

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

38 022

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C04B 18/26 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2024-42048**
(22) Přihlášeno: **17.06.2024**
(47) Zapsáno: **30.07.2024**

(73) Majitel:
INTECORES s.r.o., Plzeň, Východní Předměstí,
CZ

(72) Původce:
Petr Stehlík, Plzeň, Východní Předměstí, CZ

(74) Zástupce:
RNDr. Roman Hák, U průhonu 827/5, 170 00 Praha
7, Holešovice

(54) Název užitého vzoru:
**Tepelně izolační materiál pro plnění dutých
stavebních prvků obsahující biouhel**

CZ 38022 U1

Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků obsahující biouhel

Oblast techniky

5

Předkládané technické řešení se obecně týká stavebnictví, a zejména dutých stavebních prvků. Konkrétně se týká tepelně izolačního materiálu, který obsahuje biouhel a je vhodný pro plnění dutých stavebních prvků. Materiál obsahující biouhel je buďto v sypaném stavu nebo je ve směsi s pojidlem ve formě polotekuté až tekuté.

10

Dosavadní stav techniky

Duté stavební prvky, jako jsou zejména cihly/tvárnice, jsou ve stavebnictví již dlouho užívány, vzduch v dutinách plní funkci tepelného izolantu. Je známo a v praxi již mnoho let realizováno zlepšení tepelně izolačních vlastností těchto stavebních materiálů tím, že dutiny se plní pěnovým polystyrenem nebo minerální vatou, u velkoobjemových dutin např. vakuovými izolačními panely (vakuovaný aerogel vláken oxidu křemičitého). Příkladně bylo experimentálně vyzkoušeno plnění dutin perlitem, polyurethanem (Pavlik, Z. et al., MONITORING THERMAL PERFORMANCE OF HOLLOW BRICKS WITH DIFFERENT CAVITY FILLERS IN DIFFERENT CLIMATE CONDITIONS. Int. J. Thermophys. 36, 557–568, 2015) nebo slámou (Hou, S. et al., COUPLED HEAT AND MOISTURE TRANSFER IN HOLLOW CONCRETE BLOCK WALL FILLED WITH COMPRESSED STRAW BRICKS. Energy and Buildings 135, 74-84, 2017). Užitný vzor CZ 30951 U1 popsal keramickou tvarovku, kde velkoobjemové dutiny byly vyplněny textilními vlákny (polyester, bavlna) ve vakuovaném obalu. Polystyren, který se standardně využívá jako tepelně izolační materiál, je např. po zbourání stavby velice špatně separovatelný, a hrozí jeho vnášení do přírody. Další standardně používaný materiál, jako je minerální vata, je vláknitý a při bourání je prašný, uvolňuje jemná vlákna, která jsou zdravotně závadná.

30

V nedávné době se objevily úvahy i pokusy o využití zajímavého materiálu – biouhlu ve stavebnictví s cílem zlepšení uhlíkové bilance stavebnictví - snížení uhlíkové stopy a trvalého ukládání uhlíku. Biouhel jako takový totiž trvale ukládá uhlík, který odčerpala rostlina v podobě CO₂ za dobu svého růstu z atmosféry. Při uložení biouhlu např. do stavebního materiálu dochází k trvalému odstranění uhlíku/CO₂. Byly např. připraveny betony (tzv. uhlíkově negativní nebo klimaticky neutrální beton), zejména lehké porézní betony, kde biouhel nahradil písek a/nebo zčásti i cement (např. Chen, L. et al., BIOCHAR-AUGMENTED CARBON-NEGATIVE CONCRETE. Chemical Engineering Journal, 431 (1), 2022). Beton s obsahem biouhlu až do 50 % byl popsán v patentové přihlášce CN 107586081 A. Beton s obsahem biouhlu až do 30 %, kde biouhel je získán pyrolýzou odpadů z vepřina, byla popsána v patentu US 11104611 B2. Patentová přihláška US 20230002276 A1 popsala uhlíkově negativní beton, kde až 26 % cementu je nahrazeno biouhlem. Byly také připraveny omítky (např. CN 115784702 A) obsahující příměs biouhlu. Tyto materiály vykazují menší tepelnou vodivost ve srovnání se stejným materiálem bez příměsi biouhlu. Materiály s biouhlem jsou často i ekonomicky výhodné. Biouhel (angl. biochar) je materiál podobný dřevěnému uhlí, získaný pyrolýzou organického materiálu při teplotách 400 až 700 °C a bez přístupu vzduchu. Klasické dřevěné uhlí spadá samozřejmě také do kategorie biouhlu, která je však širší v tom smyslu, že jako výchozí surovinu neuvádí jen dřevo, ale různorodý organický materiál, často odpadní materiál (sláma, plevy, bagasa z cukrové třtiny, podestýlka z velkochovu drůbeže). Biouhel standardních vlastností lze získat pyrolýzou dřeva, výhodně z rychle rostoucích dřevin. Výhodou biouhlu, ve srovnání s polystyrenem nebo minerální vatou, je to, že je zdravotně nezávadný, lze jej po skončení životnosti stavby např. bez problémů zakopat do země, a tím zlepšit její sorpci a zadržování vláhy a živin. Dalším pozitivem je i určitá míra absorpce některých škodlivin z prostředí, její rychlost je závislá na vnitřní ploše biouhlu, která mj. závisí na způsobu jeho výroby.

55

Biouhel nebyl dosud využit pro zlepšení tepelně izolačních vlastností dutých stavebních prvků, např. cihel nebo tvárníc s dutinami. Přitom přetrvává potřeba zlepšování tepelně izolačních vlastností stavebních prvků vzhledem k nutnosti dobré tepelné izolace budov kvůli úsporám energie na vytápění, popřípadě ochlazování vnitřních prostor budov. Navíc jsou v současnosti vyhledávána taková řešení, která snižující uhlíkovou stopu ve stavebnictví.

Podstata technického řešení

Předložené technické řešení se týká tepelně izolačního materiálu, který obsahující biouhel. Dále se týká stavebních prvků vyplněných tepelně izolačním materiálem obsahujícím biouhel. Tím předložené technické řešení řeší problém zlepšení tepelně izolačních vlastností dutých stavebních prvků a současně přispívá k řešení problému vysoké uhlíkové stopy stavebnictví, zejména výroby betonu a betonových materiálů, směrem k využití materiálů, které umožňují dlouhodobě ukládat uhlík a tím uhlíkovou stopu snižovat.

Biouhel pro použití podle předloženého technického řešení byl získán pyrolýzou dřevní hmoty a dále upraven drcením a/nebo mletím. Výchozím materiálem bylo měkké dřevo (měrná hmotnost 500 až 600 kg/m³), reprezentované zde dřevem vrby a smrku, a také tvrdé dřevo (měrná hmotnost 700 až 800 kg/m³) reprezentované zde dřevem z buku a dubu. Biouhel z vrby byl získán konvenční pyrolýzou při 600 až 700 °C bez přístupu vzduchu. Biouhel z buku-dubu je dřevěné uhlí ze směsi dřeva buku a dubu získané pyrolýzou při 300 až 700 °C bez přístupu vzduchu.

Publikace ve stavu techniky i předběžné experimenty původce ukázaly, že vlastnosti biouhlu jsou do jisté míry závislé na dvou základních parametrech, a sice na druhu dřeviny, která je zdrojem výchozího materiálu, a na způsobu výroby biouhlu. Ale další experimenty původce ukázaly, že tepelně izolační vlastnosti jsou závislé zejména na následném zpracování biouhlu, drcení nebo mletí, resp. na velikosti částic takto získaných. Biouhel z lehčích dřevin, např. vrby nebo topolu, má obecně lepší tepelně izolační vlastnosti, biouhel z tvrdých dřevin, například dubu nebo buku, zase ukládá více uhlíku na jednotku objemu. Způsobem výroby biouhlu lze do značné míry ovlivnit jeho vlastnosti – např. měnou hmotnost a vnitřní strukturu.

Biouhel pro tepelně izolační materiál lze připravit výhodně z měkkého dřeva rychlerostoucích dřevin, např. vrby nebo některých topolů, tyto dřeviny mají dobrou výtěžnost. Lze také použít smrkové dřevo, a ostatní listnaté dřeviny jako je např. lípa, topol osika a další. Výhodné bude využití dřevní hmoty z plantáží topolu japonského.

Pro příklady využití biouhlu byl připraven biouhel pyrolýzou dřeva z vrby, smrku, buku a dubu. Biouhel by dále drcen /mlet a byly separovány 4 frakce s odlišnou velikostí částic; frakce 1: 0 až 2,0 mm, frakce 2: 2,0 až 2,8 mm, frakce 3: 2,8 až 1,2 mm a frakce 4: nad 11,2 mm. Měřením tepelného prostupu jednotlivých frakcí bylo zjištěno, že frakce 1 má horší tepelně izolační vlastnosti, zatímco frakce 2 a 3 mají v podstatě shodné tepelně izolační vlastnosti, a to lepší než frakce 1. Frakce s částicemi nad 11,2 mm měla nejhorší tepelně izolační vlastnosti a pro přípravu materiálů nebyla využita (byla opětovně drcena na frakce s menšími částicemi).

Drcením/mletím biouhlu se v podstatě homogenizují jeho vlastnosti nezávisle na druhu původní biomasy. Drcením se odstraňují větší dutiny (jejich velikost a množství jsou právě závislé na druhu původní biomasy). Drcený biouhel má pak velmi podobné vlastnosti bez ohledu na původní zdroj biomasy.

Kromě drcení je možné použít pro pyrolýzu přímo materiál s určitou specifickou „částicovou“ strukturou, například piliny/hoblíny ze zpracování dřeva. Byly například zpracovány smrkové piliny (z příčného řezu řetězovou pilou), které po pyrolýze poskytly částice jehlicovitého tvaru s velmi malým podílem jemných částic. Po pyrolýze si piliny zachovaly jehlicovitý tvar a vznikl velmi malý podíl jemných částic. Takto strukturovaný biouhel bude výhodný v hmotách s velkým

podílem biouhlu, kde bude přispívat k vyšší soudržnosti (analogicky např. ke keramickým hmotám plněným šamotovým ostřivem).

5 Tepelně izolační materiál obsahující biouhel se výhodně užije k plnění dutých stavebních prvků, resp. dutin těchto dutých stavebních prvků. Dutým stavebním prvkem se zde míní jakékoliv, zejména keramické a betonové, stavební prvky obsahující alespoň jednu dutinu, jako např. cihly a tvarovky (tvárnice), stropní systémy typu miako nebo hurdis, ale také keramické a betonové překlady, které obsahují jednu nebo více dutin. Pojem dutina je myšlen jakýkoliv dutý prostor ve výše uvedených stavebních prvcích. Dutinou stavebního prvku ve smyslu předloženého
10 technického řešení jsou i duté prostory vzniklé při 3D tisku budov nebo stavební prostory pro zásypy podlah a stropů.

Sypký tepelně izolační materiál obsahující biouhel

15 Byl připraven sypký tepelně izolační materiál obsahující drcený/mletý biouhel a tento materiál byl užit k plnění dutého stavebního prvku, v příkladném provedení betonové tvárnice. Jako výhodný tepelně izolační materiál se jevil materiál obsahující frakce 2 a 3 (2,0 až 11,2 mm) biouhlu z vrby a frakci 3 (2,8 až 11,2 mm) z buku-dubu. Bez ohledu na použitou frakci, tvárnice s výplní sypkým biouhlem vykazovala lepší tepelně izolační vlastnosti než kontrolní tvárnice bez výplně (tj. v dutině
20 byl pouze vzduch).

Jedním z cílů předloženého technického řešení bylo připravit materiál, který by mohl nahradit polystyren nebo minerální vlnu, které se k výplni dutin standardně užívají ve stavu techniky. Biouhel v provedených experimentech nedosahoval ve všech provedeních tak vysokých tepelně
25 izolačních hodnot jako minerální vata, ale biouhel frakce 2,0 až 11,2 mm z vrby nebo biouhel frakce 2,8 až 11,2 mm z buku-dubu použitý jako výplň duté tvárnice vykazoval hodnoty shodné s minerální vatou.

Plnění dutin stavebních prvků sypkým tepelně izolačním materiálem obsahujícím biouhel lze
30 realizovat následujícími způsoby:

- A) Plnění u výrobce, kdy se při výrobě dutý stavební prvek, např. cihla nebo jiná tvarovka, naplní a na vibračním stroji se třese, a poté se doplní tak, aby se již více výplň nesesedala.
- 35 B) Plnění přímo při stavbě, kdy se do dutin pomocí násypky nasype biouhel potřebné frakce. Tento způsob je vhodný zejména pro plnění vertikálních dutin. Dále lze takto plnit dutiny podlah a další dutiny kde je možné nasypat sypký materiál.

Pro fixování výplně v dutinách lze použít různé způsoby, např. lze překrýt otvory dutiny z obou
40 stran pojivem, plnicím funkcí „špuntu“, kdy lze použít pojivo na bázi sádry, cementu, vápna, polymerů, a další. Polymerem se míní jakýkoliv polymer vhodný pro stavebnictví, např. polyuretan, MS polymer apod. Pojivo lze popřípadě namíchat s biouhlem, a tím zmenšit tepelný most fixační vrstvy. Jako výhodné se jeví překrytí otvorů vyplněných dutin síťovinou, kdy síťovina zajistí, že při spojování stavebních prvků se nanášené pojivo dostane přímo na nosnou část
45 výrobku. K fixaci síťoviny lze použít opět lepidla na bázi sádry, cementu, vápna, ale také lepidla na organickém základu.

C) Jinou výhodnou možností je plnění dutin biouhlem obaleným pojivem před plněním dutiny. Zvolená frakce biouhlu se obalí v předem připraveném pojivu, a následně se nasype do dutiny,
50 po vytvrnutí již pevně drží v dutině a nesype se ven. Není tedy třeba užívat žádné fixační překrytí dutin. Jako pojivo lze použít sádro, cement, vápno, polymer a další organická a anorganická pojiva. Výhodné je vápenné mléko nebo cementové mléko. Obalování se provádí běžným způsobem známým odborníkům v oboru stavebních materiálů.

Při všech výše uvedených způsobech plnění je možné sypký biouhel nebo obalený biouhel do dutin lisovat nebo pěchovat. V takovém případě se mírně zhorší izolační vlastnosti, naopak se zvýší množství uloženého uhlíku na jednotku objemu materiálu.

5 *Tekutý/polotekutý tepelně izolační materiál obsahující biouhel*

Dále byl připraven tekutý/polotekutý tepelně izolační materiál obsahující biouhel, který obsahuje vybranou frakci částic biouhlu a pojivo, přičemž je vytvořena tekutá až polotekutá směs, která je vhodná pro plnění dutin stavebních prvků, kde zatuhne do pevné hmoty. Taková směs se do dutin může výhodně nalévat. Pojivem je například sádra, cement, vápno, polymer, výhodně sádra nebo cement. Pro tepelně izolační výplň obsahující biouhel lze užít jakoukoliv frakci či frakce drceného/mletého biouhlu, výhodně lze takto zužítkovat nejjemnější frakce.

Při drcení biouhlu vzniká ve značně velkém podílu jemná frakce 0 až 2,0 mm (frakce 1), která může představovat až 1/3 hmotnosti drceného biouhlu. Tato jemná frakce, která se příliš nehodí v sypkém stavu k přímému plnění dutin, může být výhodně využita ve směsi s pojivem. Jemný biouhel může představovat až 35 % hmotn. ve směsi se sádrrou a vodou. Při kombinaci jemného a hrubého biouhlu (v poměru 1:1) tvořil biouhel až 44 % hmotn. ve směsi se sádrrou a vodou. Materiál obsahující 27 % hmotn. jemné frakce biouhlu z buku-dubu, 20 % hmotn. sádry a 1 % hmotn. vodního skla (+ 52 % hmotn. vody) byl vhodný pro nalévání do dutin, po ztuhnutí byl pevný, měl dobré tepelně izolační vlastnosti a relativně nízkou měrnou hmotnost (490 kg/m³). I velmi nízký obsah pojiva, 12 až 17 % hmotn., vedl po vytvrzení ke vzniku pevného tepelně izolačního materiálu.

Obdobně jako se sádrrou byly připraveny směsi biouhlu a cementu. I při nejnižším obsahu biouhlu (28 % hmotn.) byla tepelná vodivost materiálu významně menší než u čistého pojiva (cementu). Měrné hmotnosti cementových materiálů s obsahem jemného biouhlu byly srovnatelné se sádrovými materiály. Jeden z výhodných materiálů obsahujících jemný biouhel byl materiál obsahující 33 % hmotn. biouhlu, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody. Velmi zajímavé materiály vznikly v případě, že biouhel byl převážně nebo výlučně hrubý biouhel (ze smrkových pilin, nedrcený, velikost částic délky až 5,0 mm). Tyto materiály měly dobré tepelně izolační vlastnosti, a navíc měly velmi nízkou měrnou hmotnost (230 až 330 kg/m³) blízkou se měrné hmotnosti perlitu (200 kg/m³).

Zajímavý materiál vznikl smísením jemného (frakce 0 až 2,0 mm) a hrubého biouhlu (0 až 5,0 mm, připraven z pilin) s vodou (v poměru 1:1:2) bez jakéhokoliv pojiva. Po zatuhnutí (vyschnutí) vznikla v podstatě pevná hmota dobře soudržná, která má dobré tepelně izolační vlastnosti a je vhodná jako výplň dutých stavebních prvků.

Předložené technické řešení se týká tepelně izolačního materiálu pro plnění dutých stavebních prvků, který obsahuje nadrcený, popřípadě namletý biouhel z dřevní hmoty. Výhodný biouhel byl připraven konvenční pyrolýzou dřevní hmoty při teplotě 300 až 700 °C bez přístupu vzduchu.

Výhodný tepelně izolační materiál obsahuje biouhel je ve formě částic o velikosti 0 až 11,2 mm, výhodně 2,0 až 11,2 mm.

Jiný výhodný tepelně izolační materiál kromě biouhlu dále obsahuje pojivo, kterým je sádra, cement, vápno nebo polymer, a vodu. Tento materiál v jiném výhodném provedení obsahuje biouhel je ve formě částic velikosti 0 až 2,0 mm.

Výhodný tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků obsahuje 25 až 35 % hmotn. biouhlu ve formě částic velikosti 0 až 2,0 mm, 15 až 25 % hmotn. sádry a 40 až 60 % hmotn. vody.

Další výhodný tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků obsahuje 33 až 44 % hmotn. biouhlu, 12 až 23 % hmotn. sádry a 33 až 55 % hmotn. vody, přičemž polovina

množství biouhlu je ve formě jemných částic velikosti 0 až 2,0 mm a polovina množství biouhlu je ve formě hrubých částic velikosti 0 až 40 mm.

- 5 Jiný výhodný tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků obsahuje 33 % hmotn. biouhlu ve formě částic velikosti 0 až 2,0 mm, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody. A ještě jiný tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků obsahuje 33 % hmotn. biouhlu ve formě částic velikosti 0 až 5,0 mm, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody.

- 10 Předložené technické řešení se také týká dutého stavebního prvku, ve kterém je alespoň jedna dutina vyplněna tepelně izolačním materiálem popsaným výše.

Objasnění výkresů

- 15 Obr. 1 Elektronmikroskopický snímek příčného řezu biouhlu ze dřeva dubu (zvětšení 750x)
 Obr. 2 Elektronmikroskopický snímek příčného řezu biouhlu ze dřeva dubu (zvětšení 7.500x)
 Obr. 3 Elektronmikroskopický snímek podélného řezu biouhlu ze dřeva dubu (zvětšení 750x)
 Obr. 4 Elektronmikroskopický snímek podélného řezu biouhlu ze dřeva dubu (zvětšení 7.500x)
 Obr. 5 Betonová tvárnice použitá jako příkladný dutý stavební prvek.
 20 Obr. 6 Betonová tvárnice použitá jako příkladný dutý stavební prvek - ústí dutiny.

Příklady uskutečnění technického řešení

- 25 Příklad 1

Biouhel a jeho výroba

- 30 Biouhel byl připraven v menším množství dostatečném pro ověřovací experimenty konvenční pyrolýzou dřevní hmoty z vrby, smrku, buku a dubu v muflové peci (vlastní konstrukce původce), bez přístupu vzduchu, při teplotě 500 až 700 °C. Vlastnosti biouhlu z dubu a buku se prakticky nelišily od vlastností biouhlu dostupného komerčně. Tento komerčně dostupný biouhel (dřevěné uhlí pro grilování, připravené pyrolýzou směsí dřeva dubu a buku v retortě bez přístupu vzduchu, při 300 až 700 °C, značka: barbecue charcoal výrobce: Servis Les, Deblice-lesy, s.r.o.,
 35 Dymokury, ČR) byl využit v experimentech ve větším měřítku. Smrkové dřevo bylo pyrolýzováno v podobě pilin (z příčného řezu řetězovou pilou).

- 40 Z hlediska tepelné vodivosti biouhlu je jeho důležitou vlastností porozita. Biouhel, zejména biouhel získaný z dřevní biomasy, obsahuje póry různých velikostí, od mikropórů (průměr menší než 1 nm) až po makropóry (průměr větší než 50 nm). Makropóry jsou zpravidla pozůstatkem původní struktury rostlinného pletiva (cév), menší póry, zejména mikropóry vznikají většinou v důsledku plynu vyvíjejícího se při pyrolýze. Na obr. 1 a 2 je snímek z elektronového mikroskopu příčného řezu „špalíkem“ biouhlu připraveného z dubového dřeva (viz výše), na obr. 3 a 4 je podélný řez. Snímky demonstrují „trubičkovitou“ strukturu biouhlu s póry různých velikostí.

- 45 Biouhel byl pro další využití dále drcen válcovým drtičem (vlastní konstrukce původce) nebo pro získání jemnějších frakcí v kulovém mlýnu (Jizerská porcelánka s.r.o., Desná v Jizerských horách I, ČR, mlecí stolice vlastní konstrukce původce, vnitřní objem mlýnu cca 6 l, mlecí koule průměr 20 až 30 mm, materiál mlýnu a koulí - technický porcelán).
 50 Z nadrceného/namletého biouhlu byly pomocí analytických sít separovány 4 frakce s odlišnou velikostí částic; frakce 1: 0 až 2,0 mm, frakce 2: 2,0 až 2,8 mm, frakce 3: 2,8 až 11,2 mm a frakce 4: nad 11,2 mm. Frakce s částicemi nad 11,2 mm měla v předběžných testech nejhorší tepelně izolační vlastnosti a pro přípravu tepelně izolačních materiálů nebyla dále využita (byla opětovně drcena na frakce s menšími částicemi).

55

V následující tabulce 1 jsou uvedeny charakteristiky frakcí biouhlu připraveného z různých zdrojů.

Tabulka 1: Vlastnosti biouhlu z různých zdrojů, měkkého dřeva - vrby, tvrdého dřeva – směsi buku a dubu a pilin smrkového dřeva

5

	Č. frakce: velikost částic (mm)	Násypná hmotnost (g/dm ³)	Setřesná hmotnost (g/dm ³)
Vrba	1: 0-2,0	164,66	229,10
	2: 2,0-2,8	150,31	177,35
	3: 2,8-11,2	142,02	164,48
Směs buk-dub	1: 0-2,0	299,42	391,61
	2: 2,0-2,8	236,37	271,35
	3: 2,8-11,2	245,16	270,36
Smrk (piliny)	1: 0-2,0	135,45	166,82
	2: 2,0-2,8	90	114,09

Z tabulky 1 je vidět, že nejjemnější frakce je těžší, má vyšší násypnou i setřesnou hmotnost ve srovnání s frakcemi 2 nebo 3 pro všechny druhy dřeva. Všechny frakce biouhlu z tvrdého dřeva (buk-dub) jsou významně „hutnější“ než odpovídající frakce biouhlu z měkkého dřeva. V předběžném experimentu bylo zjištěno, že u biouhlu z vrby a buku-dubu nebyl zásadní rozdíl v tepelném prostupu mezi frakcemi 2 a 3. Frakce 1 však vykazovala horší tepelně izolační vlastnosti. Násypná hmotnost různých druhů biouhlu leží mezi měrnou hmotností perlitu (200 kg/m³) a keramzitu (600 kg/m³), v některých případech je dokonce významně nižší (zejména smrk-piliny).

15

Příklad 2

Izolační vlastnosti stavebního prvku plněného sypkým biouhlem

20 Byla použita betonová tvárnice (tzv. ztracené bednění, DITON s.r.o., Střítež, Česká republika) o vnějších rozměrech 500 x 250 x 100 mm s jednou dutinou (viz obr. 5), kde dutina (mírně kónická) má rozměr (plochu) 425 x 30 mm na jednom konci a 435 x 37 mm na druhém konci tvárnice (viz obr. 6).

25 Dutina byla naplněna sypkým biouhlem, resp. určitou frakcí (viz tabulky 2 a 3) nasypáním a setřesením (popř. doplněním biouhlu a opakováním setřesení, dokud náplň již nesedala), biouhel byl zafixován v dutině jutovou tkaninou namočenou v tekuté sádře (stejně byly uzavřeny dutiny kontrolních tvárnice). Jako kontrolní vzorky sloužila prázdná tvárnice (tj. v dutině byl vzduch) a tvárnice naplněná standardně zhutněnou minerální vatou (zn. ISOVER ORSIK, výrobce Saint-Gobain Construction Products CZ a.s.).

30

Tvárnice byla položena boční stěnou na elektricky vyhřívanou kovovou (měděnou) plotnu (vlastní konstrukce původce) a pomocí teplotního senzoru (termočlánek typu K, MAX6675 Modul, zapisovač vlastní konstrukce původce) umístěného na protilehlé stěně tvárnice byla měřena teplota této stěny v průběhu 24 hodin. Plotna byla vyhřívána na teplotu 87 °C ± 3 °C, teplota místnosti v průběhu experimentu byla 20 °C ± 2 °C. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce 2 a 3.

35

Výsledky ukázaly, že nejlepší tepelně izolační vlastnosti měl biouhel frakce 2,0 až 11,2 mm (frakce 2+3) z vrby (viz tabulka 2) a biouhel frakce 2,8 až 11,2 (frakce 3) z buku-dubu (viz tabulka 3), tyto výplně byly z hlediska prostupu tepla v podstatě shodné. Nevýznamně horší byl biouhel frakce 0 až 11,2 (tj. frakce 1+2+3, bez oddělení nejjemnější frakce 1) z vrby a biouhel frakce 2,0 až 2,8 mm (frakce 2) z buku-dubu.

Z biouhlu z vrby byla připravena také hrubá frakce, která obsahovala částice až do velikosti 40 mm, přičemž ale nebyla odstraněna jemná frakce, tedy velikost částic byly v rozmezí 0 až 40 mm. Tato frakce biouhlu z vrby vykazovala nejhorší tepelně izolační vlastnosti (ale přesto lepší, než vzduchová výplň), pravděpodobně v důsledku příliš velkých a vzájemně propojených vzduchových prostor. Překvapivě podobně se chovala i výplň frakcí 0 až 2,0 mm (frakce 1, nejjemnější) biouhlu z buku-dubu.

Ve všech testovaných případech se ukázalo, že tepelně izolační vlastnosti tvárnice naplněné sypkým biouhlem jsou významně lepší než u tvárnice bez výplně a (v závislosti na frakci) velmi blízké nebo shodné s tvárnici naplněnou minerální vatou.

Tabulka 2: Výplň tvárnice biouhlem z vrby. Průběh teploty vnější stěny tvárnice protilehlé ke stěně vyhřívané za 20 hodin. U každé varianty je v levém sloupci teplota (°C) stěny, v pravém sloupci je teplota (°C) vyhřívací plotny. Kontrolní tvárnice byla vyplněna minerální vatou (kontrola 1) nebo byla bez výplně (kontrola 2).

čas	KONTROLA 1 mín. vata		Vrba 2-11,2 mm		Vrba 0-11,2mm		Vrba 0-40 mm		KONTROLA 2 vzduch	
0:00:00	18	87	18	87	16	86	24	89	18	87
4:00:00	32	89	31	92	32	89	38	86	48	86
8:00:00	41	89	41	89	42	92	47	89	57	87
12:00:00	44	89	46	89	48	92	51	91	61	87
16:00:00	47	82	49	91	51	91	53	89	62	90
20:00:00	50	90	50	91	53	90	54	87	63	86

Tabulka 3: Výplň tvárnice biouhlem z buku-dubu. Průběh teploty vnější stěny tvárnice protilehlé ke stěně vyhřívané za 20 hodin. U každé varianty je v levém sloupci teplota (°C) stěny, v pravém sloupci je teplota (°C) vyhřívací plotny. Kontrolní tvárnice byla vyplněna minerální vatou (kontrola 1) nebo byla bez výplně (kontrola 2).

čas	KONTROLA 1 min. vata		Buk-dub 2,8-11,2 mm		Buk-dub 2-2,8 mm		Buk-dub 0-2 mm		KONTROLA 2 vzduch	
0:00:00	18	87	18	87	16	86	18	87	18	87
4:00:00	32	89	31	88	32	89	30	92	48	86
8:00:00	41	89	40	90	42	92	39	89	57	87
12:00:00	44	89	46	90	48	92	46	90	61	87
16:00:00	47	82	48	90	51	91	49	91	62	90
20:00:00	50	90	50	89	52	90	54	92	63	86

5

Příklad 3

Plnění stavebních prvků sypkým biouhlem

10

A. Plnění biouhlem při výrobě stavebního prvku

Při výrobě se dutá cihla/tvárnice nebo jiná tvarovka naplní sypkým biouhlem a na vibračním stroji se třese, a doplní tak, že se výplň již dále nesedá. Lze plnit i dutiny, které jsou po montáži stavebního prvku v horizontální poloze, například stropní panely a tvarovky typu miako a hurdis, ale i další tvarovky s vnitřními dutinami jako například panely a další.

15

Pro zafixování výplně v dutinách lze použít několik způsobů.

20

a) Překrytí otvorů z obou stran pojivem, plnicím funkcí „špuntu“, lze použít pojiva na bázi sádry, cementu, vápna, polymerů apod. Do pojiva lze také namíchat jemnou frakci (0 až 2,0 mm) biouhlu a tím zmenšit tepelný most fixační vrstvy. Příkladem výhodné směsi pro utěsnění sypké náplně biouhlu je směs 20 % frakce 1 biouhlu, 30 % sádry a 50 % vody (% jsou % hmotnostní).

25

b) Další možností je překrytí vyplněných otvorů síťovinou. Síťovina je zvolena proto, aby se tvořily kvalitní spoje a pojivo se dostalo přímo na nosnou část stavebního prvku. Toto zvláště platí u použití textilní síťoviny nebo síťoviny z papíru. Z ekologických důvodů je doporučeným materiálem síťoviny biologicky odbouratelný materiál jako textil, papír, ale lze použít i skelnou tkaninu, nebo síťovinu s jiných vláken. Velikost ok v síťovině by měla být menší než velikost vsypané frakce biouhlu. K fixaci síťoviny lze použít opět pojiva/lepidla na bázi sádry, cementu, vápna, ale také lepidla na organickém základu. Příkladem vhodné síťoviny je jutová tkanina v kombinaci se sádrou nebo lepidlem na bázi cementu.

30

c) Další možností je lisování nebo pýchování náplně do dutiny stavebního prvku. Při zhutnění biouhlu se sice mohou zhoršit tepelně izolační vlastnosti, ale naopak se zvýší množství uloženého uhlíku na jednotku objemu výsledného materiálu. Pro lisování se hodí spíše jemnější frakce 1 (0 až 2,0 mm). Pro zlepšení soudržnosti lze použít navlhčení biouhlu, popřípadě i navlhčení biouhlu s přídavkem pojiva. Výhodně lze použít např. vodní sklo.

35

d) Biouhel je možné opatřit pojivem před plněním dutiny. Biouhel se obalí v předem připraveném pojivu, a následně se nasype do dutiny. Po vytvrnutí již pevně drží v dutině

40

a nesype se ven. Jako pojivo lze použít sádro, cement, vápno, polymer, a další organická a anorganická pojiva.

B. Plnění stavebních prvků biouhlem přímo při stavbě

5

Do dutin se pomocí násypky nasype biouhel potřebné frakce. Doporučuje se využít hrubší frakce a vynechat nejjemnější frakci 1, která je prašná a tepelně izolační vlastnosti biouhlu nezlepšuje. Během plnění dutiny může být zároveň použito hutnění, a to mechanické i vibrační. V případě plnění cihel nebo tvarovek po naplnění následuje čištění dosedových ploch, nanášením malty nebo jiného vazného materiálu a následuje položení další cihly, nebo tvarovky která se opět bude plnit stejným způsobem. Tento způsob je vhodný pro plnění vertikálních komor. Dále lze obdobně plnit dutiny podlah a další dutiny kde je možné nasypat sypký materiál.

10

Příklad 4

15

Příprava tepelně izolačního materiálu obsahujícího biouhel a pojivo

20

Při drcení biouhlu vzniká velký podíl jemné frakce 0 až 2,0 mm (frakce 1), a to až v množství $\frac{1}{3}$ váhy drceného biouhlu. Tuto jemnou frakci lze výhodně využít pro přípravu tepelně izolační hmoty obsahující biouhel a pojivo.

25

Pro přípravu tepelně izolačního materiálu se smíchá biouhel frakce 1 (popřípadě i jiné frakce) s pojivem, například sádro, cementem, vápnem a dalšími, a tato tekutá/polotekutá směs se nalije se do dutin. Je zde určitá nevýhoda v delším schnutí výplně, protože se zde musí použít větší množství rozdělovací vody, ale naopak výhodou je, že po vyschlé vodě vzniká porézní materiál, který má lepší tepelně izolační vlastnosti. Podílem biouhlu ku pojivu lze do jisté míry řídit tepelně izolační vlastnosti a tvrdost vzniklého materiálu.

30

Pro přípravu izolačního materiálu byla použita sádra Almond LC (Formula Saint Gobain) a „jemný biouhel“, tj. frakce 1 biouhlu z buku-dubu (mletého na kulovém mlýně, frakce 0 až 2,0 mm) a „hrubý“ biouhel (ze smrkových pilin, nedrcený, velikost částic délky až 5,0 mm).

35

V kombinaci se sádro bylo zkoušeno široké rozmezí obsahu biouhlu od 0,1 % hmotn. do 75 % hmotn. vůči sádře, výhodný poměr byl 50 až 67 % hmotn. biouhlu vzhledem k sádře. Pro míchání nejlépe vyhovovalo přidání přibližně 50 % hmotn. vody vzhledem k hmotnosti suché směsi biouhel + sádra. Větší obsah vody vedl k tekutější směsi, ale po vytvrdnutí méně pevné, a menší obsah vody vedl ke směsi, která již nešla zalévat, ale bylo možné ji plnit do dutin a dusat. Příklady směsí, které vykazovaly dobré vlastnosti při zachování co největšího obsahu biouhlu jsou uvedeny v tabulce 4.

40

45

Výhodné složení směsi, kde byla přítomna jen jemná frakce biouhlu, bylo následující (vše % hmotn.): biouhel jemný 25 až 35 %, sádra 15 až 25 % a voda 40 až 60 %. Největšího množství zpracovaného biouhlu bylo použito v kombinaci jemného a hrubého biouhlu, a to v rozmezí 33 až 44 % biouhlu (společně jemná i hrubá frakce), 12 až 23 % sádry a voda 33 až 55 % (viz vzorky 1 a 2 v tabulce 4). Množství sádry menší než 10 % poskytlo směs, která špatně tuhla a byla velmi měkká.

Tabulka 4: Izolační materiál obsahující biouhel a pojivo – sádro (uvedená % jsou % hmotn.).

Vzorek č.	biouhel jemný buk-dub (0-2,0 mm)	biouhel hrubý smrkové piliny	sádra	voda
1	35 %	-	15 %	50 %
2	25 %	-	25 %	50 %
3	22 %	22 %	12 %	44 %
4	22 %	11 %	23 %	44 %

- 5 Dále byly testovány směsi obsahující biouhel, sádro a vodní sklo, kde přídavek vodního skla vedl ke vzniku tvrdší směsi (viz tabulka 5).

Tabulka 5: Izolační materiál obsahující biouhel, sádro a vodní sklo (uvedená % jsou % hmotn.).

Č. vzorku	Biouhel buk- dub 0-2 mm	voda	Vodní sklo	sádra	Měrná hmotnost (hustota) výsledného materiálu (kg/dm ³)
1	24 %	48 %	4 %	24 %	0,57
2	20 %	40 %	4 %	36 %	0,67
3	17 %	66 %	-	17 %	0,50
4	27 %	52 %	1 %	20 %	0,49

10

Všechny uvedené směsi byly vhodné k plnění dutin. Měření tepelně izolačních vlastností (stejně jako v příkladu 2) výplně tvárnice z materiálů uvedených v tabulkách 4 a 5 ukázala, že i při nejnižším obsahu biouhlu (17 až 20 % hmotn.) byla tepelná vodivost významně menší než u čistého pojiva (sádry). Větší obsah biouhlu ve směsi vedl jednoznačně ke zhoršení tepelné vodivosti, tedy zlepšení tepelně izolačních vlastností. Nejhorší tepelnou vodivost vykazoval vzorek s obsahem biouhlu 44 % hmotn. (vzorek 3 v tabulce 4).

15

Měrná hmotnost výhodných materiálů (vzorek 3 a 4 v tabulce 5) je 490 až 500 kg/m³, což je hodnota vyšší než např. hodnota uváděná pro perlit (200 kg/m³), ale nižší než hodnota pro keramzit (600 kg/m³), srovnatelná je přibližně např. s heraklitem (450 kg/m³).

20

Obdobné směsi jako se sádro byly namíchány s cementem jako pojivem Cement Portland-Kalksteinzement CEM II/A-LL 42,55 N, výrobce SCHWENK, Ulm, SRN). Měření tepelně izolačních vlastností (stejně jako v příkladu 2) ukázala, že i při nejnižším obsahu biouhlu (28 % hmotn.) byla tepelná vodivost významně menší než u čistého pojiva (cementu). S rostoucím obsahem biouhlu ve směsi se jednoznačně zhoršovala tepelná vodivost materiálu. Měrné hmotnosti cementových materiálů s obsahem jemného biouhlu byly srovnatelné se sádrovými materiály. Jeden z výhodných materiálů obsahujících jemný biouhel obsahoval 33 % hmotn. biouhlu, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody. Velmi zajímavé materiály vznikly v případě, že biouhel byl převážně nebo výlučně hrubý biouhel (ze smrkových pilin, nedrcený, velikost částic délky až 5 mm). Tyto materiály měly dobré tepelně izolační vlastnosti, a navíc měly velmi nízkou měrnou hmotnost (230 až 330 kg/m³) blízkou se měrné hmotnosti perlitu (200 kg/m³).

25

30

Tabulka 6: Izolační materiál obsahující biouhel a pojivo – cement (uvedená % jsou % hmotn.).

Vz. č.	biouhel jemný buk-dub (0-2,0 mm)	biouhel hrubý smrkové piliny	cement	voda	Měrná hmotnost (hustota) výsledného materiálu (kg/dm ³)
1	19 %	19 %	9 %	53 %	0,45
2	28 %	-	28 %	44 %	0,67
3	33 %	-	17 %	50 %	0,68
4	3 %	32 %	7 %	58 %	0,23
5	-	33 %	17 %	50 %	0,33

- 5 Byly namíchány také směsi s vápnem jako pojivem. Tyto směsi jsou také v principu využitelné, ale jejich nevýhodou je dlouhá doba tuhnutí.

10 Další zajímavý materiál vznikl smísením jemného a hrubého biouhlu (viz tabulka 7) s vodou bez jakéhokoliv pojiva. Po zatuhnutí (vyschnutí) vznikla v podstatě pevná hmota dobře soudržná, která má dobré tepelné izolační vlastnosti a je vhodná jako výplň dutých stavebních prvků.

Tabulka 7: Pevný izolační materiál obsahující pouze biouhel ((uvedená % jsou % hmotn.).

Vz. č.	biouhel jemný buk-dub (0-2,0 mm)	biouhel hrubý smrkové piliny	pojivo		voda	Měrná hmotnost (hustota) výsledného materiálu (kg/dm ³)
1	24 %	24 %	-		52 %	0,31

15

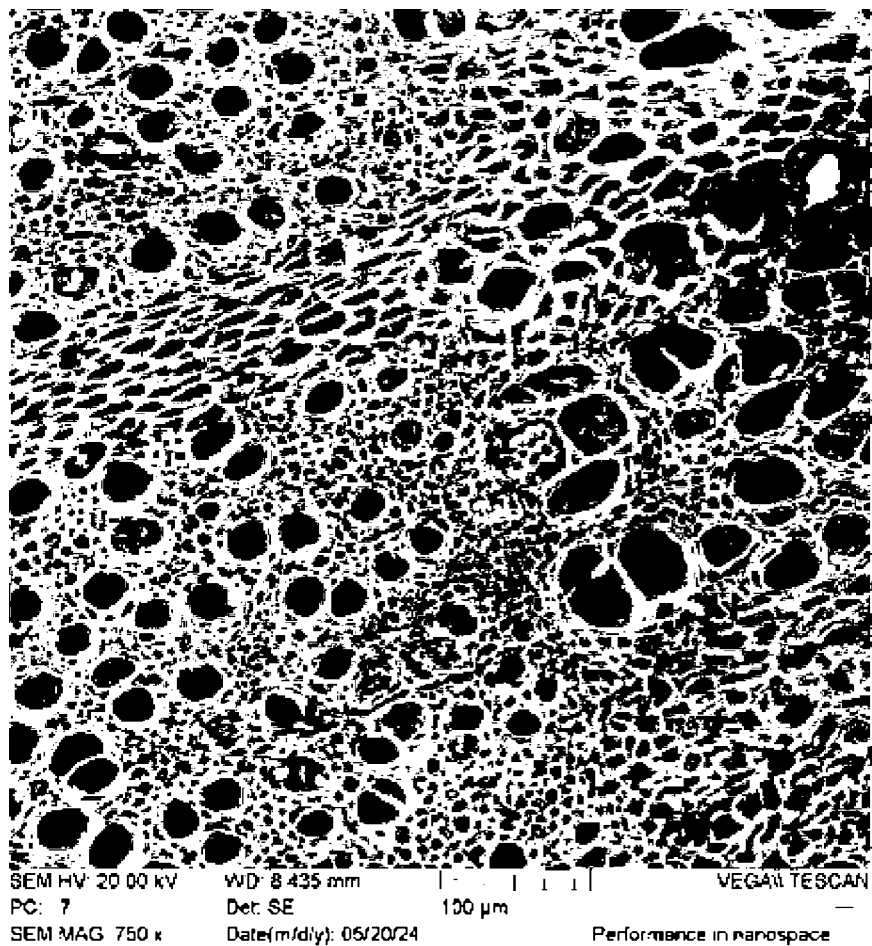
Sádra a cement se ukázaly jako optimální pojiva pro tepelně-izolační materiály obsahující biouhel a pojivo. Výsledné materiály obsahující biouhel a sádro nebo cement vykazovaly dobré tepelné izolační vlastnosti a měrnou hmotnost v rozmezí některých běžně užívaných izolačních materiálů. Z ekonomické hlediska se jeví jako vhodnější pojivo cement, který je levnější než sádra. Ekologicky je naopak výhodnější sádra, protože se zpracovává při nižších teplotách a výroba tedy produkuje méně CO₂ v důsledku zahřívání suroviny. Navíc se při výrobě cementu uvolňuje velké množství CO₂ z vlastní suroviny, kdežto sádrovec při výrobě sádry uvolňuje jen vodu. Optimální variantou by tedy bylo využívat sádro z nejlevnějšího zdroje, kterým může být např. odpadní sádrovec, tzv. energo sádrovec vznikající při odsířování v uhelných elektrárnách.

25

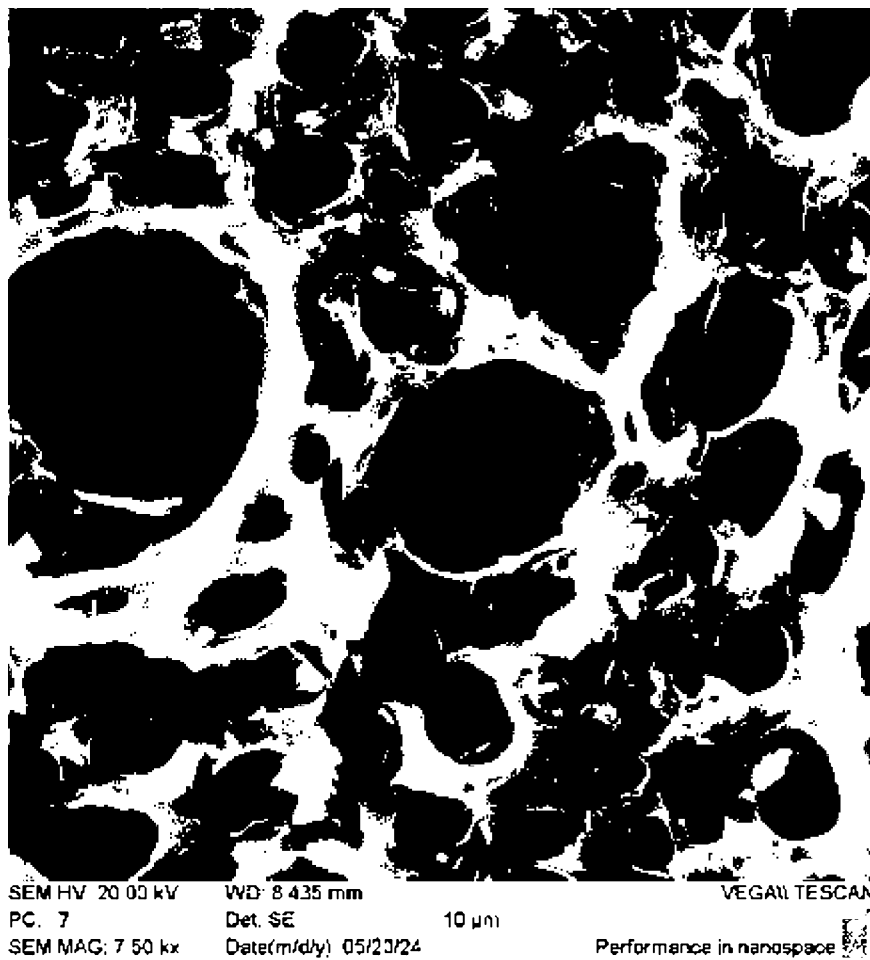
NÁROKY NA OCHRANU

1. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků, **vyznačující se tím**, že obsahuje nadrcený, popřípadě namletý biouhel z dřevní hmoty.
- 5 2. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že biouhel je ve formě částic o velikosti 0 až 11,2 mm, výhodně 2,0 až 11,2 mm.
3. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje pojivo, kterým je sádra, cement, vápno nebo polymer, a vodu.
- 10 4. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že biouhel je ve formě částic velikosti 0 až 2,0 mm.
5. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že obsahuje 25 až 35 % hmotn. biouhlu, 15 až 25 % hmotn. sádry a 40 až 60 % hmotn. vody.
- 15 6. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že obsahuje 33 až 44 % hmotn. biouhlu, 12 až 23 % hmotn. sádry a 33 až 55 % hmotn. vody, přičemž polovina množství biouhlu je ve formě jemných částic velikosti 0 až 2,0 mm a polovina množství biouhlu je ve formě hrubých částic velikosti 0 až 40 mm.
7. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že obsahuje 33 % hmotn. biouhlu ve formě částic velikosti 0 až 2,0 mm, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody.
- 20 8. Tepelně izolační materiál pro plnění dutých stavebních prvků podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že obsahuje 33 % hmotn. biouhlu ve formě částic velikosti 0 až 5,0 mm, 17 % hmotn. cementu a 50 % hmotn. vody.
- 25 9. Dutý stavební prvek, **vyznačující se tím**, že alespoň jedna jeho dutina je vyplněna tepelně izolačním materiálem podle kteréhokoliv z nároků 1 až 8.

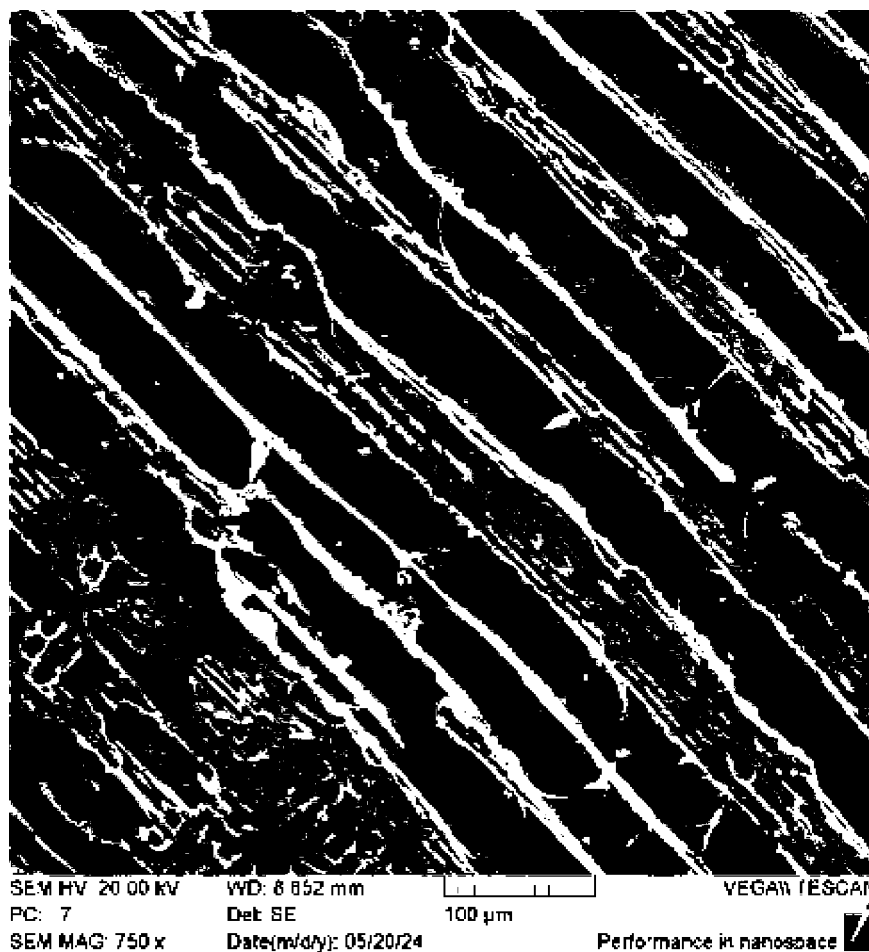
6 výkresů



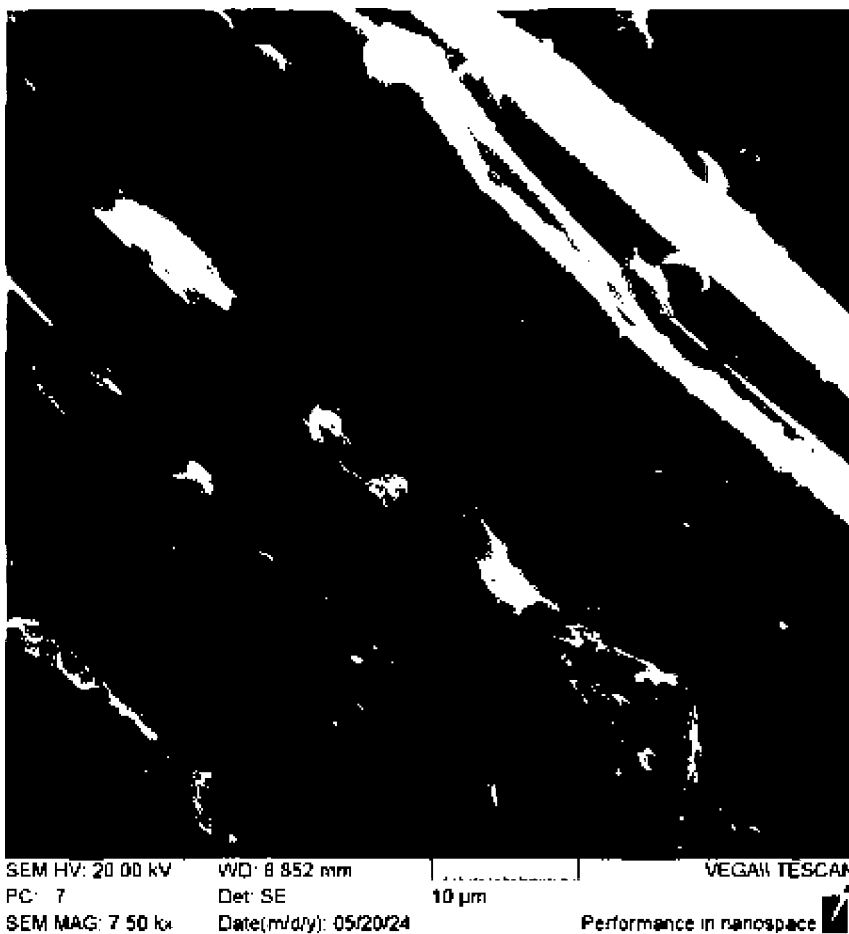
Obr. 1



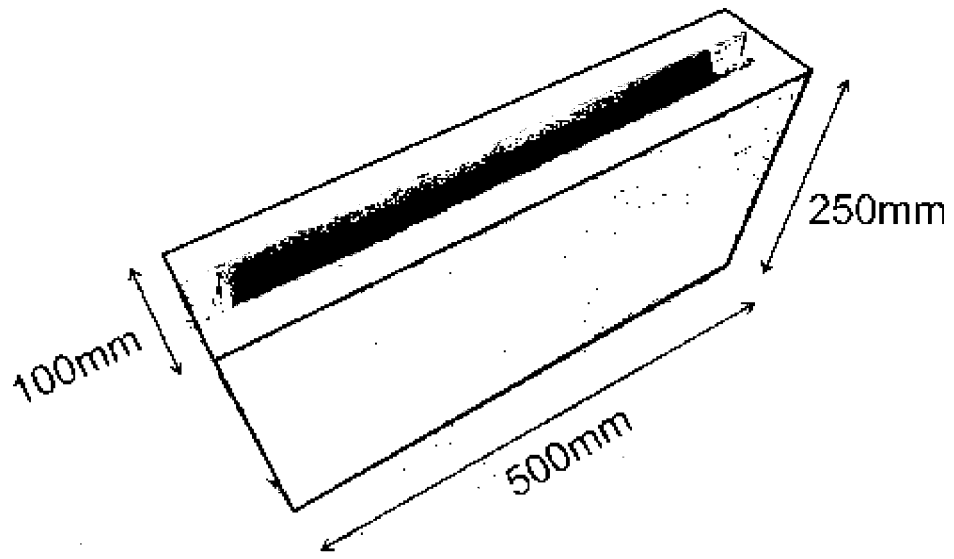
Obr. 2



Obr. 3



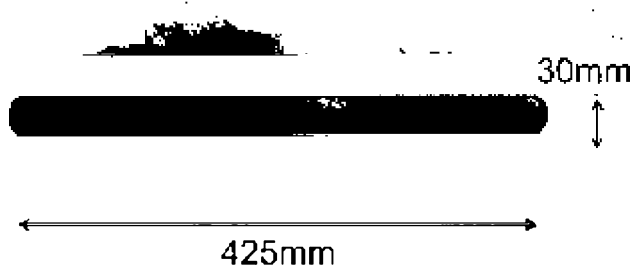
Obr. 4



Obr. 5

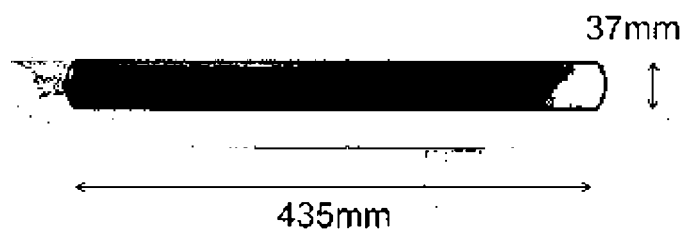
Spodní strana

A



Horní strana

B



Obr. 6