e acidificação dos lagos. Este problema não é limitado ao mundo industrializado, sendo também importante em países em desenvolvimento como o Brasil.

A liberação de gases tóxicos na atmosfera, principalmente por causa da "chuva ácida", tem sido objeto de grandes discussões nos países da Europa e Estados Unidos, resultando em programas internacionais de pesquisa para o desenvolvimento de métodos eficazes de remoção desses gases.

Estão sendo estabelecidos internacionalmente limites de emissão cada vez mais rígidos. No Brasil, conforme a resolução CONAMA, número 008 de 06/12/90, estão sendo estabelecidos os limites máximos de emissão de poluentes no ar, sendo especificado o dióxido de enxofre.

Em vista da legislação ambiental existente haverá necessidade do desenvolvimento de processos de dessulfurização de gases de combustão.

Além disso, no Brasil existem grandes jazidas de carvão subbetuminoso com conteúdo médio de enxofre e alto conteúdo de cinzas, no Rio Grande do Sul e alto conteúdo de enxofre em Santa Catarina.

Atualmente, há dificuldade de implantação de novas usinas hidroelétricas em regiões industrializadas do nosso País e uma das alternativas é a usina termoelétrica.

Portanto, a utilização de combustíveis fósseis (carvão e petróleo) com alto conteúdo de enxofre, em instalações industriais tem aumentado e a tendência é a de continuar a crescer, verificando-se assim um aumento de poluentes na atmosfera.

fera, especialmente SO_2 e NO_x .

As técnicas convencionais retiram o SO_2 mas geram subprodutos de baixo ou nenhum valor comercial. A retirada dos NO_x é feita em separado por redução catalítica seletiva que usa a amônia para converter os óxidos de nitrogênio em N_2 . A grande maioria dos processos clássicos geram resíduo aquoso, gerando grandes problemas de estocagem.

MÉTODO DE IRRADIÇÃO DE GASES TÓXICOS POR FEIXE DE ELÉTRONS

Entre os vários métodos de tratamento de gases tóxicos, o processo de feixe de elétrons tem se mostrado promissor.

Por irradiação com feixe de elétrons, SO_2 e NO_x são removidos simultaneamente dos gases de combustão. Na presença de amônia, o sub-produto do processo é sulfato e nitrato de amônia. Após a filtração, esse produto pode ser utilizado com fertilizante.

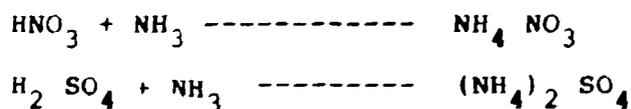
Há um grande número de reações químicas ocorrendo quando os gases são irradiados. Estas reações são o resultado direto da ionização e excitação dos componentes do gás. As seguintes reações, que acontecem durante a irradiação, são as reações primárias que geram as espécies ativas necessárias para a conversão de SO_2 e NO_x em seus respectivos ácidos:

Espécie	Produto
H_2O -----	$\text{OH} + \text{H}$
N_2 -----	2N
O_2 -----	2O
H_2O -----	$\text{H}_2\text{O} (+) + e (-)$
N_2 -----	$\text{N}_2 (+) + e (-)$
O_2 -----	$\text{O}_2 (+) + e (-)$

Dependendo da composição do gás, um número diferente de reações pode ocorrer com esses produtos de reação. As principais reações que ocorrem, envolvendo SO_2 e NO_x , são:

Espécie	Produto
$\text{SO}_2 + 2\text{OH}$ -----	$\text{H}_2 \text{SO}_4$
$\text{SO}_2 + \text{O}$ -----	SO_3
$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ -----	$\text{H}_2 \text{SO}_4$
$\text{NO} + \text{OH}$ -----	$\text{HNO}_2 \rightarrow \text{NO}_2 + \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
$\text{NO} + \text{O}$ -----	NO_2
$\text{NO}_2 + \text{O}$ -----	NO_3
$\text{NO}_2 + \text{OH}$ -----	HNO_3

A presença de amônia (NH_3) nos gases irradiados, leva à formação de sais de amônia a partir dos ácidos sulfúrico e nítrico. (FRANK & HIRANO, 1990)



Este processo nunca foi estudado no Brasil, porém está sendo investigado em várias instituições nesses últimos anos (ver IAEA TECDOC número 428, 1987). Plantas pilotos, (até 30.000Nm³/h) têm operado na Alemanha, Polônia, Estados Unidos e Japão. Desses testes em grande escala concluiu-se basicamente que o processo é viável, seguro e fácil de se operar. Devido a altas taxas de consumo de energia do gerador de feixe de elétrons, o processo foi limitado a concentrações de NO_x mais baixas.

Assim sendo, atualmente as pesquisas têm sido dirigidas para a melhora da eficiência de energia na remoção dos gases e a filtração do aerosol formado. Progressos signifi-

cantes têm sido alcançados recentemente, aplicando-se irradiação múltipla com produtos intermediários. Por esse método, a eficiência do processo foi melhorada por um fator 2. O mecanismo da melhora na eficiência não é totalmente conhecido ainda. (PAUR, 1989)

VANTAGENS DO PROCESSO

Este processo apresenta vantagens em relação aos outros métodos: é o único que remove simultaneamente SO_2 e NO_x ; apresenta altos níveis de eficiência; não produz resíduo aquoso; o produto final pode ser usado como fertilizante, não acarretando assim problemas de disposição de rejeitos; apresenta custos competitivos; é seguro e não gera radioatividade.

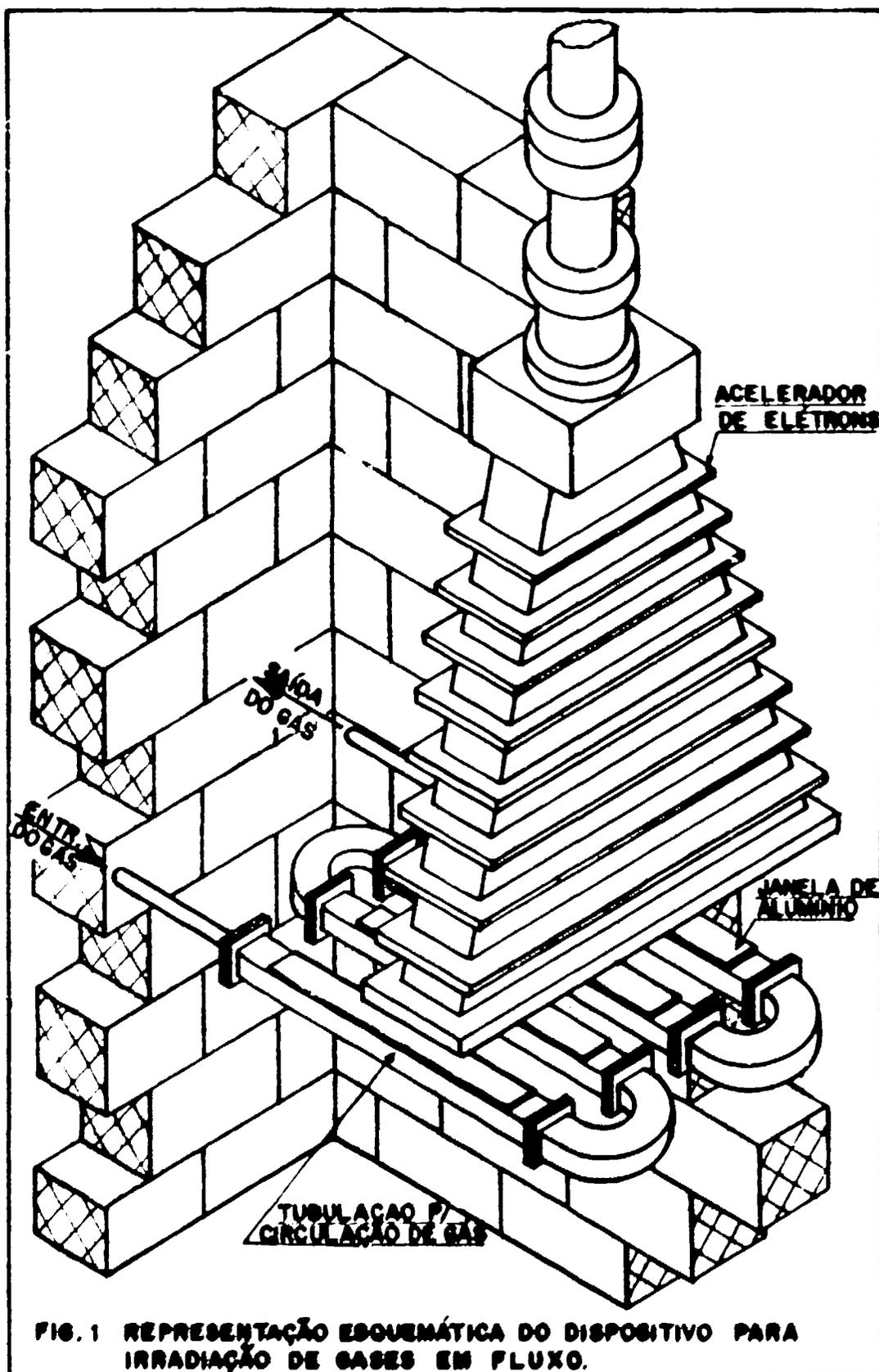
SISTEMA DE FLUXO PARA IRRADIAÇÃO DE GASES

O Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP. possui em sua Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e na Indústria - TE, um acelerador industrial de elétrons Dynamitron II, de 25 mA e 1,5 MeV.

Assim sendo, projetou-se um sistema de fluxo para irradiação de gases. Este sistema foi construído na oficina mecânica do IPEN. Para irradiação será utilizado o acelerador de elétrons existente na Coordenadoria. A figura 1 representa esquematicamente o dispositivo de irradiação de gases.

Este dispositivo de irradiação de gases foi projetado de forma a possibilitar o estudo de:

- Dosimetria de gases;
- Efeito da dose e taxa de dose na remoção de SO_2 e NO_x ;
- Efeito da temperatura na remoção de SO_2 e NO_x ;
- Efeito da concentração de SO_2 e NO_x ;
- Irradiação múltipla.



- Avaliação técnica e econômica do processo de tratamento de gases tóxicos SO_2 e NO_x por irradiação com feixe de elétrons de alta energia gerado em aceleradores;
- Melhora do intervalo de aplicação do processo de irradiação com feixe de elétrons e aperfeiçoamento da eficiência de energia.

O sistema de irradiação, conectado a cilindros de gases (NO , SO_2 , N_2 etc), um recipiente de mistura, sistemas de filtros e medidores apropriados, poderá ser utilizado para simulação de gases provenientes da combustão de óleo ou carvão, normalmente utilizados em siderúrgicas, termoelétricas etc.

SITUAÇÃO DESEJADA DO PROCESSO

Com o desenvolvimento da pesquisa, esperamos alcançar o domínio desta técnica, que possui grandes aplicações na área do meio ambiente, especialmente no controle da poluição atmosférica. Assim, será possível a transferência dessa tecnologia para indústrias nacionais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

01. BUSI, F.; D'angelantonio, M.; MULAZZANI, Q.G.; RAFFAELLI V.; TUBERTINI, O. Radiation treatment of combustion flue gases: Formulation and test of a reaction model. Radiat. Phys, Chem, 25 (1-3): 47-55, 1985.
02. EBARA ENVIRONMENTAL CORPORATION. Final report for testing conducted on the Ebara E-beam flue gas treatment system process demonstration unit at Indianapolis. Indiana - Greensburg, PA, 1988.
03. FRANK, N.W.; HIRANO; S. Ebara electron beam process for flue gas cleanup; Plant Test results and future developments. Radiat. Phys, Chem, 31: (1-3): 57-82,

1988.

04. FRANK, N.W. HIRANO, S. The electron-beam FGT process. Radiat. Phys Chem., 35 (1-3): 416-421, 1990
05. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Electron beam processing of combustion flue gases. Vienna, 1987.
06. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. New trends and developments in radiation chemistry. Vienna, 1989. (IAEA-TECDOC-527).
07. NAMBA, H. TOKUNAGA, O.; SUZUKI, N. Oxygen gas dosimeter for flow system. Appl. Radiat. Isot. 40 (1989) 53-56.
08. PAUR, H.R. Electron beam technology for removal of toxic components (SO_2 and NO_x) from combustion flue gases. IAEA National Executive Seminar for Processing of Flue Gases. Warschaukawecyn, Poland, 24.5, 1989.
09. PAUR, H.R. Research on EB-technology for flue gas cleaning at the Nuclear Research Center in Karlsruhe, FRG, IAEA. Workshop on Electron Beam Processing of Combustion Flue Gases. Warschau - Jacheranka, Poland 22-26 May, 1989.
10. PAUR, H.R. JORDAN, S.; BAUMANN, W. Removal of hygroscopic submicron aerosols released from electron beam dry scrubbing process. In: FILTECH 89 held in Karlsruhe, FRG, 12-14 September, 1989.
11. PAUR, H. R.; JORDAN, S.; SCHIKARSKI, W. On the state of of the art of flue gas cheaning by irradiation with fast electron. In: EBDS-Workshop held in Tokyo, Japan, 27-29 March, 1989.
12. PERSON, J. C.; HAM, D.O. Removal of SO_2 and NO_x from stack gases by electron beam irradiation. Radiat. Phys. Chem., 31 (1-3): 1-8, 1988.

13. SHVEDCHIKOV; A.P.; BELOUSOVA, E.V; PAVLOVA, S.V.
GOL'DANSKII, V. I.; DZANTIEV, B.G. Radiation
- Chemical removal of NO_x and SO₂ from exhaust gases.
Radiat. Phys. Chem., 31 (1-3): 15-19, 1988.
14. WILLIAMS, K.; FRUTIGER; W.A.; HILEY, J.; NABLO, S.V.
Requirements for very high power electron beam
systems for utility stack gas treatment. Radiat.
Phys. Chem., 31 (1-3): 29-44, 1988.