

UŽITNÝ VZOR

(11) Číslo dokumentu:

36 122

(13) Druh dokumentu: **U1**

(51) Int. Cl.:

C04B 18/08 (2006.01)
C04B 18/14 (2006.01)
C04B 14/10 (2006.01)
C04B 14/06 (2006.01)
C04B 14/36 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-39756**
(22) Přihlášeno: **10.02.2022**
(47) Zapsáno: **07.06.2022**

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

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

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

(54) Název užitého vzoru:
**Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit pro
speciální aplikace**

Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit pro speciální aplikace

Oblast techniky

Předkládané technické řešení se týká kompozitního materiálu na bázi geopolymery vyztuženého prostřednictvím dalších příměsí, které vylepšují jeho mechanické vlastnosti. Vyztužený geopolymerní kompozit je určen k využití v aplikacích, které vyžadují zlepšené mechanické vlastnosti oproti běžným geopolymerním či betonům.

Dosavadní stav techniky

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 (metakaoliny) či umělého původu (odletový popílek). Při reakci vznikají tzv. polysialáty se zeolitickou strukturou. Tento proces imituje přírodní procesy vytvrzování hornin, byť je mnohem rychlejší. Geopolymery mají oproti portlandskému cementu (nejčastěji využívanému stavebnímu materiálu) vyšší pevnost v tlaku, odolnost proti vysokým teplotám, chemickým vlivům, nižší spotřebu energie a také emise CCT při jejich výrobě a nižší tepelnou vodivost. Nižší je naopak pevnost v tahu a ohybu, díky čemuž je vhodné geopolymery vyztuzit, podobně jako beton, jehož pevnost v tahu též není příliš vysoká.

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 vypění umožňuje jejich využití v pasivní protipožární ochraně.

Podstata technického řešení

Předmětem technického řešení je geopolymerní kompozitní materiál se specifickým složením a určitými rozsahy příměsí, které takto připravenému geopolymernímu kompozitu poskytují zlepšené mechanické vlastnosti, díky čemuž je materiál vhodný pro aplikace, při kterých je namáhán, například jako silniční podklad, stavební materiál či materiál pro nanášení ochranných vrstev na budovy či jiné objekty.

Geopolymerní kompozit je vytvořen s příměsemi, vyjádřených v procentech hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Základ kompozitu vždy tvoří geopolymerní cement a alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 65 % až 112 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Geopolymerní cement tvoří hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopecní granulované strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství, vůči tomuto užitému množství geopolymerního cementu je vztahováno a také určováno procentní množství dalších přísad geopolymerního kompozitu. Těmito přísadami kompozitu jsou dále uváděné příměsi, a to buď jednotlivě nebo ve vzájemné kombinaci. Hlavní příměsí kompozitu je sádra v práškové formě, která je obsažena v geopolymerním kompozitu vždy, a to v množství tvořícím 0,1 až 5 % použitého množství geopolymerního cementu. Další příměsí kompozitu je křemičitý písek o zrnitosti 0,1 až 0,63 mm v množství 5 až 200 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, dále silika, tvořená nanočásticemi oxidu křemičitého o jemnosti 0,1 až 0,3 μm v množství 5 až 15 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, potom uhlíková mikrovlákna o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ s délkou vláken 6 mm v množství 1 až 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Geopolymerní kompozit obsahuje příměs disiřičitanu sodného v práškové formě jakožto emulgátoru v množství 5 až 10 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu, dále příměs vysokoviskózní

hydroxyethyl celulózy v práškové formě v množství 1 až 3 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Obvyklé množství použitého aktivátoru se pohybuje okolo 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

- 5 Tyto kompozitní směsi je také možno v závislosti na jejich využití vyztužit jednou nebo více zpevňovacími sítěmi z uhlíkových vláken, která v zásaditém prostředí geopolymerní směsi nedegradují. Vhodné jsou sítě s velikostí ok od 10 x 10 mm až do 50 x 50 mm, které jsou vloženy do tloušťky vrstvy geopolymerního cementu a vykazují měrnou hmotnost od 130 do 500 g/m².
- 10 Sádru zajišťuje rychlejší schnutí a lepší adhezi k povrchům, především k těm vertikálním, což směsi se sádrou činí ideálními pro využití jakožto odolných a izolujících omítek. Avšak příliš vysoký obsah sádry (přes 5 %) by vedl k popraskání geopolymerního cementu při schnutí. Dodatečné přísady mohou dále zlepšit užité vlastnosti geopolymerního materiálu.
- 15 Uhlíková mikrovlákná a uhlíkové sítě zlepšují mechanické vlastnosti výsledného geopolymerního kompozitu, disiřičitan sodný slouží jako emulgátor tekuté směsi a urychluje geopolymerní reakci a celulóza brání praskání směsi a zvyšuje elasticitu směsi, což zlepšuje možnost nanášení kompozitu na různé povrchy. Písek a silika také zlepšují mechanické vlastnosti geopolymerního kompozitu, přičemž písek zároveň slouží jako plnivo.

20

Příklady uskutečnění technického řešení

- 25 Následující příklady provedení technického řešení slouží k jeho objasnění, aniž by jimi bylo technické řešení, jakkoliv omezeno.

Příklad 1

- 30 Geopolymerní směs měla následující složení. Základ směsi tvořil geopolymerní cement obsahující hlinitokřemičité pojivo na bázi metakaolinu ve zvoleném jednotkovém množství s dalšími příměsí, kterými jsou alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselého v množství tvořícím 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a sádru v práškové podobě v množství 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Směs je možno využít například jako stavební omítku, kdy se využívá její mechanická odolnost, nízká tepelná vodivost, a především dobrá adheze k vertikálnímu povrchu a rychlé schnutí. Nicméně obsah sádry vyšší než 5 % hmotnosti cementu může vést k praskání geopolymerního cementu. Geopolymer se využije také jako základ pro další směsi, nicméně vlastnosti kompozitu mohou být zlepšeny shora vyjmenovanými dodatečnými přísadami.

40 Příklad 2

- 45 Kompozitní směs obsahovala kromě základních přísad sádru v práškové podobě v množství 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, křemičitý písek o velikosti částic v rozmezí od 0,1 do 0,5 mm v množství 100 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a příměs mikrosiliky o jemnosti 0,1 až 0,3 μm v množství tvořícím 10 % hmotnosti geopolymerního cementu. Použité množství alkalického aktivátoru představovalo 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

- 50 Podobně jako předchozí kompozitní směs je i tuto směs možné používat například jako omítku s jemným vzhledem, použitá silika a písek navíc geopolymerní směs zpevňuje a zvyšuje její trvanlivost i chemickou odolnost. Písek také slouží jako plnivo a zajišťuje směsi „hrubý“ vzhled.

Příklad 3

- 55 Další vytvořená směs obsahovala kromě základních přísad sádru v práškové podobě v množství

4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, křemičitý písek o velikosti částic v rozmezí od 0,1 do 0,63 mm v množství 100 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a příměs uhlíkových mikrovláken o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ o délce vláken 6 mm v množství 2 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Alkalický aktivátor představoval 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.

Uhlíková vlákna výrazně zlepšují mechanické vlastnosti geopolymery, především pevnost v tahu za ohybu, která není u samotného geopolymery příliš dobrá. V kombinaci s křemičitým pískem a sádrou je možné tuto směs využívat jako stavební materiál nebo odolnější omítku. Uhlíková vlákna bývají obvykle využívána v kombinaci se silikou.

Příklad 4

Další kompozitní směs obsahovala sádro v práškové podobě v množství 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, příměs disiřičitanu sodného v práškové formě v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a alkalický aktivátor v množství 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Geopolymerní kompozit obsahoval také geopolymerní cement o zvoleném hmotnostním množství, k jehož zvolené hmotnosti se udává použité množství disiřičitanu sodného a křemičitého písku. Disiřičitan sodný slouží jako emulgátor tekuté směsi, vhodný je především pro použití při větším množství dalších přísad v geopolymerním kompozitu.

Příklad 5

Další vhodná geopolymerní směs obsahuje sádro v práškové podobě v množství 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a příměs vysokoviskózní hydroxyethyl celulózy v práškové formě v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Alkalického aktivátoru je použito 90 % hmotnosti geopolymerního cementu. Základ geopolymery tvoří geopolymerní cement složený z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu a elektrárenský odletový popílek. Užitá celulóza brání praskání geopolymery a také zvyšuje elasticitu směsi. Takto připravená směs je vhodná pro přípravu bezvadných vrstev geopolymery či geopolymery v kombinaci s přísadami, které by neměly vyvolat praskání kompozitu, jako způsobuje například sádra ve větším obsahu než 5 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu.

Příklad 6

Tento příklad dokládá užití uhlíkové sítě, která je vložena buď do geopolymerní formy nebo do tloušťky vrstvy geopolymery, resp. na povrch, na který je kompozitní směs nanášena. Kompozitní směs obsahuje geopolymerní cement, 90 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu alkalického aktivátoru a sádro v práškové podobě v množství 4 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu. Užitá je síť z uhlíkových vláken s velikostí ok 20 x 20 mm o měrné hmotnosti 250 g/m². Uhlíkové sítě obecně zlepšují mechanické vlastnosti geopolymery, především pevnost v tahu. Jsou vhodné prakticky pro geopolymery jakéhokoliv složení.

Příklad 7

Specifikem této geopolymerní směsi je vysoký obsah jemného křemičitého písku, konkrétně 100 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, což je nejvyšší obsah ve stanoveném rozsahu. Směs měla následující složení. Geopolymerní cement a alkalický aktivátor v množství 90 % hmotnosti z použitého množství geopolymerního cementu tvoří základní přísady kompozitu. Použitý křemičitý písek o velikosti částic v rozmezí 0,1 až 0,5 mm. Dalšími přísadami jsou mikrosilika o jemnosti 0,1 až 0,3 μm v množství tvořícím 10 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, uhlíková mikroválka o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ s průměrnou délkou vláken 6 mm v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, disiřičitan sodný v práškové formě v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, vysokoviskózní hydroxyethyl celulózy v práškové formě v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního

cementu a sádru v práškové formě v množství 2 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu.

5 Takto připravená geopolymerní směs je v hodná například jako materiál pro opravu prasklin ve stěnách či jako omítka. Dodatečně přísady dále zlepšují mechanické vlastnosti, urychlují schnutí a omezují praskání geopolymerního cementu. Uvedené přísady je vhodné využívat současně pro výrazné zlepšení mechanických i užitných vlastností kompozitu.

Příklad 8

10 Specifikem této geopolymerní směsi je rovněž obsah jemného křemičitého písku, konkrétně 100 % hmotnosti oproti hmotnostnímu obsahu geopolymerního cementu. Geopolymerní cement a alkalický aktivátor v množství 90 % hmotnosti z použitého množství geopolymerního cementu tvoří základní přísady kompozitu. Směs měla následující složení. Mikrosiliku o jemnosti 0,1 až 15 0,3 μm v množství 10 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlna o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ s průměrnou délkou vláken 6 mm v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, disiřičitan sodný v práškové formě v množství 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, vysokoviskózní hydroxyethyl celulózu v práškové formě v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a sádku v práškové formě 20 v množství 3 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu.

Takto připravená geopolymerní směs je též vhodná například jako materiál pro opravu prasklin ve stěnách či jako omítka. Využití všech dodatečných přísad dále zlepšuje mechanické vlastnosti směsi, urychluje schnutí a omezuje praskání geopolymerního cementu. Specifikem této směsi je 3 % obsah 25 sádky.

Příklad 9

30 Specifikem této geopolymerní směsi je 100 % obsah hrubého křemičitého písku s částicemi okolo 0,63 mm oproti obsahu geopolymerního cementu. Geopolymerní cement a alkalický aktivátor, kterého je použito v množství 90 % hmotnosti z použitého množství geopolymerního cementu tvoří základní přísady kompozitu. Směs měla následující složení. Mikrosiliku o jemnosti 0,1 až 0,3 μm v množství 10 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu, uhlíková mikrovlna o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ s průměrnou délkou vláken 6 mm v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, disiřičitan sodný v práškové formě v množství 3 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, vysokoviskózní hydroxyethyl celulózu v práškové formě v množství 1 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu a sádku v práškové formě v množství 5 % hmotnosti použitého množství geopolymerního cementu.

40 Takto připravená geopolymerní směs je vhodná například jako termoizolační mezivrstva či omítka s hrubým vzhledem, též může sloužit například jako základ pro směsi s dalšími příměsí, například kamínky pro vytvoření přírodního vzhledu omítky. Aplikace dodatečných přísad do kompozitu dále zlepšuje mechanické vlastnosti, urychluje schnutí a omezuje praskání geopolymerního cementu.

45 Specifikem této směsi je 5 % obsah sádky. Vyšší obsah sádky zajišťuje rychlejší schnutí celé směsi a uvedený obsah 5 % představuje její maximální možný podíl. Vyšší obsah sádky by vedl k popraskání povrchu kompozitu při schnutí.

50

Průmyslová využitelnost

Takto připravené geopolymerní směsi vykazují díky příměsí sádky zlepšenou adhezi k povrchům, včetně těch vertikálních, což umožňuje jejich využití jakožto materiálu pro opravu prasklin ve 55 stěnách, termoizolační vrstvu či obecně jako omítku. Povrch směsi navíc není hrubý. Další přísady

dále zlepšují vlastnosti geopolymery.

NÁROKY NA OCHRANU

- 5 1. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit pro speciální aplikace, vytvořený na bázi geopolymerního cementu, **vyznačující se tím**, že obsahuje cement složený z hlinitokřemičitého pojiva na bázi metakaolinu a/nebo mleté vysokopepní granulované strusky a/nebo odletového popílku ve zvoleném jednotkovém množství s dalšími přísadami, kterými jsou alkalický aktivátor tvořený vodným roztokem křemičitanu sodného nebo draselného v množství tvořícím 65 až 112 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu, a sádra v práškové formě v množství 0,1 až 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
- 10 2. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je dále vytvořen s přísadami mikrosiliky o jemnosti 0,1 až 0,3 μm v množství 5 až 15 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
- 15 3. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je dále vytvořen s přísadami křemičitého písku o zrnitosti 0,1 až 0,63 mm v množství 5 až 200 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
4. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je dále vytvořen s přísadami uhlíkových mikrovláken o průměru $6 \pm 1 \mu\text{m}$ a délkou vláken 6 mm v množství 1 až 5 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
- 20 5. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je dále vytvořen s přísadami disiřičitanu sodného v práškové formě v množství 5 až 10 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
6. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že je dále vytvořen s přísadami vysokoviskózní hydroxyethyl celulózy v práškové formě v množství 1 až 3 % hmotnosti použitého geopolymerního cementu.
- 25 7. Rychletuhnoucí geopolymerní kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že v tloušťce vrstvy geopolymerního kompozitu je obsažena alespoň jedna síť z uhlíkových vláken s velikostí ok od 10 x 10 mm až do 50 x 50 mm o měrné hmotnosti 130 až 500 g/m².