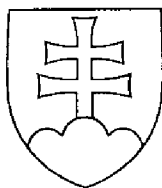


SLOVENSKÁ REPUBLIKA

(19) **SK**



ÚRAD
PRIEMYSELNÉHO
VLASTNÍCTVA
SLOVENSKEJ REPUBLIKY

PATENTOVÝ SPIS

- (21) Číslo prihlášky: **50010-2015**
(22) Dátum podania prihlášky: **5. 12. 2013**
(31) Číslo prioritnej prihlášky: **PV 2012-903**
(32) Dátum podania prioritnej prihlášky: **17. 12. 2012**
(33) Krajina alebo regionálna organizácia priority: **CZ**
(40) Dátum zverejnenia prihlášky: **4. 8. 2015**
Vestník ÚPV SR č.: **08/2015**
(45) Dátum oznámenia o udelení patentu: **1. 10. 2018**
Vestník ÚPV SR č.: **10/2018**
(47) Dátum sprístupnenia patentu verejnosti: **3. 8. 2018**
(62) Číslo pôvodnej prihlášky v prípade vylúčenej prihlášky:
(67) Číslo pôvodnej prihlášky úžitkového vzoru v prípade odbočenia:
(86) Číslo podania medzinárodnej prihlášky podľa PCT: **PCT/CZ2013/000161**
(87) Číslo zverejnenia medzinárodnej prihlášky podľa PCT: **WO2014/094692**
(96) Číslo podania európskej patentovej prihlášky:

(11) Číslo dokumentu:

288599

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl. (2018.01):

C04B 28/00
C04B 14/00

(73) Majiteľ: **České vysoké učení technické v Praze - fakulta stavební, Praha, CZ;**

(72) Pôvodca: **Fládr Josef, Ing., Chlumčany, CZ;**
Vodička Jan, doc. Ing., CSc., Praha, CZ;
Kohoutková Alena, prof. Ing., CSc., Praha, CZ;
Broukalová Iva, Ing. Ph.D., Praha, CZ;

(74) Zástupca: **Holoubková Mária, Ing., Bratislava, SK;**

(54) Názov: **Drôtobetón s ultravysokými pevnosťami**

(57) Anotácia:
Drôtobetón s ultravysokými pevnosťami s cementovou maticou obsahuje portlandský cement (CEM I podľa EN 197-1), čadičové kamenivo, dva typy kovových vlákien, prímеси a prísady. Percentuálne zastúpenie prímеси je v rozmedzí 5 až 15 % objemu vyrábaného drôtobetónu. Prísady sú v množstve potrebnom na dosiahnutie požadovanej spracovateľnosti podľa EN 12350-5 a EN 206 požadovanej pre konkrétnu aplikáciu. Pre obvyklý stupeň rozliatia S3 je hmotnostná dávka superplastifikátora v rozmedzí 15 až 30 kg/m³. V cementovej matici je 600 až 1000 kg/m³ portlandského cementu, čadičové kamenivo je zložené z troch frakcií, a to z frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16, ktorých celková hmotnostná dávka je v rozmedzí 1500 až 2000 kg/m³. Hmotnostný pomer frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16 je v rozsahu od 1 : 1 : 2 do 1 : 1,1 : 2,3. Vodný súčiniteľ je v rozmedzí 0,16 až 0,25. Kovové vlákna sú tvorené dvoma typmi vlákien rovnomerne rozptýlenými v objeme stvrdnutého drôtobetónu. Prvý typ kovových vlákien má obdĺžnikový prierez so šírkou v rozmedzí 0,2 až 0,5 mm, s výškou v rozmedzí 1,5 až 2,0 mm a s dĺžkou v rozmedzí 25 až 35 mm s ťahovou pevnosťou 350 až 450 MPa. Druhý typ kovových vlákien má kruhový prierez s priemerom v rozmedzí 0,08 až 0,12 mm, ich dĺžka je v rozmedzí 8 až 15 mm a ich ťahová pevnosť je väčšia

než 2000 MPa. Súčtová hmotnosť oboch typov kovových vlákien leží v rozmedzí 100 až 280 kg/m³.

SK 288599 B6

Oblasť techniky

Predkladané riešenie týkajúce sa novej skladby drôtobetónu s ultravysokými pevnosťami patrí do oblasti kompozitných materiálov s cementovou matricou, pri ktorých sa dosahujú ultravysoké charakteristické pevnosti v tlaku, vyššie než 120 MPa.

Doterajší stav techniky

Rozvoj drôtobetónových kompozitov s cementovou matricou vedie v súčasnosti k betónom označovaným ako HPC alebo UHPC, teda vysokohodnotné a ultravysokohodnotné betóny, ktoré sa vyznačujú predovšetkým vysokými priemernými pevnosťami v tlaku, a to okolo 200 MPa. Všetko je založené na dosiahnutí plnosti štruktúry kompozitu, čo sa dosahuje hmotnostnými dávkami cementu $600 - 1000 \text{ kg/m}^3$, minimálnymi vodnými súčinitelmi (0,16 – 0,25; vodný súčiniteľ je pomer hmotnosti vody ku hmotnosti cementu v 1 m^3 betónu) a ďalej jedným typom drôťkov s dĺžkou 8 – 12 mm pri hmotnostnej dávke $100 - 300 \text{ kg/m}^3$. Na to je nevyhnutné použitie špeciálnych prísad a prímies. Kamenivo, ako nevyhnutná zložka kompozitu, sa používa vo frakciách s veľkosťou maximálneho zrna 2 alebo 4 mm. Hlavnou nevýhodou tohto riešenia je výrazné sadnutie kovových drôťkov k spodnému povrchu vyrábaného prvku. K tomuto efektu dochádza z toho dôvodu, lebo oceľové vlákna sa nemôžu zachytiť za väčšie zrná kameniva 8 alebo 16 mm. Tým dochádza k výraznej nehomogenite materiálu, a tým aj k zhoršeniu vlastností drôtobetónu.

Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody odstraňuje drôtobetón s ultravysokými pevnosťami s cementovou matricou, obsahujúci portlandský cement (CEM I podľa EN 197-1), čadičové kamenivo, dva typy kovových vlákien, prímies a prísady.

Podstatou nového riešenia je, že cementová matrica obsahuje 600 až 1000 kg/m^3 portlandského cementu, čadičové kamenivo je zložené z troch frakcií, a to z frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16, vodný súčiniteľ (pomer hmotnosti vody ku hmotnosti cementu v 1 m^3 betónu) je v rozmedzí 0,16 až 0,25 a v objeme stvrdnutého drôtobetónu sú rovnomerne rozptýlené dva typy kovových vlákien. Celková hmotnostná dávka frakcií čadičového kameniva je v rozmedzí 1500 až 2000 kg/m^3 a skladá sa z frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16. Čo sa týka kovových vlákien, prvý typ kovových vlákien má obdĺžnikový prierez so šírkou v rozmedzí 0,2 až 0,5 mm, s výškou v rozmedzí 1,5 až 2,0 mm a ich dĺžka leží v rozmedzí 25 až 35 mm. Ťahová pevnosť prvého typu kovových vlákien je 350 až 450 MPa. Druhý typ kovových vlákien má kruhový prierez s priemerom v rozmedzí 0,08 až 0,12 mm, ich dĺžka je v rozmedzí 8 až 15 mm a ich ťahová pevnosť je väčšia než 2000 MPa. Súčtová hmotnosť oboch typov kovových vlákien leží v rozmedzí 100 až 280 kg/m^3 . Prísady sú pridávané v množstve potrebnom na dosiahnutie požadovanej spracovateľnosti. Spracovateľnosť sa určí podľa EN 12350-5 a EN 206.

Zásluhou použitia hrubého kameniva so zrnami s veľkosťou až 16 mm a dvoch rôznych druhov drôťkov v zmesi dochádza k eliminácii problému s nehomogenitou zmesi.

Prvý typ drôťkov zaisťuje homogenitu zmesi drôtobetónu tým, že bráni sadaniu druhého typu drôťkov ku dnu formy. Druhý typ drôťkov zvyšuje pevnosť betónu (v tlaku, v ťahu a v ťahu za ohybu). Ultravysoká pevnosť betónu nemôže byť dosiahnutá bez druhého typu drôťkov, zatiaľ čo prvý typ je nevyhnutný na dosiahnutie homogenity zmesi.

Hmotnostný pomer prvého a druhého typu kovových vlákien je výhodne v rozmedzí 0,5 : 1,5 až 1,5 : 0,5.

Veľmi výhodné je, ak sú kovové vlákna získavané z odpadu. Prvý typ kovových vlákien je výhodne vyrobený z odpadových kovových pásikov a druhý typ kovových vlákien z nastrihaných kordových drôtov získaných pri recyklácii pneumatík.

Percentuálne zastúpenie prímies je v rozmedzí 5 až 15 % objemu vyrábaného drôtobetónu.

Nové riešenie teda spočíva v návrhoch štruktúry cementového kompozitu, to jest drôtobetónu, s využitím dvoch rozdielnych typov kovových vlákien v jednej zmesi. Význam nového riešenia výrazne vzrastie, ak sú kovové vlákna získané výhradne z odpadu. Dôsledkom použitia rozptýlených kovových vlákien dvoch rozdielnych typov je nielen spevnenie štruktúry drôtobetónu, ale i zaistenie rovnomerného rozptýlenia hrubých zŕn použitého kameniva. Nutnou podmienkou pre návrh zloženia tohto drôtobetónu je použitie čadičového kameniva v zložení bežných frakcií 0 – 4, 4 – 8, 8 – 16. Hmotnostný pomer frakcií závisí od požadovaných charakteristík stvrdnutého drôtobetónu.

Prehľad obrázkov na výkresoch

Na obrázkoch je ilustrovaná štruktúra drôtobetónu ako aj eliminácia usadzovania vlákien na spodnom povrchu betónu:

Na obrázku 1 sú znázornené vzorky, pri ktorých do zmesi zámerné neboli pridané jemné zložky kameniva, aby došlo k odhaleniu vnútornej štruktúry materiálu a rozdelenia vlákien.

Na obrázku 2 je znázornený detail jednej zo vzoriek, kde v hornej časti vzorky je možné vidieť dostatočný počet drôtikov druhého typu, usadzovanie ku spodnej hrane je eliminované.

Na obrázku 3 je znázornený vľavo rez drôtobetónovou vzorkou s identifikovanými drôtikmi (sivé bodky), kde vpravo je krivka získaná v programe ASEF zobrazujúca zvislé rozdelenie drôtikov, pričom čierna čiara zobrazuje ideálne rozdelenie, sivá krivka potom skutočné rozdelenie.

Príklady uskutočnenia výsledku

Návrh zloženia drôtobetónu sa uskutočňuje podľa požiadaviek na pevnosť v tlaku, prípadne i v ťahu. Hmotnostné dávky kameniva sa pohybujú v rozmedzí 1500 – 2000 kg/m³ v závislosti od použitých hmotnostných dávok kovových vlákien. Súčtová hmotnosť oboch typov kovových vlákien sa pohybuje v rozmedzí 100 – 280 kg/m³. Kovové vlákna prvého typu majú obdĺžnikový prierez s rozmerom 0,2 – 0,5 mm/1,5 – 2 mm a dĺžkou 25 – 35 mm pri ťahovej pevnosti 350 – 450 MPa a sú vyrobené z odpadových kovových pásikov. Kovové vlákna druhého typu majú kruhový prierez s priemerom 0,08 – 0,12 mm, dĺžkou 8 – 15 mm a ich pevnosť je väčšia než 2000 MPa. Tento druhý typ vlákien je získaný výhodne pri recyklácii pneumatík. Hmotnostný pomer uvedených typov kovových vlákien pri dávkovaní je v rozmedzí 0,5 : 1,5 až 1,5 : 0,5, spravidla potom 1 : 1, a tieto kovové vlákna sú vždy rovnomerne rozptýlené v stvrdnutom drôtobetóne.

Cement, prísady a prímеси sú dávkované podľa bežných postupov s cieľom dosiahnuť plnú štruktúru drôtobetónu, ktorá je nositeľom ultravysokých pevností a zaisťuje vhodnú spracovateľnosť čerstvého drôtobetónu bežnými hutniacimi prostriedkami. V cementovej matrici je portlandský cement v množstve 600 až 1000 kg/m³. Čadičové kamenivo je zložené z troch frakcií, a to z frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16, ktorých celková hmotnostná dávka je v rozmedzí 1500 až 2000 kg/m³. Pomer týchto frakcií je určený tak, aby vyhovoval zvolenej ideálnej krivke zmitosti. Vodný súčiniteľ je v rozmedzí 0,16 až 0,25.

Ďalej sú uvedené príklady zloženia predmetného drôtobetónu, a to vrátane nameraných priemerných pevností v tlaku a v priečnom ťahu.

1. Príklad receptúry vysokohodnotného betónu:

Označenie		C1
Jednotka		kg/m ³
Cement		650
Kamenivo	0/4	400
	4/8	400
	8/16	800
Vlákna	Dramix	140
	Fibrex	140
Mikrosilika		40
Superplastifikátor		30

Výsledky tlakových pevností

Vzorka	Rozmer (mm)	Hmotnosť (kg)	Objemová hmotnosť (kg/m ³)	Sila (kN)	Pevnosť (MPa)
C1.1	98,5	2,885	2929	1440	146,2
	100				
	100				
C1.2	99	2,800	2828	1420	143,4
	100				
	100				

Vzorka	Rozmer (mm)	Hmotnosť (kg)	Objemová hmotnosť (kg/m³)	Sila (kN)	Pevnosť (MPa)
C1.3	100	2,840	2840	1430	143,0
	100				
	100				
C1.4	99,5	2,840	2854	1425	143,2
	100				
	100				
C1.5	99	2,850	2879	1460	147,5
	100				
	100				
C1.6	100	2,835	2835	1420	142,0
	100				
	100				
Priemer		2,84	2862,9		144,0

Výsledky pevností v priečnom ťahu

Vzorka	Rozmer (mm)	Hmotnosť (kg)	Objemová hmotnosť (kg/m³)	Sila (kN)	Pevnosť (MPa)
C1.1	149,5	9,312	2768	560	15,9
	150				
	150				
C1.2	149	9,415	2808	560	16,0
	150				
	150				
C1.3	148	9,365	2812	530	15,2
	150				
	150				
Priemer		9,36	2796,3		15,7

- 5 Výsledná tlaková pevnosť výrazne prekračuje hodnotu 60 MPa, čo je minimálna hranica pre vysokopevnostný drôtobetón, preto je možné tento materiál označiť ako vysokopevnostný materiál. Obidve hodnoty pevností prekračujú bežné pevnosti betónu približne šesťnásobne, z toho vyplýva ich využitie v extrémne namáhaných prvkoch, ako sú stĺpy výškových budov, piliere a mostovky v mostnom staviteľstve.

- 10 2. Príklad receptúry vysokohodnotného betónu:

Označenie		P1
Jednotka		kg/m³
Cement		800
Kamenivo	0/4	420
	4/8	460
	8/16	960
Vlákná	Dramix	140
	Fibrex	140
Mikrosilika		160
Superplastifikátor		30

Výsledky tlakových pevností

Vzorka	Rozmer (mm)	Hmotnosť (kg)	Objemová hmotnosť (kg/m ³)	Sila (kN)	Pevnosť (MPa)
P1.1	100	2,774	2774	1680	168,0
	100				
	100				
P1.2	100,5	2,787	2773	1730	172,1
	100				
	100				
P1.3	102,5	2,836	2767	1910	186,3
	100				
	100				
Priemer		2,80	2771,3		175,5

Výsledná tlaková pevnosť prekračuje hodnotu 150 MPa, čo je minimálna hranica pre ultravysokopevnostný drôtobetón, preto je možné tento materiál označiť ako ultravysokopevnostný materiál. Tento materiál je svojimi vlastnosťami určený do extrémne tlakovo namáhaných prvkov alebo veľmi štíhlych prvkov, ktoré môžu byť požadované pri riešení objektu. Zároveň je tento materiál svojím zložením veľmi odolný proti zmrazovacím cyklom a klimatickému namáhaniu.

Pri receptúre P1 nebola experimentálne overovaná ťahová pevnosť. V priebehu celého výskumu sa potvrdil predpoklad, že ťahová pevnosť zodpovedá 1/10 pevnosti tlakovej. Tento pomer spĺňa aj vzorová receptúra C1. Pre zmes P1 je možné predpokladať hodnotu ťahovej pevnosti v rozmedzí 16,0 až 19,5 MPa.

Prevencia usadzovania vlákien na spodnom povrchu betónu bola priamo preukázaná rôznymi experimentmi. Pri pokuse zobrazenom na obrázkoch 1 a 2 do zmesi zámerne neboli pridané jemné zložky kameniva, aby došlo k odhaleniu vnútornej štruktúry materiálu a rozdelenia vlákien. Vizualne vyhodnotenie vzoriek preukázalo, že sadanie drôtikov druhého typu (ťahová pevnosť vyššia ako 2000 MPa, dĺžka 8 – 15 mm) bolo eliminované vďaka podopreniu drôtikmi prvého typu (ťahová pevnosť 350 – 450 MPa, dĺžka 25 – 35 mm) a hrubým kamenivom.

Homogenita betónu bola tiež sledovaná na rezoch vzoriek a vyhodnotená špeciálnym počítačovým programom ASEF, ktorý bol vyvinutý na tento účel (pozri článok Fládr, J., Hejnic, F., Bílý, P.: *Ověření homogenity ztvrdlého drátkobetonu pomocí obrazové analýzy*. Beton TKS 2/2016, s. 10 – 13. ISSN 1213 – 3116). Výsledná krivka získaná vyhodnotením vzorky na obrázku 3 ukazuje, že rozloženie drôtikov je veľmi blízke ideálnemu, čo dokazuje, že sa zabránilo usadzovaniu drôtikov ku spodnému povrchu.

Za nepriamy dôkaz prevencie usadzovania vlákien na spodnom povrchu betónu možno považovať aj malý rozptyl výsledkov skúšok mechanických vlastností. Rozptyl výsledkov skúšok tlakovej pevnosti a pevnosti v priečnom ťahu sa výrazne zvyšuje, ak drôtičky sadajú ku dnu betónového prvku. Materiál sa stáva nehomogénnym kvôli nerovnomernému rozdeleniu drôtikov, v dôsledku toho dochádza ku koncentráciám napätia pri zaťažovaní, predčasnému vzniku trhlin a poklesu pevnosti. Uvedené príklady výsledkov skúšok majú veľmi malý rozptyl.

Priemyselná využiteľnosť

Ultravysoké pevnosti drôtobetónu, ktorý je predmetom uvedeného riešenia, predurčujú jeho využitie v betónovom staviteľstve. Jeho aplikácia v reálnych konštrukciách jednoznačne povedie k výraznej subtilnosti konštrukcií oproti konštrukciám betónovaným z bežných štandardných betónov a z betónov s vysokými pevnosťami a k ich vyššej životnosti. Využitie drôtobetónu sa predpokladá predovšetkým pre konštrukcie, ktoré nie je možné za súčasných podmienok realizovať, t. j. mimoriadne staticky náročné a zložité detaily betónových konštrukcií z pohľadu ich vystužovania tak betonárskou, ako i predpätou výstužou, a konštrukcie vystavené extrémnym podmienkam prostredia.

K priemyselnému využitiu drôtobetónu prispieva spôsob jeho výroby, ktorý je možné uskutočniť bežným strojovým vybavením betonární.

Významné sú tiež veľmi malé pretvorenia zo zmršťovania a dotvarovania, plynúce zo skladby štruktúry pri použití kovových vlákien, ktoré stužujú štruktúru vyrobeného drôtobetónu.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Drôtobetón s ultravysokými pevnosťami s cementovou matricou, obsahujúci portlandský cement CEM I podľa EN 197-1, čadičové kamenivo, dva typy kovových vlákien, prímеси a prísady, kde percentuálne zastúpenie prímеси je v rozmedzí 5 až 15 % objemu vyrábaného drôtobetónu a prísady sú v množstve potrebnom na dosiahnutie spracovateľnosti podľa EN 12350-5 a EN 206 požadovanej pre konkrétnu aplikáciu, **vyznačujúci sa tým**, že v cementovej matrici je 600 až 1000 kg/m portlandského cementu, čadičové kamenivo je zložené z troch frakcií, a to z frakcií 0 – 4, 4 – 8 a 8 – 16, ktorých celková hmotnostná dávka je v rozmedzí 1500 až 2000 kg/m³, vodný súčiniteľ je v rozmedzí 0,16 až 0,25 a kovové vlákna sú tvorené dvoma typmi vlákien rovnomerne rozptýlenými v objeme stvrdnutého drôtobetónu, kde prvý typ kovových vlákien má obdĺžnikový prierez so šírkou v rozmedzí 0,2 až 0,5 mm, s výškou v rozmedzí 1,5 až 2,0 mm a s dĺžkou v rozmedzí 25 až 35 mm s ťahovou pevnosťou 350 až 450 MPa a druhý typ kovových vlákien má kruhový prierez s priemerom v rozmedzí 0,08 – 0,12 mm, ich dĺžka je v rozmedzí 8 až 15 mm a ich ťahová pevnosť je väčšia než 2000 MPa, a kde súčtová hmotnosť oboch typov kovových vlákien leží v rozmedzí 100 až 280 kg/m³ a hmotnostný pomer prvého a druhého typu kovových vlákien je v rozmedzí 0,5 : 1,5 až 1,5 : 0,5.

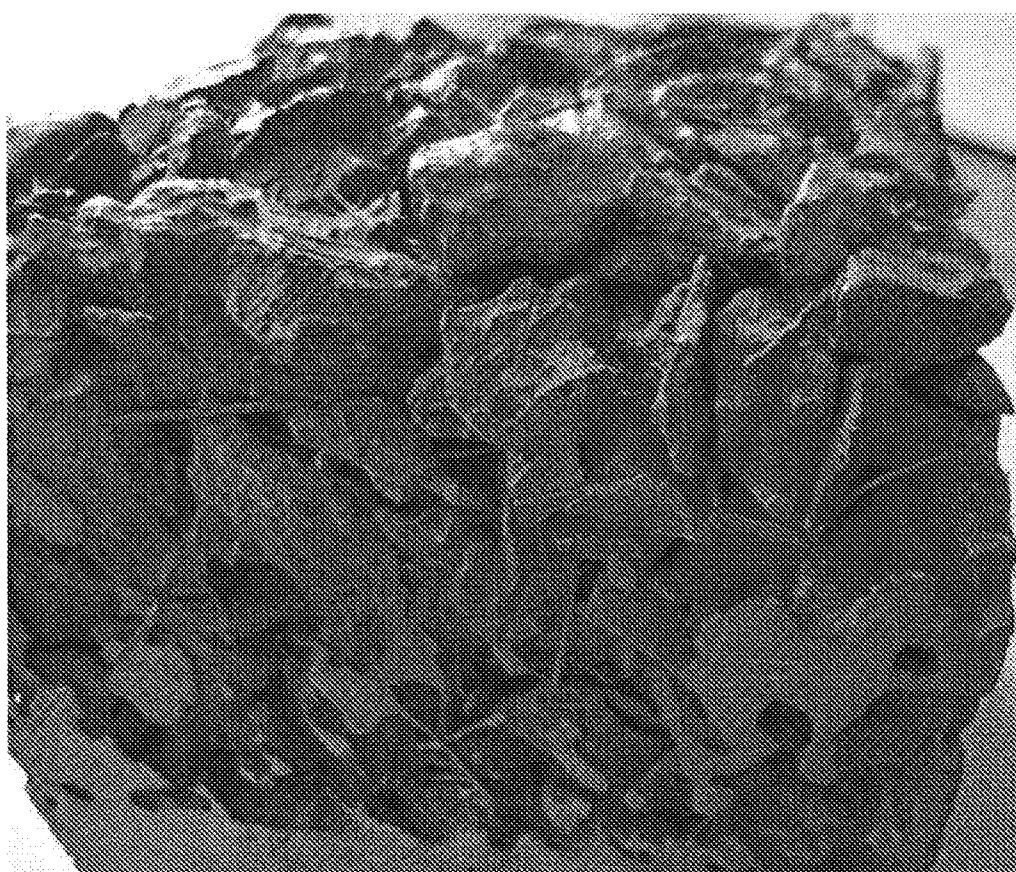
Vzhľadom na to, že oceľové vlákna použité v tomto vynáleze môžu byť získané z odpadových materiálov, konkrétne z odpadových oceľových pásikov z oceliamí a kordových drôtov z použitých pneumatík, materiál prináša tiež významné ekonomické úspory a ekologické výhody.

2. Drôtobetón podľa nároku 1, **vyznačujúci sa tým**, že prvý typ kovových vlákien je vyrobený z odpadových kovových pásikov a druhý typ kovových vlákien je z nastrihaných kordových drôtov, získaných pri recyklácii pneumatík.

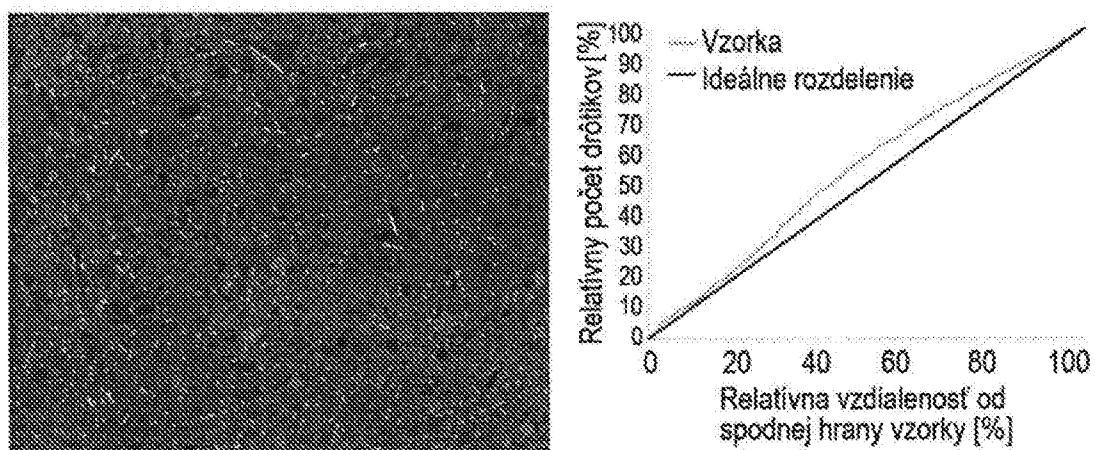
2 výkresy



Obrázok 1



Obrázok 2



Obrázok 3

Koniec dokumentu
