

PRIEŠGAISRINIŲ DANGŲ, SKIRTŲ PLIENINIŲ IR MEDINIŲ KONSTRUKCIJŲ APSAUGAI NUO UGNIES NUODINGŲ DŪMŲ SUSIDARYMO, TYRIMAI

**MINDAUGAS GRIGONIS¹, VLADAS PRANIAUSKAS¹, ROMUALDAS MAČIULAITIS²,
DONATAS LIPINSKAS¹, VYTAUTAS JOCIUS¹, ŽYDRŪNAS KUODIS¹**

¹Priešgaisrinės apsaugos ir gelbėjimo departamento prie VRM Gaisrinių tyrimų centras,

²Vilniaus Gedimino technikos universiteto Statybinių medžiagų katedra

Raktažodžiai: *gaisras, degimas, kenksmingi degimo produktai, anglies monoksidas, priešgaisriniai dažai, antipirenai.*

Santrauka

Pagrindinis veiksnys, gaisro metu ardantis plienines ir medines konstrukcijas, yra aukšta temperatūra. Neapsaugotas priešgaisrinėmis dangomis plieninių konstrukcijų pastatas gali labai greitai sugriūti, o neapsaugotame medinių konstrukcijų pastate gali labai greitai išplisti gaisras, užkirsdamas visus žmonių evakuacijos kelius. Lietuvoje teisės aktais nustatyta, kad visuomeninės paskirties statinių tam tikras plienines ir medines konstrukcijas būtina ugniaatsparinti priešgaisrinėmis dangomis. Tačiau šios apsauginės medžiagos veikiamos ugnies, t. y. degdamos, kartu su dūmais išskiria toksiškas medžiagas, kurios gali turėti rimtų pasekmių žmonių sveikatai, apsunkina jų evakuaciją bei ugniagesių darbą.

Išsiskiriamų pavojingų degimo produktų medžiagų tyrimams buvo pasirinktos Lietuvoje naudojamos medinių ir plieninių konstrukcijų apsauginės medžiagos. Tyrimai buvo atliekami vadovaujantis plačiai Europoje naudojama statybos gaminių reakcijos į ugnį nustatymo metodika, pateikta LST EN 13823:2010 standarte.

ĮVADAS

Gaisrai sukelia daug dūmų, o dūmai yra pilni toksinių dujinių medžiagų [1]. Degimas liepsna nėra toks pavojingas kaip smilkimas, kurio metu išsiskiria žymiai daugiau kenksmingų degimo produktų [2]. Smilkimas gali vykti nepastebimai, esant nedideliame greičiui arba peraugti į degimą, lydymą liepsnos [3]. Ugniai atsparios medžiagos, panaudotos plieninių ir medinių konstrukcijų apsaugai, veikia kaip ugnies užkarda, stabdanti ugnies plitimą, prailginanti konstrukcijų laikomumą ir

užtikrinanti keletą neįkainojamų papildomų minučių. Tačiau šios degančios medžiagos kartu su dūmais gali išskirti ir labai toksiškus skilimo produktus, kurie gali turėti rimtų pasekmių žmonių sveikatai, apsunkinti evakuaciją bei ugniagesių darbą [4, 5]. Statybinių medžiagų gaisro pavojingumo negalima apibūdinti vienu kuriuo nors rodikliu, o tam tikru jų rinkiniu, kuris apibūdina medžiagos pavojingumą per įvairias degimo proceso stadijas ar etapus. Šių rodiklių kiekis taip pat priklauso nuo agregatinės medžiagos būsenos [6]. Pagrindinis veiksnys, gaisro metu ardantis medžiagas ir konstrukcijas, yra aukšta temperatūra. Štai dėl kokios priežasties ir reikalaujama ugniaatsparinti plienines ir medines konstrukcijas [7].

Šiuolaikinėje statyboje vienas iš atsparumo ugniai didinimo būdų yra plieninių laikančių konstrukcijų padengimas plevėdariais [8], o plačiausiai yra naudojamos priešgaisrinės besiplečiančios dangos. Apžvelgus esamą situaciją galima konstatuoti, jog į priešgaisrinių dažų sudėtį įeina daug skirtingų cheminių medžiagų komponentų. Pagal šiuo metu keliamus reikalavimus [9] yra atsižvelgiama tik į dangų gebėjimą kuo ilgiau neleisti įkasti termiškai veikiamoms konstrukcijoms, bet ir padidinti jų atsparumą ugniai. Užsakovas, norėdamas sutaupyti, renkasi apsaugines dangas, kurios kainuoja mažiau ir užtikrina reikiamą atsparumą ugniai, nekreipdamas dėmesio į dangos keliamą pavojų žmonėms. Degdamos skirtingos sudėties dangos išskiria skirtingą dūmų kiekį [10, 11], o su jais ir žmogui kenksmingų kitų dujų komponentų.

Svarbu žinoti, kokį pavojų žmonių sveikatai gali kelti ugniaatsparinančios medžiagos gaisro metu. Intensyvus toksinių medžiagų (dujų, garų ir kietų anglies dalelių) susidarymas ir greitas sklidimas ypač patalpoje evakuaciniais keliais vyksta jau pradinėje gaisro stadijoje. Apie 82 % mirčių lemia išsiskyrusiuose degimo produktuose esančios toksinės medžiagos [12].

Degant polimerinėms medžiagoms, pastebėtas ne

tik aukštas CO išsiskyrimo lygis, bet ir didelės anglies dioksido CO₂ koncentracijos. Neigiamas CO₂ poveikis gaisro metu pasireiškia tuo, kad žmogus ima tankiai kvėpuoti, o tuo metu į organizmą patenka ir daugiau toksinių medžiagų, kurių yra degimo produktuose. Remiantis turimais duomenimis, galima teigti, kad esant trumpalaikiam CO₂ (15 min.) poveikiui, leistina koncentracija yra 1,5 %. Amoniakas yra bespalvės, turinčios aštrų bei dirginantį kvapą, dujos. Būtent dėl to apsinuodijimų amoniaku skaičius nėra didelis, nes iškart yra jaučiamas jo specifinis kvapas[1].

Anglies oksidas (CO) – žinomas nuodas, nes daug žmonių juo apsinuodija gamyboje ir buityje. Gerai žinomas biologinio veikimo mechanizmas: patekdamas su oru į plaučius, CO patenka į kraują, kur susijungia su hemoglobinu. Atsirandant neaktyviam karboksihemoglobino (HbCO) kompleksui, pasireiškia deguonies trūkumas organizme, kuris ypač pavojingas nervų bei širdies sistemoms. Anglies oksido cheminis aktyvumas hemoglobiniui yra 200–300 kartų didesnis nei deguonies [13]. Atsižvelgiant į CO pavojingumo lygį pagal minėtuosius tyrimus, ugniagesiams būtina žinoti, kad yra pakartotina nuodingųjų medžiagų veikimo galimybė, netgi esant žemesnei CO koncentracijai. Tokiais atvejais deguonies trūkumas nepasiekia kritinio lygio, bet sudaro papildomą krūvį ugniagesio širdies sistemai. Be to, ugniagesys veikiamas fizinės ir psichinės įtampos, o tai irgi gali būti širdies smūgio priežastis [14].

Darbo tikslas - pateikti rezultatus ir išvadas, nusakančias, kokios apsauginės medžiagos daugiau ar mažiau yra pavojingos žmonių sveikatai.

BANDYMŲ METODIKA, ĮRANGA IR TIRTOS MEDŽIAGOS

Bandiniams iširti pasirinktas metodas LST EN 13823:2010 "Statybinių gaminių reakcijos į ugnį bandymai. Statybiniai gaminiai, išskyrus grindų dangas, kuriuos veikia vieno degančio objekto šiluma"[15]. Bandymo įrangą (SBI) sudaro bandymų patalpa, vežimėlis, rėmas, degikliai, gaubtas, kolektorius, dūmų išmetimo sistema ir bendroji matavimo įranga [16].

Bandinys yra sudarytas iš dviejų sparnų, kurių matmenys 1500 mm x 495 mm ir 1500 mm x 1000 mm (aukštis x plotis), jis veikiamas kampo apačioje įrengto degiklio liepsna. Liepsna gaunama deginant per smėlio dėžę leidžiamas propano dujas, kurių šiluminis galiumas (30,7 ± 2,0) kW. Bandinio eksploatacinių savybių vertinimo trukmė yra 20 min. Gaunami eksploataciniai parametrai: šilumos susidarymas, dūmų susidarymas, šoninis liepsnos sklaidimas ir liepsnojančių lašelių bei

dalelių kritimas. Aukščiau nurodytus parametrus pagal klasifikavimo standartą LST EN 13501-1:2007+A1:2010 galima susklasifikuoti [17].

Tyrimai buvo atlikti su natūralia pušies mediena bei su pušies mediena, kuri buvo impregnuota „BAK-1“ ir „Flamasepas-2“ antipireniniais tirpalais pagal gamintojų deklaruojamą išėigą. Tyrimams paruošta po tris kiekvieno tipo bandinius. Bandymo metu nustatytos:

- bandinių degumo klasės;
- SMOGRA - (Dūmų kiekio didėjimo rodiklis. Dūmų susidarymo iš bandinio greičio ir trukmės santykio didžiausia vertė) [cm²/s²];
- TSP₆₀₀ - (suminis dūmų, susidarantių iš bandinio per 600 s (300 s ≤ t ≤ 900 s) nuo jo veikimo pagrindinio degiklio liepsna pradžios, kiekis) [m²];
- TSP - (suminis bandinio dūmų kiekis) [m²];
- SPR-Prod. - (produkto dūmų susidarymo greitis) [m²/s];
- SPR(60) - (bandinio dūmų susidarymo greičio vidurkis per 60 s) [m²/s];
- CO₂ išsiskyrimo koncentracija [%].

Tyrimams su priešgaisrinėmis dangomis plieninėms konstrukcijoms buvo pasirinktos dangos, kurių esminis skirtumas buvo tirpiklis: vienuose panaudotas vanduo, o kituose ksilenas (C₈H₁₀) ir toluenas (C₇H₈) [18, 19]. Bandymams atlikti buvo pasirinktos 24 metalinės plokštės, kurių matmenys 50 x 150 cm, plokščių storis 1 mm. Paruošta 12 bandinių su dviem skirtingais priešgaisriniais dažų tipais, kiekvienam dažų tipui po 3 bandinius:

- 1 serija – dažai skiediklio pagrindu „Steelguard FM 550“;
- 2 serija – dažai skiediklio pagrindu „Steelguard FM 550“ su epoksidine papildoma viršutine danga „Steelguard 2458“, apsaugančia nuo aplinkos poveikio;
- 3 serija – dažai vandens pagrindu „CHAR 21“;
- 4 serija – dažai vandens pagrindu „CHAR 21“ su epoksidine viršutine (papildoma) danga „Steelguard 2458“, apsaugančia nuo aplinkos poveikio.

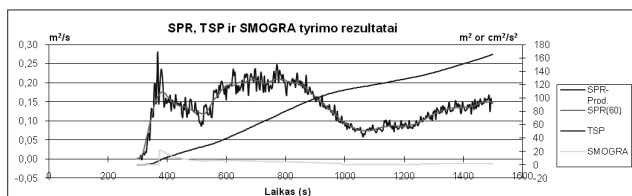
Metalinių plokščių paviršiaus paruošimas ir bandomos medžiagos padengimas buvo atliekamas pagal reikalavimus, t.y. pradžioje nuo metalinių plokščių paviršiaus pašalinamos rūdys, riebalai ir kiti užterštumai, vėliau nugaruntuojama alkidiniu antikoroziniu gruntu „GF – 021“, skirtu metaliniams paviršiams dengti. Prie bandinių neveikiamo paviršiaus skirtingame aukštyje buvo pritvirtintos termoporos temperatūrai matuoti. Pradedant bandymą „Mega Check“ įrenginiu buvo matuojamas tiriamos išdžiuvusios dangos sluoksnio storis (bendras), kuris svyravo nuo 900 μm iki 1120 μm. Įrenginys prieš pradedant matuoti buvo kalibruojamas pagal gamintojo

instrukcija, naudojant tinkamą kalibravimo etaloną [20].

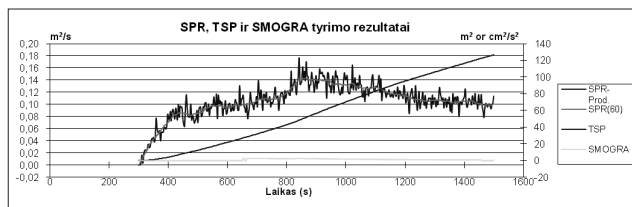
IMPREGNUOTOS BEI NEIMPREGNUOTOS MEDIE- NOS TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS

Atlikus tyrimus su neimpregnuota pušies mediena nustatyta D s2 d0 degumo klasė. Suminis dūmų, susidarantių iš bandinio per 600 s ($300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$) nuo jo veikimo pagrindinio degiklio liepsna pradžios, kiekis (TSP_{600}) = 99,2 [m^2]. Iš 2 pav. matome, kad didžiausias dūmų kiekis (SPR-Prod.) bandymo metu išsiskyrė pačioje bandymo pradžioje, apytiksliai po 1 min., kai bandinys buvo pradėtas veikti pagrindinio degiklio liepsnos. Prieš pradėdant veikti bandinį pagrindinio degiklio liepsna, vyksta pagalbinio degiklio šilumos našumo ir dūmų susidarymo tyrimas, todėl bandinys pradėdamas veikti pagrindiniu degikliu tik praėjus 300 sekundžių (1 pav).

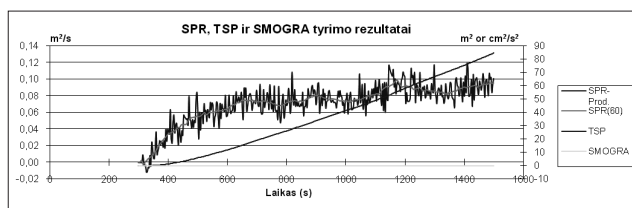
Atlikus tyrimus su Flamasepas-2 impregnuota pušies mediena nustatyta B s2 d0 degumo klasė. Suminis dūmų, susidarantių iš bandinio per 600 s ($300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$) nuo jo veikimo pagrindinio degiklio liepsna pradžios, kiekis (TSP_{600}) = 56,6 [m^2]. Šiuo atveju didžiausias dūmų kiekis (SPR-Prod.) bandymo metu išsiskyrė apytiksliai po



1 pav. Neimpregnuotos pušies medienos SPR, TSP ir SMOGRA vertės.



2 pav. Flamasepas-2 impregnuotos pušies medienos SPR, TSP ir SMOGRA vertės.



3 pav. BAK-1 impregnuotos pušies medienos SPR, TSP ir SMOGRA vertės.

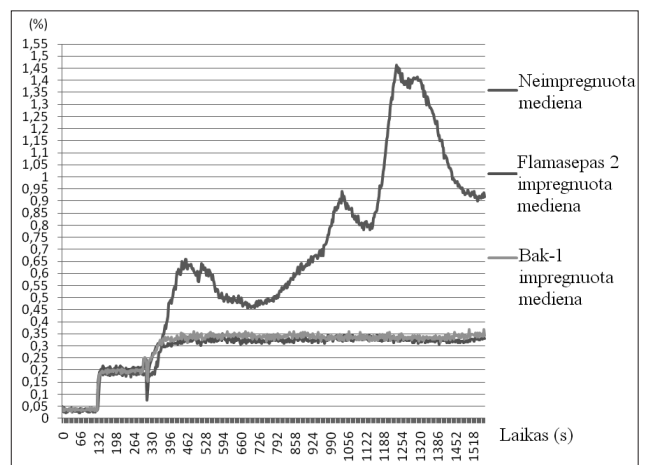
10 min., kai bandinys buvo pradėtas veikti pagrindinio degiklio liepsnos (2 pav).

Atlikus tyrimus su BAK-1 impregnuota pušies mediena nustatyta B s1 d0 degumo klasė. Suminis dūmų, susidarantių iš bandinio per 600 s ($300 \text{ s} \leq t \leq 900 \text{ s}$) nuo jo veikimo pagrindinio degiklio liepsna pradžios, kiekis (TSP_{600}) = 33,6 [m^2]. Šiuo atveju didžiausias dūmų kiekis (SPR-Prod.) bandymo metu išsiskyrė apytiksliai po 14 min., kai bandinys buvo pradėtas veikti pagrindinio degiklio liepsnos (3 pav).

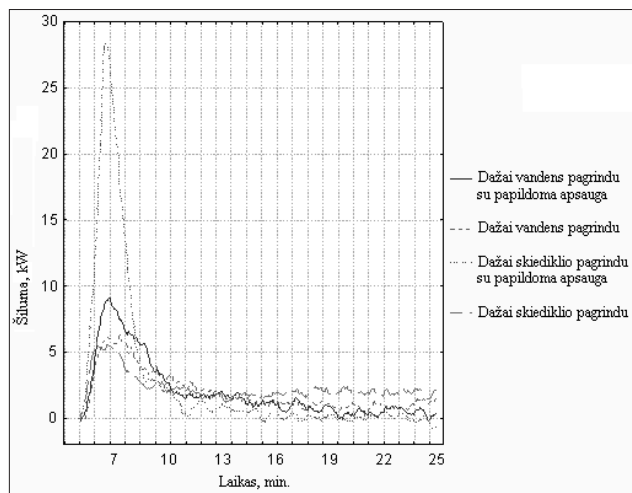
Nagrinėjant bandymų metu nustatytus CO_2 išsiskyrimo kiekius matyti, kad Flamasepas 2 ir Bak-1 impregnuotos pušies medienos CO_2 išsiskyrimo kiekiai yra labai panašūs, o neimpregnuotos medienos anglies dioksido išsiskyrimo kiekis tik pradėjus bandinį veikti pagrindinio degiklio liepsna ima sparčiai kilti ir apytiksliai po 15 min. bandinio veikimo pagrindinio degiklio liepsna pasiekia pavojingą beveik 1,5 % koncentracijos ribą [1] (4 pav.).

Kaip matome neimpregnuota mediena pasižymėjo blogiausiomis gaisrinėmis savybėmis, kadangi jos degumo klasė buvo žemiausia, taip pat išsiskyrė ir didžiausias dūmų (TSP_{600}) bei CO_2 kiekis. Nagrinėjant impregnuotos medienos rezultatus matyti, kad visais tirtais atvejais impregnavus medieną antipireninium tirpalu jos degumas pablogėjo bei sumažėjo išsiskiriančių dūmų ir CO_2 kiekiai. Iš tirtų bandinių geriausiomis priešgaisrinėmis savybėmis pasižymėjo pušies mediena, impregnuota BAK-1 antipireninium tirpalu.

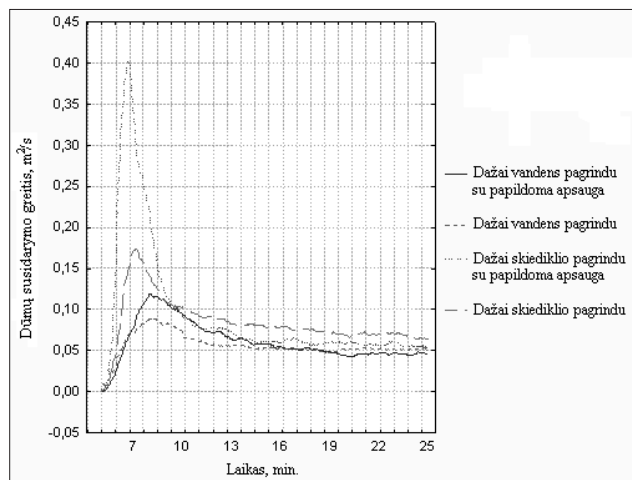
Taigi antipireniniai tirpalai ne tik pažemina degumo klasę, bet ir sumažina išsiskiriančių dūmų bei CO_2 kiekius. Todėl kilus gaisrui padidėja tikimybė išsaugoti ne



4 pav. Neimpregnuotos bei BAK-1 ir Flamasepas-2 impregnuotos pušies medienos CO_2 išsiskyrimo tyrimo rezultatai.



5 pav. Šilumos išsiskyrimo priklausomybė nuo laiko (HRR, kW).

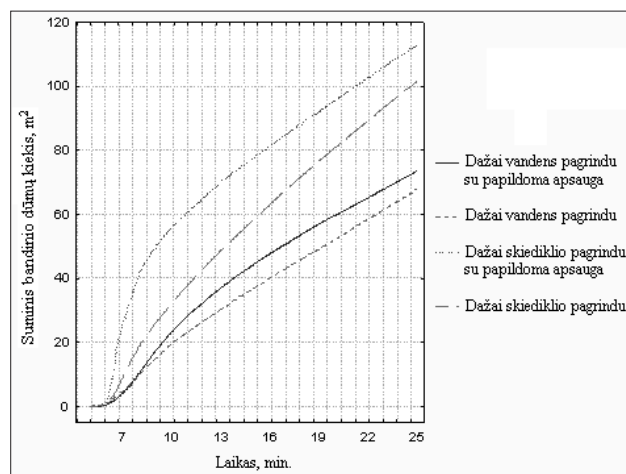


6 pav. Dūmų susidarymo greitis (SMOGR SPR, m²/s).

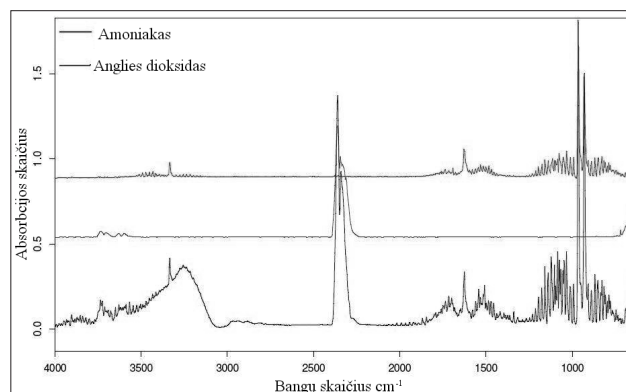
tik gyvybę, bet ir pastate esantį turtą.

PADENGTŲ PRIEŠGAISRINE DANGA METALINIŲ KONSTRUKCIJŲ TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS

Priešgaisriniai dažai savo savybėmis garantuoja efektyvią apsaugą nuo ugnies. Priešgaisrinės apsaugos efektyvumui turi didelę reikšmę priešgaisrinių dažų sudėtis. Čia efektyvūs antipirenai su amino dervomis ir amonio polifosfatais, kartu su garus sudarančiomis priemaišomis – telaminu, deciamidinu ir miltelių pavidalo karbamidais bei melaminformaldehidinės dervos [21]. Amonio polifosfatas, skirtingai nuo ortofosfatų, pradeda išskirti amoniaką pasiekus 200°C temperatūrą, susidarant



7 pav. Suminis bandinio dūmų kiekis (TSP, m²).



8 pav. CO₂ ir NH₃ išsiskyrimas 234°C temperatūroje.

polifosfatinei rūgščiai, kuri nekeičia savo savybių iki 800°C. Skylant amonio polifosfatai, rūgštis dehidratuojasi. Dipentaeritritolis pradeda skilti 270°C temperatūroje, ir beveik visiškai suskyla prie 400°C. Optimali padėtis tarp šitų medžiagų susidaro prie 700°C, tada taip pat susidaro ir didžiausias anglies likutis [11].

Stebint bandymus buvo akivaizdžiai matyti pasikar-tojantys aukšti liepsnos liežuviai, bandymo pradžioje 6–7 min. liepsna apimdavo visą bandinį (liepsnos aukštis iki 1,5 m), taip vyko todėl, kad paveikus paviršių aukšta temperatūra kartu su dūmais išsiskirdavo ir degūs medžiagos destrukcijos dujiniai komponentai.

Iš 5 pav. matyti, kad didžiausias šilumos išsiskyrimas vyksta naudojant dažus skiediklio pagrindu su papildoma apsauga. Nuo bandinio pradžios matomas priešgaisrinių dažų liepsnojimas. Didžiausias šilumos išsiskyrimas pasiekiamas 7 minutę nuo bandymo pradžios ir siekia 28 kW šilumos išsiskyrimą, po 10 minučių šilumos

kiekis sumažėja ir lieka mažiausias lyginant su kitais priešgaisriniais dažais. Toks rezultatas gaunamas todėl, kad vyksta rišiklio suminkštėjimas išskiriant degias dujas, kurios veikia liepsnos didėjimo greitį, po to bandinio priešgaisrinė danga pradeda formuoti porėtą termoizoliacinį sluoksnį, dėl susidariusio anglies sluoksnio dažai nustoja išskirti didelį šilumos kiekį.

Iš dūmų susidarymo greičio (SMOGRA) priklausomybės nuo laiko, pateikto 6 pav., matyti, kad dangos skiediklio pagrindu daug didesniu greičiu išskiria dūmus nei dangos vandens pagrindu. Šį veiksmą galima paaiškinti šilumos išsiskyrimu, kuo didesnis šilumos išsiskyrimas, tuo didesnis dūmų išsiskyrimo greitis (SMOGRA). Dangos skiediklio pagrindu anksčiau pasiekia maksimalų dūmų susidarymo greitį, todėl galima teigti, jog dėl polimerų sudėtyje esančių anglies ir vandenilio atomų kartu su oro dioksidu šios dangos sudaro pakankamai degią sistemą. Kaip ir ankstesniuose bandymuose pradėjus formotis putų sluoksniui dūmų išsiskyrimo greitis (SMOGRA) mažėja.

7 pav. grafikai atspindi suminį dūmų kiekio išskyrimą nuo laiko panaudojus skirtingus priešgaisrinius dažus. Dažai skiediklio pagrindu su papildoma apsauga, įvertinus pirmomis minutėmis didžiausią dūmų išskyrimo greitį ir po kelių minučių nukritusį iki mažiausio dūmų išskyrimo greičio, išskyrė daugiausia dūmų. Didžiausias skirtumas tarp skirtingų dažų ir suminio dūmų kiekio išskyrimo yra bandymų pradžioje (6-10) min. Išsiskyres dūmų kiekis skiriasi dešimt kartų, tačiau į bandymo pabaigą skirtumas mažėja ir sudaro apie 1,5 karto. Šios pirmosios minutės yra svarbios evakuojant žmones iš pastato.

Bandinio, padengto priešgaisriniais dažais, „Steelguard FM 550“, degumo klasė – B s2, d0, o bandinio, padengto priešgaisriniais dažais, „Steelguard FM 550“ su papildoma epoksidine apsaugine danga, „Steelguard 2458“, apsaugančia nuo aplinkos poveikio, taip pat papildoma danga yra naudojama konstrukcijoms suteikti norimą spalvą, degumo savybės pablogėja ir degumo klasė – D s2, d0. Bandinių, padengtų priešgaisriniais dažais, „CHAR 21“, degumo klasė – B s1, d0, tačiau juos padengus papildoma epoksidine viršutine danga, apsaugančia nuo išorinio poveikio, degumo klasė – B s2, d0. Iš atliktų tyrimų rezultatų galima teigti, jog papildoma epoksidinė danga apsauganti nuo atmosferinio poveikio, didina dūmų išsiskyrimo kiekį, tačiau padidėja atsparumas aplinkos atmosferiniam poveikiui.

Siekiant nustatyti, kokios pavojingos medžiagos išsiskiria degant priešgaisrinėms dangoms, buvo pasirinktas Furrjė infraraudonųjų spindulių

spektroskopas, sujungtas su termogravimetru.

Atlikus tyrimus priešgaisrinių dangų su Furrjė infraraudonųjų spindulių spektroskopinės analizės tyrimų įranga nustatyta, kad kylant temperatūrai iš priešgaisrinės dangos išsiskiria CO, CO₂ ir NH₃ (8 pav.). Temperatūra buvo keliama 10°C per 1 minutę.

IŠVADOS

Neimpregnuota mediena pasižymėjo blogiausiomis priešgaisrinėmis savybėmis, kadangi jos degumo klasė buvo žemiausia, taip pat išsiskyrė didžiausias dūmų bei CO₂ kiekis.

Iš tirtų bandinių geriausiomis priešgaisrinėmis savybėmis pasižymėjo pušies mediena, impregnuota BAK-1 antipireninis tirpalu, kadangi buvo pasiekta B s1 d0 degumo klasė.

Amonio polifosfato ir melamino polifosfato naudojimas priešgaisrinėse išsipučiančiose dangose turi įtaką tūriniam priešgaisrinių dangų padidėjimui bei nedegių liekanų sluoksnio susidarymui, taip pat ir dūmų susidarymui, tačiau šioms medžiagoms yrant išsiskiria pavojingos žmonių sveikatai medžiagos, tokios kaip CO, CO₂ ir NH₃.

Priešgaisrinės išsipučiančios dangos vandens pagrindu išskiria mažiau dūmų nei organinių tirpiklių pagrindu, tačiau yra mažiau atsparios aplinkos poveikiui. Norint dangas apsaugoti nuo aplinkos poveikio, joms būtina papildoma apsauga, kuri, deja, ženkliai padidina dūmų išsiskyrimą, tuo pačiu ir didesnę išskiriamą nuodingų medžiagų kiekį. Danga vandens pagrindu papildomai padengus viršutine apsaugine danga, degumo klasė pablogėja nuo B s2, d0 iki D s2, d0. Tuo pačiu gaisro metu daugiau išskiriama nuodingų medžiagų.

Literatūra

1. Žukas A., Mačiulaitis R., Šukys R. Saugus statybinių produktų panaudojimas priešgaisrinio požiūriu. Technika (Vilnius). 2005; 101.
2. Borkowski R., Jaskółowski W., Piechocka E., Półka M. Fizykochemia spalania i wybuchów, ćwiczenia laboratoryjne. Warszawa. 1996; 45.
3. Birk A. M. Bleve. Canada. 1995; 29.
4. Draizdel D. Introduction to Fire Dynamics. 2nd ed. England, West Sussex. 1999; 451.
5. Д. Драйзделл. Введение в динамику пожаров. Стройиздат (Москва). 1990; 423.
6. Zalieckienė E. Degimo procesai. Technika (Vilnius). 2009; 315.
7. Čyras P., Šukys R. Gaisrinės saugos pagrindai. Technika (Vilnius). 1997; 47 p.
8. Grigonis M., Mačiulaitis R., Lipinskas D. Fire Resistance Tests of Various Fire Protective Coatings Mater. Sci. (Medžiagotyra) 2011; 17 (1): 93 – 98.
9. Harden A., Velin P.E. Intumescent Coating and use Thereof. WO 2006/096112 A1. 2006.
10. Duquesne S, Magnet S, Jama C, Delobel R. Thermoplastic

resins for thin film intumescent coatings – toward a better understanding of their effect on intumescence efficiency. *Polymer Degradation and Stability* 2005; 63-69.

11. Jimenez M, Duquesne S, Bourbigot S. Characterization of the performance of an intumescent fire protective coating. *Surface and Coatings Technology* Volume 201, 2006; 3(4): 979-987.

12. Brushlinsky N N, Hall J R, Sokolov S V, Wagner P World fire statistics. CTIF International association of fire and rescue service 2008; 542.

13. Darginavičienė R., Drungilienė D. Slaugytojų emocinė būseną slaugant mirštančiuosius. *Sveikatos mokslai*. 2008; 6(4): 2084-2089.

14. Žukas A., Mačiulaitis R., Šukys R. Statybos produktų panaudojimo gaisrinė sauga. *Technika* (Vilnius). 2007; 112.

15. LST EN 13823:2010 Statybinių gaminių reakcijos į ugnį bandymai. Statybiniai gaminiai, išskyrus grindų dangas, kuriuos veikia vieno degančio objekto šiluma. CEN, 2010; 97.

16. Lipinskas D., Mačiulaitis R. Further offort unities for development of the method for fire origin prognosis. *Journal of civil engineering and management* (Vilnius). 2005; 11(4): 299-307.

17. LST EN 13501-1:2007+A1:2010. Statybos gaminių ir statinio elementų klasifikavimas pagal atsparumą ugniai. 1 dalis. Klasifikavimas pagal atsako į ugnį bandymų duomenis. CEN, 2010; 53.

18. Grigonis M., Demidova – Buiziniene I. Priešgaisrinių dangų efektyvumą veikiantys komponentai. "STATYBA. 11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas - Lietuvos ateitis“, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio 2-4 d., pranešimų rinkinys". *Technika* (Vilnius). 2008; 38-46.

19. Duquesne S, Magnet S, Jama C, Delobel R. Intumescent paints: fire protective coatings for metallic substrate. *Science direct, Surface and Coatings Technology* 2004; 6.

20. LST EN ISO 2808:2007 Dažai ir lakai. Plėvelės storio nustatymas. 2007; 40.

21. Strakhov L, Garashchenko A N, Kuznetsov G V, Rudzinskii V P. Mathematical Simulation of Thermophysical and Thermochemical Processes During Combustion of Intumescent Fire-Protective Coatings Combustion, Explosion and Shock Waves 2001; 37: 9.

INVESTIGATION OF DISPOSED HAZARDOUS COMBUSTION MATERIALS OF FIRE PROTECTIVE COATINGS FOR STEEL AND WOOD CONSTRUCTIONS

Mindaugas Grigonis, Vladas Praniauskas, Romualdas Mačiulaitis, Donatas Lipinskas, Vytautas Jocius, Žydrūnas Kuodis

Summary

Key words: fire, combustion, hazardous combustion wastes, carbon monoxide, fire protective coatings, retardants.

The main factor, destroying steel and wooden constructions in fire, is very high temperatures. Unprotected by fire protective coatings building from steel constructions may very quickly to collapse, and in unprotected wooden constructions building, the fire may very quickly spread and block all people's evacuation routes. Legislation in Lithuania defines that it is necessary to protect by fire protective coatings certain steel and wooden constructions of public buildings. However, these materials are exposed to fire, and during the fire, together with the smoke, toxic substances are disposed, which can have serious consequences for human health, make people evacuation and fire-fighters work much complicated.

Steel and wooden construction's fire protective coatings used in Lithuania were selected for investigation of disposed hazardous combustion materials. Investigations were carried out in accordance with widely in Europe used procedure for the determination the reaction to the fire of building products according to LST EN 13823:2010 standard. In this study, the results and conclusions are submitted which protective materials are more or less dangerous to human's health.

Correspondence to: mindaugas.grigonis@st.vgtu.lt

Gauta 2011-08-05