ČESKOSLOVENSKÁ SOCIALISTICKÁ REPUBLIKA
(19)

ÚŘAD PRO VYNÁLEZY A OBJEVY

POPIS VYNÁLEZU K AUTORSKÉMU OSVĚDČENÍ

254525
(11) (B1)

(51) Int. Cl.[4]
C 04 B 7/14,
C 04 B 7/147

(22) Přihlášeno 07 04 86
(21) PV 2489-86.S

(40) Zveřejněno 14 05 87
(45) Vydáno 15 09 88

(75)
Autor vynálezu
BRANDŠTETR JIŘÍ doc. ing. CSc., VAŘÍLEK RUDOLF ing.,
GROLIG ROMAN ing., KÜHNEL EGON, BRNO

(54) Struskoalkalická betonová směs

U struskoalkalické betonové směsi je uplatněn ekonomicky významný poznatek aplikace odpadního slévárenského písku a případné částečné náhrady kameniva struskou při zachování velmi dobrých vlastností výsledných struskoalkalických betonových výrobků, prostých cementu. Konkrétní receptury umožňují širokou aplikaci směsí, kterou je možno produkovat i přímo v rámci slévárenských provozů, kde jsou s odpadními slévárenskými písky značné problémy.

Vynález se týká struskoalkalické betonové směsi na bázi mleté strusky, s výhodou vysokopecní granulované, roztoku či suspenze zásaditě reagující sloučeniny alkalického kovu nebo kovů alkalických zemin, případně jejich směsí, a kameniva.

Vedle betonových směsí s portlandským cementem jako pojivem jsou známy takzvané struskoalkalické betonové směsi, k jejichž výrobě se používá směsi jemně mleté vysokopecní strusky, alkalické složky, např. hydroxidu sodného nebo vodního skla a kameniva, tj. písku a štěrku, popřípadě drtí.

Struskoalkalické betony vykazují některé velmi výhodné užitné vlastnosti, v odborné literatuře je dokumentována jejich stálost po dobu přesahující 15 let. Masovému uplatnění těchto betonů brání v současnosti mj. nedostatek mleté strusky a zejména pak vhodných alkalických sloučenin, v prvé řadě uhličitanu, hydroxidu či křemičitanu sodného.

Vzrůstající nedostatek surovin a energie se ve stavebnictví projevuje tak, že se šetří energeticky náročný cement a současně kvalitní kamenivo, kterého začíná být nedostatek, zejména dobrých štěrkopísků. Rostou náklady na jejich těžbu a přepravu, což má nepříznivé ekonomické důsledky. Naproti tomu řada průmyslových podniků produkuje při svém výrobním procesu velká množství tuhých odpadů, které by neměly být pouze deponovány či likvidovány, nýbrž znovu používány jako tzv. druhotné suroviny.

Tak např. slévárny při výrobním procesu produkují značná množství různých odpadů, každého řádově v desítkách až stovkách tun denně. Tyto odpady jsou často velmi nákladně skladovány či likvidovány s negativním vlivem na životní prostředí. Jde zejména o odpadní slévárenské písky, slévárenskou strusku, případně kaly z odsávaného prachu.

Pro výrobu slévárenských formovacích směsí se používá písků určité jakosti, kterých začíná být nedostatek. Nejčastější přísadou do těchto směsí je alkalická složka - roztok vodního skla, působící v podstatě jako vzdušná maltovina; jeho obsah ve směsi nesmí překročit jistou horní mez. I když se v některých slévárenských závodech navrhuje používání směsí vícekrát, vždy po jistém dalším přídavku vodního skla, dospěje se nakonec k takové směsi, která již svým vysokým obsahem alkálií nevyhovuje. Odstraňování alkálií vypíráním se prakticky neprovádí, jde o nesnadno realizovatelný, nákladný proces, při kterém vznikají problémy s odpadními vodami.

Obsah alkálií případně práškového uhlí činí tyto materiály nepoužitelné jakožto kameniva pro přípravu klasických betonů s portlandským cementem, avšak pro přípravu struskoalkalických betonů je právě vyšší obsah alkálií příznivý.

Jiný způsob přípravy formovacích směsí je založen na použití organických tvrdidel, které nezřídka obsahují zdraví škodlivé organické látky, například fenoly, takže jejich likvidace či uskladňování naráží na technické i hygienické problémy a činí potíže péči o životní prostředí.

V četných slévárnách se proto hromadí použité písky, které jsou často poskytovány bezplatně, aby se nemusela zakládat nová složiště, často zabírající zemědělskou půdu. Ekonomicky výhodné možnosti využití použitých odpadních slévárenských písků ve velkém prozatím chybí. Dalším odpadem jsou ocelářské či slévárenské strusky, jež se nyní v převážné většině odvážejí na skládky; jen malá část se uplatní v zemědělství.

Tyto strusky v granulované formě o zrnitosti zpravidla do 5 mm mají reaktivní povrch a jsou velmi tvrdé, takže mohou sloužit jako vhodné kamenivo v betonových směsích.

Další vhodnou surovinou do maltovinových směsí jsou popílky vzniklé spalováním tuhých paliv v elektrárnách či teplárnách, které jsou k dispozici v mnohonásobně větším množství než stavebnictví může využít a způsobují vážné ekologické problémy.

V některých slévárnách se jako technologický odpad vyskytují kaly z odsávání prachových částic, které se zahušťují v sedimentačních nádržích a rovněž vyvážejí na skládky.

Vynález si klade za cíl vytvořit takovou struskoalkalickou betonovou směs, která umožní výrazně omezit nebo v některých případech i vyloučit použití nákladného kvalitního kameniva, tj. štěrkopísků, popřípadě drtí, jejich náhradou uvedenými odpadními slévárenskými písky, případně použít i jiný typ granulované či krystalické strusky a popílek ze spalování tuhých paliv.

Podstata vynálezu spočívá v tom, že betonová směs obsahuje vztaženo na 1 m^3 zatvrdlého betonu od 200 do 700 kg mleté vysokopecní strusky o měrném povrchu od 250 do 700 m^2/kg, od 200 do 1 800 kg odpadního slévárenského písku, do 250 kg vody, do 1 200 kg drtě nebo jiného kameniva, od 52 do 420 kg roztoku hydroxidu, křemičitanu, uhličitanu sodného či draselného o hustotě 1,05 až 1,40 g/cm^3, a/nebo vodní suspenze vápenného hydrátu nebo karbidového vápna, přičemž obsah oxidů Na_2O, draslíku K_2O a vápníku CaO v betonové směsi činí 2 až 30 % hmotnosti mleté strusky.

Dalším význakem je, že roztok křemičitanu je tvořen vodním sklem sodným a/nebo draselným o silikátovém modulu 0,5 až 3,5 a hustotě 1,05 až 1,4 g/cm^3.

Podle vynálezu se množství až do 1 200 kg drtě nebo jiného kameniva nahradí alespoň granulovanou neupravovanou vysokopecní, slévárenskou nebo ocelářskou struskou a/nebo popílkem z tuhých paliv, jehož maximální množství vzhledem k obsahu mleté strusky činí 20 % hmotnostních.

Uvedená směs řeší zhodnocení zmíněných slévárenských druhotných surovin jejich zpracováním do struskoalkalických betonů, takže např. v rámci slévárenského závodu se dosáhne takřka bezodpadového hospodaření, což je žádoucí a mnohdy nezbytné z ekologických důvodů.

Připravené betony vykazují jakožto běžné betony pevnosti v tlaku od 5 do 50 MPa i jako speciální betony vysoké pevnosti až 120 MPa. Pevnosti v tahu za ohybu dosahují přibližně 10 % pevnosti v tlaku. Struskoalkalické betony ze směsí vyrobených podle vynálezu lze použít v různých oborech stavebnictví, zejména v prefabrikaci.

Značnou výhodou struskoalkalických betonů je možnost použití odpadních slévárenských písků i s jistým podílem hlinitých, prachových či organických součástí, které nelze použít pro přípravu běžných betonů na bázi portlandského cementu. Pro přípravu struskoalkalické betonové směsi na výrobu 1 m^3 hotového betonu se použije:

- mletá vysokopecní struska o měrném povrchu 250 až 700 m^2/kg v množství od 200 do 700 kg;
- odpadní slévárenský písek o velikosti zrn až do 1 mm v množství od 200 do 1 800 kg;
- do 1 200 kg drtě 4 až 22 mm nebo jiného kameniva;
- roztok křemičitanu, například vodní sklo sodné nebo draselné o silikátovém modulu 0,5 až 3,5 a o hustotě 1,05 až 1,4 g/cm^3 v množství 52 do 420 kg, popř. roztok hydroxidu sodného a/nebo draselného o hustotě 1,05 až 1,4 g/cm^3;
  Jakožto alkalického roztoku lze úspěšně použít odpadních roztoků hydroxidu sodného, např. ze závodů potravinářského průmyslu. U směsí s nejobvyklejším obsahem 350 až 550 kg mleté strusky na 1 m^3 utuhlého betonu se obsah vody či roztoku pohybuje nejčastěji v rozmezí od 120 do 180 litrů. Větší množství vody zpomaluje tuhnutí, současně způsobuje i nižší pevnosti;
- a/nebo vodní suspenze vápenného hydrátu, s výhodou odpadního karbidového vápna, přičemž suma obsahu oxidů NaO, draslíku K_2O a vápníku CaO a betonové směsi činí 2 až 30 % hmotnosti obsahu mleté strusky;
- záměsová voda v množství do 250 kg, přičemž při použití kalů karbidového vápna se ve výpočtu uvažuje i voda obsažená v kalu a voda obsažená v kamenivu;
- struska granulovaná o velikosti zrn do 20 mm, např. jako odpad provozu sléváren či oceláren, v množství do 1 200 kg;

- případná granulovaná drť, štěrkopísek či jiné kamenivo do množství 1 200 kg;
- popílek ze spalování tuhých paliv, nejčastěji elektrárenský, popř. teplárenský, jehož ztráta žíháním dosahuje maximálně 7 %, v množství maximálně do 20 % hmotností použité mleté strusky, s výhodou s vyšším obsahem CaO;
- rovněž lze použít do 50 kg kalů z odsávaného prachu pracovních prostor sléváren.

Příklady směsi podle vynálezu jsou uvedeny v následujících uvedených příkladech, obsahujících složení směsi na 1 m^3 hotového betonu v kg, přičemž dosažené hmotnosti 1 m^3 hotového betonu se pohybují v mezích od 1 790 do 2 500 kg.

Ve všech uvedených příkladech je jako alkalického roztoku použito roztoku sodného vodního skla o silikátovém modulu 1,33 a hustotě 1,26 g/cm^3.

U příkladů 1 až 6 je použito proteplování, u příkladů 7 až 15 normálního zrání a vlhkého uložení.

Uvedenými dosaženými pevnostmi se rozumí pevnosti v tlaku.

P ř í k l a d 1

mletá struska, 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	1 584 kg
granulovaná struska 0-16 mm	96 kg
voda	140 kg

dosažené pevnosti za 7 dnů 25 MPa,
za 28 dnů 30 MPa.

P ř í k l a d 2

mletá struska 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	560 kg
granulovaná struska 0-16 mm	30 kg
vysívka	540 kg
drť 4-16 mm	550 kg
voda	80 kg

dosažená pevnost za 7 dnů 30 MPa,
za 28 dnů 33 MPa.

P ř í k l a d 3

mletá struska 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	560 kg
granulovaná struska 7-16 mm	30 kg
drť 4-16 mm	1 090 kg
voda	80 kg

dosažená pevnost za 7 dnů 36 MPa,
za 28 dnů 36 MPa.

P ř í k l a d 4

mletá struska 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	560 kg

drť 4-16 mm	1 120 kg
voda	80 kg
dosažená pevnost za 7 dnů 35 MPa,	
za 28 dnů 36 MPa.	

P ř í k l a d 5

mletá struska 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	1 120 kg
voda	80 kg
drť 4-16 mm	560 kg
dosažená pevnost za 7 dnů 30 MPa,	
za 28 dnů 32 MPa.	

P ř í k l a d 6

mletá struska 280 m^2/kg	640 kg
alkalický roztok	227 kg
slévárenský písek	1 090 kg
granulovaná struska 0-16 mm	30 kg
voda	80 kg
drť 4-16 mm	560 kg
dosažená pevnost za 7 dnů 35 MPa,	
za 28 dnů 38 MPa.	

P ř í k l a d 7

mletá struska 307 m^2/kg	479 kg
slévárenský písek (s obsahem 2 % uhlí)	958 kg
karbidové vápno (kaše s obsahem 51 % vody)	328 kg
voda	183 kg
dosažená pevnost za 7 dnů 1,5 MPa	
za 28 dnů 4,9 MPa	
objemová hmotnost 1 950 kg/m^3	

P ř í k l a d 8

mletá struska 307 m^2/kg	270 kg
slévárenský písek	720 kg
těžený písek 0 až 4 mm	360 kg
vápenatý hydrát	130 kg
voda	275 kg
hydroxid sodný	19 kg
dosažená pevnost za 3 dny 3,62 MPa	
za 28 dnů 6,40 MPa	
objemová hmotnost 1 789 kg/m^3	

P ř í k l a d 9

mletá struska 307 m^2/kg	279 kg
slévárenský písek	744 kg
těžený písek 0 až 4 mm	372 kg
vápenatý hydrát	135 kg
voda	279 kg
hydroxid draselný	23 kg

dosažená pevnost za 3 dny 1,94 MPa
za 28 dnů 7,60 MPa
objemová hmotnost 1 832 kg/m^3

P ř í k l a d 10

mletá struska 307 m^2/kg	589 kg
slévárenský písek	589 kg
drť 8 až 16 mm	589 kg
karbidové vápno (kaše s obsahem 51 % vody)	196 kg
hydroxid draselný (10% roztok)	216 kg

dosažená pevnost za 7 dnů 5,2 MPa
za 28 dnů 11,2 MPa
objemová hmotnost 2 175 kg/m^3

P ř í k l a d 11

mletá struska 307 m^2/kg	365 kg
slévárenský písek	468 kg
drť 8 až 16 mm	972 kg
popílek elektrárenský	36 kg
roztok hydroxidu sodného	53 kg
karbidové vápno (kaše s obsahem 52 % vody)	121 kg
voda	194 kg

dosažená pevnost za 1 den 1,8 MPa
za 7 dnů 9,3 MPa
za 28 dnů 22,3 MPa
objemová hmotnost 2 227 kg/m^3

P ř í k l a d 12

struska mletá 307 m^2/kg	640 kg
struska slévárenská	640 kg
slévárenský písek	640 kg
popílek elektrárenský	57 kg
roztok hydroxidu sodného (10%)	83 kg
alkalický roztok	217 kg

dosažená pevnost za 7 dnů 24,8 MPa
za 28 dnů 33,7 MPa
objemová hmotnost 2 280 kg/m^3

P ř í k l a d 13

struska mletá 280 m^2/kg	440 kg
slévárenský písek	1 320 kg
úlety z výroby ferosilicia	40 kg
hydroxid draselný	48 kg
voda	208 kg

dosažená pevnost za 1 den 20,1 MPa
za 60 dnů 32,2 MPa
objemová hmotnost 2 055 kg/m^3

P ř í k l a d 14

struska mletá 280 m^2/kg	445 kg
slévárenský písek	1 335 kg

úlety z výroby ferosilicia 89 kg
hydroxid draselný 29 kg
voda 200 kg
metylsilanolát sodný (plastifikátor) 5 kg
dosažená pevnost za 1 den 14,5 MPa
za 180 dnů 35,6 MPa
objemová hmotnost 2 087 kg/m^3

P ř í k l a d 15

struska mletá 307 m^2/kg 600 kg
slévárenský písek (s obsahem 2 % uhlí) 600 kg
těžený písek 0 až 4 mm 300 kg
drť 8 až 16 mm 600 kg
popílek elektrárenský 30 kg
roztok hydroxidu sodného 4 kg
alkalický roztok 245 kg
voda 42 kg
dosažená pevnost za 1 den 2,5 MPa
za 7 dnů 19,2 MPa
za 28 dnů 56,7 MPa
objemová hmotnost 2 421 kg/m^3

Moduly pružnosti vzorků vyrobených z uvedených směsí a průběhy jejich deformace při zatížení jsou prakticky shodné s hodnotami dosaženými u výrobků z normálních cementových betonů.

Podle potřeby se mohou přidávat i přísady upravující některé vlastnosti směsí, např. retardéry tuhnutí, plastifikátory, vodotěsnicí, provzdušňovací či odpěňující přísady apod. Vzhledem k odlišnosti charakteru struskoalkalických betonů je nutno druh a množství příslušné přísady předem odzkoušet.

Způsob podle vynálezu lze realizovat se strojním zařízením běžných mísíren na míchačkách mobilních i stacionárních doplněných o hospodářství alkalického roztoku či vápenné suspenze; toto bývá zpravidla součástí každé slévárny.

Doba mísení je dána typem míchačky a je totožná s dobou smíchání betonových směsí na bázi portlandských cementů. Přepravu takto namíchaných směsí lze zajišťovat běžnými způsoby - kontejnery, multikárami, automobily, domíchávači, podvěsnými drážkami, korbovými vozy, pásovými dopravníky atd. Použití dopravy směsi v trubních rozvodech není vhodné. Struskoalkalické betonové směsi se zpracovávají nejlépe do 30 minut od přípravy za použití běžných betonářských technologií používaných na stavbách nebo v prefabrikaci. Přídavkem vhodných retardérů lze počátek tuhnutí prakticky libovolně oddálit.

Pro využití přímo ve slévárnách, tj. pro místní zpracování popsaných slévárenských odpadů, nejlépe vyhovuje zejména zpracování formou jednoduché prefabrikace, tj. pro výrobu jednoduchých betonových výrobků v sortimentu betonového zboží, jako např. dlaždice, obrubníky, meliorační prvky, žlaby atd., dále pak jednoduché stavební dílce, jako např, silniční panely, kultivační panely, plotní dílce, stožárové patky aj. Tyto výrobky lze vyrábět v uzavřených a polouzavřených formách, svlékacích rámech, při použití zhutňování pomocí vibrace přiložené, ponořené, pomocí vibračních jader a vibračních stolů, pneumatickou vibrací, lisováním, obecně všemi známými způsoby zhutňování.

Výrobky lze vyrábět na rovných plochách, ocelových podložkách, jako součásti jednoduchých linek s použitím jeřábové dopravy nebo jiných zdvihacích zařízení pro přepravu výrobků. Tuhnutí a tvrdnutí je možno ponechat procesu volného zrání nebo urychlovat proteplováním, které lze použít při nutnosti zvýšení obrátkovosti forem nebo podložek. Jako separátor se jeví jako

nejvhodnější polypropylenový olej; četné separátory běžné při použití směsí s portlandským cementem jsou u struskoalkalických betonů málo účinné vzhledem k vyšší alkalitě těchto směsí.

Před proteplováním je nezbytné vhodné odležení směsi při teplotách do 30 °C po dobu 2 až 24 hodin. Optimální režim proteplování je dosažení ohřevu maximálně 80 °C ve hmotě při režimu: 2 hodiny náběh teploty, 4 až 8 hodin teplotní výdrž, 2 hodiny chladnutí. Pro proteplování lze využít s výhodou i odpadní teplo sléváren. Po ukončení procesu urychlování tvrdnutí betonu lze s výrobky bezpečně manipulovat při dosažení pevnosti v tlaku cca 25 až 30 MPa. Při volném zrání, tj. při přirozeném procesu tuhnutí a tvrdnutí, jsou u těchže směsí dosahovány uvedené pevnosti po 4 až 21 dnech. Při použití karbidového vápna se propařování nedoporučuje.

U betonů tvrdnoucích normálním zráním je důležitý i způsob ošetřování; příznivě na vývoj pevností působí teploty od 20 do 35 °C a dále přítomnost optimálního množství vody ve směsi, takže většinou je žádoucí tvrdnoucí beton vlhčit. Vzhledem k obsahu roztoku alkalické sloučeniny lze betonovat i za mrazu.

Při použití místních odpadních surovin lze použít receptury s množstvími složek vymezených podle vynálezu podle předem provedených zkoušek.

Využití směsi podle vynálezu se neomezuje na její výrobu pouze v rámci slévárenských provozů, tj. přímo u zdroje uvedených odpadů, i když se to jeví z hlediska nákladů jako zvlášť výhodné, případně jen při výrobě betonových dílů či prvků. Směsi jsou použitelné i pro konstrukční betony, např. levnější s karbidovým vápnem o pevnostech v tlaku 8 až 20 MPa pro výrobu podlah průmyslových hal, chodníků, parkovišť, odstavných ploch, v silničním stavitelství apod.

P Ř E D M Ě T V Y N Á L E Z U

1. Struskoalkalická betonová směs na bázi mleté strusky, s výhodou vysokopecní granulované, roztoku či suspenze zásaditě reagující sloučeniny alkalického kovu nebo kovu alkalických zemin, případně jejich směsí, a kameniva, vyznačená tím, že obsahuje vztaženo na 1 m^3 zatvrdlého betonu, od 200 do 700 kg mleté vysokopecní strusky o měrném povrchu od 250 do 700 m^2/kg, od 200 do 1 800 kg odpadního slévárenského písku, do 250 kg vody, do 1 200 kg drtě nebo jiného kameniva, od 52 do 420 kg roztoku hydroxidu, křemičitanu, uhličitanu sodného či draselného o hustotě 1,05 až 1,4 g/cm^3, a/nebo vodní suspenze vápenného hydrátu nebo karbidového vápna, přičemž obsah oxidů sodíku Na_2O, draslíku K_2O a vápníku CaO v betonové směsi činí 2 až 30 % hmotnosti obsahu mleté strusky.

2. Struskoalkalická betonová směs podle bodu 1, vyznačená tím, že roztok křemičitanu je tvořen vodním sklem sodným a/nebo draselným o silikátovém modulu 0,5 až 3,5 a hustotě 1,05 až 1,4 g/cm^3.

3. Struskoalkalická betonová směs podle bodu 1, vyznačená tím, že množství až do 1 200 kg drtě nebo jiného kameniva se nahradí alespoň zčásti granulovanou neupravovanou vysokopecní, slévárenskou nebo ocelářskou struskou a/nebo popílkem z tuhých paliv, jehož maximální množství vzhledem k obsahu mleté strusky činí 20 % hmotnostních.

Severografia, n. p., MOST

Cena 2,40 Kčs