



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00353

(22) Data de depozit: 18.05.2012

(41) Data publicării cererii:
30.12.2013 BOPI nr. 12/2013

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI
RADIĂȚIEI, STR.ATOMIȘTILOR NR.409,
MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• IGHIGEANU DANIEL PAUL, BD. DACIA
NR.88, ET.5, AP.21, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;

• CĂLINESCU IOAN, STR.GHIRLANDEI
NR.38, BL.D 1, SC.C, PARTER, AP.21,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• MARTIN DIANA, STR.LIVIU REBREANU
NR.5, BL.52, SC.3, ET.4, AP.106,
SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• MATEI CONSTANTIN, STR.NUCȘOARA
NR.5, BL.38, SC.1, ET.3, AP.12, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **PROCEDEU PENTRU ELIMINAREA SO₂ ȘI NO_x DIN GAZELE
DE ARDERE INDUSTRIALE PRIN TRATAMENT CU
ELECTRONI ACCELERAȚI DE ENERGIE MEDIE ÎN
PREZENȚA PICĂTURILOR FINE DE APĂ**

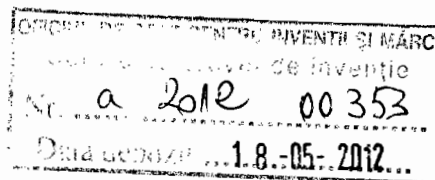
(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu pentru eliminarea SO₂ și NO_x din gaze de ardere industriale. Procedeu conform invenției constă din condiționarea gazelor de ardere prin injectarea unei soluții apoase de amoniac 25%, iradierea cu fascicule de electroni accelerați de energie medie, simultan cu dispersarea unei cantități de

picături fine de apă în zona de reacție, și modificarea parametrilor în funcție de rezultatele monitorizării.

Revendicări: 1
Figuri: 5





DESCRIERE

PROCEDEU PENTRU ELIMINAREA SO₂ SI NO_x DIN GAZELE DE ARDERE INDUSTRIALE PRIN TRATAMENT CU ELECTRONI ACCELERATI DE ENERGIE MEDIE IN PREZENTA PICATURILOR FINE DE APA

Inventia se refera la un procedeu pentru indepartarea poluantilor gazosi SO₂ si NO_x din gazele de ardere industriala. Procedeu de eliminare cu eficienta ridicata a SO₂ si NO_x din gazele de ardere consta, conform inventiei, din iradierea cu fascicule de electroni accelerati (EA) de energie medie a gazelor de ardere, simultan cu dispersarea unei cantitati suficiente de picaturi fine de apa (PFA) in incinta de reactie. Instalatia realizata pentru demonstrarea aplicabilitatii procedurii este alcatuita, in principal, dintr-un accelerator de electroni si dintr-o incinta de iradiere special conceputa si construita pentru a testa efectul PFA asupra tratamentului gazelor de ardere cu o concentratie ridicata de SO₂ si NO_x. Scopul inventiei este acela de a reduce pierderile de energie in ferestrele acceleratorului si a reactorului si in stratul de aer dintre ele prin utilizarea fasciculelor de EA de energie medie si de a rezolva o parte din problemele legate de ingineria si functionarea acceleratoarelor de electroni de joasa energie (0.7 MeV) si mare putere (~ 1 MW) utilizate in prezent, precum si pentru cresterea eficientei procesului.

Preocuparile pentru sanatatea publica si controlul asupra ploilor acide cu efect devastator asupra covorului verde al pamantului si asupra sanatatii oamenilor, au condus la o actiune raspandita la nivel mondial pentru reducerea emisiilor de SO₂ si NO_x provenite din instalatii mari de ardere (termocentrale si fabrici de ciment), prin utilizarea unor procedee de depoluare diferite. In tara noastra, exista reglementari foarte stricte cu privire la emisiile de SO₂ si NO_x.

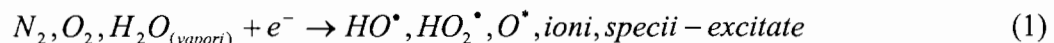
Printre tehnologiile conventionale pentru tratarea gazelor de ardere destinate controlului emisiilor de SO₂ si NO_x se numara desulfurarea umeda, uscata si semi-uscata (DGA) precum si reducerea catalitica selectiva (RCS). Procesele mai sus mentionate indeparteaza SO₂ si NO_x in doua instalatii distincte. Astfel de procedee implica tehnologii chimice destul de complicate si sunt producatoare de deseuri, precum apa uzata, gips si catalizatori uzati.

Tehnologia de tratare a gazelor de ardere prin iradierea cu electroni accelerati a fost propusa ca metoda eficienta de indepartarea a SO₂ si NO_x deoarece are urmatoarele avantaje [1]:

- este un proces de epurare uscata pentru indepartarea simultana a SO₂ si NO_x,
- nu este necesar un tratament al apelor uzate,
- nu este necesara utilizarea nici unui catalizator,
- ofera o procesare simpla si eficienta,
- pulberea colectata poate fi utilizata drept ingrasamant in agricultura fiind formata din sulfat si azotat de amoniu.

Aplicarea de fascicule de electroni pentru tratarea gazelor de ardere, cum ar fi eliminarea dioxidului de sulf, a fost initiat de Ebara Corporation în Japonia si în Statele Unite [2]. In acest moment functioneaza doar câteva statii pilot si instalatii industriale pentru tratarea gazelor de ardere prin iradiere cu fascicule de electroni [3]. Dezavantajul principal, ca si in cazul altor tehnologii convenționale, il constituie consumul mare de energie (energia necesară este de aproximativ 2-4% din energia electrică totala produsa de instalatie) [4,5]. De asemenea, se remarca si dificultatile in operarea acceleratoarelor de foarte mare putere. Acesta este motivul pentru care este obligatoriu de a gasi solutii noi si de a dezvolta strategii pentru diminuarea dozei de radiatie absorbita in gazele de ardere si pentru optimizarea procesului in vederea utilizarii eficiente a energiei fasciculelor de electroni.

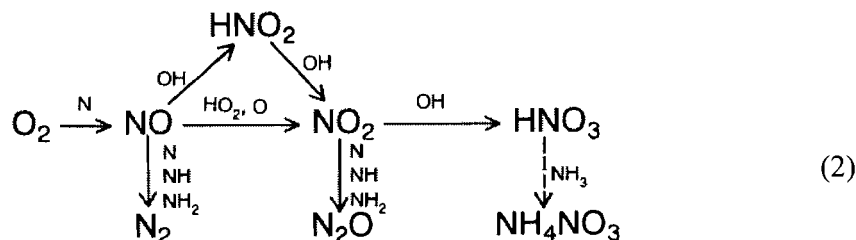
Supuse procesului de iradiere cu un fascicul de electroni, principalele componente ale gazelor de ardere (N₂, O₂ si H₂O), sunt transformate in specii reactive (radicalii liberi, ioni, atomi excitati) care au un potential de oxidare ridicat [6,7]:



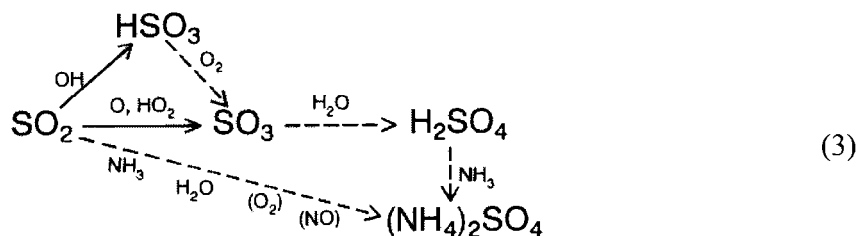
Efectul principal al oricarei radiatii ionizante se bazează pe capacitatea sa de a excita si a ioniza moleculele iar acest lucru duce la formarea de radicali liberi care initiaza apoi reactii chimice. Fasciculele accelerate de electroni potrivite pentru tratarea gazelor de ardere (de pana la 5 MeV) au suficienta energie pentru a afecta electronii din invelisul atomic, dar nu si nucleele si, prin urmare, pot initia numai reactii chimice [8]. De obicei, reactiile initiate cu fascicule de electroni sunt extrem de rapide si au loc in fractiuni de secunda.

In prezența acestor specii reactive, NO_x și SO₂ din gazele de ardere sunt oxidate și produc acid azotic și acid sulfuric ca produse intermediare. Acești acizi sunt neutralizați cu amoniac, producându-se pulberi de nitrat de amoniu și sulfat de amoniu [9]:

NO_x removal



SO₂ removal



Randamentul reacțiilor termice depinde de temperatura și umiditate. Randamentul reacțiilor induse de radiații depinde de doza, temperatura și stoichiometria amoniacului. Principalul parametru în eliminarea NO_x este doza. Prezența vaporilor de apă este obligatorie pentru îndepărtarea eficientă a SO₂ și NO_x din gaze. Prin radioliza apei se obține radicalul HO* care va oxida atât SO₂ cât și NO_x [10]. Pentru a obține maximum de eficiență în eliminarea ambilor poluanți este necesară o umiditate a gazelor de 8-10% vol. [11].

Selectia unui accelerator adecvat este un aspect important în procesul tehnologic.

Pierderile de energie ale electronilor accelerați în ferestrele acceleratorului și în spațiul dintre ele sunt mari pentru acceleratoare de energie redusă și de putere mare, care sunt utilizate în prezent pentru îndepărtarea poluanților gazoși [12]. Pierderile totale de energie în ferestre, în spațiul dintre ele și prin backscattering sunt substanțial mai mici la energii incidente de fascicul mai mari. Energia utilă a electronilor accelerați este de aproximativ 50% din energia de intrare de 0,5 MeV și de aproximativ 95% pentru energii mai mari de 3 MeV. Astfel, randamentele electrice mai mici ale

acceleratoarelor cu energii mai mari sunt partial compensate de pierderile reduse de energie de electroni in ferestre. In plus, acceleratoare de electroni cu energii mai mari pot oferi puteri mai mari de fascicul la curenti de fascicul mai mici [13].

O atentie deosebita am acordat nivelului de penetrare a fasciculului de electroni. Parcursul fasciculelor de electroni de energie mare in materialele iradiate creste liniar cu energie incidenta si depinde de compozitia atomica a acestora. Depunerea de energie este cauzata in principal de ciocnirile electronilor incidenti cu electronii atomici. Prin urmare, materialele cu continut mai mare de electroni (electroni pe unitatea de masa), vor absorbi doze mai mari in apropiere de suprafata de intrare, dar vor avea un domeniu de penetrare mai scurt [14].

Pentru acceleratoarele de electroni de energie medie (500 keV la 5 MeV) si de energie inalta (5 MeV pana la 10 MeV), adancimea de patrundere se coreleaza cu energia EA si cu densitatea mediului de reactie.

Figura 1 reprezinta graficul cu valorile calculate ale adancimii de patrundere practice a EA (cu utilizarea integrala a energiei EA) in functie de energia electronilor in gazele de ardere ($\rho=1$ g/L) si in gazele de ardere cu PFA ($L=4 \cdot 10^{-3}$, $\rho=5$ g/L). Raportul volumetric apa:gaz este considerat ca $L = (V_{aq} / V_{gaz})$, unde V_{aq} V_{gaz} si se refera la volumele iradiate pentru cele doua faze (lichida si gazoasa).

Desi EA de energie medie (2,5 MeV) sunt utilizati cu eficienta ridicata (cu pierderi totale mici de energie), adancimea de patrundere a acestora este prea mare (aprox. 12,4 m, vezi Fig. 1) pentru incintele de iradiere utilizate in mod curent. Pentru a reduce adancimea de penetrare, este necesara cresterea densitatii mediului iradiat. Acest lucru poate fi realizat prin dispersarea PFA in gazele de ardere.

Figura 2 reprezinta influenta fractiei apa lichida / gaz (L) din gazele de ardere asupra densitatii mediului de gaz si adancimii de patrundere a EA de 2,5 MeV.

Cand L este destul de redus (intr-un proces tipic de tratare cu EA, $L \leq 10^{-6}$), este putin probabil ca reactiile induse de radiatii in faza lichida sa poata juca un rol important in eliminarea poluantilor din gazele iradiate, dar in cazul in care $L \sim 10^{-3}$ reactiile in faza lichida devin importante. Pentru astfel de conditii, procesul de oxidare principal are loc in faza lichida, dar el este initiat de speciile active formate in faza gazoasa [15].

S-a determinat [16] ca eficientele de indepartare a NO_x si SO₂ la iradierea cu EA cu pulverizare de apa sunt sensibile nu doar la doza absorbita ci si la cantitatea de apa existenta in gaz ca si picaturi de lichid.

Conversia SO₂ poate fi obtinuta prin reactii in faza gazoasa (termice si radio-induse) si prin reactii in faza lichida. Din cauza valorii mari a solubilitatii in apa a SO₂ (constanta lui Henry = 1,23 M * atm⁻¹), SO₂ este usor de absorbit in apa, unde SO₂ este oxidat de o reactie in lant in prezenta oxigenului dizolvat [15].

Conversia NO are loc numai prin reactii radio-induse. In faza gazoasa, NO este oxidat la NO₂ prin reactiile NO cu O si O₃. In absenta picaturilor de apa eficienta de indepartare a NO scade brusc dupa conversia de NO in NO₂ [15].

In prezenta picaturilor fine de apa, transformarea NO₂ are loc prin dizolvare si reactie in picaturile de apa (constanta lui Henry a NO₂ este de 6 ori mai mare decat valoarea pentru NO: 1.23*10⁻² M*atm⁻¹, respectiv, 0.195*10⁻² M*atm⁻¹ [17].

Pot fi subliniate cateva motive care arata importanta potentiala a oxidarii ce are loc in picaturi in procesul de tratare cu electroni accelerati [18]:

- oxidare puternica datorita energiei libere Gibbs scazute a produselor obtinute in faza lichida;
- solubilitate ridicata a componentelor de amestec (SO₂, NO₂, si N₂O₄), rezultand intr-o crestere, a concentratiei in faza lichida;
- viteze mari a proceselor de oxidare in faza apoasa initiate de radiatia ionizanta.

Scopul inventiei este de a trata gazele de ardere la valori ridicate ale L (aproximativ 10⁻³). La acest nivel, este posibil sa se obtina o crestere semnificativa a densitatii mediului (de 4-5 ori mai mare decat densitatea gazelor de ardere fara PFA) si, de asemenea, este posibil sa se utilizeze un fascicul de electroni cu energie medie in reactoare de iradiere cu un diametru mic. In plus, reactiile induse de radiatii in faza lichida joaca un rol semnificativ si ele vor creste eficienta generala a procesului.

Incinta de reactie pentru iradiere cu electroni accelerati de energie medie si mare in prezenta picaturilor fine de apa

A fost conceput si construit un reactor special pentru a testa efectul PFA asupra tratamentului gazelor de ardere cu o concentratie ridicata de SO₂ si NO_x utilizand

fascicule de electroni de energie înaltă (9MeV). Incinta de iradiere trebuie să permită introducerea în interiorul ei a unui câmp de electroni accelerați cu o anumită energie cinetică E_c și o anumită secțiune transversală (caracteristică geometrică), ambele în concordanță cu caracteristicile oferite de acceleratorul de electroni. Aceste caracteristici impun ca prin unul din capetele incintei să existe o fereastră de electroni acoperită cu o folie de titan sau aluminiu. Această folie trebuie să fie suficient de subțire pentru a permite penetrarea fără pierderi de energie a câmpului de electroni accelerați. Fasciculul de electroni prezintă o geometrie de trunchi de con a cărei bază se mărește pe măsură ce electronii străbat un strat de aer din ce în ce mai gros, datorită împrăștierei pe moleculele de aer sau alte materiale întâlnite pe parcursul lor. De asemenea, lungimea incintei ține seama de parcursul electronilor într-un mediu gazos în care se află PFA la valori ale fracției de volum de apă pentru care tratamentul gazelor poluante în prezența picăturilor fine de apă să fie eficient ($L \sim 3 \cdot 10^{-3}$).

Reactorul pentru EA este conceput ca o cutie Faraday în scopul de a permite monitorizarea curentului mediu de EA în timpul iradierii gazelor de ardere. Acesta se compune din două tuburi din oțel inoxidabil concentrice: un tub interior închis la capete și izolat din punct de vedere electric având diametrul interior de 0,2 m și 2,967 m lungime și un tub exterior legat la împământare având diametrul interior de 0,28 m și 3,145 m lungime. Fasciculul de electroni este introdus în incinta interioară prin două ferestre de electroni ce închid cele două tuburi concentrice, executate din Al de 100 μm . Curentul mediu de EA este cules de pe tubul interior care este izolat electric, integrat și afișat la pupitrul de comandă al acceleratorului.

Pe cilindrul interior au fost fixate 15 duze de 0,2 mm prin care se introduce apă sub formă de picături fine cu ajutorul pompei tip Aero Mist de 0,5 GPM (galoane pe minut) și 700 W având presiunea nominală de 70 bar. Pompa conține un filtru de particule de 5 μm .

Figura 3 reprezintă schița incintei de iradiere cu EA a gazelor de ardere în prezența PFA care este formată dintr-un cilindru interior din oțel inoxidabil în care se face tratamentul gazelor (1), un cilindru exterior din oțel inoxidabil legat la împământare (2), inele izolatoare din teflon (3), o fereastră de EA în capatul cilindrului interior (4), o

fereastra de EA in capatul cilindrului exterior (5), o mufa BNC pentru monitorizarea curentului mediu de EA (6), sistemul de duze pentru pulverizarea apei (7).

Apa este impinsa printr-un furtun din nylon rezistent la presiune in duzele care sunt fixate mecanic prin cleme cu surub si distribuite elicoidal si echidistant la 120° . Presiunea inalta determina pulverizarea apei prin duze ca picaturi fine de diametru de aprox. $10 \mu\text{m}$.

Procedeu pentru eliminarea SO_2 si NO_x din gazele de ardere industriale prin tratament cu electroni accelerati in prezenta picaturilor fine de apa

Procedeu de eliminare cu eficienta ridicata a SO_2 si NO_x din gazele de ardere prin iradiere cu fascicule de electroni accelerati de energie medie simultan cu dispersarea unei cantitati suficiente de picaturi fine de apa in incinta de reactie cuprinde urmatoarele etape:

Etapa 1: Se fixeaza geometria de iradiere a acceleratorului de energie medie

- Se verifica pata lasata de fasciculul de electroni pe o sticla de 4 mm amplasata in fata ferestrei incintei de reactie, in vederea pozitionarii corecta a acesteia;
- Se fixeaza componentele instalatiei experimentale;
- Se controleaza functionarea sistemului de ventilatie din camera de iradiere;
- Se controleaza functionarea corecta a mijloacelor de avertizare luminoasa care trebuie sa fie active pe toata durata iradierii;
- Se controleaza conditionarea pornirii radiatiei de inchiderea usii camerei acceleratorului;

Etapa 2: Obtinerea si conditionarea amestecului gazos cu poluanti

- Se procedeaza la obtinerea gazelor de ardere prin pornirea arzatorului pe motorina;
- Se utilizeaza un combustibil lichid cu continut ridicat de sulf si de azot pentru a obtine gaze de ardere cu o compozitie chimica similara cu a gazelor industriale de la centralele electrice care ard carbune sau petrol;
- Se injecteaza NH_3 in gazul de ardere inainte ca acesta sa patrunda in incinta de iradiere (se foloseste o solutie apoasa de amoniac cu concentratia de 25% care va fi preluata de o pompa dozatoare incalzita pana la evaporare si apoi introdusa in sistem);

- Se porneste controlerul pentru ajustarea temperaturii gazului la intrarea in incinta de iradiere combinata la 65 - 70⁰C, prin reglarea debitului de apa de racire in instalatia de preparare si conditionare gaze.

Etapa 3: Iradierea cu acceleratorul de electroni

- Se controleaza evacuarea oricarei persoane din camera de iradiere;
- Se inchide usa de acces in camera de iradiere si se porneste acceleratorul de electroni;
- Sa controleaza functionarea sistemului de televiziune in circuit inchis care supravegheaza instalatia tot timpul iradierii;
- Se regleaza si se fixeaza, de la pupitrul de comanda, parametrii acceleratorului si se asteapta 1-2 minute pentru ca acestia (energia medie E_c si curentul mediu I_{med}) sa se stabilizeze;
- Se porneste iradierea cu electroni accelerati si se supravegheaza stabilitatea parametrilor;

Etapa 4: Dispersarea unei cantitati suficiente de picaturi fine de apa in incinta de reactie

- Se verifica cuplarea pompei de presiune la sistemul de duze si se alimenteaza pompa cu apa;
- Se porneste sistemul de productie a picaturile fine de apa si se regleaza presiunea pompei.

Etapa 5: Monitorizarea amestecului gazos

- Se masoara concentratiile de gaze poluante atat inainte cat si dupa tratamentul cu EA in prezenta PFA, in flux continuu sau periodic, in functie de solutiile de masurare disponibile.

Etapa 6: Analiza produsilor solizi de reactie

- Pentru obtinerea de fertilizatori in stare solida (cristale de sulfat de amoniu si azotat de amoniu) trebuie evaporata apa. Acest lucru poate fi realizat folosind caldura gazelor de ardere ce urmeaza a fi tratate la 65-70⁰C . Se analizeaza apoi produsii de reactie solizi rezultati cu metoda ion cromatografica.

Etapa 7: Oprerea instalatiei

- Se opreste sistemul de productie a PFA concomitent cu oprirea iradierii cu electroni accelerati;

- Se opreste sistemul de producere si conditionare gaze de ardere;
- Se deschide usa camerei acceleratorului si se asteapta cateva minute pentru aerisire;
- Se recupereaza produsii de reactie in vederea analizei;
- Se pregateste instalatia in vederea unei noi experimentari sau se demonteaza.

Exemplu: Tratamentul gazelor de ardere prin iradiere cu electroni accelerati in prezenta picaturilor fine de apa pentru indepartarea SO₂ si NO_x

Experimentele efectuate, in care picaturile fine de apa care sunt produse cu o pompa de inalta presiune si sunt injectate simultan cu un fascicul de electroni de energie mare (6-9 MeV) in reactorul descris mai sus, au avut urmatoarele scopuri :

- Promovarea utilizarii acceleratoarelor de electroni de energie medie pana la mare pentru eliminarea poluantilor din gazele de ardere deoarece pierderile de energie a electronilor accelerati in ferestrele acceleratoarelor si in spatiul dintre ele este substantial mai mic la energii mai mari de electroni [13];

- Reducerea parcursului util al electronilor de energie medie, care este in aer mult mai mare decat diametrul reactoarelor de EA uzuale care sunt utilizate in prezent pentru indepartarea poluantilor gazosi. Prin urmare, prezenta de PFA simultan cu un fascicul de electroni de energie medie face posibila utilizarea de reactoare de EA cu dimensiuni abordabile.

Injectarea picaturilor fine de apa simultan cu prezenta EA de energie mare in gazele de ardere face posibila atat scurtarea parcursului EA cat si imbunatatirea absorbtiei de energie de EA si consumarea ei in reactii chimice utile. Un accelerator de laborator de energie mare (6 - 9 MeV) a fost folosit pentru a pune in evidenta efectul PFA.

Figura 4 reprezinta schita instalatiei realizate pentru tratarea SO₂ si NO_x prin iradiere cu electroni accelerati de la acceleratorul ALIN-10 in prezenta unei cantitati suficiente de PFA, formata din acceleratorul de electroni (8), incinta de iradiere cu sistemul de duze (9), unitatea de ardere combustibil (10), sistemul de racire gaze (11), ventilatorul de antrenare gaze (12), pompa dozatoare amoniac (13), sistemul de colectare apa din proces (14) si sistemul de monitorizare gaze (15).

Gazul de ardere contine concentratii mari de SO₂, NO_x, H₂O si CO₂. Pentru a asigura o masurare cat mai corecta, s-a utilizat echipamentul ENDA-600 ce poate analiza

urmatoarele componente: SO₂: 200–5000 ppm; O₂: 0–500 ppm; NO_x: 0–1000 ppm; CO: 0–100 ppm; CO₂: 0–25 %; CO: 200–5000 ppm; O₂: 10–25 %.

S-au instalat doua sisteme de prelevare a probelor pentru monitorizarea in regim continuu a concentratiilor de SO₂ si NO_x, la inceputul procesului (inainte de injectia de amoniac), si la iesirea din camera de iradiere. Citirea s-a facut in afara halei acceleratorului.

Temperatura gazului la intrarea in reactor a fost masurata cu un termocuplu.

Umiditatea gazului de evacuare s-a determinat prin metoda analitica manuala bazata pe metoda 4EPA care foloseste tuburi U umplute cu granule de silica gel.

Acceleratorul liniar de electroni ALIN-10, construit in Institutul National pentru Fizica Laserilor, Plasmei si Radiatiei, este un accelerator cu unda progresiva cu magnetron de 2 MW, functionand in banda S (2992 - 3001 MHz) si avand energia de fascicul de electroni la putere maxima de 6,23 MeV. La iesirea din accelerator, fasciculul trece printr-un inel colector de electroni care intercepteaza o fractie din totalul acestora. Prin instrumentatia electronica asociata se afiseaza la pupitrul de comanda o valoare relative a curentului mediu de EA.

Caracteristicile de fascicul ale acceleratorului ALIN-10 utilizate in experimente (I – current de fascicul, E- energia de fascicul si P- puterea de EA) sunt urmatoarele:

$$I_{\text{exit accelerator}} = 13 \pm 1 \mu\text{A}$$

$$E_{\text{exit accelerator}} = 9.17 - 0.23 / + 0.1 \text{ MeV}$$

$$I_{\text{reactor as Faraday cup (fara PFA)}}: 10-11 \mu\text{A}$$

$$I_{\text{reactor as Faraday cup (cu PFA)}}: 0.5 - 1 \mu\text{A}$$

$$P_{\text{exit accelerator}} = 13 \mu\text{A} \times 9.17 \text{ MeV} = 119.21 \text{ W}$$

$$P_{\text{reactor inside power (fara PFA)}} = 10 (11) \mu\text{A} \times 9.17 \text{ MeV} = 91.7 (100.87) \text{ W}$$

(aprox. 17,34 W pana la 27,3 W reprezinta pierderile in si intre cele doua ferestre ale reactorului si alte pierderi necontrolate).

Se parcurg etapele procedeeului descris anterior.

O serie de experimente au fost efectuate folosind un debit al gazelor de ardere de 14000 l/h. Tipul de tratament a fost cu EA si cu EA combinate cu PFA.

Figura 5 reprezinta graficul eficientei de indepartare a SO₂ si NO_x din gazele de ardere avand un debit de 14000 l/h in urma iradierii cu EA, in functie de raportul volumic apa – vapori de apa, pentru diferite concentratii de intrare a poluantilor.

Se poate observa ca prezenta PFA provoaca o crestere a eficientei de eliminare a poluantilor. Acest efect este mai puternic atunci cand valorile eficientei de indepartare in lipsa PFA, sunt mai mici.

Pentru diferite conditii experimentale, a fost schimbata densitatea amestecului de reactie si din acest motiv, si adancimea de patrundere a EA si puterea medie de EA utilizata. In absenta PFA adancimea de patrundere este de 45,3 m iar in prezenta PFA (L = 0,0036) este de numai 12,6 m astfel ca, puterea de EA utilizat efectiv este diferita: 9 W in absenta PFA si 25 W cu PFA (deoarece lungimea reactorului este limitata la 3 m, se poate considera ca raportul dintre lungimea reactorului si adancimea de patrundere ofera informatii despre puterea efectiv utilizata). Din această valoare a puterii utilizate, se pot determina valorile reale ale densitatii de energie in reactor (DER) si eficienta energetica (EE), care reprezinta criteriile de evaluare a procesului, exprimate prin relatiile (Zhu 2009):

$$DER(kJ/l) = \frac{\text{putere_de_intrare_EA_}(W)}{\text{debitul_de_gaz_}(l/min)} \times 60 \times 10^{-3} \quad (4)$$

$$EE(g/kWh) = \frac{[P]_{intrare} \times EI}{DER} \times 10^{-3} \quad (5)$$

Unde eficienta de indepartare (EI) a poluantilor (P) este:

$$EI(\%) = \frac{[P]_{intrare} - [P]_{iesire}}{[P]_{intrare}} \times 100\% \quad (6)$$

Cu ([P] in mg/Nm³)

Pentru concentratii de intrare de 520 ppmv pentru SO₂ si 300 ppmv pentru NO_x au fost obtinute urmatoarele valori pentru EE: 226,5 g/kWh pentru SO₂ si 48,7 g/kWh pentru NO_x. Aceste valori sunt mai mari decat cele obtinute, de exemplu, pentru instalatia industrială de la Pomorzany [17] (123.3 g/kWh pentru SO₂ si 25 g/kWh pentru NO_x). Prin determinarea eficientei energetice a procesului, a fost demonstrat efectul favorabil al utilizarii PFA si a fasciculelor de electroni de energie mare.

REVENDICARI

1. Procedeu de indepartare simultana a poluantilor gazosi (SO₂ si NO_x) din gazele de ardere industriale cu o concentrație ridicată de SO₂ si NO_x **caracterizat prin aceea ca se utilizeaza iradierea cu fascicule de electroni accelerati de energie medie (1-2 MeV) in prezenta unei cantitatati suficiente de picaturi fine de apa in mediul de reactie (fractia de volum de apa $L \sim 10^{-3}$).** Concentratiile initiale de SO₂ sunt cuprinse intre 500 si 2000 ppmv iar de NO_x intre 40 si 300 ppmv. Utilizarea fasciculelor de electroni de energie medie urmareste micsorarea pierderilor de energie in ferestrele metalice ale acceleratorului si ale reactorului precum si in spatiul de aer dintre acestea. Utilizarea picaturilor fine de apa in fractie de volum de cel putin 0,001 urmareste micsorarea adincimii de patrundere a electronilor accelerati de energie medie si cresterea eficientei procesului. Etapele procedului constau in: fixarea geometriei de iradiere a acceleratorului de electroni; obtinerea si conditionarea gazului de ardere (temperatura gaze 65-70⁰C, NH₃ adaugat stoichiometric; debit 5 - 14 m³h⁻¹), iradiere cu electroni accelerati in prezenta picaturilor fine de apa si modificarea parametrilor de proces in functie de rezultatele monitorizarii in flux.

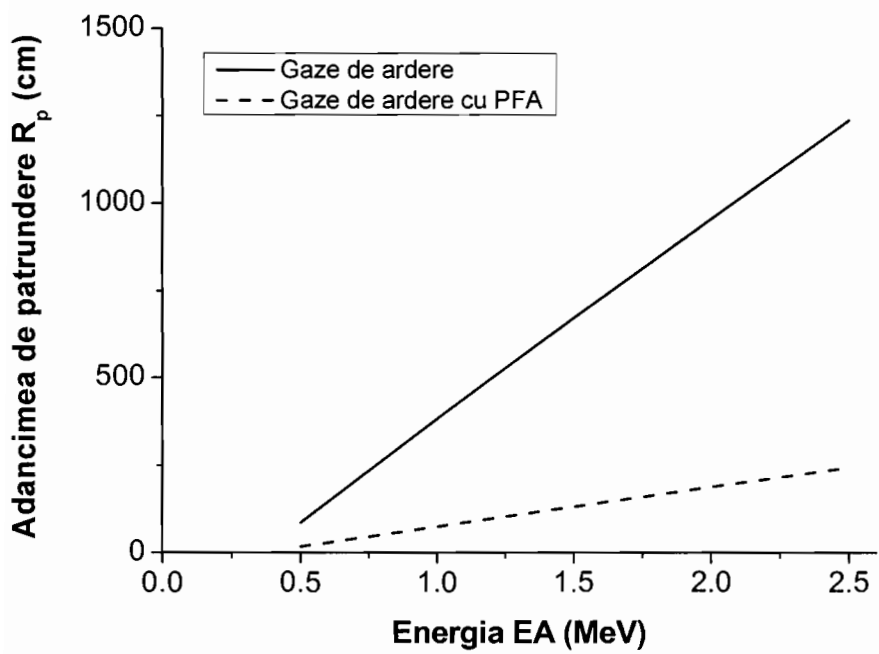


Fig. 1

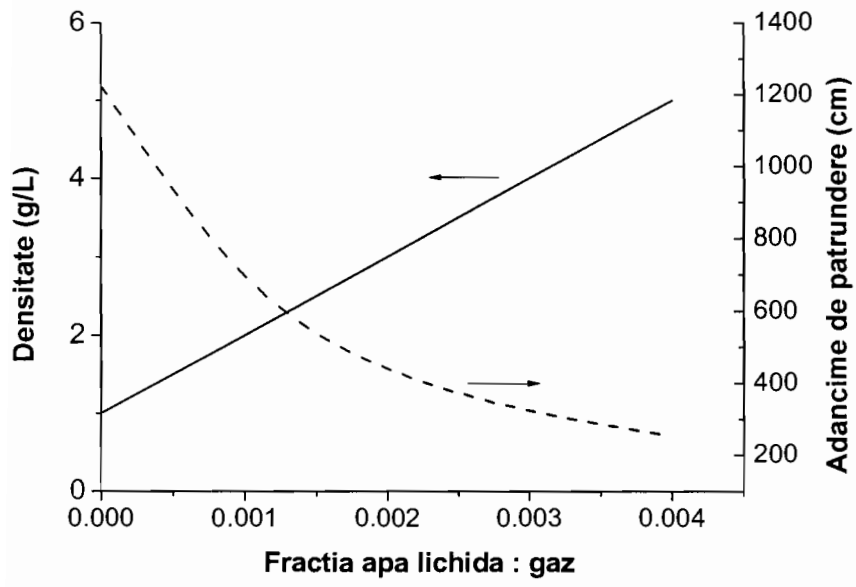


Fig. 2

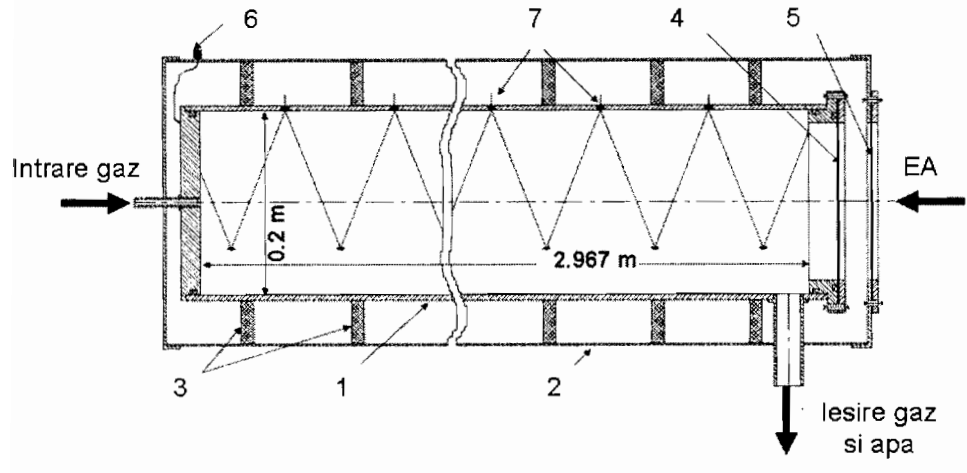


Fig. 3

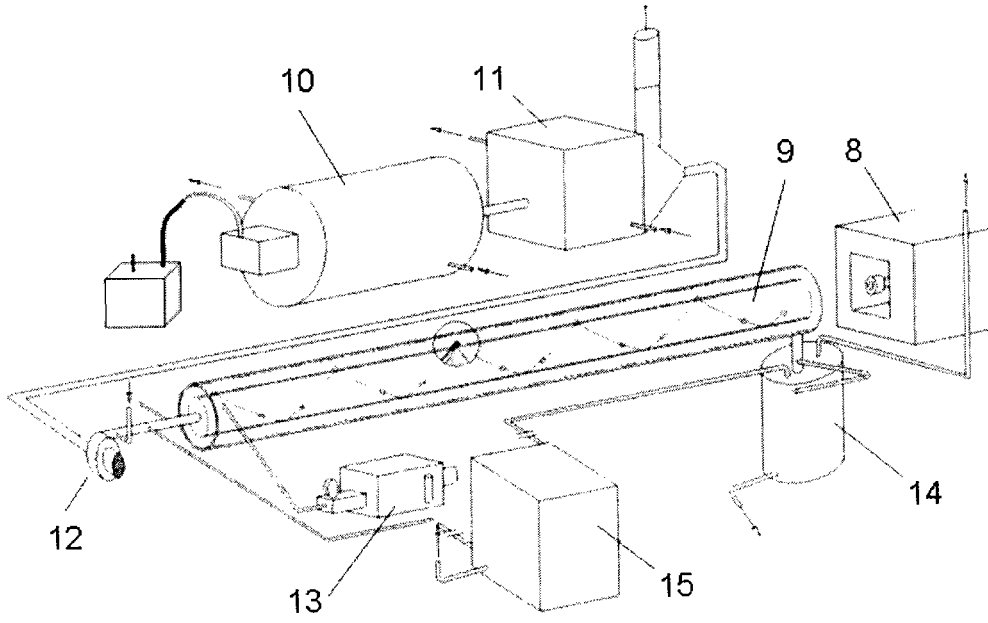


Fig. 4

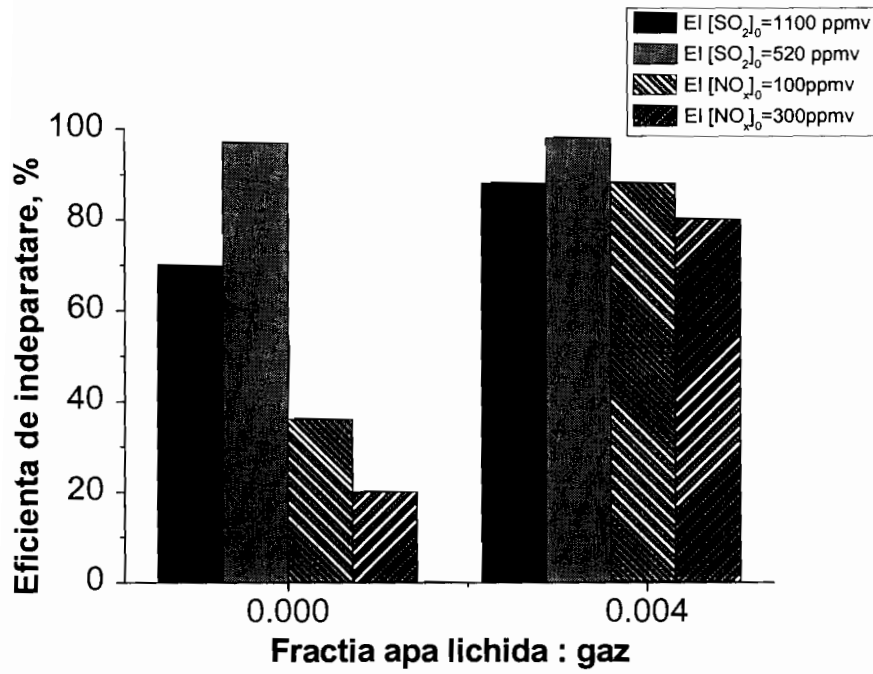


Fig. 5