

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2017-33

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

C04B 7/02 (2006.01)
C04B 14/48 (2006.01)
C04B 28/04 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **24.01.2017**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **19.09.2018**
(Věstník č. 38/2018)

- (71) Přihlašovatel:
České vysoké učení technické v Praze - fakulta
stavební, Praha 6, CZ
- (72) Původce:
Ing. Josef Fládr, Ph.D., Kladno, CZ
Ing. Petr Bílý, Ph.D., Praha 4, CZ
prof. Ing. Alena Kohoutková, CSc., FEng., Praha 7,
CZ
- (74) Zástupce:
Ing. Hana Dušková, Na Kočově 180, 281 03
Chotutice

- (54) Název přihlášky vynálezu:
**Způsob homogenizace vysokohodnotného
nebo ultra-vysokohodnotného betonu**

- (57) Anotace:
Pro získání hutné struktury cementové pasty s
nejlepšími fyzikálně-mechanickými parametry je
nutné co nejvíce redukovat vodní součinitel.
Snižování vodního součinitele je limitováno
technickou proveditelností výroby betonu, jelikož
jeho nepříznivým důsledkem je zhoršení
zpracovatelnosti betonu. Dávkováním vody a
plastifikátoru do co nejmenšího počtu bodů ve
směsi při současném zastavení míchacího zařízení
je umožněno snížit vodní součinitel až o hodnotu
0,03 proti klasickému způsobu homogenizace, aniž
by došlo k negativnímu ovlivnění zpracovatelnosti
betonu. Důsledkem snížení vodního součinitele je
pak zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností
betonu, zejména jeho pevnosti v tlaku a v tahu. K
tomuto pozitivnímu efektu dochází pouze díky
úpravě postupu míchání, samotné složení betonu
zůstává kromě snížení množství přidané vody
neměnné.

Způsob homogenizace vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu

Oblast techniky

Předkládané řešení se týká nového postupu homogenizace vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu. Při aplikování tohoto postupu je možné snížit vodní součinitel směsi bez negativního vlivu na zpracovatelnost čerstvého betonu a s pozitivním vlivem na fyzikálně-mechanické vlastnosti betonu.

Dosavadní stav techniky

Vývoj vysokohodnotných a ultra-vysokohodnotných betonů je založen na použití nízkého vodního součinitele, který představuje poměr mezi hmotnostní dávkou vody a hmotnostní dávkou cementu a dalších latentně hydraulických příměsí, jako jsou popílky, strusky, mikrosilika, metakaolin a podobně. Vodní součinitel se pro vysokohodnotné betony běžně používá v rozmezí hodnot 0,16 až 0,28.

Proces homogenizace vysokohodnotných a ultra-vysokohodnotných betonů v dosavadní průmyslové praxi je následující. Nejprve se do míchacího prostoru umístí všechny frakce kameniva, cementu a eventuální příměsi. Poté se započne s homogenizací směsi. Za stálého míchání se přidá dávka vody spolu s plastifikační nebo superplastifikační přísadou. Alternativně lze plastifikační nebo superplastifikační přísady přidat zpožděně po dávce vody, kdy toto zpoždění je do 20 s. Voda s eventuálními přísadami se dává plošně nebo z co možná největšího množství bodů do míchacího prostoru. Míchání pokračuje až do zhomogenizování všech složek. Pokud receptura betonu obsahuje dispergovanou kovovou výztuž, dává se tato složka jako poslední, aby zbytečně dlouhým mícháním nedocházelo k tvorbě elektrického náboje na povrchu drátků, který vzniká třením drátků o míchací zařízení nebo vzájemně o sebe.

Teoreticky by bylo možné dosáhnout zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností ztvrdlé cementové pasty snížením vodního součinitele v receptuře betonu. Při uvedeném běžném procesu míchání vysokohodnotných a ultra-vysokohodnotných betonů, kdy je voda dávkována plošně nebo z velkého množství bodů do míchacího

prostoru během míchání, není další snižování vodního součinitele možné. Pokud by se totiž vodní součinitel snížil, výsledná betonová směs by vykazovala značnou lepivost a tendenci k tvorbě agregátů, tedy shluků, jednotlivých složek. Výsledný beton by nebyl homogenní a neměl by všesměrně stejné fyzikálně-mechanické vlastnosti, což by se v praxi projevilo zejména znatelným snížením tlakové pevnosti materiálu.

Podstata vynálezu

Výše uvedený nedostatek odstraňuje způsob homogenizace vysokohodnotných a ultra-vysokohodnotných betonů, který je předmětem tohoto vynálezu, kdy se jednotlivé suché složky tvořené kamenivem, cementem a případnými příměsemi smíchají, přidá se voda a současně nebo po jejím přidání se přidají plastifikační nebo superplastifikační přísady a směs se míchá až do zhomogenizování všech složek. Podstatou nového způsobu je, že nejprve se do míchacího zařízení umístí veškeré kamenivo o maximální velikosti do 16 mm v hmotnostní dávce 1000 až 2000 kg/m³, jehož tlaková pevnost je větší než 250 MPa, a portlandský cement v dávce 500 až 1000 kg/m³. Míchací zařízení se spustí před, během nebo po vložení těchto složek. Po homogenizaci výše zmíněných suchých složek se míchací zařízení zastaví a k suché směsi se přidá voda o vodním součiniteli v rozmezí 0,13 až 0,25 spolu s plastifikační nebo superplastifikační přísadou. Toto přidání vody a plastifikační nebo superplastifikační přísady se provede bodově, do co nejmenšího počtu míst v míchacím prostoru v závislosti na použitém míchacím zařízení. Po přidání celé dávky vody a plastifikační nebo superplastifikační přísady se opět aktivuje míchací zařízení a následuje míchání do doby úplného zhomogenizování složek. Délka homogenizování závisí na efektivitě a míře naplnění použitého míchacího zařízení.

Výhodné je, když se voda a plastifikační nebo superplastifikační přísady přidají pouze do jednoho místa míchacího prostoru.

Po zhomogenizování všech složek vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu lze do směsi dodatečně vmíchat kovové drátky o délce v rozmezí 6 mm až 60 mm v dávce 100 až 280 kg/m³. Je rovněž možné v závislosti na konkrétní receptuře spolu s kamenivem a cementem vložit do míchacího zařízení i příměsi, které se dávkují v množství od 5 % do 30 % z hmotnostní dávky cementu.

Při takto zvoleném procesu míchání lze vodní součinitel receptury vhodné pro vysokohodnotný a ultra-vysokohodnotný beton snížit až o hodnotu 0,03, aniž by došlo k negativnímu ovlivnění zpracovatelnosti čerstvého betonu. Naopak dochází ke zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností betonu, zejména jeho objemové hmotnosti a pevnosti v tlaku. Toto zlepšení je dáno pouze úpravou procesu homogenizace, není nutná žádná úprava složek betonu kromě snížení množství přidané vody. Výsledkem je tedy při stejných výrobních nákladech materiál s lepšími užitnými vlastnostmi.

Příklady uskutečnění vynálezu

Receptura vhodná pro vysokohodnotný a ultra-vysokohodnotný beton je pro účely tohoto ~~patentu~~ ^{záměru} definována následovně. Obsahuje portlandský cement v dávce od 500 do 1000 kg/m³ a kamenivo, jehož tlaková pevnost je větší než 250 MPa, maximální velikost zrn kameniva je do 16 mm a hmotností dávka kameniva je 1000 až 2000 kg/m³. Dávka kameniva a zastoupení jednotlivých zrn jsou dány granulometrií a mineralogickým složením zvoleného kameniva. Vodní součinitel se pohybuje v rozmezí 0,13 až 0,25.

Receptura může být doplněna o kovové drátky, které jsou rovnoměrně rozptýlené a všesměrně orientované v celém objemu. Tyto drátky slouží zejména ke zlepšení pevností v tahu a tlaku. Drátky mají délku od 6 do 60 mm. Dávka těchto drátků je od 100 do 280 kg/m³.

Receptura dále může být doplněna o příměsi, které se dávkují v množství od 5 % do 30 % z hmotnostní dávky cementu.

Samotný způsob homogenizace probíhá v následujících krocích. Nejprve se všechny frakce kameniva, portlandský cement a případné příměsi umístí do míchacího prostoru. Tento krok lze provádět i při spuštěném míchacím zařízení. Suché složky se míchají až do vytvoření homogenní směsi. Po vytvoření homogenní suché směsi musí dojít k zastavení míchacího procesu. Při zastaveném míchání se přidá dávka vody spolu s plastifikační nebo superplastifikační přísadou nebo se plastifikační nebo superplastifikační přísada přidá se zpožděním po dávce vody. Dávka vody a

plastifikační nebo superplastifikační přísada jsou do míchacího prostoru umístěny v co nejmenším počtu bodů, podle technických možností míchacího zařízení. Jak bylo uvedeno, vodní součinitel se pohybuje v rozmezí 0,13 až 0,25, a to v závislosti na počtu bodů respektive míst, do kterých je voda aplikována. Nejlepší výsledky se dosáhnou, je-li voda přidávána pouze do jednoho místa míchacího prostoru. Po přidání vody a plastifikačních nebo superplastifikačních přísad se míchací zařízení opět spustí a opět dojde k započetí procesu míchání. V okamžiku, kdy je směs homogenní, je míchací proces ukončen. Doba homogenizace je dána efektivitou míchacího zařízení. Pokud receptura betonu obsahuje i kovovou dispergovanou výztuž, je tato výztuž dávkována jako poslední složka ve chvíli, kdy jsou ostatní složky již zhomogenizovány. Pokud receptura obsahuje i příměsi, ty se do míchacího zařízení vkládají spolu s kamenivem a portlandským cementem.

Výhody nového způsobu homogenizace vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu jsou dále dokumentovány pomocí realizovaných testů. Byly vyrobeny čtyři série laboratorních vzorků A a B. Receptury použité pro jednotlivé série, viz tabulka 1, se liší především vodním součinitelem, v případě série B3 bylo navíc mírně upraveno složení, aby byla ověřena použitelnost metody na širší oblast betonových směsí. Pro jednotlivé série byly použity odlišné postupy homogenizace definované tabulkou 2. V případě série A byl použit postup běžný v dosavadní praxi, v případě série B pak postup, který je předmětem tohoto vynálezu.

Tabulka 1: Použitá receptura

Složka	Další specifikace	Série A	Série B1	Série B2	Série B3
		Množství [kg/m ³]	Množství [kg/m ³]	Množství [kg/m ³]	Množství [kg/m ³]
Cement		600	600	600	700
Voda		150	180	140	150
Vodní součinitel		0.20	0.24	0.18	0.17
Kamenivo	Frakce 0/4 mm	400	400	400	960
	Frakce 4/8 mm	400	400	400	640
	Frakce 8/16 mm	800	800	800	0
Drátky	Délky 12 mm	70	70	70	100
	Délky 35 mm	70	70	70	0
Mikrosilika		80	80	80	80
Superplastifikátor		30	30	30	35

Tabulka 2: Postup homogenizace

Série A		Série B	
Krok	Délka kroku [s]	Krok	Délka kroku [s]
Aktivováno míchací zařízení	-	Aktivováno míchací zařízení	-
Vložení kameniva a cementu do míchacího prostoru	-	Vložení kameniva a cementu do míchacího prostoru	-
Míchání směsi	30	Míchání směsi	30
Přidání mikrosiliky	-	Přidání mikrosiliky	-
Míchání směsi	300	Míchání směsi	300
		Zastaveno míchací zařízení	-
Přidání vody	-	Přidání vody spolu s plastifikátorem	-
		Aktivováno míchací zařízení	-
Míchání směsi	5		
Přidání plastifikátoru	-		
Míchání směsi	90	Míchání směsi	90
Přidání vláken	-	Přidání vláken	-
Míchání směsi	90	Míchání směsi	90
Zastaveno míchací zařízení	-	Zastaveno míchací zařízení	-

Tabulka 3: Tlaková pevnost zkušebních krychlí – série A

Vzorek	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Síla [kN]	Pevnost [MPa]
A1	150,1	9401,1	2794,8	3036,4	134,97
	149,9				
	149,5				
A2	150,1	9531,6	2856,6	2941,7	132,24
	148,2				
	150,0				
A3	150,1	9557,6	2803,9	3586,0	157,41
	151,7				
	149,7				
A4	149,6	9419,6	2807,8	3423,5	153,12
	149,5				
	150,0				
A5	149,7	9416,4	285	3214,4	143,8
	149,4				
	150,1				
A6	149,9	9403,6	2812,4	3077,4	137,53
	149,2				
	149,5				
průměr			2855		143,18
			Směrodatná hodnota		10,20
			Variační koeficient		0,07
			Charakteristická pevnost		120,96

Tabulka 4: Tlaková pevnost zkušebních krychlí – série B1

Vzorek	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Síla [kN]	Pevnost [MPa]
B1.1	150,0	9594,4	2847	3105,7	137,78
	150,3				
	149,5				
B1.2	150,0	9593,5	2839	2947,7	130,57
	150,5				
	149,7				
B1.3	149,8	9565,1	2842	3302,6	147,25
	149,7				
	150,0				
B1.4	150,1	9564,6	2840	2968,1	131,83
	150,0				
	149,6				
B1.5	149,9	9570,5	2855	3005,9	134,20
	149,4				
	149,6				
B1.6	150,2	9577,7	2833	3062,7	136,05
	149,9				
	150,2				
průměr			2843		136,28
			Směrodatná hodnota		5,99
			Variační koeficient		0,04
			Charakteristická pevnost		123,24

Tabulka 5: Tlaková pevnost zkušebních krychlí – série B2

Vzorek	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Síla [kN]	Pevnost [MPa]
B2.1	150,0	9615,6	2858,6	3650,0	162,79
	149,5				
	150,0				
B2.2	149,7	9640,0	2828,1	3241,0	142,52
	151,9				
	149,9				
B2.3	149,6	9651,5	2906,0	3696,4	166,68
	148,3				
	149,7				
B2.4	149,8	9705,3	2847,2	3736,0	164,34
	151,8				
	149,9				
B2.5	149,9	9602,7	2847,1	3793,4	168,37
	150,3				
	149,7				
B2.6	150,0	9711,4	2856,6	3482,5	153,22
	151,5				
	149,6				
průměr			2860		159,65
			Směrodatná hodnota		9,92
			Variační koeficient		0,06
			Charakteristická pevnost		138,06

Tabulka 6: Tlaková pevnost zkušebních krychlí – série B3

Vzorek	Rozměry [mm]	Hmotnost [kg]	Objemová hmotnost [kg/m³]	Síla [kN]	Pevnost [MPa]
B3.1	149,7	9564,1	2840	3530,8	157,17
	150,1				
	149,9				
B3.2	149,8	9711,4	2895	3763,0	165,16
	149,3				
	150,0				
B3.3	149,8	9733,1	2897	3911,0	174,19
	149,9				
	149,6				
B3.4	150,1	9732,8	2909	3811,6	170,52
	149,0				
	149,7				
B3.5	149,5	9595,1	2835	3599,2	159,54
	150,9				
	150,0				
B3.6	149,7	9672,9	2917	3785,1	170,74
	148,1				
	149,6				
průměr			2882		166,73
			Směrodatná hodnota		6,80
			Variační koeficient		0,04
			Charakteristická pevnost		151,91

Srovnání pevnosti v tlaku dosažené pro sérii A s pevnostmi dosaženými pro série B jasně ukazuje přínos nového postupu míchání. V případě směsi B1 bylo dosaženo téměř stejné charakteristické pevnosti v tlaku jako v případě směsi A, přestože byl zvýšen vodní součinitel, přičemž zvýšení vodního součinitele obecně vede ke zlepšení zpracovatelnosti směsi. V případě směsi B2 redukce vodního součinitele umožnila dosáhnout vyšší charakteristické pevnosti v tlaku, o 14 %, při stejném složení směsi. Směs B3 ukazuje, že nový postup míchání může být s úspěchem použit i v případě, že je upraveno složení směsi a dále snížen vodní součinitel (v tomto případě o 0.03). Charakteristické pevnosti stanovená pro vzorky série B3 míchané dle postupu, který je předmětem tohoto vynálezu, byla až o 26 % vyšší než pro vzorky série A míchané dle postupu běžného v dosavadní praxi. Tím byl potvrzen pozitivní vliv nového postupu homogenizace na fyzikálně-mechanické parametry vysokohodnotného a ultra-vysokohodnotného betonu.

Průmyslová využitelnost

Nově navržený způsob míchání umožňuje zlepšení fyzikálně-mechanických vlastností vysokohodnotných a ultra-vysokohodnotných betonů, aniž by bylo nutné přidávat ke stávající receptuře další speciální složky zvyšující výrobní náklady. Snížením dávky vody v receptuře bude cementová matrice méně pórovitá, což zvýší odolnost betonu vůči klimatickým vlivům. Výrobky zhotovené z tohoto betonu budou zvláště vhodné pro venkovní prvky a konstrukce, u kterých je kladen požadavek na vysokou trvanlivost a bezúdržbový provoz. Zhotovené prvky a konstrukce se budou vyznačovat subtilností, protože vynikající fyzikálně-mechanické vlastnosti použitého betonu umožní redukci jejich průřezových rozměrů.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob homogenizace vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu, kdy se jednotlivé složky suché tvořené kamenivem, cementem a případnými příměsemi se smíchají přidá se voda a současně nebo po jejím přidání se přidají plastifikační nebo superplastifikační přísady a směs se míchá až do zhomogenizování všech složek **vyznačující se tím, že** nejprve se do míchacího zařízení umístí veškeré kamenivo o maximální velikosti do 16 mm v hmotnostní dávce 1000 až 2000 kg/m³, jehož tlaková pevnost je větší než 250 MPa, a portlandský cement v dávce 500 až 1000 kg/m³, přičemž míchací zařízení se spustí před, během nebo po vložení těchto složek, po homogenizaci výše zmíněných složek se míchací zařízení zastaví a k suché směsi se přidá voda o vodním součiniteli v rozmezí 0,13 až 0,25 spolu s plastifikační nebo superplastifikační přísadou, přidání vody a plastifikační nebo superplastifikační přísady se provede bodově, do co nejmenšího počtu míst v míchacím prostoru v závislosti na použitém míchacím zařízení, načež po přidání celé dávky vody a plastifikační nebo superplastifikační přísady se opět aktivuje míchací zařízení a následuje míchání do doby úplného zhomogenizování složek, jehož délka závisí na efektivitě a míře naplnění použitého míchacího zařízení.
2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** voda a plastifikační nebo superplastifikační přísady se přidají pouze do jednoho místa míchacího prostoru.
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím, že** po zhomogenizování všech složek vysokohodnotného nebo ultra-vysokohodnotného betonu se do směsi dodatečně vmíchají kovové drátky o délce v rozmezí 6 mm až 60 mm v dávce 100 až 280 kg/m³.
4. Způsob podle nároku 1 a kteréhokoli z nároků 2 nebo 3, **vyznačující se tím, že** spolu s kamenivem a cementem se do míchacího zařízení vloží i příměsi, které se dávkují v množství od 5 % do 30 % z hmotnostní dávky cementu.