

*C04B 32/02* (2006.01)  
*C04B 28/02* (2006.01)  
*C04B 14/06* (2006.01)  
*C04B 14/48* (2006.01)  
*C04B 14/42* (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2018-452**  
(22) Přihlášeno: **07.09.2018**  
(40) Zveřejněno: **18.03.2020**  
**(Věstník č. 12/2020)**  
(47) Uděleno: **23.11.2022**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **04.01.2023**  
**(Věstník č. 1/2023)**

(56) Relevantní dokumenty:  
US 5817944 A; CZ 2000-1851 A; CZ 2010-745 A.

(73) Majitel patentu:  
Výzkumný ústav stavebních hmot, a.s., Brno,  
Komárov, CZ

(72) Původce:  
Ing. Bohdan Nešpor, Brno, Královo Pole, CZ  
Mgr. Ing. Martin Nejedlík, Brno, Bystrc, CZ

(54) Název vynálezu:  
**Směs na bázi cementu ke zhotovení dílců  
pro měření odezvy balistického zatížení**

(57) Anotace:  
Popisuje se suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení, která je tvořena 45 až 50 % hmotn. cementu, 35 až 40 % hmotn. písku, 2 až 4 % hmotn. křemičitého plniva, 0,5 až 1,5 % hmotn. skelné výztuže, 1 až 3 % hmotn. uhlíkového vlákna, 5 až 7 % hmotn. mikromletého grafitu, 0,03 až 0,07 % hmotn. methylcelulózy, 3 až 5 % hmotn. kovových složek (piliny/špony). Další popisovaná suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení je tvořena 15 až 20 % hmotn. cementu, 22 až 28 % hmotn. písku, 22 až 28 % hmotn. čedičového filleru, 22 až 28 % hmotn. čedičového kameniva, 2 až 3 % hmotn. křemičitého plniva, 5 až 6 % hmotn. ocelových drátků. A další popisovaná suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení je tvořena 36 až 45 % hmotn. cementu, 17 až 26 % hmotn. písku, 5 až 9 % hmotn. křemičitého plniva, 26 až 32 % hmotn. ocelových drátků.

## Směs na bázi cementu ke zhotovení dílců pro měření odezvy balistického zatížení

### Oblast techniky

5

Technické řešení se týká směsi na bázi cementu ke zhotovení dílců pro měření odezvy balistického zatížení.

### Dosavadní stav techniky

10

V současné době se využívají vodivé betony pro detekci stavu napjatosti ve stavebních prvcích. Do cementových kompozitů již byly úspěšně zakomponovány vodivé složky na bázi uhlíku, jako jsou uhlíková vlákna, uhlíkové nanotrubičky a saze. Takto připravené materiály mají vysokou  
15 detekční schopnost, nicméně tyto složky mohou také zlepšovat mechanické a trvanlivostní vlastnosti.

Patent CZ 303207 B6 uvádí směs na bázi cementu ke zhotovení dílců pro měření odezvy při  
20 mechanickém namáhání. Rovněž popisuje způsob měření odezvy při mechanickém namáhání (např. tahem, tlakem) pomocí tenzometrů připravených z této směsi. Materiálem je cement, písek, skleněné vlákno, uhlíkové částice a uhlíková vlákna, popř. tkané uhlíkové textilie.

Patent US 5817944 A uvádí způsob snímání zatížení betonových prvků sledováním otevírání  
25 a zavírání prasklin v materiálu. Materiálem je cement a methylcelulóza, cement a latex nebo betonový mix a methylcelulóza. K tomu jsou do materiálu přidávána krátká elektricky vodivá vlákna a měří se elektrický odpor, který se při otevření praskliny zvýší. Při zatížení se vlákna povytahují a dochází tím ke snížení elektrické impedance (rezistivity).

Převážná většina řešení se netýká oblasti detekce porušení struktury kompozitu po výbuchu nebo  
30 zásahu projektilem. Předložené technické řešení si klade za úkol vytvořit elektricky vodivý segment protivýbuchových a balisticky odolných bariér, který v součinnosti s monitorovacím systémem umožní detekovat stavy napjatosti nebo porušení vlastní struktury materiálu vlivem působení výbušnin, dopadajících střel nebo jejich fragmentů.

35

### Podstata vynálezu

Předmětem předloženého technického řešení je směs na bázi vodivé cementové matrice ke  
40 zhotovení segmentu protivýbuchových a balisticky odolných bariér s funkcí detekce porušení.

Cementové kompozity se vlivem vnitřní vlhkosti chovají jako tuhé roztoky. Při měření jejich  
45 elektrického odporu (stejnoseměným proudem) dochází k chemickým reakcím na zakomponovaných měděných elektrodách. Z důvodu minimalizace koroze elektrod je pro měření elektrických vlastností vodivých kompozitů použit střídavý proud. Odpor kladený střídavému proudu je vyjádřen impedancí (respektive pouze reálnou složku impedance). Impedance se měří připojeným impedančním analyzátozem během kladné půlvlny buzeného střídavého napětí 1 V při frekvenci 1 kHz.

Specifické elektrické vlastnosti zamýšleného kompozitu jsou podmíněny přítomností vodivých  
50 složek. Směs na bázi cementu podle předloženého technického řešení a vodivé detekční kompozity z ní připravené jsou vhodné zejména pro měření odezvy při vysokorychlostním dynamickém balistickém zatěžování. Při destruktivním dopadu projektilu dochází ke zmenšení účinného průřezu, a tím ke zvýšení impedance (snížení vodivosti). Při nedestruktivním dopadu projektilu dochází ke stlačení detekčního segmentu, a tím i ke snížení jeho impedance (zvýšení vodivosti).

55

Vytvoření vodivého řetězce v celém objemu materiálu je docíleno uhlíkovými i kovovými materiály, které ve vhodně zvoleném dávkování umožňují snímání napětí.

- 5      Předmětem předloženého technického řešení je směs na bázi cementu ke zhotovení hybridního kompozitu obsahující 45 až 50 % hmotn. cementu, 35 až 40 % hmotn. písku, 2 až 4 % hmotn. křemičitého plniva, 0,5 až 1,5 % hmotn. skelné výtzuže, 1 až 3 % hmotn. uhlíkového vlákna, 5 až 7 % hmotn. mikromletého grafitu, 0,03 až 0,07 % hmotn. methylcelulózy, 3 až 5 % hmotn. kovových pilin a/nebo špon.
- 10     Předmětem předloženého technického řešení je dále směs na bázi cementu ke zhotovení drátkobetonového kompozitu obsahující 15 až 20 % hmotn. cementu, 22 až 28 % hmotn. písku, 22 až 28 % hmotn. čedičového filleru, 22 až 28 % hmotn. čedičového kameniva, 2 až 3 % hmotn. křemičitého plniva, 5 až 6 % hmotn. ocelových drátků.
- 15     Předmětem předloženého technického řešení je dále směs na bázi cementu ke zhotovení řídkou směsí prolévaného drátkobetonu s extrémně vysokým obsahem ocelových vláken obsahující 36 až 45 % hmotn. cementu, 17 až 26 % hmotn. písku, 5 až 9 % hmotn. křemičitého plniva, 26 až 32 % hmotn. ocelových drátků.
- 20     Výše uvedené směsi slouží k přípravě segmentů protivýbuchových a balisticky odolných štítových systémů s funkcí detekce porušení. Za účelem měření elektrických vlastností jsou v každém segmentu alespoň dvě elektrody.

25     Příklady uskutečnění vynálezu

Příklad 1: Příprava hybridního vláknobetonu (HFRC)

Byla připravena hybridní vláknobetonová směs o následujícím složení (v % hmotn.):

30

Portlandský cement	Křemičitý písek	Křemičité plnivo	Mikromletý grafit	Kovové piliny a/nebo špony	Methylcelulóza	Skelné vlákno	Uhlíkové vlákno
47 %	37 %	2,95 %	6 %	4 %	0,05 %	1 %	2 %

Postup přípravy:

- 35      1. Do čisté míchací nádoby se nejdříve nasype odvážené množství cementu, písku a křemičitého mikroplniva. Míchačka se uvede do chodu a za stálého míchání se složky homogenizují po dobu 2 minut.
- 40      2. Do směsi se rychle naleje voda (vodní součinitel 0,7) s obsahem superplastifikátoru a míchá se 4 minuty, dokud nevznikne tekutá směs.
- 45      3. Poté se přidá odvážené množství kovových složek a míchá se 3 minuty.
4. Dále se přidá dané množství mikromletého grafitu směs se následně míchá po dobu 3 až 5 minut.
5. Dále se za chodu míchačky ručně rovnoměrně přidává odvážené množství uhlíkového vlákna, a to po dobu 3 minut.
- 50      6. Nakonec se za chodu míchačky ručně rovnoměrně přidává odvážené množství skleněného vlákna, a to po dobu 1 až 2 minuty.

7. Z této směsi byl připraven dílec o síle 20 mm a délce stran 500 mm s vloženými měděnými elektrodami (plošný nebo kruhový průřez) v polovině výšky dílce.

Příklad 2: Příprava drátkobetonu (SFRC)

5

Byl připraven drátkobeton o následujícím složení (v % hmotn.):

Portlandský cement	Křemičitý písek	Čedičový filer 0 až 0,5 mm	Čedičové kamenivo 1 až 2 mm	Křemičité plnivo	Ocelové drátky
17 %	25 %	25 %	25 %	2 %	6 %

Postup přípravy:

10

1. Do čisté míchací nádoby se nejdříve nasype odvážené množství cementu, písku a křemičitého mikroplniva. Míchačka se uvede do chodu a za stálého míchání se složky homogenizují po dobu 2 minut.

15

2. Poté se přidá odvážené množství čedičových složek a složky se dále homogenizují po dobu 3 minut.

3. Za chodu míchačky ručně rovnoměrně přidává odvážené množství ocelových drátků, a mísí se po dobu 2 až 3 minut.

20

4. Nakonec se do směsi rychle naleje voda (vodní součinitel 0,5) s obsahem superplastifikátoru a míchá se 4 až 6 minut.

25

5. Poté se přidá odvážené množství kovových složek a míchá se 3 minuty.

6. Z této směsi byl připraven dílec o síle 20 mm a délce stran 500 mm s vloženými měděnými elektrodami (plošný nebo kruhový průřez) v polovině výšky dílce.

Příklad 3: Příprava prolévaného hustě vyztuženého drátkobetonu (SIFCON)

30

Byl připraven prolévaný hustě vyztužený drátkobeton o následujícím složení:

Portlandský cement	Křemičitý písek	Křemičité plnivo	Ocelové drátky
40 %	23 %	7 %	30 %

Postup přípravy:

35

1. Do připravené formy (500×500×20 mm) bylo vloženo odvážené množství ocelových drátků tak, aby drátky rovnoměrně vyplnily celý obsah formy. V polovině výšky formy se vloží měděné elektrody (plošný nebo kruhový průřez).

40

2. Do míchací nádoby se nalilo 80 % vody (vodní součinitel 0,38) s obsahem superplastifikátoru a míchalo se 1 až 2 minuty.

3. Postupně se přidával cement, křemičité mikroplnivo a písek za průběžného doředování zbývající vodou, tak aby směs byla schopna prolévat vložené drátky ve formě).

45

4. Připravenou směsí se nakonec prolévaly drátky ve formě.

Po třítydenní zrání byly desky opatřeny ochranným epoxidovým nátěrem.

- 5 Byla testována odezva impedance při destruktivním a nedestruktivním balistickém zatěžování. Testované vzorky HFRC, SFRC a SIFCON byly zatěžovány puškovými náboji 7,62×51 mm NATO ball. Počáteční rychlost projektilů byla  $830 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . Každý vzorek byl podroben 4 výstřelům (2 nedestruktivně a 2 destruktivně). Všechny testované materiály měnily impedanci při dynamických dějích. Jednotlivé dopady projektilů byly dobře rozeznatelné. Impedance vzorků se zvyšovala při destruktivní i nedestruktivní metodě.

**PATENTOVÉ NÁROKY**

5 1. Suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení, **vyznačující se tím**, že je tvořena 45 až 50 % hmotn. cementu, 35 až 40 % hmotn. písku, 2 až 4 % hmotn. křemičitého plniva, 0,5 až 1,5 % hmotn. skelné výztuže, 1 až 3 % hmotn. uhlíkového vlákna, 5 až 7 % hmotn. mikromletého grafitu, 0,03 až 0,07 % hmotn. methylcelulózy, 3 až 5 % hmotn. kovových pilin a/nebo špon.

10 2. Suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení, **vyznačující se tím**, že je tvořena 15 až 20 % hmotn. cementu, 22 až 28 % hmotn. písku, 22 až 28 % hmotn. čedičového filleru, 22 až 28 % hmotn. čedičového kameniva, 2 až 3 % hmotn. křemičitého plniva, 5 až 6 % hmotn. ocelových drátků.

15 3. Suchá směs na výrobu dílců pro měření odezvy balistického zatížení, **vyznačující se tím**, že je tvořena 36 až 45 % hmotn. cementu, 17 až 26 % hmotn. písku, 5 až 9 % hmotn. křemičitého plniva, 26 až 32 % hmotn. ocelových drátků.