

Temperatūros įtaka mazuto degimui ant paviršiaus

Regina Kalpokaitė-Dičkuvienė

*Lietuvos energetikos institutas,
Medžiagų tyrimų ir bandymų
laboratorija, Breslaujos g. 3,
LT-44403 Kaunas
El. paštas: regina@mail.lei.lt*

Nagrinėjant mazuto 2,3 mm skersmens lašo degimą ant kasto paviršiaus, naudingos informacijos suteikia termogravimetrinė kuro analizė, kuri plačiai naudojama tiriant įvairių rūšių kuro degimo ir dujų fiksavimo klausimus. Pagal masės netekimo greitį bei išsiskiriančios šilumos kiekį galima spręsti apie virsmus, vykstančius mazute jį kaitinant iki 1000°C. Taip pat nagrinėjama lašo skersmens, kaitinamos sienelės temperatūros, jos šilumos laidžio įtaka atskirų degimo stadijų trukmei. Aptariant rezultatus remiamasi skystojo kuro degimo erdvėje duomenimis bei anglies degimo ypatumais.

Raktažodžiai: kuras, mazutas, lašas, degimas, temperatūra, paviršius

1. ĮVADAS

Pirmieji darbai, susiję su mazuto degimo tyrimais, siekia XX a. penktąjį dešimtmetį. Tuometiniais duomenimis, degimas suskirstytas į dvi fazes: skystąją – kai išgarinamos lakiosios dalys, ir kietąją – kai oksiduojasi koksas, nors anglinis kevalas susiformuoja skystosios fazės metu.

Klasikinė kabančio erdvėje lašo degimo teorija, dažnai vadinama d-kvadrato dėsnio, teigia, kad lašelio garavimo arba difuzinio degimo laikas proporcingas jo pradinio skersmens kvadratu. Darytos prielaidos, kad garai dega sparčiau nei mažėja lašo skersmuo. Be to, skystosios fazės temperatūra lygi virimo temperatūrai. Tačiau tolesni tyrimai parodė, kad iš pradžių garavimo greitis yra labai mažas, nes visa šiluma sunaudojama lašui šildyti. Todėl skystoji degimo fazė toliau buvo skaidoma į du nuoseklius etapus: išankstinį pašilimą ir degimą. Buvo nustatyta, kad minėtos fazės metu vyksta sudėtingi procesai, kurie apima ne tik šilumos / masės pernešimo procesus, bet ir chemines reakcijas, tokias kaip pirolizė (terminis skaidymasis) ir polimerizacija. Kai kurie mokslininkai manė, kad kuro pirolizė, vykstanti dalelės viduje, sukelia ardą degimą ir lemia kokso dalelės susiformavimą skystosios degimo fazės pabaigoje. Kiti tuo tarpu manė, kad koksas formuojasi dėl greito nelakiosios dalies kietėjimo (polimerizacijos).

Kietoji degimo fazė vyksta tuoj pat po skystosios fazės, o tuščiaavidurio karkaso formavimasis atskiria du šios fazės etapus. Kietoji degimo fazė ilgai buvo traktuojama kaip vienpakopė fazė, kurios metu vyksta heterogeninės kokso oksidacijos reakcijos, ir tik neseni duomenys [1–3] atskyrė kokso užsiliepsnojimą ir kokso degimą – rusenimą. Literatūros [4] autoriai nustatė, kad kokso užsiliepsnojimo temperatūra turi didelę įtaką kokso sudegimo laipsniui. Taigi, remiantis iki šiol atliktais moksliniais tyrimais šioje srityje, mazuto lašo degimą galima suskirstyti į dvi fazes, kurios savo ruožtu suskirstomos į dvi nuoseklias stadijas. Tuomet visas mazuto lašo degimo laikas susideda iš keturių dedamųjų: paviršinio garavimo, lakiųjų dalių užsiliepsnojimo, kokso arba anglies darinio susiformavimo ir užsidegimo bei

galutinio anglies darinio sudegimo. Išsamiau apie kiekvieną iš jų. Pirmojoje stadijoje visa šiluma, ateinanti spinduliavimu bei konvekcija, sunaudojama lašo paviršiaus temperatūrai padidinti. Prasideda paviršinis lakiųjų dalių, turinčių žemiausią virimo temperatūrą, garavimas. Apie skysčio lašą susidaro garų sluoksnis, kuris dėl šilumos termiškai skyla ir difunduoja į aplinką, o deguonis – lašo kryptimi. Kuro masė mažėja dėl difuzijos. Pasiėkus virimo temperatūrą masė sumažėja tiek, kiek tiekama šilumos. Lakiųjų dalių garavimas nuo lašo paviršiaus ir iš centro lemia skersmens padidėjimą. Kartais dėl staigaus garavimo lašas susproginėja [5]. Kai garuojančios medžiagos, susimaišiusios su karštu oru savaime užsiliepsnoja, prasideda antroji stadija. Lakiųjų dalių liepsnojimo trukmė priklauso nuo cheminės kuro sudėties. Išsiskirianti šiluma lemia tolesnį kuro skaidymąsi. Lašo masės klampa išauga, nes lieka didesnio molekulinio svorio medžiagos, kurioms suskilti ir sudegti reikia ilgesnio laiko. Trečioji stadija prasideda, kai kuro temperatūra tampa aukštesnė už distiliacijos, bet žemesnė nei suodžių formavimosi. Stadijos trukmė tesudaro 10–15% lašo garavimo laiko [3, 6]. Jos metu formuojasi plonasis kokso arba anglies liekanos karkasas. Pastarojo matmenys gali būti didesni arba mažesni už pradinio lašo dydį, o masė kisti nuo 0,5 iki 10% pirminės masės [7]. Pasibaigus lakiųjų medžiagų garavimui bei degimui prasideda ketvirtoji – ilgiausia stadija – sferinio, tuščiaavidurio plonasis kokso arba anglies liekanos karkaso heterogeninis degimas. Masė mažėja pastoviu greičiu. Žemose temperatūrose paskutinės stadijos trukmė sudaro apytikriai 50% lašo viso degimo laiko, tuo tarpu aukštesnė ji pailgėja keletą kartų. Literatūroje [3] autoriai eksperimentiškai nustatė, kad didėjant lašo skersmeniui labiausiai pailgėja tik ketvirtoji stadija. Ten pat teigiama, kad kuo aukštesnė aplinkos temperatūra, tuo kietesnė ir vienalytiškesnė susidaro kokso arba anglies liekanos dalelė, todėl jos išdegimo laikas ilgėja. Kadangi pastaroji stadija sąlygoja mazuto lašo degimo trukmę, verta apžvelgti akmens anglies dalelės degimą.

Degant angliai vyksta du procesai: lakiųjų dalių (turinčių labai aukštą virimo temperatūrą) garavimas, degimas ir pačios anglies oksidacijos reakcijos. Termogravimetriniai akmens an-

glies, suodžių, mazuto pelenų, kokso kreivės rodo [8, 9], kad oksidacijos reakcijos vyksta jau 350–400°C temperatūroje. Iki šios temperatūros dėl deguonies adsorbcijos / desorbcijos procesų masė gali net padidėti. Išsiskiriant ir užsiliepsnojant lakiosioms dalims, itin padidėja degimo greičiai, likusios anglies masė kaita, labiau porėja. Heterogeninės anglies degimo reakcijos vyksta per nestabilius tarpinius junginius, kurie ilgiau ar trumpiau išbūna adsorbuoti išorinio dalelės ar porų paviršiaus, ir sudaro savotišką sluoksnį [10], per kurį vyksta degimas. Tarpiniai produktai tuoj pat reaguoja su ateinančiu iš aplinkos deguonimi ir gaunami degimo produktai. Tačiau tarpinės reakcijos bei reakcijų produktai stabdo pačios anglies degimą.

Darbuose [11, 12] teigiama, kad degant mažoms anglies dalelėms žemose temperatūrose lakiosios medžiagos garuoja ir pati anglis dega vienu metu, nes deguonies koncentracija aplink ją yra didelė. Vyksta tiek paviršinis, tiek vidinis degimas. Kylant temperatūrai arba didėjant dalelės skersmeniui, procesai vystosi vienas po kito. Iš pradžių, tam tikru atstumu nuo anglies paviršiaus, homogeniškai dega lakiosios dalys, stabdydamos tiesioginį deguonies patekimą prie paviršiaus. Vidinis degimas lėtėja, tačiau išorėje degantys angliavandeniliai įkaitina paviršių su smalos ir anglies plėvele, kurioje vyksta pirolizė – skaidymasis be deguonies, dujųfikacija bei polimerizacija.

Kuro degimo greitis priklauso nuo deguonies difuzijos į reagavimo paviršių greičio ir cheminių reakcijų greičio [12], kuris priklauso nuo temperatūros. Esant aukštai aplinkos temperatūrai arba mažam lašo skersmeniui, degimo greitį riboja difuzija. Tuo tarpu didelių lašų išdegimą žemesnėse temperatūrose lemia cheminė kinetika.

Turint žinių apie mazuto lašo degimą erdvėje bei akmens anglies dalelės degimą galima paaiškinti procesus, kurie vyksta mazuto lašui nukritus ant karšto paviršiaus. Ankstesnėse publikacijose [13, 14] pateikti eksperimentų ant įvairių paviršių bei esant skirtingoms temperatūroms rezultatai. Šiame darbe pristatyti mazuto termogravimetriniai tyrimai oksiduojančioje ir inertinėje aplinkose. Taip pat atlikti papildomi eksperimentai su mažesnio skersmens lašu.

2. METODIKA

Mazuto lašas, kurio skersmuo apytikriai 2,3 mm, patekęs ant karšto paviršiaus iš pradžių intensyviai garuoja. Išgaravus lakiosioms medžiagoms lieka anglies darinys, kurio sudegimo laikui bei masei nustatyti naudotas stendas, detaliam aprašytas darbe [13]. Matavimai atlikti 550–650°C temperatūroje, kuriai esant susidaro trys skirtingos formos anglies dariniai: erdvinis karkasas, „skrybėlės“ forma bei plonas anglies darinio sluoksnis [14]. Vietoje keraminio tiglo naudota 532,34 ± 0,02 mg masės kvarcinio stiklo šukė. Kvarcinis stiklas buvo pasirinktas dėl jo atsparumo terminiams smūgiams. Prieš kiekvieną matavimą kvarco šukė buvo iškaitinama, atšaldoma ir pasveriama. Kvarco gabaliukas su nesudegusia mase buvo ataušinamas ir pasveriamas dviem laiko momentais: 1) po lašo atsitrenkimo į paviršių praėjus apytikriai 2–3 s, 2) po lašo atsitrenkimo praėjus apytikriai 9 s. Pastarasis laikas pasirinktas neatsitiktinai, nes eksperimentų metu pastebėta, kad pasibaigus lakiųjų dalių gausiam garavimui, susiformavęs metastabilus anglies darinys akivaizdžiai mažėja tik keletą sekundžių, o vėliau tarsi „sustoja“.

Apskaičiuota mazuto lašo masė sudarė 3,3 mg (neapibrėžtis 3%). Tarpinių svėrimų metu likusio ant kvarco šukės mazuto masė sudarė: po 2–3 s – 0,28, 0,27 ir 0,2 mg atitinkamai 567, 622, 652°C temperatūroms (neapibrėžtis 14%); po 9 s – 0,05 mg (neapibrėžtis 60%). Tokia didelė paklaida buvo tikėtina, tačiau mokslinio rezultato nesumenkino.

Tas pats stendas naudotas eksperimentams su mazuto lašu, kurio skersmuo buvo apytikriai 1 mm.

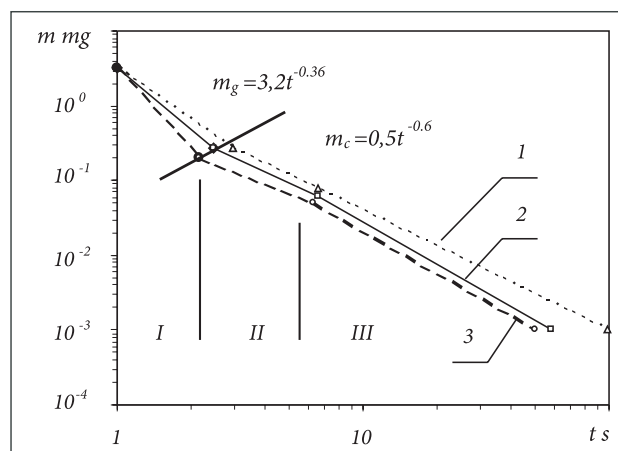
Termogravimetrinis mazuto tyrimas oksiduojančioje ir inertinėje aplinkose atliktas derivatografu Q-1500 D (F. Paulik, I. Paulik, L. Erdei). Į vieną iš dviejų korundinių tiglių oro aplinkoje buvo įpilta 218,2 mg, o inertinėje – 219 mg mazuto. Kaitinimo greitis lygus 10°C/min, termogravimetrinės (TG), diferencinės termogravimetrinės (DTG) ir diferencinės terminės (DTA) kreivių porų koordinatų pradžios vienodos. Kreivių jautrumai: TG – 200 mg, DTA – 500 μV, DTG – 1,0 mV.

Eksperimentuose naudotas prekinis „Mažeikių naf-tos“ mazutas, kurio tankis $\rho = 970 \text{ kg/m}^3$, savitoji šiluma $c_p = 2,0 \text{ kJ/kgK}$, kinematinė klampa $\nu = 118 \text{ mm}^2/\text{s}$, žemutinė degimo šiluma – 40500 kJ/kg, pliūpsnio temperatūra $T = 95^\circ\text{C}$. Anglies kiekis $C = 86\%$, sieros kiekis $S = 2,1\text{--}2,5\%$, vandenilio $H_2 = 10,5\%$, peleningumas $\sim 0,04\%$, vandens ir mechaninių priemaišų mažiau nei 1%.

3. REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Mazuto lašas, atsitrenkęs į karštą sienelę, patiria tuos pačius degimo etapus kaip ir skriejantis karštoje aplinkoje: lakiųjų dalių garavimą, jų liepsnojamą, kokso arba anglies liekanos susiformavimą ir jos degimą. Tačiau iš esmės pakinta tik tam tikrų stadijų trukmė bei besiformuojančios anglies liekanos forma [11].

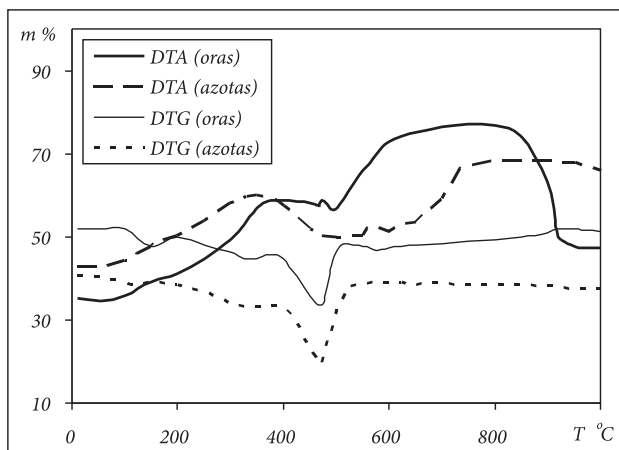
1 pav. pavaizduotas mazuto lašo masės pokytis degimo proceso metu, kai sienelės temperatūra kinta 550–650°C. Lašo masė sudarė $3,3 \cdot 10^{-6} \text{ kg}$. Per pirmąsias 2–3 s stebimas intensyvus lakiųjų dalių virimas ir garavimas. Nors ši stadija palyginti trumpa (1 pav. – I), tačiau jos metu lašas netenka iki 90% masės. Išgarinimo greitis siekia $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ kg/s}$. Garavimo stadijos pabaigoje susiformuoja metastabilus anglies darinys, kurio masė per kitas 6–7 s sumažėja papildomai 5 kartus (1 pav. – II). Masės netekimo greitis $3 \cdot 10^{-8} \text{ kg/s}$. Žemesnėse temperatūrose ant paviršiaus formuojasi erdvinis anglies liekanos karkasas, o



1 pav. Mazuto lašo masės priklausomybė nuo temperatūros. 1 – 560°C, 2 – 620°C, 3 – 650°C

aukštesnėse – „skrybėlės“ formos [14]. Tiesa, 650 °C temperatūroje išsiskiriančios lakiosios medžiagos savaime užsiliepsnoja ir suardo centre besiformuojantį kupolą. Ši likusi kuro dalis, kuri sudaro apytikriai 2% pradinės lašo masės, dega ilgiausiai, jos degimo greitis – $8,6 \cdot 10^{-10}$ kg/s (1 pav. – III).

Lietuvos energetikos instituto Degimo procesų laboratorijoje VARIAN dujų chromatografu ir LID detektoriumi buvo nustatytos medžiagos, išsiskiriančios iš mazuto iki susiformuoja anglies liekana, kai kaitinamos sienelės temperatūra apytikriai lygi 550°C. Aptiktos tokios medžiagos, kaip $C_{11}H_{10}$, $C_{11}H_{12}$, $C_{13}H_{14}$, $C_{16}H_{34}$, $C_{18}H_{38}$, $C_{19}H_{40}$, $C_{20}H_{42}$, $C_{23}H_{48}$, $C_{16}H_{22}O_4$ ir kt. Nustatytos virimo bei kai kurių iš jų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros. Pastebėta, kad didelio molekulinio svorio medžiagų ($C_{16}H_{34}$, $C_{18}H_{38}$, $C_{19}H_{40}$, $C_{20}H_{42}$, $C_{23}H_{48}$) virimo temperatūros kinta apytikriai 300–400°C, tuo tarpu jų savaiminio užsiliepsnojimo temperatūros yra apytikriai 100°C mažesnės. Priešingai, mažesnio molekulinio svorio medžiagos, pavyzdžiui, metanas, n-butanai arba junginiai su deguonimi ($C_{16}H_{22}O_4$), savaime užsiliepsnoja santykinai aukštesnėse (595, 470 ir 400°C) temperatūrose, o užverda – žemesnėse.

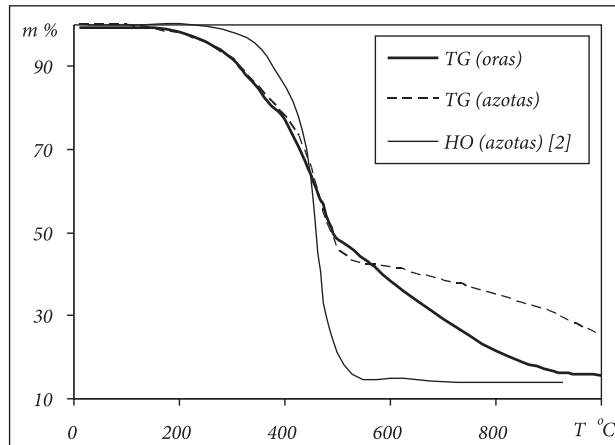


2 pav. Mazuto DTG ir DTA kreivių palyginimas inertinėje ir oksiduojančioje aplinkose

Taigi galima teigti, kad per pirmąsias sekundes, kai kuro lašas patenka ant karštos sienelės, vyksta ne tik garavimo, bet ir skilimo reakcijos, kurių metu išsiskiria žemos virimo temperatūros junginiai. Tai patvirtina ir termogravimetriniai mazuto tyrimai [15]. 2 pav. DTG kreivės inertinėje ir oksiduojančioje aplinkoje esant 300–500°C temperatūrai fiksuoja keletą pikų, rodančių kuro skilimo reakcijas. Literatūroje [16] teigiama, kad oro aplinkoje skilimas vyksta per peroksidus, o inertinėje – alifatinėse grandinėse skylant C–C ryšiui. Susidarę radikalai duoda pradžią grandinėms reakcijoms. Apskaičiuota skilimo reakcijų aktyvacijos energija yra lygi 167 kJ/mol (350°C) ir 356 kJ/mol (470°C).

Lyginant TG kreives, matyti, kad tame pačiame temperatūrų intervale masė mažėja itin sparčiai (3 pav.). Palyginimui pateikti kuro, savo savybėmis panašaus į mazutą [3] (Heavy Oil), duomenys. Mazuto atveju išgaruoja apytikriai 60%, o HO kuro – apie 80% masės.

Dėl intensyvių cheminių virsmų temperatūrose iki 500°C formuojasi erdvinis porėtas anglies darinio karkasas. Porėtumas bei santykinai didelis paviršiaus plotas sudaro palankias sąlygas deguoniui difunduoti gilyn. Taigi dega ne tik paviršinė, bet ir vidinė anglies liekana / koksas.



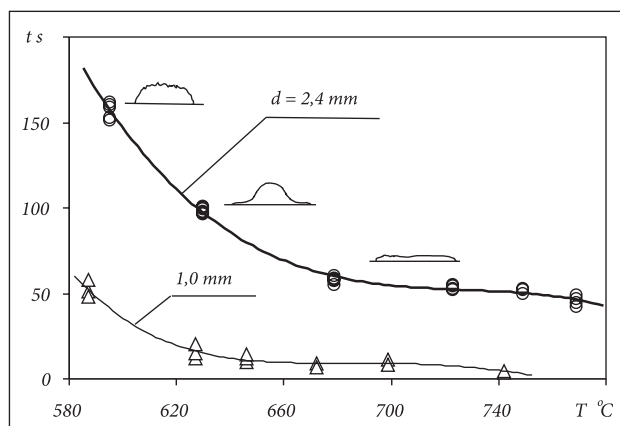
3 pav. Mazuto ir skysto kuro HO [3] TG kreivių palyginimas

Aukštesnėje nei 500°C temperatūroje tiek mazuto, tiek HO kuro masė mažėja pastoviu greičiu (2 pav.). Mazuto DTG kreivės azoto ir oro aplinkoje beveik identiškios, nes aukštesnėse temperatūrose pradeda kauptis patvaresni aromatiniai angliavandeniliai ir kietosios asfaltinės medžiagos, kurios kondensuojasi į policiklines aromatinės struktūras, sudarančias koksą [16]. Inertinėje aplinkoje kuras skaidosi į neturinčius deguonies junginius. Jų difuzija lemia masės sumažėjimą, kurį patvirtina ir DTG beveik tiesinė priklausomybė aukštų temperatūrų intervale (2 pav.). Remiantis literatūra [5, 9], koksas oksiduojančioje aplinkoje gali užsidegti 500–600°C temperatūroje, o gryna anglis – 800–900°C. Be to, anglies dalelė be matomos liepsnos gali degti ir žemesnėse temperatūrose, svarbu, kad šilumos susidarymo greitis būtų didesnis už šilumos nuostolius.

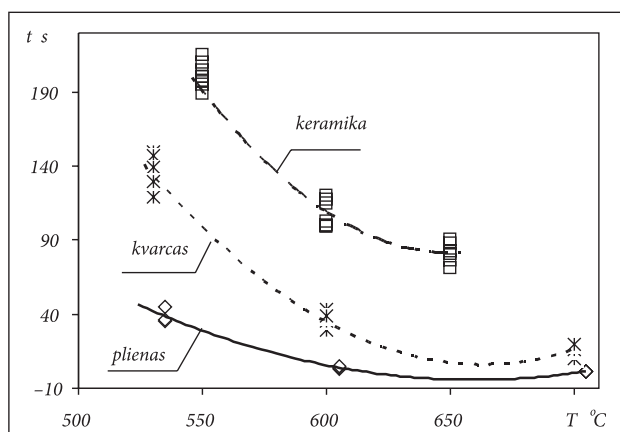
Oro aplinkoje DTA kreivė fiksuoja didelį šilumos išsiskyrimą – per 500°C (2 pav.). Šios temperatūros pakanka savaime užsiliepsnoti kai kuriems garavimo arba skilimo produktams. Savo ruožtu jie gali uždegti besiformuojančią anglies liekaną. Inertinėje aplinkoje šilumos išsiskyrimo pikas pastumtas aukštesnių temperatūrų link (2 pav.). Šie duomenys patvirtina literatūroje [12] pateiktą prielaidą, jog aukštesnėse temperatūrose lakiųjų medžiagų garavimas ir anglies liekanos degimas vyksta vienas paskui kitą. Be to, homogeninis lakiųjų medžiagų degimas stabdo deguonies difuziją link gilesnių sluoksnių, todėl juose vyksta pirolizės procesai – kuro skaidymasis be deguonies.

4 paveiksle pavaizduota skirtingo skersmens mazuto lašo, nukritusio ant keraminio paviršiaus, degimo laiko priklausomybė nuo temperatūros. Matyti, kad apytikriai 2,5 karto mažesnis lašas sudega 3–7 kartus greičiau. Tačiau nepaisant lašo skersmens, yra temperatūrų intervalas, kuriame degimo trukmė nekinta. Šiame ruože formuojasi vientisas glaudžiai prie sienelės prikepęs anglies liekanos/kokso sluoksnis, kurio mažas porėtumas bei galimas paviršinis lakiųjų dalių degimas apsunkina oksidacijos reakcijas.

Kuo kaitinamas paviršius laidesnis šilumai, tuo sparčiau garuoja ir sudega mazuto lašas. Lyginant tris skirtingo šilumos laidžio medžiagas (5 pav.) – keramiką, kvarcą ir plieną, kurių temperatūros laidžio koeficientai atitinkamai lygūs $2,4 \cdot 10^{-6}$, $3,3 \cdot 10^{-6}$, $12 \cdot 10^{-6}$, matyti, kad didėjantis sienelės šilumos laidis itin sutrumpina lašo sudegimo laiką bei pastumia kreives žemesnių temperatūrų link. Kreivių pobūdis iš esmės nekinta. Reikia pabrėžti, kad ant plieninio paviršiaus 600°C temperatūro-



4 pav. Skirtingo skersmens mazuto lašų sudegimo laiko priklausomybė nuo temperatūros. Paviršius – keramika



5 pav. 2,3 mm skersmens mazuto lašo sudegimo laiko priklausomybė nuo temperatūros ir šilumos laidžio

je mazuto lašas sprogdta. Pastarajam susprogus formuojasi mažesnės, bet būdingos formos anglies liekanos.

4. IŠVADOS

Mazuto lašas, atsitrenkęs į karštą paviršių, patiria tas pačias įkaitimo, garavimo bei anglies liekanos degimo stadijas, kaip ir skriejantis erdvėje. Tačiau degdamas ant paviršiaus daugiau nei 80% visos savo masės lašas netenka per pirmąsias 2–3 s, kai išgaruoja lakiosios medžiagos. Likusių dalių sudarantiems didelio molekulinio svorio junginiams (maltenai, dervos, asfaltalai, karbenai ir kt.) sudegti reikia daugiau nei 0,8 viso lašo gyvavimo ant paviršiaus laiko bei aukštesnės temperatūros. Net mažesnis lašo skersmuo nekeičia degimo pobūdžio, nes aukštose temperatūrose formuojasi vientisas, mažiau porėtas anglies liekanos sluoksnis, todėl deguonies difuzija lėta. Norint paspartinti mazuto lašo sudegimą ant paviršiaus, reikia sutrumpinti anglies liekanos degimo laiką. Vienas iš būdų – pasiekti lašo sprogdimo stadiją.

Gauta 2007 02 10
Priimta 2007 09 17

Literatūra

1. Cunningham A. T. S., Gliddon B. J. Jackson P. J., Jones A. R., Lawn C. J., Sarjeant M., Squires R. T., Street P. J. Improvements in the combustion of heavy fuel oils // Proc. R. Soc. London, 1989. P. 233–265, 423.
2. Braide K. M., Isles G. L., Jordan J. B., Williams A. The combustion of single droplets of some fuel oils and alternative liquid fuel combustions // J. Inst. Energy. 1999. P. 25–38.
3. Xu G., Ikegami M., Honma S., Takeshita Y. Burning droplets of heavy oil residual blended with diesel light oil: characterization of burning steps // Combustion Science and Technology. 2002. Vol. 174. P. 115–145.
4. Villasenor R., Garcia F. An experimental study of the effects of asphaltenes on heavy fuel oil droplet combustion // Fuel. 1999. Vol. 78. P. 933–944.
5. Bartok W., Sarofim A.F. Fossil Fuel Combustion. Kanada, 1991. 865 p.
6. Arias-Zagasti M., Rosner D. E. Multicomponent fuel droplet vaporization and combustion using spectral theory for continuous mixtures // Combustion and Flame. 2003. Vol. 135. P. 271–284.
7. Molero de Blas L. J. Pollutant Formation and Interaction in the Combustion of Heavy Liquid Fuels. PhD thesis. University of London, 1998.
8. Stanmore B. R., Brillhac J. F., Gilot P. The oxidation of soot: a review of experiments, mechanisms and models // Carbon. 2001. Vol. 39. P. 2247–2268.
9. Seggiani M., Teti G., Vitolo S. Investigation on the combustion of heavy-oil fly-ashes // Fuel. 2002. Vol. 81. P. 1711–1715.
10. Feng B., Bhatia S. K. Variation of the pore structure of coal chars during gasification // Carbon. 2003. Vol. 41. P. 507–523.
11. Svoboda K., Hareman M., Cermak J. Combustion mechanisms – solid phase // Pollutants from Combustion. 2000. P. 35–50.
12. Veras Gurgel C. A., Saastamoinen J., Carvalho J. A., Aho M. Overlapping of the devolatilization and char combustion stages in the burning of coal particles // Combustion and Flame. 1999. Vol. 116. P. 567–579.
13. Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Šlančiauskas A. Mazuto lašelio anglies išdegimas ant karšto paviršiaus // Energetika. 2001. Nr. 4. P. 32–37.
14. Kalpokaitė-Dičkuvienė R., Šlančiauskas A. Paviršiaus parametrų įtaka mazuto lašelio degimui // Energetika. 2003. Nr. 3. P. 52–58.
15. Kukliauskas A., Kalpokaitė-Dičkuvienė R. Mazuto termografine analizė // Silikatų technologija. Tarptautinės konferencijos pranešimų medžiaga. 2002. P. 87–90.
16. Kukliauskas A., Stravinskas G., Barkauskas V. Mazuto virsmų tyrimas diferencinės terminės analizės metodu // Cheminė technologija. 2003. Nr. 1(27). P. 10–13.

Regina Kalpokaitė-Dičkuvienė

TEMPERATURE EFFECTS ON HEAVY OIL COMBUSTION ON A SURFACE

Summary

Thermogravimetric measurements were made for a better understanding of changes in the process of heavy oil droplet combustion on a hot surface. The mass changes of the droplet during different combustion stages as well as surface temperature and droplet diameter effects on the combustion process were investigated.

Key words: heavy oil, droplet, combustion, temperature, surface

Регина Калпокайте-Дичкувене

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ГОРЕНИЕ МАЗУТА НА ПОВЕРХНОСТИ

Резюме

Для создания полной картины процессов, протекающих во время горения капли мазута на горячей поверхности, проведен термогравиметрический анализ топлива. Экспериментально установлено, как изменяется масса капли мазута на отдельных стадиях горения и какие процессы протекают в самом топливе, а также как влияют температура и теплопроводность поверхности, диаметр капли на время выгорания.

Ключевые слова: мазут, капля, горение, температура, поверхность