

# GLOBALĀ SASILŠANA UN DEGŠANAS PROCESU ELEKTRISKĀ KONTROLE

M. Zaķe un I. Barmina, Latvijas Universitātes Fizikas Institūts

D. Turlajs un M. Purmāls, Rīgas Tehniskās Universitātes Transporta un Mašīnbūves fakultāte

Sakarā ar siltumnīcas efektu izraisošo gāzu ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}_2$ ) arvien pieaugošo izplūdi apkārtējā vidē nepārtraukti palielinās Zemes virsmas temperatūra, kā arī veidojas videi un cilvēku veselībai kaitīgie skābie lieti. ES vides aizsardzības stratēģija nosaka, ka nepieciešams būtiski samazināt globālās sasilšanas izraisošo savienojumu izplūdi atmosfērā paredzot, ka, saskaņā ar Kjoto protokolu, laika posmā līdz 2012.gadam šo gāzu izplūde tiks samazināta par 8%, salīdzinot ar 1990.gadu. Galvenais šo ekoloģiski kaitīgo savienojumu izplūdes avots ir enerģijas ražotāji un transports, līdz ar to vislielākais atmosfēras piesārņojums ir novērots industriāli augsti attīstītās valstīs, kā, piemēram, Vācijā, Francijā, Lielbritānijā. Attīstoties industrijai un transportam, arī Latvijā nepārtraukti palielinās gaisa piesārņojums ar kaitīgajiem degšanas produktiem, tāpēc ir nepieciešami pētījumi, kā nodrošināt ekoloģiski tīrus degšanas procesus ar minimālu kaitējumu dabai un cilvēku veselībai.

Lai ierobežotu siltumnīcas efektu izraisošo savienojumu veidošanos oglekļa dioksīda degšanas procesā un to izplūdi apkārtējā vidē, LU Fizikas Institutā veikti eksperimentālie pētījumi, ar elektriskā lauka palīdzību kontrolējot un modificējot oglekļa dioksīda degšanas procesu. Veicot oglekļa dioksīda termisko sadalīšanu liesmas pirolīzes zonā un ar elektriskā lauka palīdzību nodrošinot daļēju oglekļa izslēgšanu no degšanas procesa, laboratorijas eksperimentā ir organizēta pakāpeniska pāreja uz degvielu ar samazinātu oglekļa saturu, līdz ar to ierobežojot  $\text{CO}_2$  veidošanos un izplūdi apkārtējā vidē vidēji par 10%. Ar elektriskā lauka palīdzību modificējot degšanas zonas sastāvu un temperatūru, apvienotos LU Fizikas Institutā un RTU laboratorijas un industriālos eksperimentos tiek pētīta termiski jutīgā  $\text{NO}_x$  veidošanās degšanas procesā un disociācija sadursmēs ar brīvajiem elektroniem. Šie pētījumi apliecina, ka ar ārējā elektriskā lauka palīdzību ir iespējams kontrolēt  $\text{NO}_x$  veidošanās procesu degšanas zonā, samazinot tā līmeni dūmgāzēs par 20 līdz 80%.  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  un kvēpu daļiņu veidošanās degšanas procesā pētīta, izmantojot absorbcijas un emisijas spektroskopijas metodes, kā arī gāzes analizatoru TESTO-33<sup>R</sup>. Laboratorijas eksperimentiem ir izmantots deglis ar radiālu gaisa un propāna padevi degļa kanālā, kurā notiek pakāpeniska šo komponentu sajaukšanās un veidojas propāna-gaisa maisījums, kura stehiometrijas koeficientu var mainīt robežās  $\alpha=0.3-1.6$ . Degļa izejā ir sekcionēts kanāls ar aksiāli novietotu elektrodu. Radiālais elektriskais lauks veidojas liesmas kanāla plūsmā telpā starp centrālo elektrodu un dzesējamām kanāla sienām. Centrāla elektroda potenciālu var mainīt robežās no -3kV līdz +3kV, bet strāvas lielums liesmā nepārsniedz 0.3 mA.

Pētījumu rezultātā konstatēts, ka dominējošo ārējā elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības mehānismu nosaka elektronu un pozitīvo oglekļa dioksīda radikālu jonu pārnese lauka virzienā un to elastīgās un neelastīgās sadursmes ar gāzes maisījuma daļiņām. Organizējot pozitīvo jonu pārnese virzienā no liesmas centrālās daļas uz perifēriju, tiek intensificēta oglekļa dioksīda radikālu masas pārnese lauka virzienā un novēro degšanas zonas deformāciju ar tai sekojošām liesmas temperatūras un sastāva radiālā un aksiālā sadalījuma izmaiņām. Šādos apstākļos tiek intensificēta siltuma pārnese no degšanas zonas uz dzesējamām kanāla sienām, samazinot degšanas zonas temperatūru. Tā rezultātā degšanas zonā tiek ierobežota termiski jutīgā  $\text{NO}_x$  veidošanās, samazinot  $\text{NO}_x$  koncentrāciju dūmgāzēs vidēji par 20-30% [1]. Palielinot ārējā lauka intensitāti un brīvo elektronu enerģiju degšanas zonā, novēro koronas izlādes veidošanos, kas izraisa NO disociāciju sadursmēs ar brīvajiem

elektroniem ar tai sekojošu strauju NO<sub>x</sub> koncentrācijas samazināšanos dūmgāzēs (līdz 80%) [2]. Līdz ar to laboratorijas apstākļos veikto eksperimentālo pētījumu cikls apliecina, ka elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības procesus var izmantot, lai samazinātu šo globalās sasilšanas un skābo lietu izraisīto piejaukumu izplūdi atmosfērā, ko apstiprina arī pētījumi, kas veikti dažāda tipa vietējās apkures katlu mājās (Jelgavā, Talsos, Jūrmalā, Jekabpilī).

Laboratorijas apstākļos veikto pētījumu cikls apliecina, ka temperatūras un gāzes sastāva sadalījuma deformācija liesmas kanāla plūsmā, ko novēro elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības rezultātā, būtiski izmaina arī procesus, kas saistīti ar kvēpu veidošanos un oglekļa atdalīšanu no degšanas zonas. Organizējot ogļūdeņražu radikālu pārnesei virzienā no liesmas perifērijas uz tās centrālo daļu, apgabalā pie negatīvi lādēta elektroda virsmas lokāli tiek palielināta C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> un C<sub>2</sub>H<sub>4</sub> koncentrācija, sasniedzot kritisko koncentrāciju, kas ir nepieciešama, lai sāktos intensīva kvēpu daļiņu primāro kondensācijas centru veidošanās. Jāatzīmē, ka liesma tās centrālajā daļā sasniedz un pārsniedz kritisko temperatūru (1300-1500K). Šāds temperatūras līmenis ir nepieciešams, lai ierosinātu reakcijas, kas nodrošina intensīvu kvēpu daļiņu veidošanos [3]. Izsēdinot izveidojušās kvēpu daļiņas uz elektroda virsmas, ogleklis tiek atdalīts no degšanas zonas, līdz ar to samazinot CO<sub>2</sub> izplūdi atmosfērā par 10-15% [3]. Visintensīvākā oglekļa atdalīšanu novēro pie samērā vājiem laukiem – apstākļos, kad centrālā elektroda potenciāls nepārsniedz -1.2 kV. Palielinot elektroda potenciālu, elektriskā lauka izraisītās degšanas zonas temperatūras un sastāva sadalījuma izmaiņas ierobežo kvēpu veidošanos kanāla plūsmā, attiecīgi palielinot CO<sub>2</sub> izplūdi apkārtējā vidē. Līdz ar to laboratorijas eksperimenti apliecina, ka nepieciešama elektriskā lauka un liesmas mijiedarbības procesu optimizācija, kas nodrošina stabilu kvēpu daļiņu veidošanos un atdalīšanu no liesmas degšanas zonas, ierobežojot CO<sub>2</sub> veidošanos un izplūdi atmosfērā.

#### Literatūra.

1. Zake, M., Purmāls, M. and Lubane M. (1998), Enhanced electric field effect on a flame, *J. Enhanced Heat Transfer*, **5**, 139-163.
2. Zake, M., Turlajs, D. and Purmāls, M. (2000), Electric field control of NO<sub>x</sub> formation in the flame channel flows, *GLOBAL NEST: the International Journal*, **12**, N1, 99-109.
3. Zake, M., Barmina, I., Turlajs, D. (2000), Electrical control of carbon capture and sequestration in the flame flows, *Magnetohydrodynamics*, Vol. 36, N2, pp.127-139.

## THE GLOBAL WARMING AND ELECTRICAL CONTROL OF THE COMBUSTION PROCESSES

The present study is performed with the aim to reduce the levels of polluting emissions from fuel combustion those produce acid rains and the greenhouse effect (NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub>). The electric field effects on the processes of heat/mass transfer and propane combustion are studied in order to perform electric control of the levels of polluting emissions from the flame. The results of experimental studies show the direct influence of the electric field's enhanced mass transfer on local variations of the flame structure and fuel combustion. The related variations of the flame temperature, processes of NO<sub>x</sub> and soot formation with carbon capture and sequestration from the flame are studied by varying the field strength and the equivalence ratio of the propane-air mixture. The results show that the electric field effect on NO<sub>x</sub> and soot formation can be used to reduce the levels of polluting emissions from the flame.

Pēc Jūsu izvēles ir iespējams veidot gan mutisku, gan arī stenda referātu.

**Referents:** Dr. phys. Maija Zaķe

Latvijas Universitātes Fizikas Institūts  
Salaspils, Miera iela 32  
LV-2169  
Tel. 944669