

# Ekologiškas kuro deginimas, naujos technologijos

## Anupras Šlančiauskas

*Lietuvos energetikos institutas,  
Degimo procesų laboratorija,  
Breslaujos g. 3, LT-44403 Kaunas,  
el. paštas slanc@mail.lei.lt*

Šiuo metu naftos kaina priartėjo prie ribos, kai apsimoka kurti sudėtingesnes įvairesnių kūrų panaudojimo technologijas. Degimo procesų laboratorija įgijo daug patirties degindama mazutą, stengdamasi kuo labiau išgarinti jį ir dujofikuoti pradinėje liepsnos fazėje. Laboratorijos perspektyvių darbų kryptis yra kaloringų organinių medžiagų su mažai oro dalinis deginimas 1000°C temperatūroje ir dujofikavimas autopirolizės būdu. Atliekos, tokios kaip alyva, smala, kaloringos organinės medžiagos, bus neišvengiamai naudojamos statybinių medžiagų pramonėje, pirmiausia cemento gamyboje. Taikant šį būdą pramonėje reikės degimo procesą patobulinti: orą pašildyti, o kai kur jį deginti su oru, turinčiu daugiau deguonies. Šiame darbe aptariami padangų ir glicerolio dujofikavimo tyrimų rezultatai.

**Raktažodžiai:** degimo procesas, atliekų deginimas, kuro dujofikavimas, atmosferos tarša

## 1. ĮVADAS

Pabrangus mazutui ir paskelbus griežtus ribojimus taršai SO<sub>2</sub>, šio kuro pradėta naudoti mažiau, juo labiau, kad dujos pigios ir daugeliui miestų prieinamos. Ėmus kūrų katilus mediena sparčiau atsisakyta mazuto. Taigi laboratorijoje iš anksto buvo pradėti nauji darbai, susiję su ekologiškesniu ir taupesniu vietinio kuro panaudojimu. Globalizacija paranki didžiosioms valstybėms panaudoti žemės turtais savo gamybos plėtrai ir pelnui gauti. Visgi harmoningesnis vystymasis turi privalumą, kai gyvenama naudojant savo aplinkos materialinius išteklius. Mums šilumos gamyboje pavyzdys gali būti Švedija ar Danija, naudojančios vietinį kūrą ir sėkmingai vykdančios dabartinį žmonijos siekį mažinti išskiriamo į aplinką CO<sub>2</sub> kiekius. Mūsų šalis tolokai nuo šiltų, sparčiam auginimui tinkamų sąlygų, bet čia pakanka vandens ir lietaus, todėl galima teigti, kad ji – medienos stabilios auginimo zona. Svarbiausia nukreipti žmones šiai veiklai. Kasdien gausybė žmonių pjauna žolę tik dėl aplinkos išvaizdos, drastiškai atsikrato kaloringų medžiagų, šiukšlina gamtą. Žmonija progresuoja pasiremama žemėje susikaupusiais energetiniais ištekliais: anglimis, banginiais, dabar nafta ir dujomis. Kiekvienam gyventojui dabar tenka apie 400 kg atliekų, iš kurių dvidešimtoji dalis yra kaloringos medžiagos. Nors kuro ištekliai dar dideli ir pigūs, bet saikingumo dėlei reikia investicijų ir naujovių [1].

Gerą kuro sudegimą konstatuojame tada, kai:

- kuras visiškai sunaudotas, sudegintas,
- dūmuose lieka minimaliausias NO<sub>x</sub> kiekis,
- dūmuose lieka minimaliausias CO kiekis,
- dūmuose lieka mažiausiai suodžių,
- dūmuose lieka mažiausiai lakiųjų organinių junginių (LOJ).

Deginant kūrą taip pat svarbūs šie strateginiai uždaviniai, keliami visam deginamam kūrui:

- nuolat mažinti CO<sub>2</sub> kiekį,
- nuolat mažinti SO<sub>2</sub> kiekį,
- nuolat mažinti kenksmingųjų metalų (gyvsidabrio, nikelio, kadmio) kiekį.

Čia minimos medžiagos kenksmingos todėl, kad:

- NO<sub>x</sub> ir SO<sub>2</sub> sudaro rūgščiuosius lietus,
- suodžių ir smalos lašelių sudėtyje yra kancerogeninių medžiagų,
- CO<sub>2</sub> didina šiltnamio efektą.

Visa, kas išvardyta, yra priskiriama deginimo technologijos kokybei ir tobulai kuro politikai.

Inžinerinės veiklos tikslas – sukurti liepsną, šiluminę galią, tūrinę karščio erdvę, kad būtų tiksli ir ekonomiškai reikiamo produkto gamyba, pvz., duonos kepimas, stiklo gamyba ir pan. Tam pasiekti tobulinama turima deginimo įranga ir diegiamos naujovės. Degimas yra cheminė oksidacijos reakcija. Kuro ekonomija didžiausia, kai per kaminą išleidžiami šalčiausi dūmai, o degimui sunaudojama mažiausiai oro – pagal stecheometriją. Kaime paplitusios krosnys yra iki šiol nepralenkiamas taupaus malkų naudojimo pavyzdys. Tačiau dabar visi taupo laiką, perka sudėtingas automatinės krosnis, nors deginimo kokybė galėtų būti geresnė.

Degimo procesų laboratorija miestų šilumos tinklų katilinėse nuolat tobulino degimą gamtosaugiškam ir ekonomiškam darbui. Visų pirmiausia buvo pasiekta, kad sudeginus mazutą dūmuose neliktų suodžių, paskui – kad dūmuose likusių azoto oksidų būtų ne daugiau už normą – 450 mg/m<sup>3</sup>. To buvo pasiekta mazuto smulkesniam išpurškimui panaudojus garo sroves ir pertvarčius oro srovių valdymą degiklyje. Laboratorija yra sukūrusi ir užregistravusi 3 degiklių standartus. Visoje Lietuvoje rekonstruota apie 100 degiklių.

Plėtėsi deginimo tikslai, pradėta išdeginti dažų tirpiklių garus, LOJ užterštą orą. Šitaip deginama 600–850°C temperatūroje, o prieš kaminą įrengti šilumokaičiai gražina šilumą į technologiją.

Išsamiau analizuojant degimą bei geriau sudeginant mazutą, laboratorijoje suformuota įvairių kaloringų atliekų dujofikavimo kryptis. Šią kryptį skatina statybinių medžiagų gamintojai, kuriems reikia pigesnio kuro ir kurie žino, kad atliekų dūmų kenksmingąsias medžiagas sugeria cementas ar kalkės.

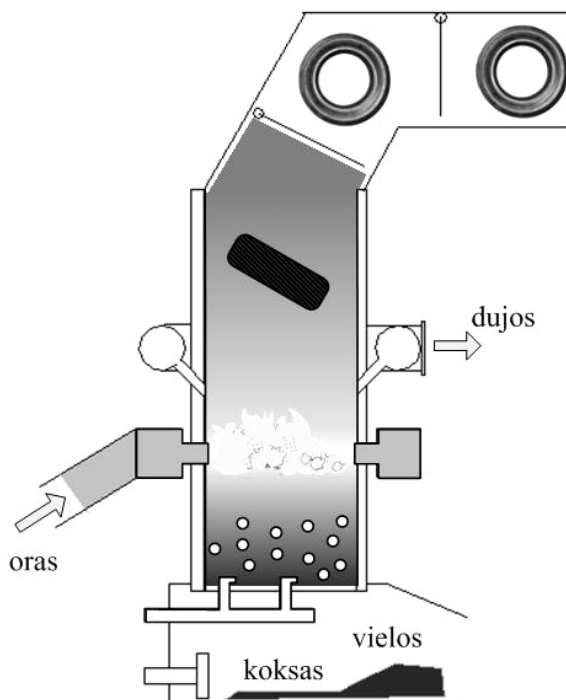
Šiame straipsnyje pateiksime nesmulkintų senų padangų dujofikavimo ir glicerolio dujofikavimo, siekiant praturtintų vandeniliu dujų, tyrimus. Aptarsime tiksliausią šitaip gautų dujų panaudojimą ir Europos mokslininkų rekomenduojamas tinkamiausias priemones.

## 2. DUJOFIKAVIMO TYRIMAI

Laboratorijoje buvo pastatytas nesmulkintų padangų dujofikavimo eksperimentinis standas 1 MW dujų srautui gauti (1 pav.). Tai 0,8 m vidaus skersmens ir 4 m aukščio reaktorius. Esminė proceso grandis yra degimo zona, kur dalinai deginamos padangos, siekiant gauti 1000°C. Šioje temperatūroje guma skaidosi į dujas ir koksą, vyksta pirolizė.

Kiekvienas kuras tarsi susideda iš lakiųjų medžiagų ir anglies likučio (1 lentelė). Dujofikavimo proceso pirmoji stadija yra kuro įkaitinimas ir jo lakiųjų medžiagų išgarinimas.

Į reaktorių padangos tiekiamos per užsklandą, jos lydosi, garuoja ir skaidosi karštoje reaktoriaus zonoje, kur temperatūra per 1000°C. Ši karščio zona yra vienas svarbiausių dujofikavimo technologijos elementų ir ji sąlygojama gerai sutvarkyto oro įpūtimo srovėmis per



1 pav. Padangų dujofikavimo reaktoriaus bendroji schema

1 lentelė. Kuro lakiosios medžiagos

Anglis	Mazutas	Padangos	Mediena	Šiaudai
36%	86%	65%	83%	81%

tūtas. Čia tiekama dešimtadalis to oro, jeigu norima sudegti visą padangą. Su šiuo oru pasiekiamas norimas karštis padangoms suskaidyti. Siekiama, kad temperatūra būtų tolygi per visą reaktoriaus skerspjūvį. Padangų guma yra kaloringa ir skaidydama, be deguonies, išskiria daug dujinių medžiagų (2 lentelė). Pagal šią lentelę apskaičiavę dujų kaloringumą, surastume, kad pagrindinis įnašas priklauso CO, angliavandenilių  $C_mH_n$  grupės garams ir smalos lašeliams su suodžiais.

Žemiau karščio zonos susirenka anglies likutis – koksas su vielomis. Kiekviename kietųjų medžiagų pirolizės procese esti likutis anglies, kurioje yra smalos, jei ji nepaveikta didelio karščio. Labai pakaitinus gaunama gryna anglis – koksas.

Šis dujofikavimo būdas dar vadinamas autopirolize, nes naudojama tiekiamo kuro sava šiluma. Taip įmanoma dujofikuoti įvairias kaloringas organines medžiagas ir gauti iki 10 MW/m<sup>3</sup> kaloringumo dujas, kurios degdamos gali pasiekti adiabatinę temperatūrą 1700°C. Kaip žinoma, gamtinės dujos, turėdamos daugiau vandenilio, degdamos pasiekia 2080°C adiabatinę temperatūrą. Šiuo dujofikavimo būdu gaunamas gana sudėtingų medžiagų mišinys, net su mažomis suodžių dalelėmis, tačiau mūsų atveju šios dujos VK-2 katile sudegė labai kokybiškai.

Šis dujofikavimo būdas yra gana paprastas ir konkurentabilus, palyginus su kitais būdais (pvz., pirolizė išoriškai kaitinant arba kondensuojant gautas dujas). Visgi tokią technologiją reikia kruopščiai paruošti ir pritaikyti automatizuotam darbui. Sudėtingi ir spręstini klausimai yra šie:

- degimo proceso valdymas,
- kokso ir vielų likučio išėmimas,
- gautų dujų transportavimas.

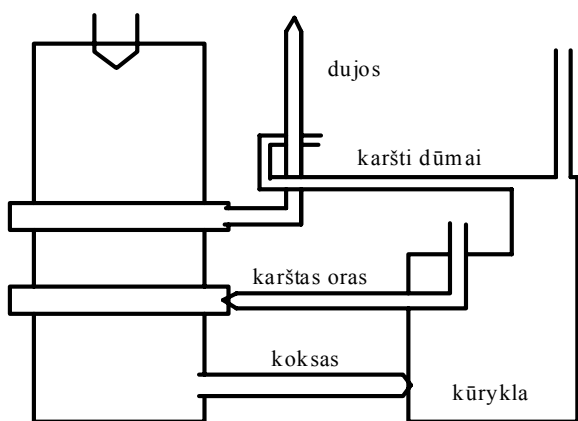
Koksas yra kur kas parankesnė medžiaga už akmens anglis, neturi pelenų, esti grūdėlių pavidalo ir jį lengva išpurškiant automatizuotai deginti. Šį koksą papildomai sudeginus greta reaktoriaus galima gaminti šilumą į reaktorių tiekiamam orui šildyti (2 pav.).

Reaktoriuje gautos dujos turi būti nukreipiamos apytikriai 600°C temperatūros, nes antraip ims kondensuotis sunkesnieji angliavandeniliai – parafinai, stearinai ir kt.

Tyrimų metu reaktorius geriausiai dirbo, kai tiekta 0,24 oro nuo stochiometrinės vertės. Tuomet anglies gaudavosi 28% nuo padangų bendrojo svorio, vielų 18%, dujų 66%. Gautų dujų sudėtis pateikiama 2 lentelėje. Dujų kaloringumas buvo apie 4000 kJ/m<sup>3</sup>. 3 paveiksle

2 lentelė. Gautų dujų sudėtis

N <sub>2</sub>	CO	CH dujos	CH garai	CO <sub>2</sub>
72%	9%	3%	8%	8%



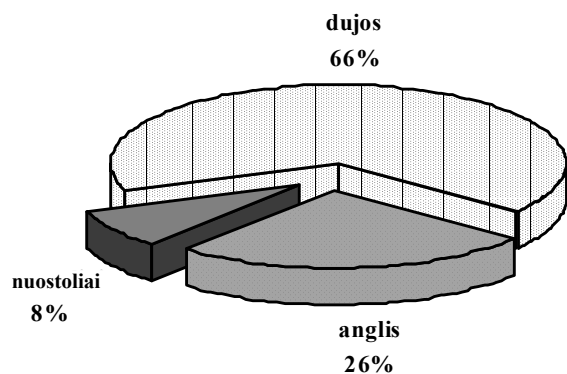
2 pav. Koksos šilumos panaudojimo dujofikuojant principinė schema

parodyta diagrama, kurioje matyti, kad sunkesniųjų angliavandenilių kaloringumas yra didžiausias. Tiekiant mažiau oro, t. y. 0,1 jo dalį, gaunamos tirštesnės dujos su daugiau smalos ir suodžių. Jų kaloringumas esti 10000 kJ/m<sup>3</sup>, o paimamų dujų temperatūra žemesnė.

Žvalgybiniais eksperimentais su durpėmis ir anglimis gauta mažiau naudingų dujų. Padangos yra vertingas kuras dujofikavimui.

Europoje prieita prie bendros nuostatos, kad racionaliausia kaloringą atliekų kurą panaudoti statybinių medžiagų gamyboje. Šioje gamyboje dūmai smelkiasi per kalkines medžiagas, ten filtruojasi, o sieros oksidai chemiškai surišami į sulfitus. Dalelių išlakų taip pat maža, nes tokių gamyklų dūmai yra nuolat filtruojami elektrostatiniais ar medžiagininiais filtrais. Dujofikuoti padangas laboratoriją paskatino statybinių medžiagų gamintojai, nes dėl nuolat kylančios kuro kainos brangsta jų produkcija. Padangų dujofikavimui pasitelktas šveicarų-vokiečių pavyzdys [2]. Ten cemento gamybos linijoje prijungtas padangų dujofikavimo įrenginys stabiliai tiekia generuotas dujas į cemento deginimo krosnį, koksas su vielomis nukreipiami į tą pačią krosnį. Minimo įrenginio galia 30 MW.

Kitas čia pateikiamas tyrimo atvejis siejasi su skystojo kuro dujofikacija. Laboratorijoje deginant mazutą daug eksperimentuota, kaip dujofikuoti kurą pradinėje liepsnos stadijoje kūrkykloje prie degiklio. Buvo nustatyta, kad didelis karštas liepsnos burbulas prie degiklio



3 pav. Padangų dujofikavimo įrenginio gaunamos energijos šaltiniai

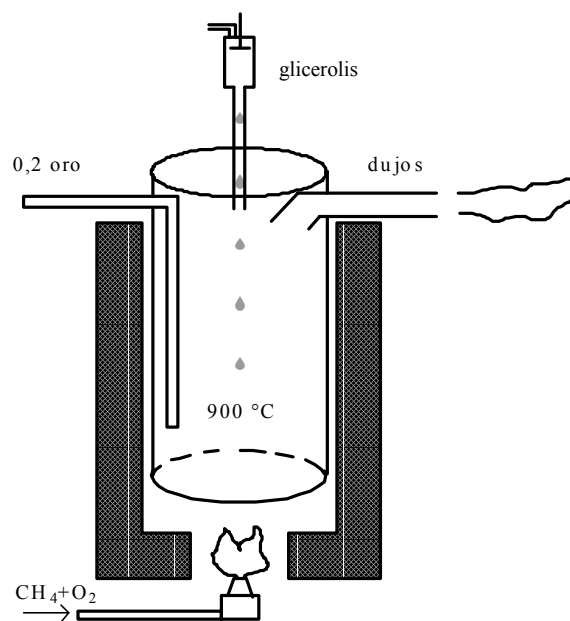
sparčiai išgarina ir degina lakiąsias medžiagas. Šių degių dujų karšta liepsna paspartina sudeginti antrąją kuro sudejamąją dalį, anglį, tikriau – suodžius.

Anglies išdegimą nulemia lašelių dydis, nes lakiosioms dalims išgaravus lieka korėtos anglies kempinė su smalos likučiais. Mūsų purkštuvais paruošti 50–100 mkm lašeliai standartiniuose šilumos tinklų katiluose sudega gerai, nes jų kūrkyklos didelės. Mažose kūrkyklose kaip visuomet degant susidarantys pirmieji 0,2 mkm dydžio anglies konglomeratai nesugeba išdegti, o dūmams tose kūrkyklose greitai atšalus, susidaro suodžiai. Šiuo atveju galima kurą išpurkšti dar mažesniais lašeliais ir pagerinti sudegimą, bet tai techniškai sudėtinga.

Kiekvienas kuras po pirmos degimo stadijos turės anglies dalelių. Ši korėta anglies kempinė dega labai lėtai. Todėl buvo pasirinkta skystąjį kurą dujofikuoti to kuro lašelius paskleidžiant karštame, 1000°C, ore. Tuomet jie įkaista labai greitai (10<sup>5</sup> K/s), staiga užsidega ir sprogs. Išgaravus lakiosioms dalims lieka mikroninės anglies dalelytės, kurios gana tolygiai pasiskirsto po orą ir greitai sudega. Šią situaciją su greitu anglies dalelių degimu galima pavadinti skystojo kuro deginimu visiškai dujofikavus. Taip deginant mazutą dūmuose belieka pelenų dalelės be kokso. Tokias daleles būtina valyti elektrostatiniais arba rankovinėmis filtrais, nes mažesnės už 5 mkm dalelės, patekusios į plaučius, juose užsilieka.

Visiškos dujofikacijos metodas padeda kokybiškai sudeginti skystąjį kurą tiesiogiai katile arba veikiančiame technologiniame įrenginyje. Pagal šią technologiją laboratorijoje mėginama sudeginti glicerolį, gautą gaminant biodyzeliną iš rapsų aliejaus.

Buvo atlikti glicerolio dujofikavimo tyrimai jį purškiant į 900°C kamerą-indą, kuris nuolat kaitinamas, kad išsilaikytų minėta sienelių temperatūra. 4 paveiksle parodyta dujofikavimo stendo principinė schema. Lašeliais purškiamas glicerolis, atsitrenkęs į karštas sienes,



4 pav. Glicerolio viso dujofikavimo stendo schema

staigiai susiskaido, ir mikrolašelių liekamoji anglis sudeginama į kamerą tiekiamu oro deguonimi. Gaunamų dujų sudėtis buvo analizuojama chromatografu, keičiant oro pertekliaus koeficientą nuo 0,15 iki 0,6. Šių eksperimentų pirmasis tikslas buvo įsitikinti, kad šiuo būdu glicerolį galima dujofikuoti pilnutinai be anglies likučio. Proceso esmė yra labai staigus skysčio išgarinimas iki smulkių anglies konglomeratų, aukšta aplinkos temperatūra bei deguonies buvimas visoje terpėje ir greta anglies atomų. Glicerolis  $C_3H_8O_3$  savyje turi deguonies, surištos su anglimi. Šis eksperimentas papildė laboratorijoje anksčiau atliktus tyrimus – kaip garuoja ir dega mazuto lašelis ant karšto paviršiaus [4]. Gauti duomenys įgalina sukurti naujo tipo degiklį skystam kurui su dujofikacija. Galutinai kuras sudeginamas pasinaudojus antriniu oru už dujofikuojančio degiklio. Generuotas dujas transportuoti dideliais atstumais sudėtinga, nes palaikytina  $1000^\circ C$  temperatūra visame kelyje.

Labai didelė atmosferos tarša automobilių dūmais miestuose ir keliuose skatina perspektyvesnių kryptų paieškas. Institute tiriama vandenilio gavyba, saugojimas ir naudojimas.

Kitas visiškos dujofikacijos tikslas buvo nustatyti, kiek dujofikuoto glicerolio dujos yra turtingesnės vandenilio. Mediena, glicerolis ir kt. organinės medžiagos turi daug deguonies, pvz., perkant malkas perkama deguonies apie 40% jų svorio. Laboratorijoje yra pastebėta, kad ši savybė gali būti panaudota praturtinant kurą vandeniliu.

Daugelyje organinių medžiagų deguonies ir anglies junginys, sparčiai pakaitintas pirolizės metu, skaidosi per OH ir CO. Pirmasis yra judrus jonas, o antrasis – stabilesnės būklės, jei aplinka apie  $1000^\circ C$  temperatūros ir joje maža deguonies. Savaimė suprantama, kad kuo didesnis H ir C santykis kure, tuo didesnis vandenilio kiekis pirolizės dujose. Įvertinę deguonies atomų vaidmenį surasime, kad vieni organiniai kurai yra palankesni vandenilio kaupimui už kitus.

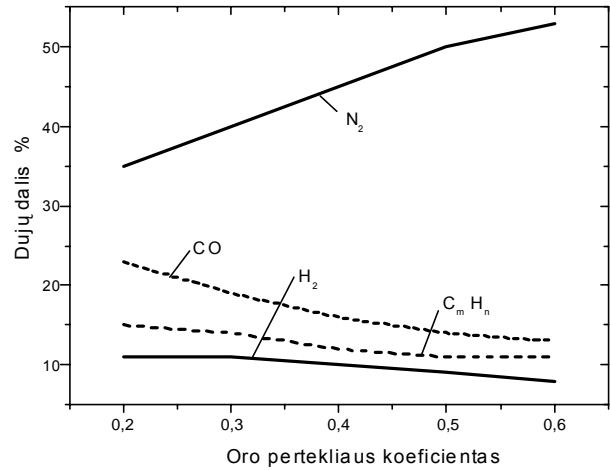
Tyrimai su glicerolio dujofikavimu buvo atlikti analizuojant, kiek susidaro vandenilio, kai oro pertekliaus koeficientai įvairūs. Šiuo atveju, kaip ir dujofikuojant padangas, gautose dujose iš tiekiamo oro yra didelė dalis azoto (5 pav.). Kai oro tiekama mažai, pvz., 0,2, gaunamos gana kaloringos dujos (3 lentelė). Šiame

3 lentelė. Iš glicerolio gautų dujų sudėtis tiekiant 0,2 stochiometriškai reikalingo oro

$N_2$	CO	$H_2$	CH garai	$CO_2$
35%	22%	11%	10%	11%

taške kokso likutis 2,5%. Palyginus glicerolio dujofikavimo rezultatus su padangų dujofikavimo rezultatais, esant tam pačiam oro pertekliaus koeficientui, vandenilio kiekis bus 3 kartus didesnis.

Dujofikacijos procesas nuolat vis nuodugniau nagrinėjamas, plačiau panaudojamas. Vienas ateities būdų yra vykdomi projektai pirolizuoti atliekas, pvz., miestų kaloringas atliekas ar šiaudus, į kaloringą skystį. Po to



5 pav. Vandenilio ir kitų dujų kiekiai dujofikavus glicerolį

šis skystis vežamas centralizuotam cheminiam perdirbimui į sintetines dujas ir naudojama elektrai gaminti.

### 3. NAUJOS KURO DEGINIMO PRIEMONĖS

Vis griežtėjantys gamtos saugos reikalavimai ir besiplečiantis kuro asortimentas energetikus skatina panaudoti naujesnes priemones ir racionalizuoti deginimą pagal situaciją. Čia susipažinsime su tomis kryptimis, kurios tiesiogiai susijusios su anksčiau minėtu kaloringu atliekų dujofikavimu.

Vakarų Europos universitetų specializuotose laboratorijose ar tyrimo centruose yra nagrinėjami šie deginimo variantai [5]:

- su didele dūmų recirkuliacija į degiklius,
- su labai įkaitintu oru į degiklius,
- deginimas deguonies aplinkoje,
- liesų mišinių tikslinis naudojimas.

Dūmų recirkuliacija yra viena plačiausiai naudojamų ir ateičiai rekomenduojamų priemonių. Iki šiol energetiniuose katiluose įprasta paimti  $300\text{--}400^\circ C$  dūmus už katilo ir patiekti į degiklius. Jie penktadaliu atskiedžia orą, pradinis degimas degiklio aplinkoje vyksta žemesnėje temperatūroje ir dėl to susidaro mažiau azoto oksidų. Vykstant recirkuliacijai padidėja dūmų greičiai konvekciniuose paviršiuose ir keičiant recirkuliacijos santykį galima reguliuoti perkaitinto garo temperatūrą energetiniuose katiluose. Visuomet ekonomiškai pasiimti šilumą iš dūmų, išeinančių į kaminą. Elektrinėse nuo seno naudojami galingi besisukantys regeneratoriai, perduodantys šilumą nuo dūmų į katilui tiekiamą orą. Dabar surandami sprendiniai mažesnėms sistemoms. Ekonomiškai su dūmais per metalo paviršius pašildyti kurą dar prieš jį išpurškiant lašeliais, nes kuo aukštesnė kuro temperatūra, tuo kuras mažiau klampus ir gaunasi mažesni lašeliai.

Šiuo metu tyrinėjamas degimas, kai:

- dūmai paimami karšti tiesiog iš kūryklos, naudojami recirkuliacijai, kurui ar orui pakaitinti.
- imami dideli dūmų kiekiai, daugiau kaip pusė reikiamo oro tūrio, ir kūrykloje sukuriama aukštos temperatūros inertinė erdvė.

Dideliam recirkuliacijos kiekio panaudojimui yra įvairiausių pritaikymo atvejų: kai reikalinga žema liepsnos temperatūra, kai siekiama mažos paviršių oksidacijos iš liepsnos pusės, kai būtina ypač maža tarša azoto oksidais. Šiam naudojimui yra ištyrinėjamos visos degimo proceso detalės, tikrinamas įvairaus kuro degimo stabilumas.

Oro į degiklius šildymas šiuo metu labai plačiai nagrinėjamas pirmiausia dėl:

- spartaus kuro ir oro mišinio uždegimo,
- karštesnės liepsnos, palyginus su kuro adiabatine liepsnos temperatūra, gavimo,
- dujifikavimo procesų vykdymo,
- degimo visoje kūrykloje be išreikšto liepsnos fazelo sudarymo.

Tiekiant degimui labai įkaitintą orą galima gauti aukštesnės temperatūros liepsną. Dabar Vokietijoje ir kitose šalyse kuriami nuolatinio veikimo keraminiai šilumokaičiai iš silicio keramikos, įgalinantys iš kūryklos imamais dūmais šildyti orą iki 950°C. Ši medžiaga yra laidži šilumai ir iš jos galima sukurti šilumokaitį, kompaktišką ir perduodantį iki 75% šilumos. Dar daugiau, iš šio tipo medžiagos sukurti šilumos regeneratoriai, t. y. per įkrovą leidžiami karšti dūmai, pvz., per 1 sekundę, paskui dūmai nukreipiami į kitą kanalą, o per įkaičiusią keramiką tiekiamas oras.

Iki 1000°C pašildžius orą, termodinamiškai patenka į aukštesnį potencialinį lygį, tuomet adiabatinė degimo temperatūra yra keliais šimtais laipsnių aukštesnė. Šiuo atveju mažai kaloringas kuras degdamas tampa lyg kaloringesnis, prie pirolizėje gautų dujų kaloringumo Q<sub>dz</sub> prisideda degimui tiekiamo oro kiekio V, pašildyto iki dT = 1000°C, šiluma, pvz.:

$$Q_{dz} + \rho \times c_p \times V \times dT = 16 + 1 \times 0,001 \times 6 \times 1000 = 22 \text{ MJ/m}^3.$$

Šioje skaičiuotėje  $\rho$  ir  $c_p$  yra oro tankis ir savitoji šiluma.

Tiekiant į degiklius karštą orą padaugėja azoto oksidų dūmuose. Vienas būdų, kaip sumažinti azoto oksidų kiekį dūmuose, – degiklių suskaidymas į daugybę mažų, išdėstytų visoje kūryklos sienoje. Dar daugiau, šis metodas išplėstas tiekiant kuro dujas ir orą atskiromis mažomis srovėmis visoje sienoje. Degimas sutvarkomas taip, kad visoje kūrykloje yra vienoda temperatūra, ji atrodo lyg švytinti karšta plyta. Čia lygiagrečiai pritaikoma dūmų recirkuliacija, todėl galima gauti norimas kūryklos temperatūras. Labai karšto oro panaudojimo privalumai yra šie: reikiama aukšta temperatūra kūrykloje, tolygus terminis laukas kūrykloje, galima dirbti patiriant mažiau šilumos nuostolių per kaminą. Žinoma, pritaikymą gamyboje reikia apibūdinti labai tiksliai, nurodant akivaizdžią naudą. Plečiantis gamybos būdų įvairovei minimas metodas nuolat bus paklausus.

Organinis kuras su deguonimi jau seniai deginamas chemijos pramonėje, kosmonautikoje ir pan. Pavyzdžiui, spartinant cemento gamybą, degimui skirtą orą praturti-

nus 1 tona deguonies pagaminama 3 tonomis daugiau produkcijos. Ateityje cementas ir kai kurios kitos statybinės medžiagos bus gaminamos naudojant vien atliekų kurą. Degimo procesas bus tobulinamas: bus naudojama pašildytas oras, dūmų recirkuliacija ir gal deguonis. Taip iš paprasto kuro bus gaunami galingi šilumos srautai ir aukštos temperatūros.

Šiuo metu besivystanti nanotechnologijų kryptis suteikia galimybę valdyti medžiagų srautus pagal molekulių dydį, panaudoti difuzijos reiškinį ir, pvz., praturtinti orą deguonimi. Galima prognozuoti, kad tokia technologija bus pigesnė nei deguonies gamyba suskystinus orą kompresoriais arba gaunant deguonį iš cheminių junginių. To tikintis atliekami tyrimai, kaip įvairaus kuro degimo procesas vyksta padidinus deguonies kiekį ore keliomis dešimtimis procentų.

Kaip minėta, kuro deginimo deguonies aplinkoje moksliniai tyrimai yra skatinami ir produkcijos kokybiškos gamybos tikslais, ir pasiekimais išgryninti deguonį pigesniais būdais (difuzija ar cheminis virsmas). Vandens garinimo ir sandėliavimo tyrimai vyksta mūsų institute. Mikropasaulio technologijos plinta, matyti iš naujų sukurtų medžiagų. Laboratorijoje irgi įgyta patirtis auginti nanovamzdelius iš anglies. Tam tikromis sąlygomis per katalizuojantį metalinį pagrindą link stimuliuojančio taško slenka anglis atomais ir pagal atominę trauką pina ir iš apačios augina nanostruktūrą, pilnavidurę ar vamzdelio pavidalo. Pasinaudojus stažuotėmis užsienio universitetuose pavyko suformuoti šepečio pavidalo nanovamzdelių aibes [6] ir jos jau gali būti panaudotos kuriamose naujose technologijose.

#### 4. IŠVADOS

1. Gamtosauga, taip pat CO<sub>2</sub> bendrojo kiekio mažinimas yra pirminis veiksnys kuriant šių dienų naujo degimo procesą. Antru pagal svarbą veiksniu reikia laikyti kaloringų atliekų panaudojimą cemento ir kitų statybinių medžiagų pramonėje, galiausiai ėmus naudoti vien šį kurą diegiant naujas deginimo technologijas, pvz., recirkuliaciją orui šildyti, deguonį orui praturtinti.

2. Eksperimentiškai ištirtas nesmulktų padangų dujifikavimas jas kaitinant iki 1000°C jų pačių dalinio deginimo šiluma, pučiant oro sroves ir sudarant tam tikrą karštą zoną. Nustatyta, kad 60% padangų kaloringumo galima sutelkti gaunamose dujose. Šios dujos susideda iš įprastinių degių dujų ir angliavandenių garų, smalos lašelių bei suodžių. Toks padangų ir kitų kaloringų organinių medžiagų dujifikavimas yra paprastas būdas, palyginus su kitais būdais. Kruopų pavidalo kokso likutis yra geresnis kuras už akmens anglis.

3. Glicerolio tyrimo pavyzdžiu įsitikinta, kad skystas atliekas galima dujifikuoti be kokso likučio jas išgarinus 1000°C temperatūroje su oro ir vandens garų priedu. Surištoji kuro anglis išsiskiria CO pavidalo, o mažos anglies dalelės, suspenduotos tolygiai visame oro kiekyje, oksiduoja, todėl nesusidaro suodžių. Šis būdas įgalina sukurti dūmų mišinį su didesniu vandenilio kiekiu.

4. Degimo proceso pažinimas plečiasi ir tobulėja ryšium su visų žinių gausa. Oro šildymas iki 900°C dūmais iš kūryklos, degiklių suskaidymas į mažus degiklius dideliame sienos plote, deguonimi praturtinto oro panaudojimas yra veiksniai, įgalinantys plačiau panaudoti atliekas. Gilinantis į nanopasaulio sąveikų dėsninumus geriau pažįstamas ir plačiau pritaikomas degimo procesas. Vis dėlto mokslininkų kūrybiškas paslaugas sulėtina per pigus žemės gelmių kuras.

Gauta 2006 08 30

Parengta 2006 09 25

#### Literatūra

1. Seifert H. Energy recovery from waste – a contribution to climate protection, 7th European conference on industrial furnaces and boilers INFUB. Porto, 2006.
2. Schmidhals H., Rose D. Untersuchungen zur thermischen Nutzung stückiger Sekundärbrennstoffe im Zementbrennprozess // ZKG International. 2001. Bd. 54. No. 4.
3. Striūgas N. Vandenilio gavyba termiškai skaidant biodyzelino gamyboje gaunamo glicerolio frakciją // Jaunoji energetika 2006 / Doktorantų ir jaunųjų mokslininkų kasmetinė konferencija. Kaunas, LEI, 2006.
4. Šlančiauskas A., Kalpokaitė R. Behaviour of a heavy fuel oil droplet on a hot surface // Int. J. Heat Mass Transfer. 2006. Vol. 49. P. 1050–1057.
5. Leuckel W. Combustion fundamentals and concepts of advanced burner technology // 6th European conference on industrial furnaces and boilers INFUB. Estoril–Lisbon, 2002.
6. Račkauskas S. Anglinių nanovamzdelių sintezė ir vertikalus orientavimas naudojant cheminį garų nusodinimą // Jaunoji energetika 2006 / Doktorantų ir jaunųjų mokslininkų kasmetinė konferencija. Kaunas, LEI, 2006.

#### Anupras Šlančiauskas

#### ECOLOGICAL FUEL COMBUSTION – NEW TECHNOLOGIES

#### Summary

At present, the price of oil reached such a limit when it is worth creating more complicated technologies for the acquisition of different fuel types. Laboratory of Combustion Processes learned a lot while burning fuel oil, trying to vaporize it as possible and gasify it at the primary flame phase.

At present, the direction of the laboratory is usage calorific organic materials partially burning them with a small amount of air reaching 1000 °C and gasifying by the autopyrolysis method. The usage of such waste as oils, pitch tars, calorific organics is an inevitable perspective in the industry of building materials, first of all, in cement production. For the application of this method, the combustion process will have to be improved with air heating and sometimes burning with a larger amount of oxygen. Results of research of tyres and glycerol gasification are presented.

**Key words:** process of burning, waste burning, fuel gasification, atmospheric pollution

#### Анупрас Шланчяускас

#### ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СЖИГАНИЕ ТОПЛИВА, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

#### Резюме

При увеличении расхода нефти становится необходимо шире использовать региональное органическое топливо или отходы. Лаборатория процессов горения выбрала путь газификации отработанных шин и других органических веществ по схеме автопиролиза при температуре около 1000 °C. В промышленности изготовления строительных материалов, таких как цемент, известь и др., направление использования отходов полностью подтверждается и можно достичь минимального загрязнения атмосферы. Приобретенный в лаборатории опыт по сжиганию мазута переносится на новую ситуацию.

**Ключевые слова:** процесс сжигания, сжигание отходов, газификация топлива, загрязнение атмосферы