



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2016 00448

(22) Data de depozit: 22/06/2016

(41) Data publicării cererii:
29/12/2017 BOPI nr. 12/2017

(71) Solicitant:
• UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE
CONSTRUCȚII DIN BUCUREȘTI,
BD.LACUL TEI NR.122-124, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• CEPROCIM S.A., BD.PRECIZIEI NR.6,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI
INGINERIE NUCLEARĂ
"HORIA HULUBEI", STR.REACTORULUI
NR.30, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:
• GHEORGHE MARIA, ALEEA CALATIS
NR.16, BL.A10, AP.57, SECT.6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• MOANȚĂ ADRIANA, STR.BÎRNOVA NR.5,
BL.M 117, SC.1, AP.3, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;

• FUGARU VIOREL, STR.PARIS NR.51,
AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• RADU LIDIA RODICA, STR. RADOVANU
NR. 9, BL. 43, SC. 1, ET. 8, AP. 50,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• SACA NASTASIA, STR. MAIOR V. BĂCILĂ
NR. 32-34, BL. 2, SC. 1, AP. 92, SECTOR 2,
BUCUREȘTI, B, RO;
• PETRE IONELA, BD.GHENCEA NR.30,
BL.C 76, SC.3, ET.4, AP.92, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO;
• COARNĂ MARIANA,
STR.SOLD.ION TUDOR NR.1, BL.8, SC.1,
ET.6, AP.61, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• DRAGOMIR VASILE, ALEEA CALATIS
NR. 3, BL. A14, SC. A, ET. 3, AP. 11,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO

(54) **BETON CU CAPACITATE DE ECRANARE A RADIAȚIILOR
GAMMA**

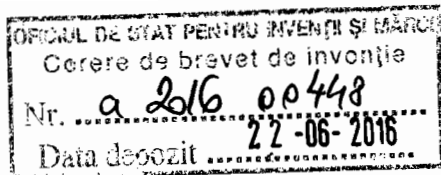
(57) Rezumat:

Invenția se referă la o compoziție de beton cu capacitate de ecranare a radiației gamma. Compoziția conform invenției este constituită din 400 kg/mc ciment Portland, eventual, 120 kg/mc filer de calcar, 1416 kg/mc alice colțuroase de oțel 0...1 mm, 240 kg/mc agregat natural silicios 1...2 mm, 1240 kg/mc

barită de haldă 2...16 mm, 144 l/mc apă, 1,6% aditiv puternic reducător de apă, betonul având o densitate aparentă de 2967...3308 kg/mc și un coeficient liniar de atenuare a radiațiilor Co-60 de 0,158...0,184 cm⁻¹.

Revendicări: 4





21

BETON CU CAPACITATE DE ECRANARE A RADIAȚIILOR GAMMA

Invenția are ca scop obținerea betonului special, pe bază de agregat mineral greu, recuperat din resurse secundare, având capacitate de ecranare a radiațiilor gamma.

Utilizarea radiațiilor gamma (γ) în diferite domenii ca: cercetarea fundamentală și tehnologică ce include dezvoltarea metodelor și aparaturii de cercetare/investigare avansată, centrale electrice nucleare, unități medicale de radioterapie, construcții speciale, necesitatea de protejare a clădirilor - universități, spitale, construcții strategice protecția mediului prin realizarea de structuri de transport și stocare a deșeurilor radioactive, a crescut semnificativ și, prin urmare durată mai mare de expunere. Radiația γ se prezintă sub formă de unde electromagnetice sau fotoni emiși din nucleul unui atom. Ei pot traversa complet corpul uman, putând fi opriți doar de un perete de beton cu grosime variabilă, în funcție de densitate sau de o placă de plumb groasă de minimum 15 cm.

Betonul este alcătuit din 75-80% vol. agregate - materiale granulare care sunt înglobate în piatră de ciment cu o pondere de 15-20% în volumul betonului. Faptul că cel puțin 75% din volumul betonului îl reprezintă agregatul constituie un argument esențial, referitor la importanța influenței acestuia asupra caracteristicilor de ecranare a radiațiilor gamma. Criteriul tehnic de selectare a agregatelor l-a constituit conținutul în atomi cu număr atomic mare, Pb, Ba, Ca și Fe care determină densitatea mare a materialului de care depinde semnificativ capacitatea de ecranare. Coeficientul de ecranare crește cu grosimea peretelui de beton și cu densitatea acestuia. Betonul de înaltă densitate, peste 2600 kg/m³ are caracteristici lineare de atenuare a radiației gamma mai mari decât betonul obișnuit și de aceea peretele - ecran de protecție din beton de înaltă densitate este cu mult mai subțire.

Criteriile de selectare a materialelor au pornit de la necesitatea atingerii performanțelor funcționale ale betonului: coeficienți ridicați de absorbție a radiației gamma, rezistență la fisurare datorată tensiunilor interne generate de reacții alcalii silice, înghet-dezghet repetat și dilatării termice diferite a componentelor.

Stadiul tehnicii

Sunt cunoscute betoane cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma pe bază de agregate grele, cu densitatea peste 3000 kg/m³. Barita este agregatul greu cel mai frecvent utilizat în betonul de protecție la radiații γ .

Conform brevetului RO 92538 "Beton foarte greu de protecție contra radiațiilor nucleare", betonul este realizat cu barită sort 0-31mm, alicie FHS, sortul 40-80 mm, cu raport Apa/Ciment de 0,62 și 0,72.

Brevetul CN 104129954 A "Barite X/gamma ray protective material" descrie un tip de material compozit pe baza de matrice de ciment care include particule fine de barită cristalină. Betonul, sub forma de elemente (blocuri de zidărie) are un echivalent specific de plumb de 0,13-0,14, adică betonul de protecție cu grosimea de 1 mm este echivalent cu o tablă de plumb groasă de 0,13-0,14 mm.

Brevetul US 7250119 B2, Jul 31, 2007 "Composite materials and techniques for neutron and gamma radiation shielding" se referă la materiale compozite cu capacitate de ecranare a radiațiilor din deșeurii radioactive cu nivel ridicat și nivel scăzut de radiații. Sunt utilizate minerale naturale, cu conținut de elemente având capacitate de absorbție a radiației gamma și a radionuclizilor cu diferite valori ale fluxului de energie emis.



Brevetul WO 2011095642 A1 "Shielding material and shielding element for shielding gamma and neutron radiation" propune un material compozit cu matrice de ciment, absorbant selectiv al radiațiilor ionizante, în funcție de compoziția sa. Pentru obținerea unei ecranări eficiente a radiației gamma s-au realizat compozite cu agregate pe bază de minerale cu conținut de Fe.

În brevetele menționate se realizează un material compozit de tip mortar/beton cu agregate grele din resurse primare, mai greu accesibile pe piața internă și costisitoare. De asemenea, betonul greu de protecție la radiații gamma este obținut cu agregate grele de clasă granulară grosieră, cu diametrul maxim peste 16 mm, ceea ce conduce la dificultăți tehnologice de omogenizare și compactare și creșterea tendinței de segregare.

Scopul invenției este obținerea betonului special, cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma, cu utilizare în lucrări de beton structural - centrale electrice nucleare, unități medicale de radioterapie, laboratoare de cercetare în universități și spitale, dispozitive de stocare a deșeurilor radioactive și în alte construcții speciale.

Betonul cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma este constituit din ciment Portland CEMII/A-V 42,5N, filer de calcar, agregat curent, agregat greu și aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă. Agregatele grele constituie componentele care controlează capacitatea de ecranare, prin conținutul de elemente cu număr atomic, Z, mare și densitatea ridicată.

Noutatea invenției constă în faptul că agregatul greu de barită este obținut prin recuperare din resursa secundară de gneiss baritinizat depozitat în haldă. Barita de haldă este un deșeu mineral de la procesarea rocii primare prin separarea mineralului barită, cu conținut ridicat de $BaSO_4$. Barita de haldă conține o proporție semnificativă de gneiss baritinizat în care conținutul în $BaSO_4$ a variat în limite largi, de la 18,12 la 46,21%, iar densitatea a variat de la 2426 la 3620 kg/m^3 . Pentru prepararea betoanelor de protecție la radiații gamma gneissul baritinizat de haldă a fost procesat prin separarea mineralelor silicioase de densitate redusă, concasare și clasare pe fracții granulare de 2/4mm, 4/8mm și 8/16 mm. Alicele de oțel de dimensiune sub 1 mm, utilizate ca agregat fin în beton au influență directă asupra absorbției radiației gamma și contribuie la creșterea densității betonului. Alicele colturoase tip G cu densitatea 7300 kg/m^3 sunt adecvate ca agregate grele în beton și permit o aderență mai bună a pastei de ciment, decât cele sferice. Filerul de calcar a avut un conținut de 91% $CaCO_3$, densitatea de 2780 kg/m^3 , volumul de goluri în stare îndesată de 33,1% și 85% particule cu dimensiunea sub 0,25 mm. Filerul de calcar a fost necesar în compoziția betonului, conform invenției, pentru creșterea stabilității la segregare și a capacității de ecranare. Agregatele silicioase naturale utilizate sunt agregate curente și au avut densitatea în domeniul 2600 – 2780 kg/m^3 .

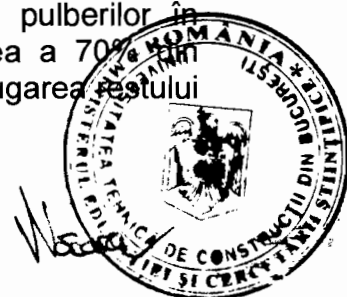
Compoziția betonului a fost astfel stabilită astfel încât să răspundă cerințelor de impermeabilitate sporită la radiație gamma, cât și caracteristicilor ingineresti cerute, referitoare la densitate și rezistență mecanică.

S-a stabilit compoziția optimă pentru betoane pe criteriul raportului A/C minim cu valoare de 0,36 și a compactității maxime, conform principiului de calcul adoptat, pe baza volumelor absolute.

Secvențele consecutive la malaxare în betonieră a betonului au fost:

I. Omogenizarea uscată, în mod separat, a pulberilor de ciment și filer; II. Omogenizarea uscată a agregatului în betonieră; III. Introducerea pulberilor în betonieră și amestecarea/omogenizarea cu agregatul; IV. Adăugarea a 70% din cantitatea totală de apă și amestecarea cu materialele uscate; V. Adăugarea restului

Q1



de 30% apă ce conține aditivul superplastifiant (SP) și omogenizarea amestecului de beton.

Probele de beton au fost încercate în stare proaspătă și la 28 zile, asupra densității aparente, a rezistenței la compresiune și a capacității de ecranare a fotonilor prin determinarea coeficientului de atenuare liniară, μ (cm^{-1}). Coeficienții de atenuare liniară au fost determinați la diferite nivele de energie a fotonilor emiși: 0,37 MeV (Ir-192), 0,663 MeV (Cs-137) și 1,25 MeV (Co-60).

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în posibilitatea realizării de betoane speciale cu capacitate mărită de ecranare a radiațiilor gama pe bază de agregat greu recuperat din gneiss baritizat de haldă. Principiul obținerii betonului cu capacitate de ecranare a radiației gamma, conform invenției, constă în proiectarea compoziției pe baza volumului minim de goli și stabilirea procedurii experimentale. Betoanele obținute conform invenției, sunt cerute în lucrări de construcții în domenii ca: cercetarea fundamentală și tehnologică ce include metode și aparatura de cercetare/investigare avansată cu implicarea radiațiilor ionizante, centrale electrice nucleare, unități medicale de radioterapie, necesitatea de protejare a clădirilor - universități, spitale, construcții strategice, protecția mediului în cadrul procedurilor de stocare în siguranță, pe termen lung a deșeurilor radioactive.

Prin realizarea acestui tip de beton se vor depăși o serie de **bariere tehnice** precum:

- a) Tendința pronunțată de segregare, de care depinde omogenitatea betonului și, implicit, capacitatea de ecranare a radiației gamma, ca urmare a densității foarte variate a componentelor în limitele 2700...7300kg/m³. Pentru eliminarea acestui neajuns s-au aplicat măsuri precum limitarea diametrului maxim al baritei la 16mm, limitarea diametrului maxim al agregatului de oțel la 2mm și micșorarea raportului Apă/Ciment.
- b) Dobândirea unei densități cât mai mari, de care depinde capacitatea de ecranare a radiației gamma este corelată cu ponderea volumică a agregatelor grele. Creșterea densității betonului s-a realizat prin adoptarea, pe bază de încercări preliminare, a unei granulozități care să asigure volumul minim de împachetare și compactitatea maximă a betonului la raport Apă/Ciment minim pentru asigurarea hidratării și a lucrabilității.
- c) Con tracția și fisurarea datorată acesteia s-au controlat prin stabilirea unui volum optim de pastă de ciment, în limita asigurării compactității maxime realizabile și a rezistențelor mecanice specifice betonului de structură.

Avantajele soluției propuse în brevet, față de cele cunoscute, sunt următoarele:

- Betonul s-a obținut cu un amestec de agregate cu densitate diferită, cu D_{\max} 16 mm, având granulozitatea astfel stabilită încât să se obțină un volum minim de goli și stabilitate ridicată la segregare.
- Creșterea stabilității la segregare a betonului a fost favorizată de includerea agregatelor grele de clasă granulară cu diametrul maxim de 16 mm.
- Agregatele grele, de tipul alicie colțuroase de oțel au avut diametrul maxim de 1 mm și au substituit nisipul fin.
- Agregatele grele, cu conținut de Ba au fost obținute din recuperarea deșeurilor de gneiss baritizat de haldă, rămas de la procesarea și extragerea mineralului barită cu puritate ridicată.
- Raportul Apă/Ciment a fost menținut cât mai redus, 0,36, pe baza granulozității adecvate a agregatului și a folosirii de aditiv superplastifiant, puternic reducător de



Qy

apă, astfel încât să favorizeze stabilitatea la segregare, creșterea densității, a rezistenței mecanice și diminuarea tendinței de fisurare.

Se dau în continuare două exemple de realizare a betonului cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma, conform invenției și un beton de referință pentru compararea coeficienților de atenuare liniară a radiației gamma.

Exemplul 1

Beton cu barită de haldă și alice colțuroase de oțel, având capacitate de ecranare a radiației gamma, conform invenției, cu compoziția dată în tabelul 1.

Tabelul 1

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m ³	Agregat, kg/m ³			Apă L/m ³	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Alice colțuroase de oțel 0/1 mm	Agregat natural silicios 1/2 mm	Barită de haldă 2/16 mm			
BA1	400	1416	240	1240	144	0,36	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă de 3356 kg/m³, densitatea în stare întărită de 3308 kg/m³ și rezistența la compresiune de 68 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației gamma pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt date în tabelul 4.

Exemplul 2

Beton cu barită de haldă, alice colțuroase de oțel și filer de calcar, având capacitate de ecranare a radiației gamma, conform invenției, cu compoziția dată în tabelul 2.

Tabelul 2

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m ³	Agregat, kg/m ³				Apă L/m ³	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Filer calcar	Alice colțuroase de oțel 0/1 mm	Agregat natural silicios 1/2 mm	Barită de haldă 2/16 mm			
BA2	400	120	1416	240	1240	144	0,36	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă, 2980 kg/m³, densitatea în stare întărită de 2967 kg/m³, rezistența la compresiune de 35,5 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației gamma pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt date în tabelul 4.



fy

Beton de referință

Pentru aprecierea influenței agregatelor grele asupra caracteristicilor tehnice și asupra coeficientului linear de atenuare a radiației gamma s-a preparat un beton de referință cu agregat silicios curent.

Tabelul 3

Cod beton	CEM II/A-V 42,5N kg/m ³	Agregat, kg/m ³		Apă L/m ³	Raport Apă/Ciment A/C	Aditiv superplastifiant, puternic reducător de apă %
		Agregat natural silicios 0/2mm	Agregat natural silicios 2/16 mm			
R	400	640	1210	120	0,3	1,6

Caracteristicile fizico-mecanice ale betonului de referință sunt: densitatea aparentă în stare proaspătă, 2517 kg/m³, densitatea în stare întărită (28 zile) de 2473 kg/m³, rezistența la compresiune de 73,3 MPa. Coeficienții de atenuare liniară a radiației gamma pentru diferite valori ale fluxului de energie sunt date în tabelul 4.

Tabelul 4

Cod beton	Coeficientul de atenuare liniară, μ (cm ⁻¹)			Densitatea aparentă, ρ_a (kg/m ³)
	Co-60	Cs-137	Ir-192	
R	0,136	0,185	0,233	2473
BA1	0,184	0,249	0,324	3308
BA2	0,158	0,218	0,280	2967

Betonul R, de referință, cu raport A/C de 0,3 a avut rezistența la compresiune semnificativ mai mare decât betoanele BA1 și BA2 cu raport A/C de 0,36. Betonul de referință a fost preparat cu un raport mai mic A/C tocmai pentru a pune mai bine în evidență capacitatea de ecranare a radiației gamma a betonului cu agregate grele, dar preparat cu o cantitate mai mare de apă.

Coeficientul linear de atenuare a radiației gamma a betonului cu agregat greu, obținut conform invenției, a fost mai mare decât al betonului de referință, cu agregat curent. Coeficientul linear de atenuare a crescut cu creșterea densității betonului, ca urmare a substituirii agregatului grosier silicios din betonul de referință cu barită de haldă concasată și a nisipului fin cu alicie de oțel și cu filer de calcar. Coeficientul linear de atenuare, μ , a radiației Co-60 de mare energie a fluxului de fotoni (1,25 MeV) al betonului cu agregat greu, obținut conform invenției, a fost de 0,158 cm⁻¹ și 0,184 cm⁻¹, mai mare decât al betonului de referință, cu agregat curent, cu valoarea de 0,136 cm⁻¹. Coeficientul linear de atenuare a crescut cu micșorarea fluxului de energie a fotonilor, având valoarea cea mai mare pentru fluxul de 0,37 MeV emis de Ir-192 și cea mai mică pentru fluxul de 1,25 MeV emis de Co-60.



Revendicări

1. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma, **caracterizat prin aceea că** este obținut din ciment Portland, filer de calcar, agregat natural greu obținut din procesarea gneisului baritinizat de haldă, agregat greu pe bază de alice colțuroase de oțel, agregat silicios curent și aditiv puternic reducător de apă.

2. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma definit în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** are în compoziție agregat de barită recuperată din gneiss baritinizat de haldă și alice colțuroase de oțel și se caracterizează prin densitatea aparentă de 3308 kg/m^3 și coeficientul liniar de atenuare a radiației Co-60, cu cea mai mare energie a fluxului de fotoni, de $0,184 \text{ cm}^{-1}$, comparativ cu $0,136 \text{ cm}^{-1}$ pentru betonul de referință cu agregat curent.

3. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma definit în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** are în compoziție agregat de barită recuperată din gneiss baritinizat de haldă, alice colțuroase de oțel și filer de calcar, și se caracterizează prin densitatea aparentă de 2967 kg/m^3 și coeficientul liniar de atenuare a radiației Co-60, cu cea mai mare energie a fluxului de fotoni, de $0,158 \text{ cm}^{-1}$, comparativ cu $0,136 \text{ cm}^{-1}$ pentru betonul de referință cu agregat curent.

4. Beton cu capacitate de ecranare a radiațiilor gamma definit în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, are coeficientul liniar de atenuare a radiațiilor gamma mai mare decât cel al betonului de referință, cu agregat curent, pentru trei valori ale energiei fluxului de fotoni, $0,37 \text{ MeV}$ (Ir-192), $0,663 \text{ MeV}$ (Cs-137) și $1,25 \text{ MeV}$ (Co-60).

