

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

32 287

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C04B 18/16 (2006.01)
C04B 28/26 (2006.01)
C04B 111/28 (2006.01)
E04B 1/76 (2006.01)
E04B 2/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-35338**
(22) Přihlášeno: **30.05.2018**
(47) Zapsáno: **06.11.2018**

(73) Majitel:
Technická univerzita v Liberci, Liberec 1 - Staré
Město, CZ

(72) Původce:
Ing. Pavlína Hájková, Ph.D., Liberec 14, CZ
Ing. Totka Bakalova, Ph.D., Dlouhý Most, CZ
Ing. Vladimír Kovačič, Liberec, CZ
prof. Ing. Petr Louda, CSc., Dlouhý Most, CZ

(74) Zástupce:
STRNAD Patentová a známková kancelář, Ing.
Václav Strnad, Rychtářská 375/31, 460 14 Liberec
14, Ruprechtice

(54) Název užitého vzoru:
**Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční
prvek s otěruvzdornou povrchovou
úpravou, zejména pro konstrukce ze dřeva**

CZ 32287 U1

Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek s otěruvzdornou povrchovou úpravou, zejména pro konstrukce ze dřeva

5 Oblast techniky

Technické řešení se týká využití zejména odpadního materiálu obsahujícího minerál ze skupiny granátu, například almandin, pyrop apod., pro výrobu plošného vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku se zvýšenou odolností proti opotřebení a kyselým prostředím, příkladně dešťům, vhodného pro konstrukci dřevostaveb se zvýšenou tuhostí a odolností proti požáru. Odpadní materiál s obsahem minerálu ze skupiny granátu vzniká například použitím technologií tryskání či řezání vodním paprskem a je použit i jako plnivo žáruvzdorného geopolymerního materiálu, který tvoří podstatu žáruvzdorné ochrany konstrukčních prvků.

Nosné vrstvy zahrnují desky na bázi dřeva, izolační vrstva materiály s teplotní vodivostí nižší než 0,2 W/m.K, žáruvzdorná a spojovací vrstva zahrnuje geopolymerní kompozitní materiál s obsahem suroviny s minerálem ze skupiny granátu a s možností obsahu technických anorganických vláken, křemičitého písku, termální siliky a hliníkového prášku či pasty. Ochranná vrstva je tvořena plazmovým nástřikem a zajišťuje konstrukčnímu prvku vysokou otěruvzdornost, tvrdost a odolnost proti kyselému prostředí a řízenou hydrofobitu či hydrofilitu.

Dosavadní stav techniky

Granáty (minerály ze skupiny granátu) mají velice široký průmyslový význam. Mají vysokou tvrdost a stejné fyzikální vlastnosti ve všech směrech a nejsou štěpné. Z hygienického hlediska granát nevykazuje karcinogenní účinky. Nejčastěji se používá jako abrazivní materiál pro řezání vodním paprskem a jako tryskáč materiál. Nevýhodou těchto technologií je však velké množství odpadního materiálu s obsahem minimálně 70 % hmotn. minerálu ze skupiny granátu. Navrhované řešení využívá tento odpadní materiál jako plnivo do žáruvzdorných geopolymerních materiálů, což má z environmentálního hlediska významný efekt.

Žáruvzdorné geopolymerní materiály jsou již známy. Obvykle obsahují složku obsahující aluminosilikáty (metakaolin), alkalický aktivátor a plnivo zajišťující mechanické vlastnosti.

V tomto řešení je odpadní materiál s obsahem minimálně 70 % hmotn. minerálu ze skupiny granátu zabudován do geopolymerní žáruvzdorné ochranné vrstvy použité pro ochranu dřevěných konstrukcí a tím se výrazně snižuje množství běžného plniva do geopolymerního a zároveň se redukuje odpad z uvedených technologií.

Dřevo má významné postavení mezi stavebními materiály: od nosných konstrukcí, konstrukčních záklopů, nášlapných vrstev podlah, vnitřních i vnějších obkladů, schodišť až po vnitřní vybavení obytných prostorů. Jako jediný stavební materiál, uvolňuje dřevo záporné ionty, což přispívá ke zdravému mikroklimatu v prostorách obytných budov.

V České republice každoročně roste počet realizací staveb rodinných domů na bázi dřeva. Jejich podíl na výstavbě rodinných domů se v roce 2016 přiblížil k 15 %. Řešení problematiky chování dřevostaveb za požáru a jejich požární odolnosti je proto velmi aktuální, dále jsou řešeny i otázky vlivu požáru dřevostaveb na sousední objekty.

Podle statistiky požárů v ČR v roce 2016 hořelo v 5 924 stavbách (pokles o 1,7 % oproti roku 2015). V posledních 10 letech došlo v budovách pro bydlení ročně k 3 000 až 3 700 požárům. Od roku 2007 je zaznamenáno 46 požárů klasických dřevostaveb a 4 546 požárů budov s hořlavou konstrukcí – chaty, kůlny, dřevníky apod. V rámci dřevostaveb nejvíce hořelo v rodinných domech určených výhradně pro bydlení (70 %).

Stěny dřevostaveb sestávající z desek na bázi dřeva jsou obvykle tepelně izolovány pomocí izolačního materiálu vlepeného mezi dvě takové desky nebo pomocí následně přidávaného materiálu na vnější straně, neboť slabé konstrukční dřevěné desky nemají dobré izolační vlastnosti. Desky na bázi dřeva jsou vyráběny z vysoce kvalitních jehličnatých dřevin. Převážně jsou obsaženy smrkové třísky a částečně se využívá i třísek z borovice. Tyto třísky se šetrným způsobem vysušují a následně nasatí syntetickými pryskyřicemi a také stanoveným podílem parafinové emulze. Výhradně se používá pojivo na bázi polyuretanových pryskyřic, které neobsahuje formaldehyd a není zdraví a životnímu prostředí škodlivé.

Existuje mnoho tepelně izolačních materiálů typu polystyrenu, polyuretanu, minerální vaty, které se připojují ke konstrukčnímu prvku různými způsoby, většinou lepením nebo mechanickým upevněním. Nevýhodou je, že materiály na základě organických polymerů jako je polystyren či polyuretan mají velmi nízkou tepelnou odolnost.

V patentovém spisu CZ 305741 B6 zveřejněném 24.02.2016 je popsán geopolymerní kompozitní materiál s nízkou měrnou hmotností vhodný ke konstrukci protipožárních zábran, který jako plnivo obsahuje čedičová, uhlíková nebo skleněná vlákna, foto pojivo obsahuje surovinu obsahující metakaolin, mletou vysokopecní granulovanou strusku, roztok křemičitanu sodného, čedičový, skleněný nebo uhlíkový sekaný vlákenný materiál a hliníkový prášek. Tento patent popisuje přípravu klíčeného geopolymerního kompozitu, neřeší však konkrétní konstrukční prvek a nevyužívá odpadní materiál s obsahem minerálů ze skupiny granátu. Nevěnuje se také ochraně povrchu konstrukčního prvku vůči nepříznivým podmínkám.

Patentový spis CZ/EP 2642042T3 zveřejněný 25.11.2015 se týká předem lité tepelně izolované části stěny používané při výrobě konstrukčních stěn pro domy a další konstrukce. Tento vynález je založen pouze na jednom konstrukčním materiálu – betonu, který je odléván do bednění.

Ve zveřejněné mezinárodní patentové přihlášce W0 2004110951 A1 zveřejněné 23.12.2004 je popsán vrstvený žáruvzdorný systém, který sestává z minimálně jedné vrstvy alkalicky aktivované aluminosilikátové pryskyřice a minimálně jedné vrstvy z oblasti izolační vrstvy, bobtnající vrstvy, pěnové vrstvy, vrstvy z minerální vlny, reflexního povrchu či vrstvy z výztuže. V tomto vynálezu však není řešena povrchová ochrana alkalicky aktivované aluminosilikátové vrstvy vůči mechanickému poškození a chemickému působení. Není zde řešena ani úprava hydrofobity či hydrofilicity povrchu. Také zde není využit pro přípravu geopolymerního odpadního materiálu ze skupiny granátu.

Zveřejněná mezinárodní patentová přihláška WO 2016016385 A1 zveřejněná 04.02.2016 popisuje použití a způsob nanášení geopolymerního pro povrchové úpravy a malty ve stavebnictví. Tento vynález nepopisuje konkrétní konstrukční prvek vhodný pro dřevostavby. Nevěnuje se ani ochraně jeho povrchu vůči nepříznivým podmínkám a nevyužívá pro přípravu geopolymerního odpadního materiálu ze skupiny granátu.

Podstata technického řešení

Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek tvoří minimálně osm vzájemně spojených vrstev, z nichž nosnou vrstvou představují dvě desky na bázi dřeva, mezi nimiž je vlepena izolační vrstva pomocí spojovacího geopolymerního žáruvzdorného materiálu. Na povrchu nosných desek je nanášena souvislá porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva a/nebo souvislá plná geopolymerní žáruvzdorná vrstva. Finální úprava vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku se skládá z otěru vzdorné ochranné vrstvy tvořené plazmovým nástřikem, která je nanášena na vnější straně či na obou stranách žáruvzdorného konstrukčního prvku. Tato otěruvzdorná ochranná vrstva výrazně zlepšuje otěruvzdornost povrchu, odolnost kyselému prostředí a určuje jeho hydrofilitu nebo hydrofobitu podle požadovaného typu žáruvzdorného konstrukčního prvku. Otěruvzdorná

ochranná vrstva vykazuje tloušťku 0,3 mm až 5,0 mm a sestává z $\text{CrO}_3+5\text{SiO}_2+3\text{TiO}_2$ nebo Al_2O_3 nebo ZrSiCO_4 nebo $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

5 Izolační vrstva o tloušťce 50 mm až 250 mm je tvořena pěnovým polystyrénem nebo minerální vatou. Dvojice nosných desek je o tloušťce 8 mm až 25 mm a je vytvořena kompozitem na bázi dřeva. Porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva nebo plná geopolymerní žáruvzdorná vrstva vykazuje tloušťku 2 mm až 50 mm a s výhodou obsahuje materiál s obsahem minerálu ze skupiny granátu.

10 Podle technického řešení spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál a plnou geopolymerní žáruvzdornou vrstvu tvoří geopolymerní materiál s obsahem 25 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit, 25 % hmotn. až 45 % hmotn. vodného roztoku křemičitanu sodného a/nebo draselného a 5 % hmotn. až 50 % hmotn. plniva ze suroviny obsahující více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, příkladně almandin, pyrop.

15 Podle technického řešení spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál a porézní geopolymerní žáruvzdornou vrstvu tvoří geopolymerní materiál s obsahem 25 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit, 25 % hmotn. až 45 % hmotn. vodného roztoku křemičitanu sodného a/nebo draselného, 5 % hmotn. až 50 % hmotn. plniva ze suroviny obsahující více než
20 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, příkladně almandin, pyrop a čistý hliníkový prášek nebo hliníková pasta v množství 0,5 % hmotn. až 2,5 % hmotn.

Dalším plnivem kromě suroviny obsahující minerály ze skupiny granátu jsou 2 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující sekaná čedičová vlákna a/nebo sekaná skleněná vlákna a/nebo
25 sekaná uhlíková vlákna o délce 2 mm až 25 mm a/nebo 5 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující křemičitý písek o velikosti zrna 0,1 mm až 2 mm a/nebo 1 % hmotn. až 6 % hmotn. termální siliky.

Nosné vrstvy ve formě dvojice desek žáruvzdorného konstrukčního prvku zahrnují desky na bázi dřeva, izolační vrstva obsahuje materiály s teplotní vodivostí nižší než 0,2 W/m.K. Spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál, plná geopolymerní žáruvzdorná vrstva a porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva zahrnují geopolymerní kompozitní materiál s obsahem suroviny s minerálem ze skupiny granátu a s možností obsahu technických anorganických vláken, křemičitého písku, termální siliky a eventuálně v případě porézní geopolymerní
35 žáruvzdorné vrstvy hliníkového prášku či pasty. Otěruvzdorná ochranná vrstva je tvořena plazmovým nástřikem a zajišťuje žáruvzdornému konstrukčnímu prvku vysokou otěruvzdornost, tvrdost a odolnost proti kyselému prostředí a také řízenou fydrofobitu či hydrofilitu.

Předkládané řešení se týká využití odpadního materiálu ze skupiny granátu pro výrobu plošného
40 vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku s odolnou ochrannou vrstvou na povrchu výrobku, který je možno použít pro konstrukci dřevostaveb. Tento konstrukční prvek se skládá z minimálně osmi nerozebíratelně spojených vrstev, kterými jsou dvě nosné desky na bázi dřeva, mezi kterými je izolační vrstva. Obě nosné desky na bázi dřeva jsou pokryty na vnějším povrchu z obou stran žáruvzdornou vrstvou geopolymerního kompozitního materiálu, který zároveň tvoří
45 adhezni vrstvu mezi nosnými deskami na bázi dřeva a izolačním materiálem. Alespoň na vnější straně žáruvzdorného konstrukčního prvku vzhledem ke konstrukci stavby je otěruvzdorná ochranná vrstva vytvořená plazmovým nástřikem.

Oproti známým řešením týkajících se problematiky geopolymerních materiálů se předkládané
50 technické řešení liší tím, že žáruvzdorný geopolymerní materiál obsahuje odpadní materiál s minerály ze skupiny granátu, například almandin, pyrop apod. Žáruvzdorný geopolymerní materiál může dále s výhodou obsahovat technická vlákna jako výztuž a může být lehčený změnou jeho porozity. Výhodou navrhovaného žáruvzdorného konstrukčního prvku je vnější otěruvzdorná ochranná vrstva vytvořená plazmovým nástřikem, která zajišťuje ochranu
55 žáruvzdorných geopolymerních vrstev a celého žáruvzdorného konstrukčního prvku před

nepříznivými vlivy jako jsou mechanické poškození, chemické vlivy či vlhkost prostředí. Další nespornou výhodou vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku s otěruvzdornou ochrannou vrstvou na povrchu je vyztužení a zvýšení stability celé konstrukce dřevostavby proti vnějším nepříznivým účinkům.

5

Výhoda celé kompozice podle navrhovaného technického řešení oproti běžným stavebním prvkům pro konstrukci dřevostaveb je především ve vysoké žáruvzdornosti výrobku, minimalizace jedovatých výparů v případě vysokého tepelného zatížení, zvýšení životnosti tohoto konstrukčního stavebního prvku, zlepšení povrchových užitných vlastností konstrukčního stavebního prvku.

10

Způsob přípravy žáruvzdorných ochranných vrstev

15

Žáruvzdorné ochranné vrstvy (vrstvy 2, 4 a 5) sestávají z geopolymerního materiálu, který obsahuje 30 až 95 % komerčního geopolymerního pojiva (Baucis LNa, Baucis LBNa, Baucis LK, Baucis KNa – České lupkové závody a.s.) a 5 až 70 % plniva (s výhodou z více složek) a dalších aditiv.

20

Geopolymerní pojivo je složené z pevné složky a ze složky kapalné. Pevná složka obsahuje surovinu obsahující převážně metakaolinit. Kapalnou složku tvoří sodný a/nebo draselný aktivátor, který je ve formě vodného roztoku křemičitanu sodného nebo draselného se silikátovým modulem 1,6 až 3,6.

25

Jako plnivo je s výhodou použit odpadní materiál obsahující alespoň 70 % hmotn. minerálu ze skupiny granátu s v kombinaci s dalšími plnivy, kterými mohou být křemičitý písek o střední velikosti zrna 0,1 až 2 mm a/nebo skleněná vlákna o délce 2 až 5 mm a/nebo čedičová vlákna o délce 2 až 25 mm a/nebo uhlíková vlákna o délce 2 až 5 mm a/nebo termální silika.

30

Za účelem vytvoření porézního geopolymery, tedy spojovacího geopolymerního žáruvzdorného materiálu a/nebo porézní geopolymerní žáruvzdorné vrstvy je přidáváno jako aditivum čistý hliníkový prášek se střední velikosti zrna menší než 0,5 mm a/nebo hliníková pasta.

35

Připravený geopolymerní materiál potom obsahuje 25 až 50 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit, 25 až 45 % hmotn. vodného roztoku křemičitanu sodného a/nebo draselného, 5 až 50 % hmotn. plniva z odpadní suroviny obsahující více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, 2 až 50 % hmotn. suroviny obsahující sekaná čedičová a/nebo sekaná skleněná a/nebo sekaná uhlíková vlákna a/nebo 5 až 50 % hmotn. suroviny obsahující křemičitý písek a/nebo 1 až 6 % hmotn. termální siliky. Pro účel přípravy porézního geopolymerního žáruvzdorného materiálu nebo porézní geopolymerní žáruvzdorné vrstvy obsahuje 0,5 až 2,5 % hmotn. čistého hliníkového prášku nebo hliníkové pasty.

40

45

Geopolymerní materiály jsou připravovány mícháním, kdy se nejprve promíchají pevná a kapalná složka komerčního geopolymerního pojiva, následně se přidají složky plniva a míchání je prováděno do doby, kdy vznikne hmota gelovitého charakteru (cca 10 min). Pro přípravu porézního geopolymery se nakonec ještě přimísí aditivum. Geopolymer je potom na připravený materiál v příslušné vrstvě nanášen pomocí lití, dusání, omítání či stříkání. Je-li vrstva geopolymery stříkána mezi vymezující latě, lze ji po vypěnění zarovnat strunou.

50

Způsob přípravy žáruvzdorného konstrukčního prvku

Konstrukční prvky je výhodné připravovat jako panely, a to v horizontální poloze.

55

Nosné desky na bázi dřeva pro konstrukční prvek se připravují broušením buď jedné nebo obou stran. Deska se vloží do formy s odpovídajícími rozměry, aby se předešlo přetokům materiálu. Na obroušené strany desek se nanášejí vrstvy porézního a plného geopolymery. Po nanesení

první vrstvy se tato nechá zatvrdnout po dobu nejméně 3 hodin. Vrstvuje třeba zakrýt fólií pro zamezení popraskání. Po zatvrdnutí první vrstvy se po odstranění fólie nanáší další vrstva, která se opět nechá zatvrdnout pokrytá fólií po dobu nejméně 3 hodin. Takto vytvořený sendvič se pokryje fólií a nechá se vytvrdit do konečného stavu za laboratorní či zvýšené teploty. Vytvrzení za laboratorní teploty by mělo probíhat nejméně 10 dní. K vytvrzování celého sendviče za zvýšené teploty je možno použít zpracování podle technologického předpisu:

1. V přikrytých formách ponechat alespoň 3 dny, potom v přikrytých formách vložit do sušárny na 45 °C po dobu 5 hodin.

2. Odformovat a ponechat v sušárně při teplotě 82 °C po dobu 15 hodin.

Potom je deska připravena pro povrchovou úpravu plazmovým žárovým ochranným nástřikem, který se nanese na všechny desky nebo jen na polovinu desek, podle požadavku umístění otěruvzdorné ochranné vrstvy pouze na vnější či na obě strany vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku.

Po nanesení otěruvzdorné ochranné vrstvy plazmovým nástřikem je deska připravena k dokončení celého žáruvzdorného konstrukčního prvku. Deska je vložena do formy nanesenými vrstvami dolů, na čistou stranu této desky se nanese spojovací geopolymerní žáruvzdorná vrstva, na ní je vložena izolační vrstva, která je opět opatřena spojovacím geopolymerním žáruvzdorným materiálem a poté je vložena druhá nosná deska na bázi dřeva nanesenými vrstvami nahoru. V tomto případě je nutno desky fixovat proti vzájemnému posuvu, aby nedocházelo ke změně tvaru žáruvzdorného konstrukčního prvku. Po vytvrzení geopolymerního materiálu za laboratorní nebo zvýšené teploty stejným způsobem, jak bylo popsáno výše, je hotový finální žáruvzdorný konstrukční prvek.

Otěruvzdorná ochranná vrstva - povrchová úprava žáruvzdorného konstrukčního prvku

Otěruvzdorná ochranná vrstva je za účelem zvýšení otěruvzdornosti a řízené hydrofility či hydrofobity tvořena různými variantami nástřiků s označením a obsahem $\text{CrO}_3 + 5\text{SiO}_2 + 3\text{TiO}_2$, ZrSiO_4 , Al_2O_3 a popřípadě nástřikem z granátu almandinového složení $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ (křemičitan železnato-hliníty). Tato vrstva má za úkol chránit žáruvzdorný konstrukční prvek od nepříznivých vlivů, např. od mechanického poškození, chemických vlivů či vlhkosti prostředí. Každý z uvedených plazmových nástřiků má konkrétní vlastnosti a tím se jeho funkčnost na povrchu žáruvzdorného konstrukčního prvku výrazně liší. Plazmový nástřik je tvořen několika vrstvami diskových útvarů a dále obsahuje dutiny, neroztavené částice a jiné nehomogenity, čímž mění vlastnosti základního materiálu. Při samotném procesu nanášení roztavený materiál ve formě kapek dopadá na substrát, kde dochází ke ztuhnutí. Všechny navrhované nástřiky jsou velice tvrdé s vysokou otěruvzdorností.

Plazmový nástřik $\text{CrO}_3 + 5\text{SiO}_2 + 3\text{TiO}_2$ zlepšuje mechanicko únavové vlastnosti podkladového materiálu, zajišťuje odolnost proti mechanickému poškození konstrukčního prvku a výrazně zvyšuje hydrofobitu povrchu. Laboratorní výzkum prokazuje, že nově vytvořený povrch plazmatickou úpravou má úhel smáčení v rozmezí 115° až 120°. Navrhnutý plazmový nástřik $\text{CrO}_3 + 5\text{SiO}_2 + 3\text{TiO}_2$ na povrchu konstrukčního prvku má následující fyzikální vlastnosti: bod tání ~ 2300 °C, specifická hustota 5,02 g/cm³, specifická tepelná kapacita 680 J/kg.K a tepelná vodivost 2,4 W/m.K.

Plazmový nástřik ZrSiO_4 zajišťuje jak odolnost proti mechanickému poškození konstrukčního prvku, tak i výrazně hydrofilní vlastnosti povrchu. Laboratorní výzkum prokazuje, že nově vytvořený povrch plazmatickou úpravou má úhel smáčení v rozmezí 15° až 20°. Navrhnutý plazmový nástřik ZrSiO_4 na povrchu konstrukčního prvku má následující fyzikální vlastnosti: bod tání ~ 1676 °C, specifická hustota 4,62 g/cm³, specifická tepelná kapacita 548 J/kg.K a tepelná vodivost 1,2 W/m.K.

Plazmový nástřík Al_2O_3 zajišťuje jak odolnost proti mechanickému poškození, tak i zlepšuje design konstrukčního prvku. Laboratorní výzkum prokazuje, že nově vytvořený povrch plazmatickou úpravou má úhel smáčení v rozmezí 65° až 70° . Navrhnutý plazmový nástřík Al_2O_3 na povrchu konstrukčního prvku má následující fyzikální vlastnosti: bod tání $\sim 2050^\circ\text{C}$, specifická hustota $3,98\text{ g/cm}^3$, specifická tepelná kapacita 8258 J/kg.K a tepelná vodivost $3,8\text{ W/m.K}$.

U plazmového nástříku se vstupním materiálem z granátu almandinového typu (křemičitan železato-hlinitý) $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ je velice významná velmi nízká pórovitost, která je rozhodující pro jeho povrchové vlastnosti (často se používá jako korozní ochrana). Pórovitost nástříku dosahuje hodnot okolo 2 %. Příčinou nízké pórovitosti je amorfni stav nástříku, v jehož důsledku jsou póry malé, kulovité a navzájem nepropojené. Navrhnutý plazmový nástřík $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ na povrchu žáruvzdorného konstrukčního prvku má následující fyzikální vlastnosti: bod tání $\sim 1370^\circ\text{C}$ a specifická hustota $4,11\text{ g/cm}^3$.

Objasnění výkresů

Řešení podle předloženého návrhu je schematicky a v příkladném uspořádání ukázáno na výkrese, kde značí obr. 1 ukázkou konstrukce plošného vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku v řezu a to včetně příkladných rozměrů jednotlivých komponent konstrukčního prvku určeného především pro konstrukce ze dřeva, přičemž obr. 1a ukazuje sestavu konstrukčního prvku od středové izolační vrstvy směrem vpravo a obr. 1b ukazuje sestavu konstrukčního prvku od středové izolační vrstvy vlevo, kde na izolační vrstvu navazují vpravo a vlevo uspořádané nosné desky na bázi dřeva, které jsou připojeny k izolační vrstvě pomocí spojovacího geopolymerního žáruvzdorného materiálu a ke dvojici nosných desek je nerozebíratelně připojena porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva a také plná geopolymerní žáruvzdorná vrstva, načež je vnější povrch žáruvzdorného konstrukčního prvku alespoň z jedné strany opatřen otěru vzdornou ochrannou vrstvou.

Příklady uskutečnění technického řešení

Obr. 1, obr. 1a a obr. 1b ukazují příkladnou sestavu plošného vrstveného žáruvzdorného konstrukčního prvku, zobrazeného v řezu. Střední část žáruvzdorného konstrukčního prvku tvoří izolační vrstva 1 z pěnového polystyrénu nebo z minerální vaty vlepená spojovacím geopolymerním žáruvzdorným materiálem 2 ke dvojici nosných desek 3, pokrytých z obou stran jednou či více vrstvami geopolymerního žáruvzdorného materiálu obsahujícího minerál ze skupiny granátu. Na dvojici nosných desek 3 je nejprve nanесena porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva 4 a na ni plná geopolymerní žáruvzdorná vrstva 5. Žáruvzdorný konstrukční prvek je následně alespoň na jednom svém povrchu překryt otěruvzdornou ochrannou vrstvou 6 vytvořenou plazmovým nástříkem, nanесenou na vrstvu 5 geopolymerního žáruvzdorného materiálu nebo nanесenou na vrstvu 4 v případě, že žáruvzdorný konstrukční prvek neobsahuje plnou geopolymerní žáruvzdornou vrstvu 5.

Příklad 1

Žáruvzdorný konstrukční prvek s hydrofóbní otěruvzdornou povrchovou úpravou.

Konstrukční prvek s hydrofóbní otěruvzdornou povrchovou úpravou sestává z izolační vrstvy tvořené polystyrénovou deskou o tloušťce 100 mm, která je vlepena mezi dvě nosné desky tvořené OSB deskami o tloušťce 12 mm geopolymerním materiálem A. Tento geopolymerní materiál A obsahuje 39 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LK - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 44 % hmotn. suroviny

obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LK - suchá složka a 8,7 % hmotn. křemičitého písku se střední zrnitostí 0,2 mm, 2,6 % hmotn. termální siliky a 5 % hmotn. odpadního materiálu obsahujícího více než 70 % hmotn. minerálu ze skupiny granátu. Nakonec je přidáno 0,7 % hmotn. hliníkového prášku, který zajistí urychlené tuhnutí a napěnění geopolymerního materiálu.

Tento sendvič je z vnitřní strany vzhledem ke konstrukci domu opatřen nástřikem geopolymerní žáruvzdorné vrstvy o tloušťce 3 mm, jejíž materiál B sestává z 27,5 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LK - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 30,5 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LK - suchá složka, 20 % hmotn. vysušeného odpadního materiálu po řezání vodním paprskem obsahujícího více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, 20 % hmotn. křemičitého písku se střední zrnitostí 0,2 mm a 2 % hmotn. termální siliky.

Z vnější strany vzhledem ke konstrukci domu je tento sendvič opatřen porézní geopolymerní žáruvzdornou vrstvou o tloušťce 20 mm, jejíž materiál C obsahuje 38,3 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LK - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 42,5 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LK - suchá složka, 12,8 % hmotn. vysušeného odpadního materiálu po řezání vodním paprskem obsahujícího více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, 2,6 % hmotn. termální siliky a 3 % hmotn. sekaných čedičových vláken. Nakonec je do směsi přidáno 0,8 % hmotn. hliníkového prášku, který zajistí urychlené tuhnutí a napěnění geopolymerní vrstvy C. Na tuto vrstvu po 3 hodinách nanesen nástřik žáruvzdorného materiálu B o tloušťce 3 mm, jehož složení je uvedeno v přechodném odstavci.

Celý sendvič je zabalen do neprodyšné fólie a ponechán zrát minimálně 10 dnů za laboratorní teploty. Následně je na vnější žáruvzdornou vrstvu geopolymeru B nanesena otěruvzdorná ochranná vrstva $\text{CrO}_3 + 5\text{SiO}_2 + 3\text{TiO}_2$ o tloušťce 0,3 mm pomocí plazmového nástřiku, která zajišťuje žáruvzdornému konstrukčnímu prvku vysokou otěruvzdornost a hydrofobitu.

Tento žáruvzdorný konstrukční prvek s hydrofóbní otěruvzdornou povrchovou úpravou je možno použít na dřevostavby se zlepšeným tepelným komfortem a vysokou požární odolností.

Příklad 2

Tenkostěnný žáruvzdorný konstrukční prvek s nízkoporézní otěruvzdornou povrchovou úpravou.

Tenkostěnný žáruvzdorný konstrukční prvek s nízkoporézní otěruvzdornou povrchovou úpravou sestává z izolační vrstvy tvořené polystyrénovou deskou o tloušťce 50 mm, která je vlepena mezi dvě nosné vrstvy z OSB desek o tloušťce 8 mm porézním geopolymerním materiálem C, jehož složení je uvedeno v příkladu 1. OSB desky jsou z vnější strany opatřeny nástřikem žáruvzdorného geopolymerního materiálu D o tloušťce 3 mm, který sestává z 26 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LNa - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 29 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LNa - suchá složka, 16 % hmotn. vysušeného odpadního materiálu po řezání vodním paprskem obsahujícího více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu a 29 % hmotn. křemičitého písku se střední zrnitostí 0,1 mm. Celý sendvič se nechá zrát v přikrytých formách za laboratorní teploty alespoň 3 dny, který se potom v přikrytých formách vloží do sušárny na 45 °C po dobu 5 hodin. Po odformování se žáruvzdorný konstrukční prvek vytvrdí v sušárně při teplotě 82 °C po dobu 15 hodin. Následně je na žáruvzdorné geopolymerní vrstvě D na vnější straně konstrukčního prvku vzhledem k domu vytvořena otěruvzdorná ochranná vrstva pomocí plazmového nástřiku z křemičitanu železnato-hlinitého ($\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$) o tloušťce 0,5 mm, která zajišťuje žáruvzdornému konstrukčnímu prvku z jeho vnější strany vysokou odolnost proti mechanickému poškození a nízkou porozitu.

Tento tenkostěnný žáruvzdorný konstrukční prvek s nízkou porézní otěruvzdornou povrchovou úpravou je vhodný na dřevostavby se zvýšenou požární odolností, u kterých je třeba z hlediska úspory místa velmi tenkých stěn.

Příklad 3

Vyztužený žáruvzdorný konstrukční prvek se zvýšenou tepelnou akumulací a vynikajícím tepelným komfortem.

Vyztužený žáruvzdorný konstrukční prvek se zvýšenou tepelnou akumulací a vynikajícím tepelným komfortem sestává z izolační vrstvy tvořené minerální vatou o tloušťce 200 mm, která je vlepena mezi dvě nosné vrstvy z OSB desek o tloušťce 22 mm geopolymerním žáruvzdorným materiálem E. Tento geopolymerní žáruvzdorný materiál E obsahuje 27 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LK - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 31 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LK - suchá složka, 34 % hmotn. křemičitého písku se střední zrnitostí 0,2 mm, 3 % hmotn. termální siliky a 5 % hmotn. odpadního materiálu obsahujícího více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu. Tento sendvič je z vnitřní strany vzhledem ke konstrukci domu opatřen porézním nástřikem geopolymerní žáruvzdorné vrstvy F o tloušťce 10 mm, která sestává z 30 % hmotn. draselného alkalického aktivátoru komerčně prodáváného produktu Baucis LK - kapalná složka (České Lupkové závody, a.s.), 33,5 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit komerčně prodáváného produktu Baucis LK - suchá složka, 7 % hmotn. odpadního materiálu obsahujícího více než 70 % minerálů ze skupiny granátu, 26,8 % hmotn. křemičitého písku se střední zrnitostí 0,2 mm a 2 % hmotn. termální siliky. Nakonec je do této směsi přidáno 0,7 % hmotn. hliníkového prášku. Na tuto vrstvu je nanášena vyrovnávací vrstva ze žáruvzdorného geopolymeru typu B popsaného v příkladu 1 o tloušťce 2 mm.

Z vnější strany vzhledem ke konstrukci domu je sendvič opatřen porézním nástřikem geopolymerního žáruvzdorného materiálu C popsaného v příkladu 1 o tloušťce 40 mm. Na tuto vrstvu je nanášena vyrovnávací vrstva ze žáruvzdorného geopolymeru typu B popsaného v příkladu 1 o tloušťce 2 mm. Z obou stran je žáruvzdorný konstrukční prvek chráněn tvrdou otěruvzdornou ochrannou pohledovou vrstvou Al_2O_3 o tloušťce 0,8 mm.

Tento vyztužený žáruvzdorný konstrukční prvek podle příkladu 3 vyniká vysokou požární odolností a zvýšenou tepelnou akumulací, která zajišťuje vysoký tepelný komfort. Kompozice konstrukčního prvku zajišťuje vyztužení a zvýšení stability celé konstrukce dřevostavby proti vnějším účinkům. Povrchová otěruvzdorná ochranná vrstva Al_2O_3 zajišťuje nejen výbornou tvrdost a otěruvzdornost povrchu, ale také estetický vzhled konstrukčního prvku.

NÁROKY NA OCHRANU

1. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek s otěruvzdornou povrchovou úpravou, zejména pro konstrukce ze dřeva, **vyznačující se tím**, že se skládá z izolační vrstvy (1) vlepené spojovacím geopolymerním žáruvzdorným materiálem (2) mezi dvě nosné desky (3) pokryté na obou vnějších plochách porézní geopolymerní žáruvzdornou vrstvou (4) a/nebo geopolymerní žáruvzdornou vrstvou (5), která je překryta alespoň na vnější straně žáruvzdorného konstrukčního prvku vzhledem ke konstrukci stavby, příkladně domu, otěruvzdornou ochrannou vrstvou (6) vytvořenou plazmovým nástřikem, kde izolační vrstva (1) o tloušťce 50 mm až 250 mm je tvořena pěnovým polystyrénem nebo minerální vatou, dvojice nosných desek (3) o tloušťce 8 mm až 25 mm je vytvořena na bázi dřeva, porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva (4) nebo geopolymerní žáruvzdorná vrstva (5) vykazuje tloušťku 2 mm až 50 mm a obsahuje materiál s obsahem minerálu ze skupiny granátu a otěruvzdorná ochranná vrstva (6) s řízenými

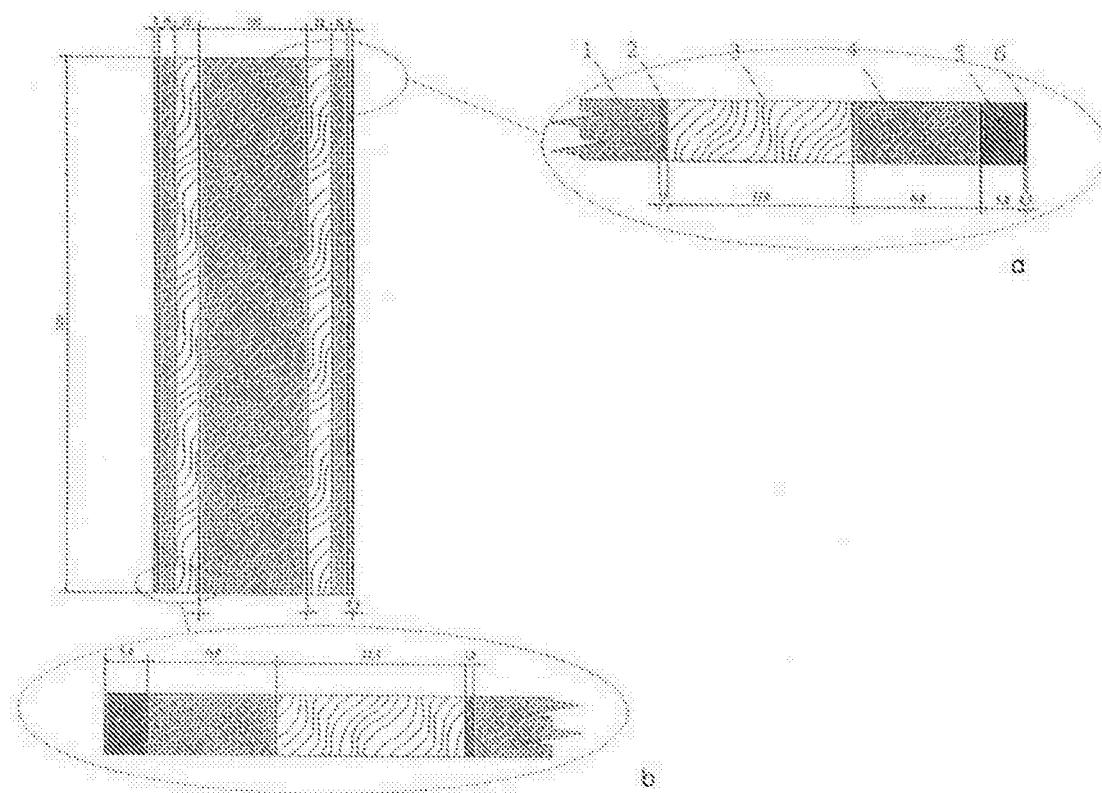
povrchovými vlastnostmi vykazuje tloušťku 0,3 mm až 5,0 mm a sestává z $\text{CrO}_3+5\text{SiO}_2+3\text{TiO}_2$ nebo Al_2O_3 nebo ZrSiO_4 nebo $\text{Fe}_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$.

2. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál (2) a geopolymerní žáruvzdornou vrstvu (5) tvoří geopolymerní materiál s obsahem 25 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit, 25 % hmotn. až 45 % hmotn. vodného roztoku křemičitanu sodného a/nebo draselného a 5 % hmotn. až 50 % hmotn. plniva ze suroviny obsahující více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, příkladně almandin, pyrop.
3. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 2, **vyznačující se tím**, že plnivem pro spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál (2) a geopolymerní žáruvzdornou vrstvu (5) také jsou 2 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující sekaná čedičová vlákna a/nebo sekaná skleněná vlákna a/nebo sekaná uhlíková vlákna o délce 2 mm až 25 mm a/nebo 5 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující křemičitý písek o velikosti zrna 0,1 mm až 2 mm a/nebo 1 % hmotn. až 6 % hmotn. termální siliky.
4. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že porézní geopolymerní žáruvzdornou vrstvu (4) a spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál (2) tvoří geopolymerní pojivo s obsahem 25 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující metakaolinit, 25 % hmotn. až 45 % hmotn. vodného roztoku křemičitanu sodného a/nebo draselného, 5 % hmotn. až 50 % hmotn. plniva ze suroviny obsahující více než 70 % hmotn. minerálů ze skupiny granátu, příkladně almandin, pyrop a čistý hliníkový prášek nebo hliníkovou pastu v množství 0,5 % hmotn. až 2,5 % hmotn.
5. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že plnivem pro porézní geopolymerní žáruvzdornou vrstvu (4) a spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál (2) také jsou 2 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující sekaná čedičová vlákna a/nebo sekaná skleněná vlákna a/nebo sekaná uhlíková vlákna o délce 2 mm až 25 mm a/nebo 5 % hmotn. až 50 % hmotn. suroviny obsahující křemičitý písek o velikosti zrna 0,1 mm až 2 mm a/nebo 1 % hmotn. až 6 % hmotn. termální siliky.
6. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že otěruvzdorná ochranná vrstva (6) vytvořená plazmovým nástřikem se nachází vždy na vnější straně žáruvzdorného konstrukčního prvku vzhledem ke konstrukci stavby, příkladně domu.
7. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že otěruvzdorná ochranná vrstva (6) s řízenými povrchovými vlastnostmi vykazuje hydrofóbní charakter.
8. Plošný vrstvený žáruvzdorný konstrukční prvek podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že otěruvzdorná ochranná vrstva (6) s řízenými povrchovými vlastnostmi vykazuje hydrofilní charakter.

1 výkres

Seznam vztahových značek:

- 1 – izolační vrstva
- 2 – spojovací geopolymerní žáruvzdorný materiál
- 3 – nosná deska (na bázi dřeva)
- 4 – porézní geopolymerní žáruvzdorná vrstva
- 5 – geopolymerní žáruvzdorná vrstva
- 6 – otěruvzdorná ochranná vrstva.



Obr. 1