

CONTROLUL EMISIILOR POLUANTE ÎN BAZA EFECTULUI DE ARDERE A GAZELOR NATURALE ÎN CÂMP ELECTRIC

V. Daud

Universitatea Tehnică a Moldovei

INTRODUCERE

Consumul înalt de gaze naturale în industrie și alte ramuri ale economiei și majorarea continuă a prețurilor impune revizuirea tehnologiilor tradiționale și aplicarea a noi abordări a problemei de generare a energiei termice și electrice prin arderea gazelor, care ar permite cât ridicarea randamentului, atât respectarea normelor ecologice de poluare a mediului. Una din astfel de abordări este arderea gazelor naturale în câmp electric [1, 2]. E cunoscut faptul, că procesul de ardere a hidrocarburilor gazoase este însoțit de generare a ionilor pozitivi și alți radicali de hidrocarburi, care devine, într-o măsură, o piedică la arderea normală. În dependență de densitatea fluxului de ioni, de rata de amestec se majorează coliziunile dintre ionii pozitivi și masa de molecule neutre de combustibil gazos și influențează negativ transferul de masă și căldură din centrul flăcării. Aplicarea câmpului electric pozitiv radial duce la răspândirea ionilor spre partea externă a flăcării, ceea ce favorizează transferul de masă și căldură și, în rezultat, poate să ridice eficiența arderii, să micșoreze temperatura flăcării și să diminueze esențial emisiile de gaze nocive [1,2,4], dar necesită o cercetare minuțioasă pentru a aplica în practică.

1. EFECTUL CÂMPULUI ELECTRIC ASUPRA PROCESULUI DE ARDERE A GAZELOR

Aplicarea câmpului electric asupra flăcării de ardere a gazelor produce o mișcare de deplasare (drift) a particulelor încărcate (ioni, particule de funigină) în direcția de orientare a câmpului electric. Ecuația pentru fluxul de ioni, care participă la difuziunea particulelor încărcate și câmpul ce provoacă mișcarea de drift se prezintă în modul următor [2]:

$$\nabla n_i + \nabla(D_i \nabla n_i - e \mu_i n_i E) = 0, \quad (1)$$

$$\nabla^2 U = e / \epsilon_0 (n_i - n_e), \quad (2)$$

unde n_i , n_e - densitatea ionilor și electronilor în fluxul flăcării; e - sarcina electrică a electronului;

E - intensitatea câmpului electric; U - tensiunea dintre electrodul central și extern; μ_i - mobilitatea ionilor, $D_i = \mu_i k T / e$, k - constanta lui Boltzmann, T - temperatura flăcării; ∇ - vectorul vitezei locale a fluxului; ϵ_0 - permitivitatea dielectrică.

E necesar de efectuat calcule și studii experimentale, care ar elucida posibilitățile explorării mecanismelor de bază, prin care câmpul electric radial produce variații în procesul de transfer masă/căldură și a procesului de ardere de a permite un control electronic pentru diminuarea poluării mediului. Cercetările efectuate [1,2] arată concret, că în condițiile aplicării potențialului pozitiv la electrodul central, câmpul electric radial amplifică convecția ionilor pozitivi și radicalilor de hidrocarburi din zona de reacție a flăcării spre exteriorul ei. În dependență de densitatea ionilor, mărimea fluxului de combustibil, intensitatea câmpului, convecția determinată de câmp reduce rata de combustie a gazului și emanarea de căldură în partea centrală a flăcării, deplasând-o spre partea exterioară. O latură a efectului câmpului electric asupra arderii gazelor este influența asupra formării emisiilor de NO_x [2, 4], care constă în diminuarea formării NO_x în zona de piroliză a flăcării, ceea ce poate fi utilizată pentru reducerea nivelului de emisii la producerea în masă a energiei termice și electrice.

2. REZULTATE EXPERIMENTALE ȘI DISCUȚIE

În lucrarea propusă se prezintă influența câmpului electric asupra emisiilor de NO_x . Pentru acest studiu între electrozi a fost aplicata tensiunile de $-2,5 \div 4$ kV și cu un debit de combustibil în diapazonul $15 \div 60$ m³/h au fost măsurate gazele de combustie, temperatura și compoziția gazelor de ardere pe arzătoare tip DAVA-650 [3].

Prezentele investigații a efectului câmpului electric asupra formării emisiilor poluante de NO_x au fost efectuate într-un cazan special înzestrat cu canale secționare cu apă de răcire a schimbătorului de căldură în focar, în condiții de aplicare a tensiunii atât pozitive, cât și negative asupra electrocului central, amplasat în centrul flăcării

arzătorului, ceea ce permite de variat direcția și intensitatea transferului de masă stimulat de câmpul aplicat în direcție radială a flăcării.

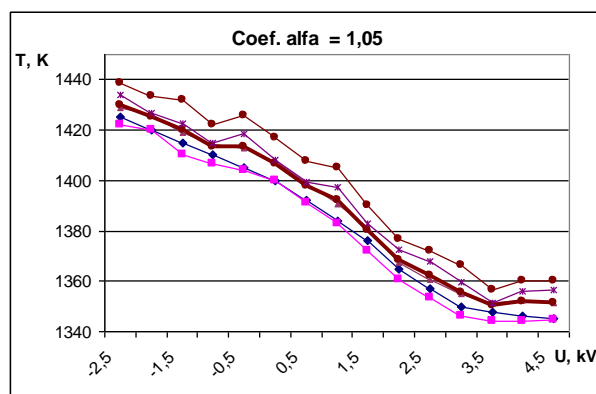
Experimentele efectuate au permis să observăm, că în cazul aplicării tensiunii pozitive asupra electrodului central se observă un transfer de masă dominant al hidrocarburilor din centrul flăcării spre pereții canalului cu potențial negativ. După cum arată rezultatele cercetărilor [1,2] saturația cu ioni nu se observă în aceste condiții și dependența curentului convecției ionilor de hidrocarburi de tensiunea aplicată poate fi aproximativ determinată în expresia: $I_i \cong U^n$, unde $n \cong 0.8 \div 1$.

Pentru cazul aplicării tensiunii negative e caracteristic faptul, că transferul de masă este direcționat spre centrul flăcării, iar curentul se reduce aproape liniar cu creșterea tensiunii. Această dependență liniară a curentului de ioni se explică prin aceea, că intensitatea câmpului descrește cu majorarea tensiunii, datorită faptului, că o parte de ioni ce se îndreaptă spre „învelișul” exterior al flăcării se direcționează în lungul flăcării, neajungând la electrodul central.

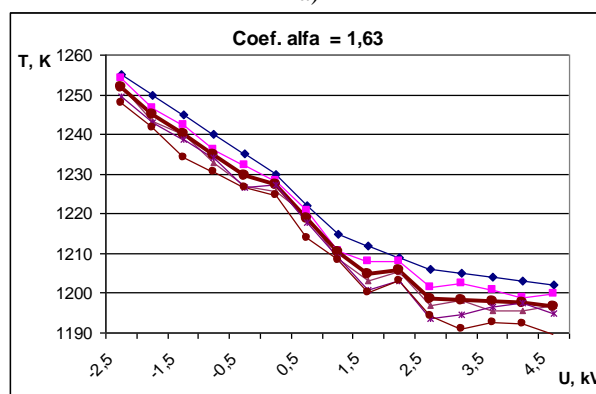
Pe altă parte, convecția ionilor este strict dependentă de calitatea amestecului aer/gaze la ieșirea din arzător (începutul flăcării), de temperatura flăcării, de densitatea de particule cu sarcină electrică și de lungimea flăcării. Variind calitatea amestecului - α , se observă o creștere a intensității curentului de ioni - I_i și atinge maximum în limitele de $\alpha \cong 0,8 \div 1,0$, apoi I_i descrește la creșterea continuă a calității amestecului - α . Aceasta se explică prin aceea, că la reducerea curentului de ioni se reduce și efectul de transfer de căldură/masă și consum de gaz. Convecția ionilor și transferul de masă/căldură amplificat de câmpul electric este deteriorat de către fracționarea profilului masei gazelor în zona de piroliză a flăcării pe toată lungimea flăcării și această cauzează variație locală a calității amestecului de gaze și temperaturii flăcării. În consecință, pentru amestec sărac ($\alpha > 1$) și la tensiune pozitivă la electrodul central se amplifică transferul de masă (hidrocarburi) din centrul flăcării spre exteriorul ei. Un efect invers se observă la aplicarea tensiunii negative la electrodul central – în acest caz transferul de masă „promovează” o ardere mai intensă în centrul flăcării, ceea ce reduce combustia gazului și, respectiv, generarea căldurii în zona exterioară – de contact cu pereții schimbătorului de căldură.

Recentele experimente au demonstrat, că variația locală a calității amestecului aer/gaz determinată de influența câmpului electric produce o variație a transferului de masă și a ratei de

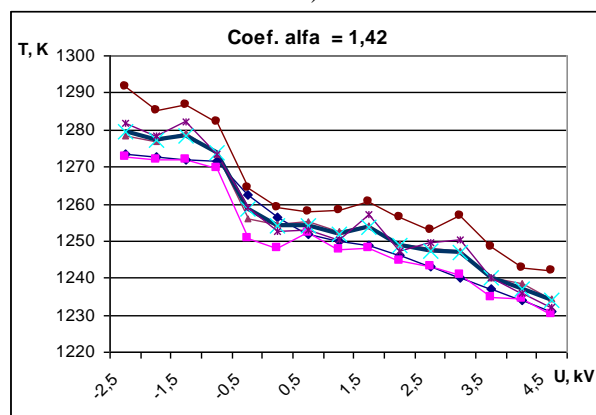
combustie a gazului în zona pereților exteriori a schimbătorului de căldură (a focarului cazanului) cu corespunzătoarele variații de temperatură și nivele de emisii de NO_x . Un efect mai pronunțat asupra formării emisiilor de NO_x , se obține pentru amestec sărac sau stoico-metric ($\alpha \geq 1$) cu aplicare a tensiunii pozitive la electrodul central. Rezultatele experimentelor cu amestec sărac arată, că transferul de masă din centrul flăcării către exterior, determinat de câmpul electric al hidrocarburilor, este urmat de majorarea ratei echivalente de amestec și a pierderilor de căldură în zona de piroliză a flăcării. Rata reacției de ardere în



a)



b)



c)

Figura 1. Dependența temperaturii flăcării de calitatea amestecului și tensiunea aplicată.

centrul flăcării este diminuată, ceea ce duce la micșorarea temperaturii și direct influențează nivelul de formare a NO_x . În figura 1 sunt prezentate trei cazuri cu diverse calități de amestec, în care se reflectă dependența temperaturii de ardere a gazelor de valoarea și polaritatea tensiunii aplicate la arzător. Se observă o diminuare esențială a temperaturii, cât în funcție de calitatea amestecului, atât și de valoarea și polaritatea tensiunii aplicate. De menționat, că la polaritate negativă a tensiunii aplicate apare un efect invers – de majorare a temperaturii, determinat de transferul de masă a hidrocarburilor spre centrul flăcării.

Există o corelație directă dintre temperatura flăcării și nivelul de emisii de NO_x . În condițiile amestecului sărac de aer/gaze nivelul de emisii de NO_x descrește cu sărăcirea amestecului și creșterea în anumite limite a tensiunii pozitive aplicate la electrodul central și tinde să crească la aplicarea tensiunii negative la electrodul central (vezi fig. 2: a,b,c). Aceste rezultate arată, că sunt posibilități de diminuare a formării componentelor poluante de NO_x , însă este necesitatea de a menține în limite stricte condițiile procesului de ardere, ceea ce e posibil printr-un control fin electronic.

3. CONCLUZII

Cercetările experimentale și rezultatele obținute demonstrează următoarele:

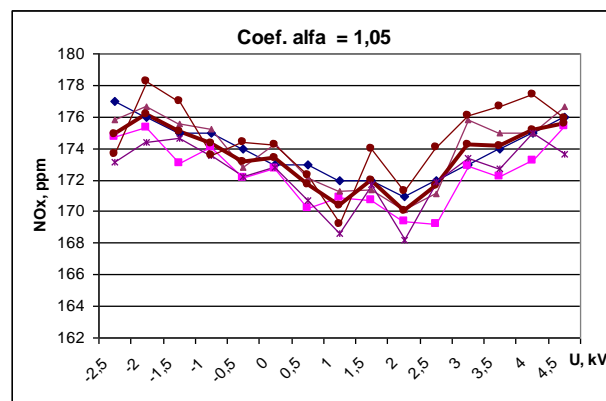
1. În limitele unui câmp electric slab se îmbunătățește transferul de masă a hidrocarburilor din centrul flăcării spre exteriorul ei, reducând astfel temperatura flăcării și pierderile de căldură și ca consecință se reduce nivelul de emisii de NO_x .

2. Efectul reducerii emisiilor de NO_x se referă la procesul de deformare a componentei flăcării, care este legat de interacțiunea cu electronii liberi și necesită o investigație mai detaliată pe viitor.

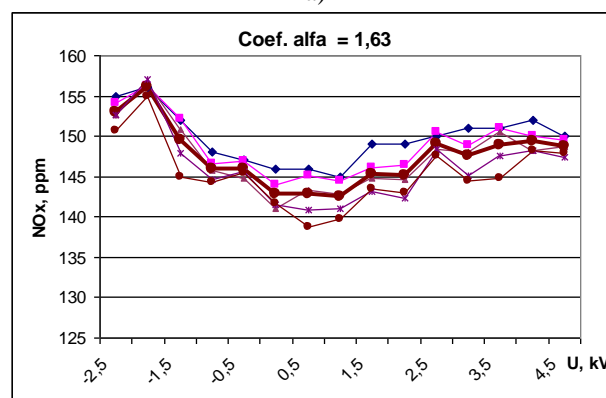
Rezultatele obținute demonstrează posibilele avantaje economice, tehnice și ecologice, ceea ce presupune implementarea acestui procedeu. La etapa dată se conturează soluții tehnice, care ar permite aplicarea deja în prezent, cu toate că, încă nu sunt clare toate efectele aplicării câmpului electric asupra arderii gazelor.

Bibliografie

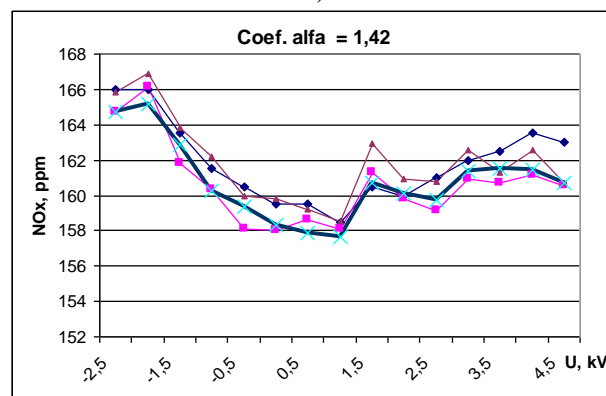
1. Strayer B. A., Posner J.D., Dunn-Rankin D. *Temperature Field Measurements of a Nonpremixed Flame Under Electric Field Control Mechanical and Aerospace Engineering Department University of California, Irvine, California 92697-3975.*



a)



b)



c)

Figura 2. Dependența nivelului de emisii NO_x de calitatea amestecului și tensiunea aplicată.

2. Zake, M., Purnals, M. *The electric field-controlled heat and mass transfer and fuel combustion in the flame channel flows, Magnetohydrodynamics*, 35, pag. 131-142, 1999.

3. *Arzătoare monobloc automatizate de gaz de tip «DAVA».* – Chișinău: AFN, 1997.

4. Nicu T., Daud V. *Studiul procesului de ardere a gazelor naturale în câmp electric și necesitatea contorului electronic// In: Tezele Conferinței Naționale „Telecomunicații, Electronică, Informatică”, Chișinău, pag. 224..229, Mai 19-21, 2006.*

Recomandat spre publicare: 19.10.2006