

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-160**
(22) Přihlášeno: **20.04.2022**
(40) Zveřejněno: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)
(47) Uděleno: **07.07.2023**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)

C04B 18/08 (2006.01)
C04B 18/14 (2006.01)
C04B 14/06 (2006.01)
C04B 14/36 (2006.01)
C04B 14/04 (2006.01)
C04B 14/30 (2006.01)
C04B 14/34 (2006.01)
C04B 28/26 (2006.01)
C04B 28/22 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
CZ 2002-1011 A3; US 2021061712 A1; CN 101857387 A; CZ 2015-37 A3; CZ 2009-377 A3.

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

(72) Původce:
Ing. Vojtěch Růžek, Liberec, Liberec XII-Staré
Pavlovice, CZ
Ing. Katarzyna Ewa Buczkowska, Ph.D., Liberec,
Liberec XXX-Vratislavice nad Nisou, CZ
prof. Ing. Petr Louda, CSc., Dlouhý Most, CZ

(74) Zástupce:
Dobroslav Musil a partneři s.r.o., Zábrdovická
917/11b, 615 00 Brno, Zábrdovice

(54) Název vynálezu:
**Geopolymerní kompozit pro speciální
aplikace, vytvořený na bázi geopolymerního
cementu**

(57) Anotace:
Popisuje se geopolymerní kompozit pro speciální
aplikace vytvořený na bázi geopolymerního cementu,
který obsahuje hlinitokřemičité pojivo na bázi
metakaolinu a/nebo mleté vysokopecní strusky a/nebo
odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství a
alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem
křemičitanu sodného nebo draselného v množství
tvořícím 65 % až 112 % hmotnosti užitého
hlinitokřemičitého pojiva. Kompozit dále obsahuje
mikročástice antimikrobiálně působících kovů či jejich
oxidů přidávaných v práškové formě o velikosti v
rozsahu od 1 μm do 150 μm a v množství 0,01 % až
10 % hmotnosti užitého hlinitokřemičitého pojiva.

Geopolymerní kompozit pro speciální aplikace, vytvořený na bázi geopolymerního cementu

Oblast techniky

5 Vynález se týká geopolymerního kompozitu pro speciální aplikace vytvořeného na bázi geopolymerního cementu, který obsahuje hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopeční strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství a alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 10 65 % až 112 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

Dosavadní stav techniky

15 Geopolymery jsou anorganické polymery vznikající polykondenzací hlinitokřemičitých materiálů v zásaditém prostředí, kterého se obvykle dosahuje pomocí speciálních aktivačních roztoků tvořených hydroxidy a oxidy alkalických kovů. Tyto materiály mohou být přírodního původu (metakaoliny) či umělého původu (odletový popílek, nebo mletá vysokopeční struska). Při reakci 20 vznikají tzv. polysialáty se zeolitickou strukturou. Tento proces imituje přírodní procesy vytvrzování hornin, byť je mnohem rychlejší. Geopolymery mají oproti portlandskému cementu, který je nejčastěji využívaným stavebním materiálem, nižší spotřebu energie a nižší emise CO₂ při výrobě, nižší tepelnou vodivost, a naopak vyšší pevnost v tlaku, odolnost proti vysokým teplotám, chemickým vlivům. Nižší je pevnost v tahu za ohybu, proto je vhodné geopolymery vyztužit, podobně jako beton, jehož pevnost v tahu též není příliš vysoká.

25 Geopolymerní kompozity je možné využít jako alternativu betonu, především do prostředí, kde jsou lépe zužitkovány jejich vlastnosti. Například jejich odolnost vůči vysokým teplotám je umožňuje využít jako formy pro odlévání skla či kovů, zatímco jejich nízká tepelná vodivost a možnost jejich jednoduchého vypěnění umožňuje jejich využití v pasivní protipožární ochraně.

30 K výztuži betonu se nejčastěji používají kovové tyče, obvykle vyrobené ze železa nebo oceli, které zlepšují pevnost v tahu a za ohybu výsledného materiálu (železobetonu). Alternativou ke kovovým tyčím jsou pak různé druhy vláken, například skleněná, textilní, uhlíková, čedičová apod.

35 Velkou nevýhodou geopolymerních je nemožnost využívat k jejich výztuži materiály, které neodolají jejich silné zásaditosti, například lehké kovy, jejich slitiny, nebo sklo. Skelná vlákna je možné využívat, pouze pokud jsou alkalivzdorná. Pro výztuhu geopolymerních jsou vhodná například uhlíková vlákna, neboť jsou schopna odolat alkalickému prostředí a mají vyšší pevnost v tahu než například skelná vlákna. Krom toho jsou nehořlavá, tepelně stabilní, netoxická a lze je recyklovat.

40 Z CZ 305741 B6 je znám žáruvzdorný geopolymerní kompozit s nízkou měrnou hmotností pro konstrukční prvky protipožárních zábran, obsahující dvousložkové geopolymerní pojivo sestávající jednak z pevné složky a jednak z kapalné složky a dále obsahující vyztužující struktury mající funkci plniva. Pevnou složku geopolymerního pojiva tvoří suroviny obsahující 45 metakaolin a/nebo mletá vysokopeční granulovaná struska v množství 35 až 60 % hmotnostních, kapalnou složku geopolymerního pojiva tvoří roztok křemičitanu sodného v množství 35 až 45 % hmotnostních a pevnou složku ve funkci plniva tvoří čedičový vláknenný materiál a/nebo recyklovaný uhlíkový vláknenný materiál a/nebo sekaná skleněná vlákna v množství 1 až 20 % hmotnostních, přičemž poslední složku žáruvzdorného geopolymerního kompozitu tvoří 50 čistý hliníkový prášek nebo hliníková pasta v množství 1 až 2 % hmotnostní.

CZ 34613 U1 popisuje anorganické dvousložkové geopolymerní pojivo pro doplňování betonového podkladu pro interiérové použití, které obsahuje 88 až 94 % hmotnostní geopolymerní složky na bázi metakolinu a strusky, 1 až 2 % hmotnostní vápenného hydrátu a 4 až 55 11 % hmotnostních odpadu na bázi metakaolinu. Vzhledem ke složení a nutnosti přídavku

alkalického aktivátoru v mírném přebytku lze pojivo použít pouze v interiérových podmínkách se stabilními teplotními a vlhkostními podmínkami.

5 CZ 33566 U1 popisuje geopolymerní kompozit jako nátěr či nástřik povrchu stavebních konstrukcí, zejména z betonových a kovových hmot, obsahující dvousložkové pojivo sestávající
 10 jedná z pevné složky a jedná z kapalné složky včetně pevné výztuže s funkcí plniva. Kompozit obsahuje 15 až 25 % hmotnostních metakaolinitu, 10 až 20 % hmotnostních úletového popílku nebo mleté vysokopecní strusky, 20 až 40 % hmotnostních sodného nebo draselného alkalického aktivátoru a plnivo tvoří 16 až 30 % křemičitého písku, 0,7 až 4 % hmotnostní úletového křemíku,
 15 3,5 až 10 % hmotnostních odpadového čedičového a/nebo recyklovaného uhlíkového vláknenného materiálu a 3,5 až 34 % hmotnostních dutých korundových a/nebo skleněných mikrokuliček. Tato směs může obsahovat 0,5 až 2 % hmotnostní hliníku v čisté formě nebo ve formě hliníkové pasty.

Jednou z velkých hrozeb pro geopolymery i beton je mikrobiální degradace, kdy dochází ke
 15 kolonizaci jejich povrchu mikroorganismy, především síru oxidujícími bakteriemi, které produkují kyselé sloučeniny a snižují tak pH povrchu geopolymery, což umožňuje jeho kolonizaci dalšími mikroorganismy, které mohou jeho povrch i vnitřní strukturu chemicky či mechanicky narušovat, což může vést k praskání či drobení geopolymery, což platí i pro CZ 305741 B6, CZ 34613 U1, CZ 33566 U1 a další známé geopolymerní kompozity.

20 Cílem vynálezu je tuto nevýhodu odstranit a vytvořit geopolymery odolný proti mikroorganismům.

Podstata vynálezu

25 Cíle vynálezu je dosaženo geopolymerním kompozitem pro speciální aplikace vytvořeným na bázi geopolymerního cementu, jehož podstata spočívá v tom, že obsahuje mikročástice antimikrobiálně působících kovů nebo jejich oxidů přidávaných v práškové formě o velikosti v rozsahu od 1 µm do 150 µm a v množství 0,01 % až 10 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva. Tím se
 30 dosáhne zlepšení antimikrobiálních vlastností kompozitu, což umožňuje jeho využití jako stavebního materiálu, omítek nebo malt do vlhkého prostředí, kde brání mikrobiální degradaci.

Antimikrobiálně působící kovy a/nebo jejich oxidy jsou zvoleny ze skupiny stříbro, měď, nikl, zinek, titan, železo či oxidy těchto kovů, buď samostatně, nebo v kombinaci. Mikročástice
 35 antimikrobiálně působících kovů jsou obvykle přidávány v práškové formě. Nejčastěji se přidávají mikročástice mědi nebo stříbra, přičemž stříbra se přidává menší množství vzhledem k jeho vysokým antimikrobiálním vlastnostem.

Pro zlepšení mechanických vlastností, zejména pevnosti v tahu za ohybu, se přidávají uhlíková
 40 mikrovlákna v množství 0,1 % až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

Pro zlepšení chemické odolnosti a trvanlivosti se přidává mikrosilika o jemnosti 0,1 µm až 0,3 µm
 45 v množství 0,1 % až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, která zároveň zlepšuje i mechanické vlastnosti výsledného geopolymerního kompozitu.

Dále lze do tekutých směsí přidávat disiričitan sodný v práškové formě v množství 0,1 % až 10 %
 hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, který funguje jako emulgátor a jeho použití je vhodné zejména, pokud geopolymerní kompozit obsahuje větší počet příměsí.

50 Pro zabránění praskání geopolymerního kompozitu se přidává vysokoviskózní hydroxyethylcelulóza v práškové formě v množství 0,1 % až 3 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

55 Za účelem urychlení schnutí a lepší adheze k povrchu při nanášení se přidává sádra v práškové formě v množství 0,1 % až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

Dále lze do směsi přidat písek a/nebo šamot v množství 0,1 % až 150 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva pro zlepšení mechanických a termoizolačních vlastností výsledného kompozitu. Přitom je vzhledem ke zvýšenému objemu výsledného kompozitu vhodné zvýšit podíl mikročástic antimikrobiálně působících kovů a/nebo jejich oxidů.

Pro další zvýšení pevnosti v tahu se do tloušťky vrstvy geopolymerního pojiva vkládá alespoň jedna síť z uhlíkových vláken s velikostí ok od 10 mm x 10 mm až do 50 mm x 50 mm o měrné hmotnosti 130 g/m² až 500 g/m².

Pro vypěnění se do směsi přidává příměs práškového hliníku v množství 0,1 až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva a kompozit se pro ztuhnutí odlévá do forem nebo vyplňuje duté prostory. Kompozit má zlepšené termoizolační vlastnosti, neboť velká část objemu je nahrazena vzduchem, jehož tepelná vodivost je velmi nízká. K vypěňování dochází díky reakci práškového hliníku s alkalickými látkami ve směsi, například s hydroxidy, při které vzniká vodík, který vytváří v geopolymerní směsi bubliny, díky kterým geopolymerní směs výrazně zvyšuje svůj objem a vypěnění i ztuhne. Přidávání hliníku je doporučeno provádět v dobře větraném prostředí, aby se zamezilo požáru či explozi.

Příklady uskutečnění vynálezu

Geopolymerní kompozit podle vynálezu je vytvořen na bázi geopolymerního cementu, který obsahuje hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopecní granulované strusky a/nebo odletového popílku a dále obsahuje alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo křemičitanu draselného v množství tvořícím 65 až 112 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, přičemž toto základní složení je doplněno příměsí mikročástic kovů a/nebo jejich oxidů s antimikrobiálními vlastnostmi, které jsou zvoleny ze skupiny stříbro, měď, nikl, zinek, titan, železo a/nebo oxidy těchto kovů, buď samostatně, nebo v libovolné kombinaci. Velikost mikročástic se přitom pohybuje v intervalu 1 až 150 μm a přidané množství leží v intervalu 0,01 až 10 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva. Obvyklé množství alkalického aktivátoru je 90 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

Dodatečně je možné do směsi přidat siliku (nanočástice oxidu křemičitého) o hmotnosti v rozsahu 0,1 až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, uhlíková vlákna s rozsahem hmotnosti 0,1 až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, vysokoviskózní hydroxyethylcelulózou v práškové formě s hmotnostním rozsahem 0,1 až 3 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, sádro v práškové formě o hmotnosti 0,1 až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, disiřičitan sodný o hmotnosti 0,1 až 10 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, křemičitý písek o zrnitosti 0,1 až 0,63 a o hmotnosti v rozsahu 0,1 až 150 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva a/nebo šamot o hmotnosti v rozsahu 0,1 až 150 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva a vytvořit geopolymerní kompozit požadovaných vlastností.

Geopolymerní kompozit je též možné vypěnit pomocí přidání práškového hliníku, a to o hmotnosti v rozsahu 0,1 až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.

Jednotlivé příměsi geopolymerního kompozitu a jejich hmotnostní rozmezí oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva jsou vypsány v následující tabulce.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	65 až 112 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročástice	0,01 až 10 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
silika	0,1 až 15 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

uhlíková vlákna	0,1 až 5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
disiřičitan sodný	0,1 až 10 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
celulóza	0,1 až 3 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
sádra	0,1 až 5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
písek	0,1 až 150 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
šamot	0,1 až 150 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
práškový hliník	0,1 až 15 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

Tyto směsi geopolymerního kompozitu lze, v závislosti na využití, využít jednou nebo více zpevňovacími sítěmi z vhodného materiálu, například uhlíku, který v zásaditém prostředí geopolymerní směsi nedegraduje.

5

Mikročástice antimikrobiálně působících kovů či jejich oxidů zajišťují geopolymernímu kompozitu ochranu před kolonizací mikroorganismy a zvyšují jeho odolnost proti mikrobiálně vyvolávané degradaci. Silika a uhlíková vlákna zlepšují mechanické vlastnosti výsledného geopolymerního kompozitu, disiřičitan sodný slouží jako emulgátor tekuté směsi, sádra zajišťuje rychlejší schnutí a lepší adhezi k povrchům, především těm vertikálním, nicméně příliš vysoký obsah (přes 5 %) by vedl k popraskání geopolymerního kompozitu při schnutí. Celulóza brání praskání a zvyšuje elasticitu směsi, což zlepšuje možnost nanášení na různé povrchy, písek a šamot fungují jako výplň a zlepšují mechanické vlastnosti geopolymerního kompozitu. Uhlíková síť zlepšuje mechanické vlastnosti geopolymerního kompozitu a brání rozpadu struktury v případě prasknutí. Vypěnění zlepšuje tepelně izolační vlastnosti materiálu.

Pro tento druh geopolymerního kompozitu je doporučeno do směsi hlinitokřemičitého pojiva a aktivátoru nejprve přidat mikrovlákna a před přidáním dalších příměsí je důkladně promíchat ještě před přidáním ostatních přísad. Sádro je vhodné přidat až na konec.

20

Pro ověření uskutečnitelnosti složení a vlastností antimikrobiálního geopolymerního kompozitu podle vynálezu byly realizovány níže uvedené konkrétní příklady směsí podle vynálezu, které slouží k objasnění vynálezu, nikoliv k jeho omezení.

Pro přípravu vzorků byla též využita síť typu HTC 10/15 výrobce Alligard s.r.o s velikostmi ok 10 x 15 mm.

Většina ukázkových směsí obsahuje mikročástice mědi, konkrétně s průměrnou velikostí 35 mikrometrů, které představují příklad komerčně dostupných mikročástic, též označovaných jako práškové kovy.

30

Příklad 1

První ukázková směs obsahuje kromě základních přísad pouze mikročástice mědi s průměrnou velikostí 35 mikrometrů.

35

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

Geopolymerní kompozit vytvořený bez dodatečných příměsí lze využít například jako omítku, nicméně jeho vlastnosti lze dále zlepšit dodatečnými příměsemi.

40

Příklad 2

Další ukázková směs obsahuje mikročástice stříbra s průměrnou velikostí 10 mikrometrů.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinítkřemičitého pojiva
hlinítkřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
mikročástice stříbra	0,5 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva

5

Stříbro má jedny z největších antimikrobiálních vlastností z kovů. Z toho důvodu je pro zajištění antimikrobiálních vlastností geopolymerního kompozitu postačuje i nižší koncentrace. Menší mikročástice navíc mají výraznější antimikrobiální vlastnosti, díky vyššímu specifickému povrchu.

10 Příklad 3

Další ukázková směs obsahuje krom měděných mikročástic ještě uhlíková vlákna.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinítkřemičitého pojiva
hlinítkřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
uhlíková vlákna	2 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva

15 Uhlíková vlákna výrazně zlepšují mechanické vlastnosti geopolymerního kompozitu, především pevnost v tahu za ohybu. Jsou tedy vhodná, pokud má být geopolymerní kompozit využíván pod jakoukoliv zátěží. Mechanické vlastnosti lze dále zlepšit dalšími přísadami.

20 Příklad 4

Další ukázková směs obsahuje mikročástice mědi a siliku

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinítkřemičitého pojiva
hlinítkřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
silika	10 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva

25 Silika je běžně používanou přísadou pro zlepšení mechanických vlastností, chemické odolnosti a trvanlivosti geopolymerního kompozitu.

Příklad 5

Další ukázková směs obsahuje mikročástice mědi a disiřičitan sodný.

30

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinítkřemičitého pojiva
hlinítkřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva
disiřičitan sodný	5 % hmotnosti hlinítkřemičitého pojiva

Disiričitan sodný funguje v tekuté směsi jako emulgátor a jeho použití je tedy vhodné především v případech, že je v geopolymerním kompozitu větší počet příměsí.

Příklad 6

5

Další ukázková směs obsahuje mikročástice mědi a celulózu.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
vysokoviskózní hydroxyethylcelulóza	5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

10 Vysokoviskózní hydroxyethylcelulóza brání praskání geopolymerního kompozitu a takto připravená směs je tedy vhodná pro přípravu bezvadných vrstev geopolymerního kompozitu nebo v kombinaci s přísadami, které mohou vyvolat praskání (sádra). Též zvyšuje elasticitu směsi a umožňuje její lepší nanášení na vertikální povrchy. Vysokoviskózní hydroxyethylcelulózu je tedy vhodné použít například, pokud má být geopolymerní kompozit použit jako omítka.

15 Příklad 7

Další ukázková směs obsahuje mikročástice mědi a sádra.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
sádra	4 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

20 Sádra urychluje schnutí geopolymerního kompozitu a zajišťuje lepší adhezi k povrchu, což opět činí směs s ní vhodnou pro využití při aplikaci na vertikální povrch, například jako omítka, nicméně příliš vysoký obsah (přes 5 %) vede k popraskání geopolymerního kompozitu, a je tedy vhodné používat sádra v kombinaci s příměsemi, které tento jev omezují, například s vysokoviskózní hydroxyethylcelulózou.

25

Příklad 8

Další ukázková směs obsahuje kromě měděných mikročástic ještě uhlíkovou síť vloženou do geopolymerního kompozitu nebo na povrch, na který je směs nanášena.

30

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročástice mědi	2 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
uhlíková síť	1

Uhlíkové sítě obecně zlepšují mechanické vlastnosti geopolymerních kompozitů, především pevnost v tahu a jsou vhodné prakticky pro geopolymerní kompozity jakéhokoliv složení.

35 Příklad 9

Další ukázková směs obsahuje krom měděných mikročastic ještě písek a šamot.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
měděné mikročastice	4 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
písek	75 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
šamot	75 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

- 5 Písek a šamot slouží jako výplň a zlepšují mechanické a termoizolační vlastnosti geopolymerního kompozitu. V takovém případě je vhodné zvýšit také podíl mikročastic, vzhledem ke zvýšenému objemu výsledného kompozitu.

Příklad 10

10

Další ukázková směs obsahuje kombinaci výše vyjmenovaných příměsí.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
měděné mikročastice	4 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
silika	15 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
uhlíková vlákna	1 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
disiřičitan sodný	5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
celulóza	1 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
sádra	5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
písek	100 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

- 15 Takto připravená směs kombinuje vlastnosti předchozích, především antimikrobiální vlastnosti, tepelně izolační vlastnosti, dobré mechanické vlastnosti, rychlé schnutí a nízkou míru praskání. Takto připravený geopolymerní kompozit je možné použít například jako stavební materiál či antimikrobiální omítku.

Příklad 11

20

Další ukázková směs obsahuje kombinaci vyjmenovaných příměsí, krom toho obsahuje zároveň měděné a stříbrné mikročastice. Kromě toho je též vyztužena uhlíkovou sítí.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
stříbrné mikročastice	1 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
měděné mikročastice	4 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
silika	15 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
uhlíková vlákna	1 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
disiřičitan sodný	5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
celulóza	1 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
sádra	5 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
šamot	100 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
uhlíková síť	1

Geopolymerní kompozity mohou být připravovány s kombinací různých mikročastic antimikrobiálních kovů nebo jejich oxidů, jak bylo uvedeno výše.

- 5 Takto připravený geopolymerní kompozit kombinuje vlastnosti předchozích, především antimikrobiální vlastnosti, tepelně izolační vlastnosti, dobré mechanické vlastnosti, rychlé schnutí a nízkou míru praskání. Uhlíková síť dále zlepšuje mechanické vlastnosti.

Příklad 12

10

Tato ukázková směs obsahuje kromě mikročastic mědi i práškový hliník, který slouží k vypěnění geopolymery.

	Hmotnostní rozsah oproti hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva
hlinitokřemičité pojivo	
aktivátor	90 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
mikročastice mědi	2 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva
práškový hliník	4 % hmotnosti hlinitokřemičitého pojiva

- 15 Vypěněný geopolymer vykazuje výhodné termoizolační vlastnosti, v kombinaci s antimikrobiálními mikročasticemi i dalšími příměsemi jej lze využít například jako vnější tepelnou izolaci.

20 Průmyslová využitelnost

- Takto připravené geopolymerní kompozity mají zlepšené antimikrobiální vlastnosti oproti samotnému geopolymery, což umožňuje jejich využití jako stavebního materiálu nebo omítek nebo malt do vlhkého prostředí, kde hrozí mikrobiální degradace. Dodatečné příměsi zlepšují mechanické vlastnosti geopolymerního kompozitu. Směs je možné tvarovat pomocí forem, 3D tisku či dalšími metodami a nanášet pomocí nátěru či nástříku.
- 25

PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Geopolymerní kompozit pro speciální aplikace, vytvořený na bázi geopolymerního cementu, který obsahuje hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopecní strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství a alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 65 % až 112 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje mikročástice antimikrobiálně působících kovů či jejich oxidů, přidávaných v práškové formě o velikosti v rozsahu od 1 μm do 150 μm a v množství 0,01 % až 10 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
- 10 2. Geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že antimikrobiálně působící kovy a/nebo jejich oxidy jsou zvoleny ze skupiny stříbro, měď, nikl, zinek, titan, železo či oxidy těchto kovů, buď samostatně, nebo v kombinaci.
3. Geopolymerní kompozit podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs uhlíkových mikrovláken v množství 0,1 % až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
- 15 4. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs mikrosiliky o jemnosti 0,1 μm až 0,3 μm v množství 0,1 % až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
5. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs disiričitanu sodného v práškové formě v množství 0,1 % až 10 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
- 20 6. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs vysokoviskózní hydroxyethylcelulózy v práškové formě v množství 0,1 % až 3 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
7. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs sádry v práškové formě v množství 0,1 % až 5 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
- 25 8. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 7, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs písku v množství 0,1 % až 150 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
9. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 8, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs šamotu v množství 0,1 % až 150 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.
- 30 10. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 9, **vyznačující se tím**, že do tloušťky vrstvy geopolymerního je vložena alespoň jedna síť z uhlíkových vláken s velikostí ok od 10 mm x 10 mm až do 50 mm x 50 mm o měrné hmotnosti 130 g/m^2 až 500 g/m^2 .
- 35 11. Geopolymerní kompozit podle libovolného z nároků 1 až 10, **vyznačující se tím**, že dále obsahuje příměs práškového hliníku v množství 0,1 až 15 % hmotnosti použitého hlinitokřemičitého pojiva.