

METALINIŲ KONSTRUKCIJŲ, APSAUGOTŲ ĮVAIRIOMIS PRIEŠGAISRINĖMIS MEDŽIAGOMIS, ATSPARUMO UGNIAI ĮVERTINIMAS SKIRTINGOMIS BANDYMŲ SĄLYGOMIS

Dmitrij Podolski¹, Mindaugas Grigonis²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹d.podolski@vpgt.lt; ²mindaugas.grigonis@vgtu.lt

Santrauka. Darbe nagrinėjama metalinių konstrukcijų atsparumo ugniai problema. Apžvelgta skirtinga atsparumo ugniai nustatymo įranga. Pateikiamos sąlygos, kuriomis buvo atliekami atsparumo ugniai bandymai su skirtingais elementais. Nagrinėjama skirtingų priešgaisrinių apsaugos medžiagų reakcija bandymo metu ir analizuojama, kaip skirtingos klimatobei aplinkos sąlygos gali lemti elementų atsparumo ugniai klasę. Pateikiami atliktų bandymų rezultatai, atlikta išsami rezultatų analizė, pateiktos išvados.

Reikšminiai žodžiai: atsparumas ugniai, plieninė konstrukcija, temperatūros ir laiko kreivė, apsauginė medžiaga.

Įvadas

Statyba iš metalo turi daug privalumų vykdant darbus, tačiau pastatai su tokiomis konstrukcijomis turi trūkumų – gaisro metu plienas veikiamas aukštų temperatūrų praranda stiprumą, pradeda deformuotis (LST L ENV 1993-1-2 1995). Nustatyta, kad nuo liepsnos poveikio neapsaugoti apkrauti plieniniai konstrukciniai elementai, įkaitę iki 450–550 °C, suyra (LEIGH & CO 2003). Ši problema sprendžiama uždengiant plienines konstrukcijas įvairiomis šilumai nepralaidžiomis medžiagomis, kurios gali per kelias valandas apsaugoti nuo aukštos (1100 °C) gaisro temperatūros (Jimenez *et al.* 2006). Plieninių konstrukcijų atsparumui ugniai didinti naudojamos priešgaisrinės priemonės, kurios yra skirstomos į dvi pagrindines grupes: pasyviosios (tinkai, mineralinės vatos plokštės, gipso plokštės) ir aktyviosios (priešgaisriniai dažai, priešgaisriniai lakai) (Grigonis 2008).

Mineralinė akmens vata, turinti plaušelinę struktūrą su atsparumą ugniai didinančiais įvairiais priedais (pvz. aliuminio hidroksidu), gali atlaikyti temperatūrą iki 1000 °C ir apsaugoti konstrukcinį elementą nuo ugnies poveikio (Aktiengesellschaft 1991; Bowman 2002; Cramer 2003).

Norint įvertinti priešgaisrinės dangos efektyvumą ir termoizoliacines savybes, paprastai atliekami tūriniai bandymai, kurių metu apsaugotos nuo ugnies plieninės konstrukcijos veikiamos standartinio gaisro sąlygomis (pagal temperatūros priklausomybės nuo laiko standartinę kreivę) (Grigonis 2008).

Šiam darbui tyrimo objektu pasirinkti statybos produktai, įvertinant jų atsparumą ugniai skirtingomis kaitinimo sąlygomis pagal dvi skirtingas bandymų metodikas.

Darbo tikslas – vertikalioje atsparumo ugniai bandymų krosnyje pagal LST EN 1363-1 bei GTC/GBM 2 reikalavimus įvertinti priešgaisrinių medžiagų atsparumą ugniai, veikiant bandinius tik iš vienos pusės.

Bandiniai ir bandymų metodai

Bandymams pasirinktos šios medžiagos: mineralinė akmens vatos plokštė, ugniai atspari gipso kartono plokštė ir priešgaisriniai dažai.

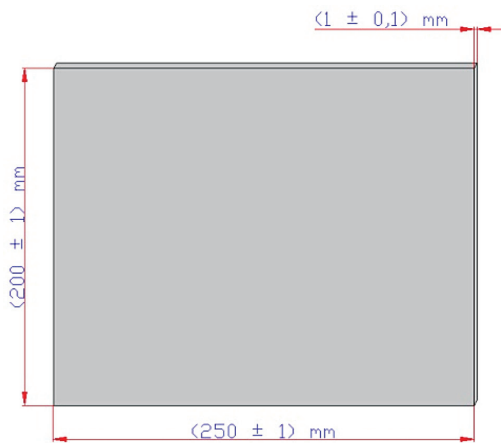
Bandinių paviršiuje (priešingoje ugnies veikimui bandinių pusėje) temperatūrai fiksuoti naudojamos „K“ tipo termoporos. Jų karštąją lydvietę sudarė nikelio-chromo / nikelio-aliuminio vielos, izoliuotos mineraline medžiaga ir įdėtos į kaitrai atsparų plieno lydinio apvaskalą, kurio skersmuo 1 mm (LST EN 1363-1 2000; LST EN 60584-1 2001).

Bandinių aprašymas

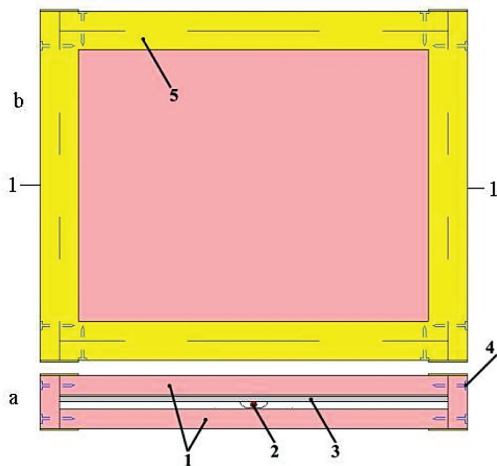
Pasirinktų priešgaisrinių dangų atsparumo ugniai bandymams atlikti buvo paruošta 18 bandinių. Dangų padengimo pagrindu visuose bandiniuose, buvo panaudotos plieninės plokštelės, kurių matmenys $(250 \pm 1) \times (200 \pm 1) \times (\pm 0,1)$ mm (1 pav.). Tos pačios medžiagos kaip ir plokštė sujungimas termoporai sumontuoti buvo privirintas geometriniame centre

iš vienos plokštelės pusės. Nuo visų plieninių plokštelių buvo pašalinti riebalai. Kai visiškai išgaravo preparato likučiai, prie plieninių plokštelių buvo pritvirtintos terporos. Plieninės plokštelės buvo padengtos alkidiniu raudonu „GF-021“ antikorozinu gruntu paviršiaus apsaugai nuo korozijos ir priešgaisrinių dažų sukibimui gerinti.

Šeši bandiniai buvo padengti gipso kartono plokštėmis (2 pav.). Kiekvieno bandinio išoriniai matmenys $(275 \pm 5) \times (225 \pm 5) \times (31 \pm 2)$ mm.



1 pav. Plieninė plokštelė
Fig. 1. Steel plate



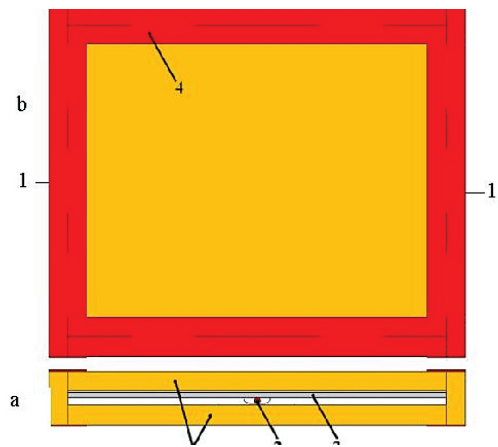
2 pav. Bandinys, apsaugotas priešgaisrinio gipso plokšte: a – pjūvis 1-1; b – bandinio vaizdas iš priekio; 1 – apdangalas; 2 – termopora; 3 – plieninė plokštelė, padengta gruntu; 4 – sraigtas; 5 – glaistas

Fig. 2. Specimen shielded by fireproof gypsum: a – view of cut 1-1; b – specimen front view; 1 – cover; 2 – thermocouple; 3 – steel plate with primer; 4 – screws; 5 – filler

Bandinį sudarė: plieninė plokštelė; „K“ tipo termopora; apdangalas, pagamintas iš priešgaisrinių gipso plokščių; 3,5 mm×5 mm sraigai, panaudoti gipso plokštelėms tarpusavyje sutvirtinti; 25 mm pločio armavimo juosta, paga-

mintą iš stiklo audinio; gipso plokščių gamintojas „Knauf“; nominali ploto masė – 10,5 kg/m²; storis –12,5 mm; absorbuoto vandens – nuo 30 % iki 50 %, tankis – 800 kg/m³ (± 20 %), grynumas – ≥ 95 %. Armavimo juosta buvo priklijuota virš sujungimų tarp gipso plokštelių, siūlės tarp priešgaisrinių plokščių buvo užpildytos „Knauf“ gamintojo glaistu „UNIFLOT“.

Kiti šeši bandiniai buvo apsiūti mineraline akmens vata „Paroc Rob 80t“. Bandinio išoriniai matmenys – $(290 \pm 5) \times (240 \pm 5) \times (46 \pm 2)$ mm. Jį sudarė: pagrindas; „K“ tipo termopora; apdangalas, pagamintas iš 20 mm storio akmens vatos „Paroc Rob 80t“; glaistas (virš armavimo juostos buvo padengtas glaistas „Promat Kleber K84“, siūlės tarp mineralinės akmens vatos plokštelių užpildyti). Bendras bandinio vaizdas pateiktas 3 pav.



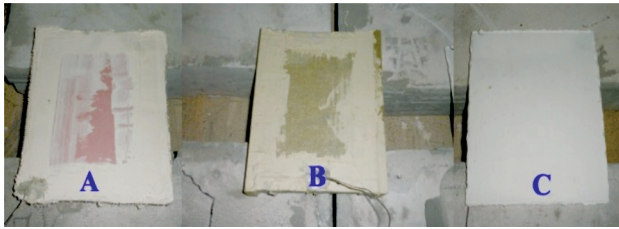
3 pav. Bandinys su akmens vata: a – pjūvis 1-1; b – bandinio vaizdas iš priekio; 1 – apdangalas; 2 – termopora; 3 – plieninė plokštelė, padengta gruntu; 4 – glaistas

Fig. 3. Specimen shielded by mineral wool: a – view of cut 1-1; b – specimen front view; 1 – cover; 2 – thermocouple; 3 – steel plate with primer; 4 – filler

Trečioji bandinių serija buvo padengta priešgaisriniais dažais „Speedhide 47-2“.

Kiekvieno bandinio išoriniai matmenys: $(254 \pm 1) \times (204 \pm 1) \times (4,5 \pm 0,5)$ mm. Bandinį sudarė: plieninė plokštelė; gruntas „GF-021“, 150 g/m² izeiga (išdžiūvusio sluoksnio storis (40–50) μm), „K“ tipo termopora. Iš visų pusių plokštelė buvo padengta išsiplečiančiais priešgaisriniais dažais „Speedhide 47-2“. Išdžiūvusios priešgaisrinės išsipučiančios dangos storis buvo apie 1,6 mm.

Visų bandinių temperatūra prieš bandymą buvo 20 °C. Kiekvienoje krosnyje buvo išmėginta po 3 bandinius su skirtingais apsaugos nuo ugnies būdais. Bandiniai, apsaugoti skirtingomis priešgaisrinėmis dangomis, prieš bandymą pavaizduoti 5 paveiksle.



5 pav. Bandiniai su skirtingomis priešgaisrinėmis dangomis prieš bandymą: a) bandinys apsaugotas priešgaisrinio gipso plokštėmis; b) bandinys apsaugotas mineralinės akmens vatos plokštėmis; c) bandinys padengtas priešgaisriniais dažais

Fig. 5. Specimens shielded by various fireproof materials before the test. a) specimen shielded by fireproof gypsum boards; b) specimen shielded by stone wool c) specimen shielded by intumescent paint

Bandymų įranga pagal LST EN 1363-1

Bandymams atlikti naudota vienintelė tokio pobūdžio Lietuvos Respublikoje esanti vertikalių konstrukcijų atsparumui ugniai nustatyti naudojama krosnis, priklausanti PAGD prie VRM Gaisrinių tyrimo centro Atsparumo ugniai bandymų skyriui. Ši bandymų įranga yra sudėtinga, valdymas reikalauja specialių žinių. Įrangos eksploatacija pakankamai brangi, todėl ir atliekamų bandymų kaina atliekant eksperimentinius tyrimus yra didelė. Reikia priminti, kad ne visada gaunamas tikėtasis teigiamas rezultatas.

Bandymų sąlygos atitiko standarto LST EN 1363–1 reikalavimus (LST EN 1363-1 2000).

Krosnies vidaus temperatūrai matuoti panaudota 16 plokščiųjų pirometrų. Kiekvieną iš jų sudarė lenkta plieninė plokštė, prie jos pritvirtinta termopora ir šiluminio izoliavimo medžiaga. Plokščia detalė pagaminta iš (150 ± 1) mm ilgio, (100 ± 1) mm pločio ir $(0,7 \pm 1)$ mm storio nikelio lydinio lakšto juostų. Karštąją lydvietę sudarė nikelio-chromo / nikelio-aliuminio („K“ tipo) vielos, izoliuotos mineraline medžiaga (kaip apibrėžta IEC 584-1), ir įdėtos į kaitrai atsparų plieno lydinio apvaskalą, kurio vardinis skersmuo yra 1 mm, kai karštosios lydvietės elektriškai izoliuotos nuo apvaskalo. Kuro rūšis – gamtinės dujos. Vidutinė krosnies temperatūra, kurią matavo 16 plokščiųjų pirometrų, buvo stebima ir reguliuojama taip, kad būtų išlaikytas temperatūros kilimas pagal lygtį (LST EN 1363-1 2000):

$$T - T_0 = 345 \lg_{10} (8t + 1), \quad (1)$$

čia: T_0 – pradinė krosnies temperatūra; T – vidutinė krosnies temperatūra, C; t – laikas (min.).

Bandymų įranga pagal GTC/GBM 2

Krosnelė, aprašyta GTC/GBM 2, yra taikoma priešgaisrinių dangų metalo termoizoliacinių savybių nustatymui.

Metodas gali būti naudojamas kaip palyginamasis, norint įvertinti priešgaisrinių elementų termoizoliacines savybes; nustatyti ir kontroliuoti priešgaisrinių termoizoliacinių medžiagų kūrimą, gamybą ir panaudojimą; nustatyti medžiagų termoizoliacinių savybių pokytį nuo senėjimo.

Temperatūra krosnyje palaikoma ir pagal šią priklausomybę (Lipinskas 2005):

$$T - T_0 = 345 \lg_{10} (8t + 1), \quad (2)$$

čia: T_0 – pradinė krosnies temperatūra; T – vidutinė krosnies temperatūra, pasiekta per laiką t , C; t – laikas (min.).

Krosnelėje temperatūra keliama naudojant elektrinius kaitinimo elementus. Šis bandymų metodas yra nesudėtingas ir bandymo kaina pakankamai maža.

Rezultatai ir jų aptarimas

Bandinių, apsaugotų priešgaisrinio gipso plokštėmis bandymų metu pagal LST EN 1363-1 reikalavimus, temperatūra pradėjo kilti nuo pat bandymo pradžios ir 10 min pasiekė 94 °C temperatūrą. Tuo metu krosnies temperatūra jau buvo 678°C. Gipso plokštės temperatūrai esant nuo 95 °C iki 125 °C, gipse vyksta cheminės reakcijos, kai intensyviai pradeda garuoti vanduo (1 m² ploto ir 12,5 mm storio gipso kartono plokštėje yra apie 2,5 l vandens, kuris garuodamas sunaudoja šiluminę energiją ir taip neleidžia įkaisti bandiniui) (Bowman 2002).

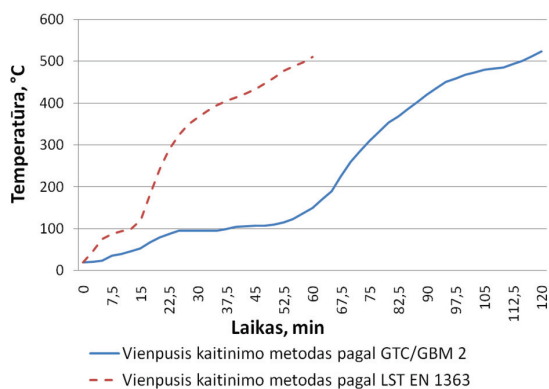


Dėl šios priežasties temperatūra bandinyje kuri laiką nesikeičia. Garuodamas vanduo 7,5 min sustabdė temperatūros kilimą.

Intensyviausias temperatūros kilimas, apytiksliai 20 °C/min., pastebimas nuo bandymo pradžios praėjus 15 min. Tai reiškia, kad didžioji dalis vandens išgaravo. Po 25 min nuo bandymo pradžios temperatūros kilimo greitis sumažėja iki apytiksliai 5,3 °C/min. ir tęsiasi tol, kol pasibaigs bandymas. Kritinė užduota temperatūra – 500 °C – prie kurios smarkiai mažėja plieno takumo ir stiprumo ribos, buvo pasiekta 59 min nuo bandymo pradžios. Bandinių, išmėgintų atsparumo ugniai krosnyje pagal LST EN 1363-1 keliamus reikalavimus, vidutinė temperatūra pateikta 6 paveiksle.

Analogiška vidutinės temperatūros kilimo tendencija pastebima ir kaitinant bandinius, apsiūtus priešgaisriniu gipsu, krosnyje pagal GTC/GBM 2 reikalavimus.

Bandymo pradžioje temperatūra pirmas 25 minutes kyla 3 °C/min. greičiu. Bandinio paviršiumi įkaitus iki 95 °C pastebimas vandens garavimas, kuris pusvalandžiui sustabdo temperatūros kilimą.



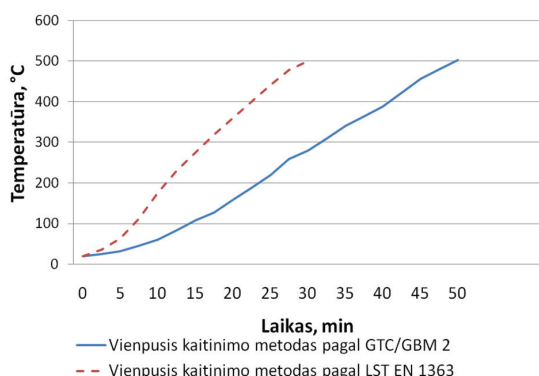
6 pav. Bandinių, apsaugotų priešgaisrinio gipso plokštėmis, temperatūros kitimo priklausomybė nuo laiko

Fig. 6. Average fire curve of specimens shielded by fireproof gypsum boards

Iš 6 paveikslo taip pat matyti, kad nuo bandymo pradžios praėjus 55 min., pastebima, jog temperatūra pradeda kilti apytiksliai 8,2 °C/min. greičiu. Toks intensyvumas tęsiasi iki 95 min. Vėliau temperatūros kilimo greitis sumažėja, kol 115 min. buvo pasiekta 500 °C temperatūra.

Bandinių, apsaugotų mineralinės akmens vatos plokštėmis bei kaitintų atsparumo ugniai krosnyje pagal LST EN 1363-1 reikalavimus, temperatūra taip pat pradėjo kilti nuo bandymo pradžios (7 pav.). Nuo 1 min. iki 7,5 min. temperatūra pakilo 92 °C ir pasiekė 112 °C, kilimo greitis buvo apie 12,3 °C/min. Po 7,5 min. kilimo greitis išaugo iki 16,3 °C/min. ir nuo to laiko kreivė tolygiai kilo, kol buvo pasiekta 602 °C temperatūra, ir nuo 37,5 min. pradėjo kilti apytiksliai 3,6 °C/min. greičiu. Kritinė 500 °C temperatūra buvo viršyta 30 min.

Krosnyje kaitinant bandinius, apsaugotus akmens vata pagal GTC/GBM 2 reikalavimus, pirmas penkias minutes temperatūra išliko beveik be pakitimų.



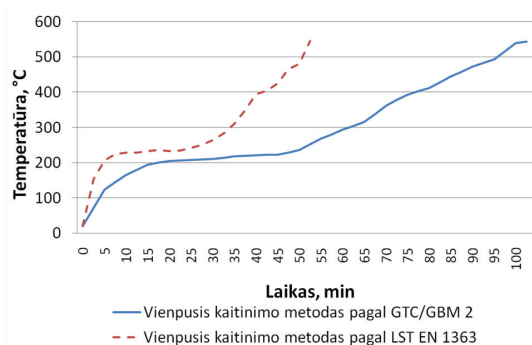
7 pav. Bandinių, apsaugotų mineralinės akmens vatos plokštėmis, temperatūros kitimo priklausomybė nuo laiko

Fig. 7. Average fire curve of specimens shielded by stone wool

Nuo 5 min. iki bandymo pabaigos temperatūros ir laiko kreivė tolygiai kilo apie 10,2 °C/min. greičiu. Kritinė 500 °C temperatūra buvo pasiekta 50 min., t. y. bandymas truko 20 min. ilgiau negu atsparumo ugniai krosnyje pagal LST EN 1363-1 reikalavimus.

Iš 8 paveikslo matyti, kad bandinių, apsaugotų priešgaisriniais dažais, kaitinant atsparumo ugniai krosnyje pagal LST EN 1363-1 reikalavimus, temperatūra pradėjo kilti iš karto uždegus krosnies degiklius. Jau penktą minutę temperatūra siekė 206 °C, temperatūros kilimo greitis iki 5 min. buvo 37,2 °C/min. Po 5 min. pastebimas temperatūros ir laiko kreivės lūžis, kuris neleido bandinio temperatūrai kilti. Tai atsitiko dėl to, kad priešgaisriniai dažai, sureagavę į kaitrą, pradėjo pūstis, sudarydami termoizoliacinį sluoksnį. Temperatūros pokytis tarp 5 min. ir 30 min. neviršijo 57 °C. Toliau kreivė kilo tolygiai 13 °C/min. greičiu iki 40 min. Po 40 min. temperatūros kilimo greitis sumažėjo iki 8,7 °C/min. ir išsilaikė iki kritinės 500 °C temperatūros pažeidimo, t. y. iki 51 min. Viršijus kritinę temperatūrą bandinio neveikiamą paviršiaus temperatūra kilo apie 24 °C/min. greičiu.

Atliekant bandymus su bandiniais apsaugotais priešgaisriniais dažais krosnyje pagal GTC/GBM 2 reikalavimus, jau 5 min. nuo bandymo pradžios plieninės plokštelės neveikiamą paviršiaus temperatūra siekė 123 °C. Po to ji tolygiai, apie 5,5 °C/min., kilo iki 20 min. Toliau pastebimas kreivės lūžis, kai pusvalandžiui sustabdomas temperatūros kilimas – kilimo greitis sudaro vos 1 °C/min. Toks stabilumas išlieka iki 50 min., kai vėl galima pamatyti temperatūros kilimo tendenciją, kuri išlieka iki pat bandymo pabaigos. Nuo 50 min. temperatūra kyla apytiksliai 6 °C/min. greičiu. Kritinė 500 °C temperatūra pasiekama 96 min. nuo bandymo pradžios. Bandinių vidutinė temperatūra pateikta 8 paveiksle.



8 pav. Bandinių, apsaugotų priešgaisriniais dažais, temperatūros kitimo priklausomybė nuo laiko (pagal LST EN 1363-1)

Fig. 8 Average fire curve of specimens shielded by intumescent paint

Po bandymų buvo pastebėta, kad ant bandinio veikiamojo paviršiaus išlikdavo tik mineralinės akmens vatos danga, opriešgaisrinio gipso plokštės subyrėdavo, išsipūtę dažai nukrisdavo.

Mineralinės akmens vatos pluoštas gali išbūti neišsilydęs esant 1000 °C. Iš atliktų bandymų matyti, jog pasirinkto tipo akmens vatos rišiklis pradeda irti po 5 min. nuo bandymo pradžios, kai pastebimas tolygus temperatūros kilimas, iki bandymo pabaigos. Pasirinkto tipo akmens vatos pluošto rišumas ir sluoksniuotumas negali efektyviai apsaugoti elemento be rišklio ir atsparumą ugniai didinančių medžiagų, tačiau akmens vatos riškliui palaipsniui garuojant, pluošto prigimtis neleidžia mineralinei vatai suirti, todėl skirtingai nei po kitų elementų bandymų mineralinė vata liko ant bandinio paviršiaus.

Iš neveikiamos ugnimi pusės buvo pastebėta, kad padengtų priešgaisriniais dažais bandinių paviršiams įkaitus iki 200 °C, dažuose pradeda vykti cheminės reakcijos: kai pradeda garuoti vanduo, priešgaisriniai dažai praranda sukibimą su gruntu ir susisluoksniuoja. Dangos efektyvumą, kaip matyti iš pateiktų tyrimų, galima nesudėtingai įvertinti eksperimentiškai. Atlikti bandymai parodė, kad bandymo efektyvumas išryškėja tuomet, kai pasirenkami tam tikri specifiniai bandymo metodai.

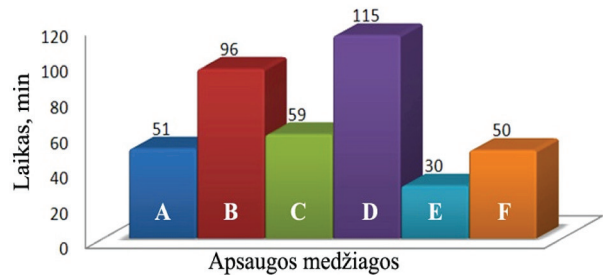
Atlikus bandymus pagal GTC/GBM 2 reikalavimus, gaunamas ilgesnis atsparumo ugniai laikas. Tai reiškia, kad bandant elementą pagal anksčiau minėtą metodą, tam tikras atsparumo ugniai laikas gali būti pasiektas naudojant plokštesnį priešgaisrinių dangų storius, nei atliekant bandymus pagal standarto LST EN 1363-1 reikalavimus (9 pav.).



9 pav. Bandymo stadija, kai dalis priešgaisrinių dažų yra praradę sukibimą su plienine plokšte

Fig. 9. The phase when intumescent paint starts to lose adhesion with the steel plate

Dėl skirtingų konvekcijos srautų krosnyse, įvairiai vyksta šilumos perdavimas bandiniams bei apsaugos medžiagų irimas, todėl gaunami esminiai skirtumai tarp bandymų rezultatų (10 pav.).



A) Priešgaisriniai dažai (EN 1363-1) B) Priešgaisriniai dažai (GTC/GBM2)
C) Gipsas (EN 1363-1) D) Gipsas (GTC/GBM2)
E) Mineralinė vata (EN 1363-1) F) Mineralinė vata (GTC/GBM2)

10 pav. Skirtumai tarp bandymo metodų

Fig. 10. The difference between test methods

Išvados

1. Bandymai parodė, kad standartinės temperatūrinės kreivės palaikymas negarantuoja vienodų elementų atsparumo ugniai klasės. Dėl skirtingų konvekcijos srautų vyksta stipresnis šilumos perdavimas bandiniui bei apsauginės medžiagos irimas.
2. Šilumos perdavimas bandymų metu yra žymiai intensyvesnis atsparumo ugniai krosnyje pagal LST EN 1363-1 negu pagal GTC/GBM 2.
3. Būtina atlikti papildomus bandymus, siekiant nustatyti atsargos koeficientą, kuris leistų gauti identiškus bandymų rezultatus, vykdant bandymą pagal GTC/GBM 2 reikalavimus ir pagal LST EN 1363-1 keliamus reikalavimus. Nustatę šį koeficientą, turėtume galimybę pereiti nuo standartinių bandymo sąlygų prie laboratorinių, tuo pačiu sutaupyti lėšų bandymams atlikti.

Literatūra

- Bayer Aktiengesellschaft. 1991. *Fire protectants*. Wulf von Bonin. United States Patent, Patent number 5,034,056.
- Cramer, S. M.; Friday, O. M.; White, R.H.; Sriprutkiat, G. 2003. Mechanical properties of gypsum board at elevated temperatures, in *Proceedings of the Fire and Materials Conference „Fire and Materials 2003“* Wharf, San Francisco, California, USA 27–28 January 2003, 27–42.
- Grigonis, M. Priešgaisrinių dangų atsparumo ugniai bandymų metodikų analizė, iš *11-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“*, įvykusios Vilniuje 2008 m. balandžio mėn. 2–4 d., medžiaga. Vilnius: Technika, 635.
- Jimenez, M.; Duquesne, S.; Bourbigot, S. 2006. Characterization of the performance of an intumescent fire protective coating, *Ecole Nationale Supérieure de Chimie de Lille*, BP90108, F-59652 Villeneuve d’Ascq, France.
- John, O.; Bowman, R. T. 10 January 2002. *Fire resistant material*. United States Patent Application Publication. No. US 2002/0004127 A1.

- Lipinskas, D.; Mačiulaitis, R. 2005. Further opportunities for development of the method for fire origin prognosis., *Journal of Civil Engineering and Management* 11(4): 299–307.
- LST EN 1363-1 *Fire resistance tests - Part 1 General requirement*. Vilnius, 2000. 42 p.
- LST EN 60584-1 *Termoporos. 1 dalis. Atskaitos verčių lentelė. (IEC 60584-1:1995)*. Vilnius, 2001. 120 p.
- LST EN 1993-1-2 *Eurokodas 3. Plieninių konstrukcijų projektavimas. 1-2 dalis. Bendrosios taisyklės. Konstrukcijų gaisrinės saugos projektavimas*. Vilnius, 1995. 81 p.
- W & J. LEIGH & CO, 24 June 2003. *Intumescent coating compositions*. World Intellectual Property Organization, WO 2005/000975 A1.

THE FIRE RESISTANCE ASSESSMENT OF PROTECTED STEEL ELEMENTS USING VARIOUS FIRE PROTECTION MATERIALS AND DIFFERENT HEATING CONDITIONS

D. Podolski, M. Grigonis

Abstract

The problem of the resistance to fire of metal constructions is examined and different fire resistance furnaces are overviewed. Testing conditions and testing methods by which the elements were tested resistance to fire were performed and provided.

The article describes the behaviour of different fireproof materials during the tests and it analyzes the influence of different heating conditions to element's fire resistance class. The tests' results, findings, advices are also included.

Keywords: fire resistance, steel construction, temperature-time curve, shielding material.