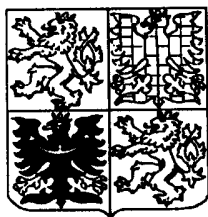


ČESKÁ  
REPUBLIKA

(19)



ÚŘAD  
PRŮMYSLVÉHO  
VLASTNICTVÍ

# ZVEŘEJNĚNÁ PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

(12)

(21) 2635-94

(13) A3

6(51)

C 04 B 18/16

(22) 27.04.93

(32) 29.04.92, 07.08.92, 15.09.92

(31) 92/9209233, 92/9216749, 92/9219521

(33) GB, GB, GB

(40) 15.02.95

(71) BRAAS GMBH, Oberursel, DE;

(72) Onabolu Kunle, Thornton Heath, GB;  
Barker Howard Anthony, Warnham, GB;  
Smith Bernard Easom, Felcourt, GB;  
Braas Jurgen, Friedrichsdorf, DE;  
Drechsler Andreas, Rodgau, DE;  
Czapla Bernhard, Anetal, DE;  
Neupert Daniel, Alzenau, DE;

(54) Betonový stavební výrobek

(57) Betonový stavební výrobek, zejména krytinová střední taška, je vyráběna z betonové směsi, která má zvýšenou počáteční pevnost. Zvýšení počáteční pevnosti betonového výrobku je dosaženo přidáním drceného odpadového betonu do betonové směsi. Zejména je zvýšení počáteční pevnosti například tím, že alespoň část kameniva je nahrazena drceným odpadovým betonem a tento drcený odpadový beton je využit ve směsi jako nukleátor, přičemž drcený odpadový beton má takovou zrnitost, že může nahrazovat část kameniva a jeho částice mohou vyvolávat tvorbu krystalizačních zárodků.

Betonový stavební výrobek

#### Oblast techniky

Vynález se týká výroby betonových stavebních prvků a zejména složení betonové směsi pro výrobu betonových krytinových tašek, které mají lepší vlastnosti z hlediska možností manipulace v prvním časovém období po vylisování.

#### Dosavadní stav techniky

Je známo, že beton získává svou konečnou pevnost až v průběhu několika let a že po uplynutí jednoho roku je již zvyšování pevnosti velmi pomalé.

Bezprostředně po vyrobení betonových střešních krytinových tašek, to znamená v průběhu tuhnutí cementu a tvrdnutí betonové směsi, je nutno věnovat manipulaci s taškami zvýšenou péči, aby nedošlo k jejich zlomení. Při výrobě betonových krytinových tašek je na druhé straně žádoucí odebírání tašek z přepravních palet v době co nejkratší, aby palety byly co nejdříve volné pro opětné použití; ovšem pokud by se tašky odebíraly z palet příliš brzy, vznikalo by nebezpečí příliš velkého procenta poškozených výrobků.

Pro snížení nebezpečí porušení tašek při manipulaci s nimi je možno do betonové směsi přidat některé chemické přísady, o kterých je známo, že urychlují tvrdnutí betonu. Například používání chloridových solí, zejména  $\text{CaCl}$ ,  $\text{CaCl}_2$  +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{MgCl}_2$  a  $\text{MnCl}_2$ , je známo již od dvacátých let tohoto století, v pozdější době bylo používáno přísad bez obsahu chloru, například lignosulfonátových derivátů a Conplastu NC, což je obchodní označení směsi prodávané firmou Fosroc CCD Ltd. I když jsou tyto urychlovače tvrdnutí v určitém rozsahu účinné a podporují tvrdnutí betonu, jejich použití v betonové směsi pro výrobu střešních tašek není považováno za výhodné, protože použitím těchto urychlovačů tvrdnutí

se zvyšují náklady na výrobu krytinových tašek.

Výskyt zlomených nebo jinak poškozených krytinových tašek v prostoru výroby tašek vede k hromadění odpadu, jehož odstraňování je obtížné a nákladné. Dalším zdrojem odpadu tvořeného nepoužitelnými krytinovými taškami jsou opravy krytin na střechách budov, při kterých se nevyhovující a poškozené tašky nahrazují novými. Při výzkumu této problematiky byly nalezeny alternativní způsoby likvidace odpadních betonových materiálů. Jedna z těchto výhodných metod zahrnuje drcení odpadního betonu a přidávání této betonové drtě do betonové směsi pro výrobu betonových krytinových tašek.

Praktické využívání drceného odpadního betonu v recyklačním procesu je již ze stavu techniky známo. Například EP-A-0 353 439 popisuje odebírání poškozených betonových dlažebních kostek a dlaždic, jejich následné drcení a recyklaci drtě při výrobě nových dlažebních prvků. V JP-P-90040005 je popsána recyklace odpadového betonu, získávaného při demolicích betonových konstrukcí, využíváním směsi odpadu a vysokopecního struskového prachu pro výrobu nového betonu.

FR-PA 2 591 934 popisuje recyklaci vadných betonových bloků jejich drcením a přidáváním do betonové směsi pro výrobu dalších betonových bloků a JP-A 59045958 popisuje způsob drcení odpadního betonu na surovinu pro další výrobu betonových konstrukcí a prvků.

Ze stavu techniky je také známo, že hydratace směsí obsahujících cement může být ovlivněna přidáním určitých nukleačních činidel. Například v článku zveřejněném v "Concrete Precasting Plant and Technology", vydání 2, str. 68, 1992, je popsáno přidávání pucolánu, zejména velmi jemných prachových křemičitých částic, do betonu. Částicím křemičitého prachového materiálu je v tomto materiálu přisuzována schopnost

urychlování hydratace betonu tím, že působí jako nukleační činidla nebo sekundární krystalizační zárodky. Při tvrdnutí normálního betonu vznikají velké krystaly hydroxidu vápenatého z jader tvořených cementovými částicemi a tyto krystaly migrují směrem k částicím kameniva a tvoří se hydrát křemičitanu vápenatého, C-S-H gel. Pevnost betonu narůstá s průběhem času, protože se zvyšuje hustota křemičitého gelu a krystalů hydroxidu vápenatého. Obsahuje-li betonová směs přísadu tvořenou jemnými křemičitými prachovými částicemi, působí tyto mikroskopické částice jako jádra pro sekundární krystalizaci. Tyto sekundární částice narůstají mezi velkými krystaly hydroxidu vápenatého a vzájemně se ovlivňují, přičemž vyplňují mezery, které původně existovaly mezi cementem a plnivem a tím urychlují hydrataci a tvrdnutí betonu.

Práce publikovaná M. Duirezem v "Betonstein-Zeitung", svazek 3, 1958 uvádí, že nahrazení dvou procent cementu dvěma procenty krystalizačních jader se projeví v urychlení tvrdnutí a ve zvýšení pevnosti betonu. Použitá krystalizační jádra měla sestávat z vytvrzených cementových pojiv, která byla vytvrzována za velmi specifických podmínek a následně opět rozmělněna na částice s velikostí odpovídající velikosti cementových částic. Duirez však upozorňuje, že tato krystalizační jádra musí být velmi pečlivě tříděna a vybírána, jinak by mohlo docházet k nepříznivému ovlivňování mechanických vlastností betonu.

Z výzkumu prováděného v tomto oboru vyplynulo, že přidáním určitého množství drceného materiálu do betonové směsi se dosáhne překvapivých, dosud neznámých výhodných účinků spočívajících ve zvýšení pevnosti betonových krytinových tašek v době jejich odebrání z přepravních palet. Vynález tedy řeší účinný urychlovač tvrdnutí a také způsob likvidace odpadového betonu, který by byl příznivý pro okolní prostředí.

Náš výzkum ukázal, že je možné dosáhnout překvapivého zvýšení depaletizační pevnosti, popsané v předchozí části:

(i) použitím drceného odpadového betonu, například tvořeného drtí z rozdrcených krytinových tašek, při výrobě nových betonových krytinových tašek,

(ii) nahrazením podílu cementu jemně drceným odpadovým betonem při výrobě nových betonových krytinových tašek a

(iii) použitím drceného odpadového betonu, obsahujícího směs drceného odpadového betonu, použitého jako materiálu nahrazujícího kamenivo v (i) a jemně drceného odpadového betonu, použitého pro náhradu alespoň části cementu v (ii).

Předpokládá se, že jemně drcený odpadový materiál, použitý jako náhrada cementu, způsobuje urychlení tvrdnutí tím, že působí jako nukleátor v betonu používaném pro výrobu nových betonových krytinových tašek. Skutečnost, že přidáním jemně rozdrcených odpadových betonových krytinových tašek do betonové směsi, by bylo možno dosáhnout těchto výsledků, nebyla předpokládána z hlediska specifických podmínek, nezbytných pro tvrdnutí pojiv, která jsou využívána jako nukleátory, jak bylo uvedeno v práci M. Durieze. Kromě toho bylo zjištěno, že dosažené pevnosti betonových krytinových tašek jsou vyšší u tašek vyrobených ze směsi podle vynálezu než u směsí obsahujících jiné jemně mleté materiály, například jemně mletý oxid křemičitý nebo křemičitý prášek.

#### Podstata vynálezu

Nevýhody dosud známých směsí jsou odstraněny u betonové směsi pro výrobu krytinových tašek se zlepšenými manipulačními schopnostmi podle vynálezu, jehož podstata spočívá v tom, že směs obsahuje cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 1 až 20% kameniva je tvořeno drceným odpadovým betonem s takovou zrnitostí, že 100% materiálu propadne sítem

s velikostí ok 5,00 mm. 98-100% propadne sítem s velikostí ok 3,35 mm, 89-99% propadne sítem s velikostí ok 2,36 mm, 64-95% propadne sítem s velikostí ok 1,18 mm, 48-83% propadne sítem s velikostí ok 0,60 mm, 22-51% propadne sítem s velikostí ok 0,30 mm a 11-25% propadne sítem s velikostí ok 0,15 mm.

Betonová směs podle vynálezu obsahuje podle druhého výhodného provedení vynálezu cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 0,1 až 10% kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

V třetím výhodném provedení vynálezu obsahuje betonová směs se zlepšenými manipulačními vlastnostmi podle vynálezu cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 0,1 až 20% kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

Zvláště výhodná je ta skutečnost, že směs podle prvního výhodného provedení vynálezu obsahuje drcený odpadový beton, který má takovou zrnitost, že 100% propadne sítem s velikostí ok 5,00 mm, 98-100% propadne sítem s velikostí ok 3,35mm, 89-99% propadne sítem s velikostí ok 2,36 mm, 64-95% propadne sítem s velikostí ok 1,18 mm, 48-83% propadne sítem s velikostí ok 0,60 mm, 22-51% propadne sítem s velikostí ok 0,30 mm a 11-25% propadne sítem s velikostí ok 0,15 mm.

V dalším výhodném provedení vynálezu obsahuje směs podle prvního výhodného provedení vynálezu drcený odpadový beton, který má takovou zrnitost, že 100% drtě propadne sítem s velikostí ok 5,00 mm, 99-100% drtě propadne sítem s velikostí ok 3,35mm, 97-99% propadne sítem s velikostí ok 2,36 mm, 89-95% propadne sítem s velikostí ok 1,18 mm, 72-83% propadne

sítem s velikostí ok 0,60 mm, 36-51% propadne sítem s velikostí ok 0,30 mm a 13-25% propadne sítem s velikostí ok 0,15 mm.

Směs podle druhého výhodného provedení vynálezu obsahuje drcený odpadní beton, který má velikost částic menší než 75  $\mu\text{m}$ , s výhodou má velikost částic mezi 30 a 60  $\mu\text{m}$  a zejména mezi 45 a 53  $\mu\text{m}$ .

Směs podle třetího výhodného provedení vynálezu obsahuje drcený odpadový beton, který má takovou zrnitost, že 100% plniva propadne sítem s velikostí ok 4,75 mm, 95-97% propadne sítem s velikostí ok 3,35 mm, 87-90% propadne sítem s velikostí ok 2,36 mm, 67-71% propadne sítem s velikostí ok 1,18 mm, 47-49% propadne sítem s velikostí ok 0,6 mm, 12-15% propadne sítem s velikostí ok 0,15 mm a 4,5-10% propadne sítem s velikostí ok 0,075 mm.

Směs podle třetího výhodného provedení vynálezu obsahuje drcený odpadový beton, který má takovou zrnitost, že 100% propadne sítem s velikostí ok 4,75 mm, 96-97% propadne sítem s velikostí ok 3,35 mm, 88-90% propadne sítem s velikostí ok 2,36 mm, 67-71% propadne sítem s velikostí ok 1,18 mm, 45-49% propadne sítem s velikostí ok 0,60 mm, 12-15% propadne sítem s velikostí ok 0,15 mm a 4,5-10% propadne sítem s velikostí ok 0,075 mm.

#### **Kamenivo**

Kamenivo je v tomto řešení zpravidla tvořeno úlomky břidlicové krytiny, předem připravenou kamennou drtí nebo pískem, popřípadě směsí těchto materiálů a může například obsahovat hrubou drť a jemný písek. Hrubá drť nebo jemný písek mohou být definovány tak, že mají obsahovat částice, z nichž nejvýše 30% hmotnostních má velikost zrn menší než 0,15 mm. Jemná drť nebo písek má obsahovat více než 90% hmotnostních částic majících velikost menší než 0,3 mm. Hrubá drť

může být dodávána například firmami Delabole Slate Quarries, Cornwall, Anglie nebo Redland Aggregates, Blaenau Ffestiniog, Wales, přičemž vhodnými materiály pro výrobky podle vynálezu jsou materiály typu S12 obsahující následující frakce:

Tabulka 1

| Velikost částic (mm) | % hmotnostních |
|----------------------|----------------|
| A 2,36               | 0,1            |
| B 1,18               | 9,0            |
| C 0,60               | 61,1           |
| D 0,30               | 26,3           |
| E 0,15               | 1,3            |
| F 0,075              | 0,3            |
| G 0,053              | ,6             |
| H menší než 0,053    | ,3             |

Kamenivo může také obsahovat plnivo s nízkou hustotou, například vermikulit, perlit, duté skleněné kuličky nebo přírodní lehčené kamenivo. Tím se dosáhne výhody spočívající ve snížení hmotnosti výsledného výrobku, přičemž pokud jsou těmito výrobky krytinové tašky nebo jiné prvky, dosáhne se snížení zatížení střešní nosné konstrukce.

Vhodný jemný písek může mít následující zrnitost:

Tabulka 2

| Velikost (mm)    | % hmotnostních |
|------------------|----------------|
| I 0,3 - 0,15     | 50             |
| J 0,15 - 0,09    | 25             |
| K menší než 0,09 | 25             |

Použitelné jsou také jiné druhy písku, například Throtham 75, dodávaný firmou Buckland Sand and Silica Co., Reigate, Surrey. Výhodné poměry plniva k cementu jsou v hmotnostních

množstvích v rozsahu od 0,5:1 do 6:1, přičemž obecně je nejvýhodnější poměr kameniva k cementu 3:1.

#### Cement

Vhodnými cementy pro směsi podle vynálezu jsou hydraulické cementy, to znamená takové cementy, které tuhnou a tvrdnou po přidání vody, to znamená za přítomnosti vody. Cementy mohou být křemičitanové cementy, například portlandský cement, nebo hlinitanové cementy. Směsi mohou také obsahovat několik různých druhů hydraulických cementů.

Cementové směsi mohou také obsahovat vysokopecní strusku, létavé popílký ze spalování tuhého paliva nebo mikroskopický křemičitanový prach.

Velmi jemný křemičitanový prach, pokud je použit, obsahuje zejména následující frakce:

|   | Velikost               | % hmotnostních |
|---|------------------------|----------------|
| A | menší než 0,05 mikronů | 20             |
| B | menší než 0,10 mikronů | 70             |
| C | menší než 0,20 mikronů | 95             |
| D | menší než 0,50 mikronů | 99             |

#### Voda

Hmotnostní poměr mezi vodou a cementem je s výhodou 0,15:0,40, přičemž nejvýhodnější je takový hmotnostní poměr vody k cementu a/nebo materiálu na bázi cementu, který je postačující pro zajištění potřebné zpracovatelnosti směsi. Vlhkost směsi je u jednotlivých výhodných provedení vynálezu je 7,5 až 10% hmotnostních suchých složek směsi.

#### Recyklovaný odpadový beton

Tento materiál se získává drcením zlomených nebo jinak porušených betonových výrobků, například betonových střešních

krytinových tašek, betonových bloků nebo betonových dlaždic pomocí vhodných drticích zařízení. Podobně je možno využít například střešních tašek z opravovaných střešních konstrukcí, které jsou po rozdrcení vhodné k uvedenému účelu. Příklady typické zrnitosti materiálu použitého v prvním výhodném provedení vynálezu jsou uvedeny v tabulce 3.

Tabulka 3 Zrnitost drceného odpadového betonu, použitého v prvním provedení vynálezu

| Velikost ok<br>síta (mm) | procenta propadu |          |          |          |
|--------------------------|------------------|----------|----------|----------|
|                          | vzorek 1         | vzorek 2 | vzorek 3 | vzorek 4 |
| 5,00                     | 100              | 100      | 100      | 100      |
| 3,35                     | 99               | 100      | 99       | 98       |
| 2,36                     | 99               | 99       | 97       | 89       |
| 1,18                     | 95               | 94       | 89       | 64       |
| 0,60                     | 83               | 82       | 72       | 48       |
| 0,30                     | 51               | 51       | 36       | 21       |
| 0,15                     | 23               | 25       | 13       | 11       |

Charakteristická zrnitost drceného odpadového materiálu, použitého v druhém výhodném provedení vynálezu, je uvedena jako vzorek 5 v tabulce 4. Tento materiál je připraven rozmělněním odpadových betonových výrobků na částice s velikostí menší než 0,075 mm.

Tabulka 4 Charakteristická zrnitost drceného odpadového betonu v druhém provedení vynálezu

| Vzorek 5              |                     |
|-----------------------|---------------------|
| velikost ok síta (mm) | součtový propad v % |
| 0,053                 | 61                  |
| 0,045                 | 41                  |
| silt                  | 0,00                |

Příklady vhodné zrnitosti drceného odpadového materiálu pro třetí výhodné provedení vynálezu jsou uvedeny v tabulce 5. Tento materiál obsahuje větší podíl jemného materiálu, to znamená materiálu s velikostí částic menší než 0,075 mm, než kterýkoliv ze vzorků uvedených v tabulce 3.

Tabulka 5 Charakteristická zrnitost drceného odpadového betonu v třetím provedení vynálezu

| Velikost ok síta (mm) | Součtový propad v % |          |          |
|-----------------------|---------------------|----------|----------|
|                       | vzorek 6            | vzorek 7 | vzorek 8 |
| 4,75                  | 100                 | 100      | 100      |
| 3,35                  | 96,61               | 95,68    | 94,92    |
| 2,36                  | 89,80               | 87,60    | 86,97    |
| 1,18                  | 71,32               | 67,14    | 67,36    |
| 0,60                  | 49,41               | 45,27    | 47,31    |
| 0,15                  | 11,53               | 15,36    | 23,65    |
| 0,075                 | 4,54                | 9,83     | 20,06    |
| zbytek                | 0,00                | 0,00     | 0,00     |

#### Příklady provedení vynálezu

Příklady 1 až 5 objasňují první výhodné provedení vynálezu, příklady 6 až 9 popisují druhé příkladné provedení vynálezu a příklady 10 až 19 objasňují třetí příkladné provedení vynálezu.

#### Příklady prvního výhodného provedení vynálezu

Příklady 1 a 4 popisují základní "kontrolní" složení betonových krytinových tašek typu používaného v současné době.

Příklady 2, 3 a 5 uvádějí složení směsi obsahující drce-  
ný odpadový beton (CWC) podle prvního výhodného provedení vynálezu.

Směsi se složením popsáním v příkladech 1, 2 a 3 bylo použito pro výrobu rovinných tašek běžnou válcovací a vysouvací technikou, ovšem ze stejného materiálu je možno vyrábět také profilové tašky pomocí libovolného výrobního zařízení

pro výrobu tašek. Směsí se složením podle příkladů 4 a 5 bylo použito pro výrobu malých zkušebních vzorků pomocí laboratorních výrobních zařízení.

Složení směsí použitých v příkladech 1 až 5 jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6 Složení směsí a výsledky pevnostních zkoušek pro příklady 1, 2, 3, 4 a 5.

| Složení směsi                                              | Příklad 1<br>(kontrolní)             | Příklad 2<br>(5% písku<br>nahrazeno<br>5% CWC) | Příklad 3<br>(5% písku<br>nahrazeno<br>5% CWC,<br>5% cementu<br>redukováno) | Příklad 4<br>(kontrolní) | Příklad 5<br>(2% písku<br>nahrazeno<br>2% CWC) |
|------------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|
| Ekvivalent<br>suchého písku<br>(kg)                        | 911                                  | 865                                            | 865                                                                         | 1,35                     | 1,323                                          |
| cement (kg)                                                | 289                                  | 289                                            | 275                                                                         | 0,422                    | 0,422                                          |
| vlhkost včetně<br>kapalných pigmentů<br>(z celkové sušiny) | 9%                                   | 9%                                             | 9%                                                                          | 8,5%                     | 8,5%                                           |
| drcený odpadový<br>beton (CWC) (kg)                        | 0                                    | 46<br>zrnitost<br>z vzorku 2                   | 46<br>zrnitost<br>z vzorku 3                                                | 0                        | 0,027<br>zrnitost<br>z vzorku 4                |
| Doba                                                       | pevnost v tahu v newtonech (N)       |                                                |                                                                             |                          |                                                |
| 24 hodin                                                   | 525                                  | 600                                            | 586                                                                         |                          |                                                |
| 3 dny                                                      | 635                                  | 633                                            | 565                                                                         |                          |                                                |
| Doba                                                       | pevnost v tlaku v kilonewtonech (kN) |                                                |                                                                             |                          |                                                |
| 6 hodin                                                    |                                      |                                                |                                                                             | 40                       | 48,8                                           |
| 7 dnů                                                      |                                      |                                                |                                                                             | 49,5                     | 54,8                                           |

Směsi s cementovým pojivem podle příkladů 1 až 5 byly připravovány mícháním suchých složek v běžném míchacím zařízení po dobu dvou minut a následným přidáním kapalných složek (pigmentů a vody) a dalším mícháním po dobu tří minut.

V příkladu 2 bylo 5% písku nahrazeno 5% drceného odpadového betonu se zrnitostí jako u vzorku 2 uvedeného v tabulce 3.

V příkladu 3 bylo 5% písku nahrazeno 5% drceného odpadového betonu se zrnitostí jako u vzorku 3 uvedeného v tabulce 3 a množství cementu bylo sníženo o 5% ve srovnání se složením směsi podle příkladů 1 a 2.

Složení směsi podle příkladu 5 bylo podobné jako u kontrolního příkladu 4 s výjimkou toho, že 2% písku byla nahrazena 2% drceného odpadového betonu.

#### Zkoušky pevnosti v tahu

Měření pevnosti v tahu za ohybu u tašek připravených podle příkladu 1, 2 a 3 byla prováděna po 24 hodinách a po 3 dnech v běžném prostředí laboratoře. Prováděné zkoušky byly podobné tříbodovým zatěžovacím zkouškám popsaným v normě 1990 BS4735550 pro tašky a dlaždice. Výsledky zkoušek pevnosti v tahu jsou také uvedeny v tabulce 6. Tyto zkoušky byly prováděny ve 24 hodinách bez předběžného ošetřování vodou a ve 3 dnech s předběžným ošetřováním vodou po dobu 24 hodin.

Výsledky zkoušek ukazují, že pevnost v tahu byla po 24 hodinách zvýšená u tašek obsahujících recyklovaný beton o 14,3%. Podobné zvýšení pevnosti bylo pozorováno u krytinových tašek z výchozího materiálu podobného složení, ale zpracovaného na různých výrobních zařízeních pro výrobu tašek. Zvýšení pevnosti se také objevilo u vzorků vyrobených podle příkladu 1 a podle příkladu 3 po 3 dnech.

Výsledky zkoušek tedy jednoznačně prokazují srovnáním pevností získaných u vzorku se složením podle příkladu 3, že zvýšení pevnosti o 14,3%, které bylo pozorováno u vzorků obsahujících přidáný recyklovaný beton, umožňuje snížit dávku cementu, používanou pro přípravu betonové směsi při zachování stále ještě vyhovujících pevnostních charakteristik u vyráběných krytinových tašek nebo dlaždic.

### Zkoušky pevnosti v tlaku

Měření pevnosti v tlaku u zkušebních vzorků, připravených ze směsi popsané v příkladech 4 a 5, bylo prováděno v běžných laboratorních podmínkách po 6 hodinách a vytvrzování při teplotě 60°C a potom po 7 dnech. Měření pevnosti v tlaku byla prováděna vystavením válcových zkušebních tělísek, připravených ze vzorků materiálu, zvýšenému tlaku až do rozdrčení, podobně jako je tomu u běžně známých zkušebních metod. Výsledky uvedené v tabulce 6 ukazují, že u betonové směsi, obsahující část kameniva ve formě drceného betonu, se při měřeních prováděných po 6 hodinách projevilo zvýšení pevnosti v tlaku o 22%.

### Příklady druhého výhodného provedení vynálezu

Betonová směs se složením podle příkladu 6 je kontrolní směsí a představuje typickou betonovou směs s cementovým pojivem, která je součástí stavu techniky.

Složení směsi, uvedené v příkladech 7 a 8, odpovídá druhému výhodnému provedení vynálezu a obsahuje nukleátor sestávající z rozdrčeného betonu s velikostí částic menší než 75  $\mu\text{m}$ . Zrnitost tohoto materiálu je uvedena v tabulce 4. Směs podle příkladu 9 obsahuje velmi jemné křemičitanové částice, jejichž velikost je rovněž menší než 75  $\mu\text{m}$ . Příklad 9 má umožnit srovnání vlastností materiálu vyrobeného ze směsi podle vynálezu s vlastnostmi směsi obsahující mikroskopické částice oxidu hlinitého. I když se nepředpokládá, že by jemné křemičité prachové částice působily ve směsi jako nukleátory, má tato přísada podobnou povrchovou plochu jako nukleátor ve směsi podle vynálezu.

Tabulka 7

| Složení<br>(% z celkového<br>množství)           | Příklad<br>6 | Příklad<br>7 | Příklad<br>8 | Příklad<br>9 |
|--------------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| písek                                            | 69           | 69           | 69           | 69           |
| cement                                           | 23           | 22,5         | 22           | 22           |
| voda                                             | 8            | 8            | 8            | 8            |
| drcený beton<br><75 $\mu$ m (jako u<br>vzorku 5) | -            | 0,5          | 0,9          | -            |
| silika prášek                                    | -            | -            | -            | 0,9          |

Betonové krytinové tašky byly připraveny ze směsi uvedené v příkladech 6 až 9. Použitým cementem byl portlandský cement od firmy Rugby Rochester Works a jemný písek byl získán z lomů nacházejících se v oblasti Kentu prosátím drtě a oddělením částic s velikostí zrn menší než 5 mm.

V Crokerově rotační bubnové míchačce byly nejprve promíseny tuhé složky směsi, do které byla potom přidána voda. Výsledná betonová směs byla potom dopravena do násypky běžného lisovacího stroje pro výrobu tašek válcovacím lisováním a vysouváním dohotovených prvků, kterým byly vyráběny rovinné tašky o rozměrech 450 x 200 x 12 mm v syrovém stavu.

Tašky nebo dlaždice v syrovém stavu se potom vytvrzovaly v komoře při teplotě 50°C a relativní vlhkosti 98% po dobu asi 6 hodin. Vytvrzené dlaždice a tašky se po této době odebraly z komory a uložily se v prostoru s teplotou kolem 20°C, dokud nebyly odebrány k provedení zkoušek.

#### Měření pevnosti v tahu za ohybu

Pevnost v tahu za ohybu se u dlaždic nebo krytinových tašek připravených ze směsi podle příkladů 6 až 9, popsaných v předchozí části popisu, měřila po 7 dnech a po 28 dnech ode dne výroby pomocí běžně používaných měřicích postupů a přístrojů. Výsledky měření pevnosti vzorků v tahu za ohybu jsou uvedeny v tabulce 8.

Tabulka 8

| Doba    | Pevnost v ohybu (MN/m <sup>2</sup> ) |           |           |           |
|---------|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
|         | Příklad 6                            | Příklad 7 | Příklad 8 | Příklad 9 |
| 6 hodin | 5,7                                  | 6,2       | 5,8       | 4,4       |
| 7 dnů   | 7,4                                  | 8,9       | 8,0       | 6,2       |
| 28 dnů  | 8,7                                  | 9,8       | 10,0      | 7,3       |

Z výsledků uvedených v tabulce 8 je možno seznat, že v příkladech 7 a 8 vyvolává přítomnost nukleátorů tvořených drceným odpadovým betonem s velikostí částic menší než 75 $\mu$ m zvýšení pevnosti v ohybu ve všech časových intervalech probíhajícího tvrdnutí v porovnání s taškami a dlaždicemi vyrobenými ze srovnávací směsi, popsané v příkladu 6.

Pevnost v tahu za ohybu je u dlaždic a krytinových tašek, připravených ze směsi podle příkladu 9, nižší než u kontrolních výrobků podle příkladu 6. To ukazuje, že ne všechny jemné prachové částice přísad se mohou chovat jako nukleátory v materiálu pro krytinové tašky, které by byly schopny zvýšit pevnost směsí s pojivem na bázi cementu při výrobě betonových krytinových tašek, přičemž zvýšení pevnosti pozorované u dlaždic a tašek vyrobených ze směsi podle vynálezu nemusí být dosaženo použitím jakéhokoliv materiálu, tvořeného částicemi s velikostí menší než 75  $\mu$ m.

#### Příklady třetího výhodného provedení vynálezu

Příklady 11 až 17 objasňují třetí výhodné provedení vynálezu. Příklad 10 obsahuje kontrolní směs, mající složení podobné směsím používaných v současné době.

Směsi podle příkladů 11 až 13 mají 6% kameniva (v porovnání s kontrolním vzorkem z příkladu 10) nahrazeno drceným odpadovým betonem, přičemž tento odpadový beton je rozdrcen na jemné částice o velikosti zrn uvedených u vzorku 6.

Ve směsích podle příkladů 14 až 16 bylo 6% kameniva, v porovnání s příkladem 10, nahrazeno drceným odpadovým betonem se zrnitostí částic uvedenou podrobněji u vzorku 7.

Směsi podle příkladů 17 až 19 mají v porovnání s příkladem 10 6% kameniva nahrazeno drceným odpadovým betonem, jehož zrnitost odpovídá zrnitosti vzorku 8.

V příkladech 11, 14 a 17 byly vyráběny experimentální dlaždice ze směsi s obsahem cementu sníženým o 1% hmotnostní oproti kontrolní směsi.

U příkladů 12, 15 a 18 byly experimentální dlaždice a tašky vyráběny ze směsi, ve které byl oproti kontrolní směsi obsah cementu snížen o 2%. Příklady 13, 16 a 19 se týkají výroby experimentálních dlaždic a tašek ze směsi, ve které byl obsah cementu snížen o 4% hmotnostní oproti kontrolní směsi.

Tabulka 9 Vývoj pevnosti a složení směsi pro výrobu tašek podle příkladů 10 až 19

| Příklad | Určení zrnitosti odpadového betonu (CWC) | Podíl jemných částic <75 mikronů (%) | Ekvivalent obsahu jemného CWC ve směsi (%) | Snížení obsahu cementu ve směsi (%) | Pevnost v tahu za ohybu |       |       |        |
|---------|------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|-------|-------|--------|
|         |                                          |                                      |                                            |                                     | 6 hodin                 | 1 den | 7 dnů | 28 dnů |
| 10      | kontrolní                                | -                                    | -                                          | -                                   | 5,78                    | 6,64  | 7,46  | 9,18   |
| 11      | vzorek 6                                 | 5                                    | 0,3                                        | 1                                   | 5,29                    | 6,40  | 7,33  | 8,14   |
| 12      | "                                        | 5                                    | 0,3                                        | 2                                   | 5,58                    | 7,52  | 7,95  | 9,78   |
| 13      | "                                        | 5                                    | 0,3                                        | 4                                   | 5,39                    | 7,19  | 8,44  | 9,16   |
| 14      | vzorek 7                                 | 10                                   | 0,6                                        | 1                                   | 5,32                    | 6,83  | 7,22  | 8,41   |
| 15      | "                                        | 10                                   | 0,6                                        | 2                                   | 6,05                    | 7,49  | 7,79  | 8,72   |
| 16      | "                                        | 10                                   | 0,6                                        | 4                                   | 5,23                    | 6,06  | 7,18  | 8,66   |
| 17      | vzorek 8                                 | 20                                   | 1,2                                        | 1                                   | 5,33                    | 6,46  | 6,77  | 7,96   |
| 18      | "                                        | 20                                   | 1,2                                        | 2                                   | 5,40                    | 7,13  | 7,61  | 8,66   |
| 19      | "                                        | 20                                   | 1,2                                        | 4                                   | 5,34                    | 6,95  | 7,76  | 8,25   |

Experimentální podmínky použité při výrobě dlaždic a tašek podle příkladů 10 až 19 jsou shrnuty v následujícím přehledu:

### Materiály

rychle tvrdnoucí portlandský cement Rugby Rochester  
písek ze Squerry  
drcené odpadové betonové dlaždice a tašky

### Zařízení

míchačka Croker  
laboratorní přístroj na výrobu dlaždic  
vytvrzovací tank  
skladovací komora s řízenou teplotou  
Zwickův zkušební přístroj

### Výroba tašek

Tašky byly vyráběny ze směsi s normovým poměrem kameniva k pojivu (3:1), přičemž směs obsahovala příměs drceného odpadového betonu a obsah cementu byl snížen.

### Vytvrzování

Tašky se vytvrzovaly ve vytvrzovací komoře při teplotě 50°C a relativní vlhkosti 98% po dobu 30 minut od vylisování. Vytvrzování bylo ukončeno po 6 hodinách, kdy byly tašky ručně odebrány z palet a přemístěny do skladovací a dozrávací komory, ve které byly uloženy při teplotě 25°C a 100% relativní vlhkosti, dokud nebyly odebrány ke zkouškám.

### Zkoušení

Pevnost v tahu za ohybu neporušených polovin tašek byla měřena na Zwickově měřicím přístroji. Pro všechny podmínky bylo zkoušeno nejméně pět tašek po 6 hodinách, po 24 hodinách, po 7 dnech a po 28 dnech.

Výsledky zkoušek pevnosti v tahu za ohybu jsou uvedeny v tabulce 9.

Souhrnně lze konstatovat, že výsledky zkoušek ukazují, že na pevnost v tahu za ohybu u tašek vyrobených ze směsi se složením podle příkladů 11 až 19 nemá v porovnání s kontrol-

ním složením podle příkladu 10 negativní vliv snížení procentového obsahu cementu.

Výsledky ukazují, že ve všech případech byly bez ohledu na zrnitost drceného odpadového betonu dosaženy nejlepší pevnosti u tašek vyrobených ze směsi se složením majícím podíl cementu snížen o 2% hmotnostní, to znamená ze směsi podle příkladů 12, 15 a 18.

Pevnosti tašek vyrobených ze směsi s podílem cementu sníženým o 4%, to znamená podle příkladů 13, 16 a 19, byly obecně nižší než u tašek vyrobených ze směsi s redukcí obsahu cementu jen o 2% hmotnostní, to znamená podle příkladů 12, 15 a 18, ovšem pevnosti tašek se čtyřprocentním snížením obsahu cementu byly stále ještě vyšší než u tašek se sníženým obsahem cementu o 1%, to znamená podle příkladů 11, 14 a 17.

Obecný trend těchto výsledků ukazuje, že je výhodné použití drceného recyklovaného betonu, který obsahuje v hmotnostním množství 4,5% až 10% materiálu s velikostí částic v průměru menší než 0,075 mm.

Je třeba zdůraznit, že vynález umožňuje použití písku s méně kvalitní zrnitostí a z toho důvodu také levnějšího pro výrobu krytinových tašek s dostatečnou pevností, jestliže je k tomuto písku dodána drť z odpadového betonu se zrnitostí a v množství podle vynálezu.

## P A T E N T O V É      N Á R O K Y

1. Betonová směs pro výrobu betonových krytinových tašek se zlepšenými manipulačními vlastnostmi, v y z n a č u j í - c í s e t í m , že obsahuje cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 1 až 20% kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

2. Betonová směs pro výrobu betonových krytinových tašek se zlepšenými manipulačními vlastnostmi, v y z n a č u j í - c í s e t í m , že obsahuje cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 0,1 až 10% kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

3. Betonová směs pro výrobu betonových krytinových tašek se zlepšenými manipulačními vlastnostmi, v y z n a č u j í - c í s e t í m , že obsahuje cementový materiál v hmotnostním množství do 30% celkové hmotnosti suchých složek směsi a kamenivo v hmotnostním množství nejméně 70% celkové hmotnosti suchých složek směsi, přičemž 0,1 až 20% kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

4. Betonová směs podle nároku 1, 2 nebo 3, v y z n a č u j í c í s e t í m , že 1 až 5% hmotnostních kameniva obsahuje drcený odpadový beton.

5. Betonová směs podle nejméně jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton obsahuje nukleátor.

6. Betonová směs podle nároku 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že nukleátorem je drcený odpadový beton.

7. Betonová směs podle nároku 6, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton obsahuje frakce s velikostí částic menší než 0,075 mm.

8. Betonová směs podle nároku 7, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton obsahuje frakce mající částice s velikostí mezi 0,03 a 0,06 mm.

9. Betonová směs podle nároku 8, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton obsahuje frakce mající částice s velikostí mezi 0,045 a 0,053 mm.

10. Betonová směs podle nejméně jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton má zrnitost, při které 100% drtě propadne sítem s velikostí ok 5,0 mm, 98 až 100% propadne sítem s oky 3,35 mm, 89 až 99% propadne sítem s oky 2,36 mm, 64 až 95% propadne sítem s oky 1,18 mm, 48 až 83% propadne sítem s oky 0,60 mm, 22 až 51% propadne sítem s oky 0,30 mm a 11 až 25% propadne sítem s oky 0,15 mm.

11. Betonová směs podle nejméně jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton má zrnitost, při které 100% drtě propadne sítem s velikostí ok 5,0 mm, 99 až 100% propadne sítem s oky 3,35 mm, 97 až 99% propadne sítem s oky 2,36 mm, 89 až 95% propadne sítem s oky 1,18 mm, 72 až 83% propadne sítem s oky 0,60 mm, 36 až 51% propadne sítem s oky 0,30 mm a 13 až 25% drtě propadne sítem s oky 0,15 mm.

12. Betonová směs podle nejméně jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton

má zrnitost, při které 100% drtě propadne sítem s velikostí ok 4,75 mm, 95 až 97% propadne sítem s oky 3,35 mm, 87 až 90% propadne sítem s oky 2,36 mm, 67 až 71% propadne sítem s oky 1,18 mm, 47 až 49% propadne sítem s oky 0,60 mm, 12 až 24% propadne sítem s oky 0,15 mm a 4,5 až 20% drtě propadne sítem s oky 0,075 mm.

13. Betonová směs podle nejméně jednoho z nároků 1 až 4, v y z n a č u j í c í s e t í m , že drcený odpadový beton má zrnitost, při které 100% drtě propadne sítem s velikostí ok 4,75 mm, 96 až 97% propadne sítem s oky 3,35 mm, 88 až 90% propadne sítem s oky 2,36 mm, 67 až 71% propadne sítem s oky 1,18 mm, 45 až 49% propadne sítem s oky 0,60 mm, 12 až 15% propadne sítem s oky 0,15 mm a 4,5 až 10% drtě propadne sítem s oky 0,075 mm.

14. Betonová směs podle nároku 5, v y z n a č u j í c í s e t í m , že má vlhkost v rozsahu od 7,5 do 10% hmotnosti suchých složek obsažených ve směsi.

15. Betonová směs podle nároku 14, v y z n a č u j í c í s e t í m , že má vlhkost v rozsahu od 8 do 9,5% hmotnosti suchých složek obsažených ve směsi.