

# PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

## 305 168

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

**C04B 14/06** (2006.01)  
**C04B 28/04** (2006.01)  
**C04B 28/22** (2006.01)

(19)  
ČESKÁ  
REPUBLIKA



ÚŘAD  
PRŮMYSLOVÉHO  
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2012-810**  
(22) Přihlášeno: **20.11.2012**  
(40) Zveřejněno: **01.10.2014**  
**(Věstník č. 40/2014)**  
(47) Uděleno: **15.04.2015**  
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **27.05.2015**  
**(Věstník č. 21/2015)**

(56) Relevantní dokumenty:

CZ 288 794 B6; CZ 2001-2648 A3; CZ 293 712 B6; JP 2004300001 A; US 20010/0326326 A1; JP 11246255 A.

(73) Majitel patentu:  
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta  
stavební, Experimentální centrum, Praha 6, CZ

(72) Původce:  
prof. Ing. Petr Konvalinka, CSc., Praha 10, CZ  
Ing. Petr Máca, Praha 10, CZ  
Ing. Radoslav Sovják, Ph.D., Praha 6, CZ

(74) Zástupce:  
Ing. Václav Kratochvíl, Husníkova 2086/22, 158 00  
Praha 13

(54) Název vynálezu:  
**Vysokohodnotný cementový kompozit**

(57) Anotace:  
Popisuje se vysokohodnotný cementový kompozit, který se skládá z cementové matrice, křemenného plniva a pucolánových příměsí a vznikne smísením s vodou. Pojivová složka se skládá ze 100 hmotnostních dílů cementu, z 10 až 40 dílů pucolánových příměsí, 10 až 30 dílů vody a 1 až 5 dílů superplastifikátoru, přičemž plnivo tvoří inertní křemenné písky o zrnitosti 0,01 až 1 mm v množství 100 až 200 hmotnostních dílů a mikromleté příměsí o velikosti částic menší než 10 µm v množství 25 až 32 hmotnostních dílů.

CZ 305168 B6

## Vysokohodnotný cementový kompozit

### Oblast techniky

5

Předkládané řešení se týká vysokohodnotného cementového kompozitu, který obsahuje inertní křemenné plnivo, jemně mletou křemičitou moučku a pojivo na cementové bázi s vysokým obsahem amorfního oxidu křemičitého.

10

### Dosavadní stav techniky

Betony v moderním slova smyslu na bázi cementu jsou známy již více než 100 let. Většinou se jedná o směsi portlandského cementu, hrubého a jemného kameniva, vody a chemických a minerálních přísad. Zhruba od počátku osmdesátých let se do betonu začaly přidávat křemičité úlety, někdy také nazývané mikrosilika, které vznikají jako odpadní materiál při řadě metalurgických procesů. Z chemického hlediska se jedná o amorfní oxid křemičitý a jednotlivé částice mají průměr 5 až 10 nm. Tyto částice se potom shlukují do aglomerátů, které mají průměr 0,1 až 1 µm. Aglomeráty se opět shlukují do větších shluků, které mají celkový průměr mezi 20 a 30 µm. Díky svému velkému měrnému povrchu – BET  $\approx 10$  až 30 m<sup>2</sup>/g, jsou velmi reaktivní a vhodným způsobem doplňují granulometrickou křivku směsi.

Díky použití mikrosiliky a moderních superplastifikátorů bylo možné vytvořit skupinu betonů, která se nazývá vysokopevnostní a někdy také vysokohodnotná s pevnostmi v tlaku po 28 dnech zrání při normálních podmínkách vyššími než 100 MPa.

Vysokých pevností v betonu je možné dosáhnout několika způsoby. Jedním z nich je náhrada písku v cementové matici jiným vysocehodnotným materiálem, který je schopný účastnit se chemických reakcí při hydrataci cementu. Toto řešení je ovšem značně nákladné a v běžné stavební činnosti nepoužitelné, právě z hlediska několikanásobně vyšší ceny takto vytvořeného materiálu.

V literatuře bylo také popsáno použití kameniva o velmi vysoké pevnosti, případně náhrada kameniva za ocelové broky. Toto řešení opět zvyšuje neúměrně náklady na výrobu, díky vysoké ceně tohoto kameniva.

Podstatného zlepšení mechanických parametrů betonu je možné také dosáhnout aplikací vysokého množství vyztužujících vláken. Typicky se jedná o množství 10 až 15 % v jednotce objemu, přičemž vlákna bývají jak organická, tak ocelová. Takovéto množství vláken ovšem neúměrně zvyšuje náklady na výrobu. Zejména dobrá homogenizace takovéto směsi je v podmínkách stavby nerealizovatelná.

Další možností jak zvýšit výslednou pevnost betonu je použití speciálních metod míchání, jako je míchání pomocí speciálních vysokootáčkových mixérů, míchání za vysokého tlaku, použití teplé záměsové vody případně kombinace předchozího. Tato opatření jsou opět velmi problematická pro použití na stavbě a jsou prakticky aplikovatelná pouze při výrobě prefabrikovaných dílců.

Vytvrzováním betonu za zvýšené teploty je také možné dosáhnout rychlejší hydraulické reakce a tím hutnější struktury betonu. Toto řešení je opět značně nákladné a v podmínkách běžné stavební výroby velmi nevýhodné a prakticky nepoužitelné.

WO 2005/077 857 popisuje betony velmi vysokých pevností, které se skládají ze směsi bauxitových písků a křemičitých úletů. Do takto připravené směsi jsou přidávány ultrajemné uhličitany s definovaným měrným povrchem jako více než 10 m<sup>2</sup>/g a tvarovým indexem minimálně 0,3 kde tento index je poměr mezi tloušťkou a délkou částice. Průměr těchto částic je zhruba kolem

70 nm. Přidání ultrajemných uhličitánů vápenatých do směsi zlepšuje vlastnosti pohledového betonu, zejména jeho bělost.

5 WO 2006/134 080 popisuje použití částic uhličitánu vápenatého jako příměsí do stavebních materiálů jako jsou štuk, omítka a malta. Výsledkem přidání těchto částic je zvýšení odolnosti proti obrusu, ale nikoli zvýšení pevnosti.

10 US 6 478 867 popisuje betony, do kterých jsou přidávána vlákna, ať již organická nebo metalická, která pomáhají zvyšovat schopnost absorbovat energii a zvyšují duktilitu zkušebních těles.

15 US 2010/0 326 326 A1 popisuje duktilní vysokohodnotný beton, který obsahuje drobné kamenivo, pucolánové příměsí skleněná vlákna v množství 0,5 až 5 % z objemu ztvrdlého vzorku. Vlákna jsou složena z jemných nitek o průměru menším než 30  $\mu\text{m}$  a jsou vyrobená z alkalirezistentního skla. Jednotlivá vlákna mohou být rovná nebo tvarovaná a jejich poměr stran je od 6ti do 120.

### Podstata vynálezu

20 Předkládané výhodné provedení vysokopevnostního kompozitu obsahuje následující složky v hmotnostních podílech: 100 dílů portlandského cementu vysoké pevnostní třídy. Dále 100 až 200 hmotnostních dílů jemného písku o zrnitosti 0,01 až 1 mm, 25 až 32 dílů mikromletých křemenných částic o průměru menším než 10  $\mu\text{m}$  a z 10 až 40 dílů pucolánových příměsí. Dále obsahuje superplastifikátor nebo jejich směs na bázi polykarboxylátu v množství 1 až 5 hmotnostních dílů a 10 až 30 hmotnostních dílů vody.

Ve výhodném provedení je použit ideálně čistý portlandský cement, nebo cement definovaný v evropské normě jako CEM I 52,5R.

30 Ve výhodném provedení je použita kombinace křemičitého úletu a křemenného písku, a to v poměru 1 : 1. Toto výhodné provedení umožňuje snížit cenu kompozitu a přitom zůstávají zachovány jeho vysokohodnotné parametry, zejména pak pevnost v tlaku a odolnost proti agresivním látkám.

35 V předkládaném výhodném provedení obsahuje vysokohodnotný cementový kompozit dva typy superplastifikátorů, každý s jiným typem účinku. První typ superplastifikátoru působí jako velmi účinný ztekucovač. Druhý upravuje dobu zpracovatelnosti a viskozitu směsi, přičemž pozitivně ovlivňuje nárůst počátečních pevností při zachování dobré zpracovatelnosti. Poměr plastifikátorů je ve výhodném provedení 3 : 2, přičemž celková dávka plastifikátorů nepřesahuje 5 hmotnostních dílů směsi pro výrobu kompozitu.

45 Předkládané výhodné řešení umožňuje vytvořit konstrukční vysokohodnotné cementové kompozity s pevností v tlaku vyšší než 130 MPa po dvaceti osmi dnech při zrání betonu ve vodě při normální teplotě.

Při aplikaci tohoto výhodného řešení není nutné používat speciální metody ošetřování betonu jako je propařování nebo speciální metody míchání, jako je míchání za zvýšené teploty, zvýšeného tlaku nebo použití vysokootáčkových mixérů.

50 Pucolánovou příměsí jsou obvykle křemičité úlety s obsahem amorfního  $\text{SiO}_2$  minimálně 90 % hmotnostních a průměrnou velikostí částic menší než 1  $\mu\text{m}$  nebo vysokopecní struska s obsahem amorfního  $\text{SiO}_2$  minimálně 50 % hmotnostních a průměrnou velikostí částic menší než 10  $\mu\text{m}$ .

Superplastifikátor je s výhodou sloučenina na bázi polykarboxylátu, zejména polyether karboxylát. Kombinace superplastifikátorů je ve výhodném řešení v poměru 1 : 0,2 až 1 : 1, ideálně 1 : 0,6.

- 5 Výhodné provedení obsahuje směs dvou křemičitých písků, smíchané ideálně v poměru 1 : 0,4. První, jemnější typ písku má ve výhodném provedení velikost částic D50 až D90 v rozmezí mezi 0,4 až 0,6 mm. Druhý, hrubší typ písku má ve výhodném provedení velikost částic D50 až D90 mezi 0,2 až 0,4 mm.
- 10 Mikromletou příměsí je s výhodou křemenná moučka o střední velikosti zrna 5 až 7  $\mu\text{m}$ .

15 Ve výhodném provedení je optimalizována granulometrická křivka pevných částic tak, že je zvýšena sypaná hmotnost celé směsi tím, že menší částice zapadají mezi částice větší. Díky plynulé granulometrické křivce umožňuje toto výhodné řešení použít k výrobě vysokohodnotného cementového kompozitu standardní horizontální míchačky pro jemnozrnné směsi. Výhodné složení směsi rovněž umožňuje použití potravinářských mixérů pro přípravu kompozitu.

20 Kompozit v tomto výhodném provedení je při přípravě směsi velmi tekutý, ideálně je směs samozhutnitelná, což odstraňuje dodatečné náklady na ukládání směsi a zjednodušuje celý proces. S výhodou je doba zpracovatelnosti tohoto kompozitu 15 až 30 min v závislosti na vnějších podmínkách. Díky tomu toto výhodné provedení dosahuje velmi vysokých pevností již po 24 hodinách po uložení do bednění.

25 Samotný kompozit je možné vytvořit pomocí známých metod, jako je smíchání pevných částic a vody, přičemž ale musí být dodržen výhodný postup míchání uvedený v kapitole příklady uskutečnění technického řešení. Dále se kompozit může ukládat do běžně používaného a dostupného bednění určeného pro beton a k jeho ukládání je možné použít následující postupy: lití do bednění, injektáž, pumpování, extrudování a další.

30

#### Příklady uskutečnění vynálezu

35 Při výrobě vysokohodnotného cementového kompozitu je nutné bezpodmínečně dodržet postup míchání, jinak může dojít k nedostatečné homogenizaci směsi a poklesu mechanických parametrů vytvrzeného kompozitu. V první fázi míchání je do vhodné horizontální míchačky nadávkován všechny písek, tedy obě frakce, spolu s křemičitými úlety. Tyto složky jsou míchány po dobu minimálně 5 min. Tím dojde k dobrému promíchání velmi jemných částic křemičitých úletů s hrubými zrny kameniva. V další fázi je do takto vzniklé směsi přidána křemenná moučka příslušné frakce, jak je popsáno výše. Spolu s křemennou moučkou je do směsi přidán také všechny cement

40 a směs je míchána po dobu dalších 5 minut. V poslední fázi míchání je do směsi pomalu dávkována voda a plastifikátory po dobu 5 minut, a to následujícím způsobem. V první minutě je do směsi dávkován superplastifikátor, resp. superplastifikátory spolu s 90 % hmotnostních záměsově vody. Směs je zpočátku velmi hutná, ale po cca 3 minutách dojde k aktivaci plastifikátorů a směs začíná mít viskózní charakter. V této fázi se přistoupí k jemnému dávkování vody, jejíž přesné množství závisí na okolních podmínkách, zejména pak teplotě, reaktivnosti použitého cementu

45 a typu použitých křemičitých úletů. Konečné množství vody pak závisí na požadované zpracovatelnosti a způsoby využití takto vzniklého kompozitu.

50 Výsledkem tohoto procesu je viskózní hmota, která vytvrzuje pomocí hydraulické reakce cementu s vodou. Výsledný kompozit má poté tvar podle použitého bednění a objemovou hmotnost 2300 až 2400  $\text{kg/m}^3$ . Níže jsou uvedeny příklady složení tohoto kompozitu jednak v hmotnostních dílech a jednak v množství na 1  $\text{m}^3$  čerstvé směsi.

55

Tab. 1: Příklad 1

Složka	Obsah v hmotnostních dílech	Obsah v kg na 1 m <sup>3</sup> směsi
CEM I 52,5 R	100	800
Křemičitý úlet	25	200
Křemenná moučka	25	200
Voda	22	176
Superplastifikátor 1 (gold)	3,1	24,8
Superplastifikátor 2 (HE)	1,9	15,2
Písek jemný	42	336
Písek hrubý	100	800

Tab. 2: Příklad 2-směs s použitím pouze jemného písku a jiných typů plastifikátorů

Složka	Obsah v hmotnostních dílech	Obsah v kg na 1 m <sup>3</sup> směsi
CEM I 52,5 R	100	800
Křemičitý úlet	25	200
Křemenná moučka	25	200
Voda	25	200
Superplastifikátor 3 (30HE)	2,5	20
Superplastifikátor 4 (1035)	2,5	20
Písek jemný	140	1120
Písek hrubý	0	0

Tab. 3: Příklad 3: směs se sníženým množstvím křemičitých úletů

Složka	Obsah v hmotnostních dílech	Obsah v kg na 1 m <sup>3</sup> směsi
CEM I 52,5 R	100	800
Křemičitý úlet	18	144
Křemenná moučka	32	256
Voda	20	160
Superplastifikátor 3 (30HE)	2,5	20
Superplastifikátor 4 (1035)	2,5	20
Písek jemný	84	672
Písek hrubý	56	448

Konkrétní výrobci složek uvedených v příkladech:

	Složka	Označení	Výrobce
5	Cement	CEMI 52,5R	Českomoravský cement, a.s.
	Křemičitý úlet	Stachesil S	Stachema Kolín, s.r.o.
	Křemenná moučka	ST9	Sklopísek Střeleč, a.s.
	Superplastifikátor 1	SVC 20 Gold	Sika CZ, s.r.o.
10	Superplastifikátor 2	SVC 20 HE	Sika CZ, s.r.o.
	Superplastifikátor 3	SVC 30 HE	Sika CZ, s.r.o.
	Superplastifikátor 24	SVC 1035	Sika CZ, s.r.o.
	Písek jemný	ST 01/06	Sklopísek Střeleč, a.s.
15	Písek hrubý	ST 03/08	Sklopísek Střeleč, a.s.

#### Průmyslová využitelnost

20 Toto výhodné provedení je možné použít například na výrobu sanačních hmot s vysokou přídavnou hodnotou na zpevňování stávajících betonových konstrukcí. Toto výhodné provedení je dále 100 % kompatibilním podkladovým betonem, protože se jedná o kompozit na cementové bázi. Ve výhodném provedení tedy dochází k chemickým reakcím mezi starým, zesilovaným betonem a novým, sanačním vysokohodnotným kompozitem.

### PATENTOVÉ NÁROKY

- 30
1. Vysokohodnotný cementový kompozit, který se skládá z cementové matrice, křemenného plniva a pucolánových příměsí, který vznikne smísením s vodou, **vyznačující se tím**, že pojivová složka se skládá ze 100 hmotnostních dílů cementu, z 10 až 40 dílů pucolánových příměsí, 10 až 30 dílů vody a 1 až 5 dílů superplastifikátoru; a že plnivo tvoří inertní křemenné písky o zrnitosti 0,01 až 1 mm v množství 100 až 200 hmotnostních dílů a mikromleté příměsi o velikosti částic menší než 10  $\mu\text{m}$  v množství 25 až 32 hmotnostních dílů.
  2. Vysokohodnotný cementový kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pucolánovou příměsí jsou křemičité úlety s obsahem amorfního  $\text{SiO}_2$  minimálně 90 % hmotnostních a průměrnou velikostí částic menší než 1  $\mu\text{m}$ .
  3. Vysokohodnotný cementový kompozit podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že pucolánovou příměsí je vysokopecní struska s obsahem amorfního  $\text{SiO}_2$  minimálně 50 % hmotnostních a průměrnou velikostí částic menší než 10  $\mu\text{m}$ .
  4. Vysokohodnotný cementový kompozit podle nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že superplastifikátorem je sloučenina na bázi polykarboxylátu, zejména polyether karboxylát.
  5. Vysokohodnotný cementový kompozit podle nároku 4, **vyznačující se tím**, že má kombinaci superplastifikátorů v poměru 1 : 0,2 až 1 : 1, ideálně 1 : 0,6.
- 50

6. Vysokohodnotný cementový kompozit podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **v y z n a č u j í - c í s e t í m**, že obsahuje dva typy křemenného písku v celkovém množství 100 až 200 hmotnostních dílů, v poměru 1 : 0,4, přičemž první typ písku má D50 0,4 až 0,6 mm a druhý typ písku má D50 0,2 až 0,4 mm.

5

7. Vysokohodnotný cementový kompozit podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **v y z n a č u j í - c í s e t í m**, že mikromletou příměsí je křemenná moučka o střední velikosti zrna 5 až 7  $\mu\text{m}$ .

10

8. Vysokohodnotný cementový kompozit podle kteréhokoli z předchozích nároků, **v y z n a - č u j í c í s e t í m**, že pevnost v tlaku tohoto kompozitu po 28 dnech je vyšší než 130 MPa.

15

---

Konec dokumentu

---