



Lietuvos
Respublikos
valstybinis
patentų biuras

(11) **LT 6878 B**

(51) Int. Cl. (2021.01):

C04B 18/04
C04B 28/06
C04B 38/08
C04B 35/76

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2021 011**
(22) Paraiškos padavimo data: **2021-05-12**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2021-11-25**
(45) Patento paskelbimo data: **2022-01-10**

(73) Patento savininkas:

**VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universitetas,
Saulėtekio al. 11, 10223 Vilnius, LT**

(72) Išradėjas:

Valentin ANTONOVIČ, LT
Renata BORIS, LT
Jurgita MALAIŠKIENĖ, LT
Rimvydas STONYS, LT
Jelena ŠKAMAT, LT

(54) Pavadinimas:

Lengvo termoizoliacinio su gamybos atliekomis ugniai atsparaus betono sudėtis

(57) Referatas:

Išradimas pritaikytas lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono, kurio panaudojimo temperatūra $\leq 1000^{\circ}\text{C}$, gamybai. Išradimo tikslas – sukurti lengvą izoliacinį ugniai atsparų betoną, skirtą šiluminių įrenginių termoizoliaciniam sluoksniui įrengti, panaudojant antrines žaliavas. Tikslas buvo pasiektas parinkus tokius lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono komponentus: aliuminatinį cementą ($\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 70\%$), antrines žaliavas: aliumosilikatines mikrosferas, susidarantią šiluminę elektrinę deginant anglį ir naftos pramonėje naudotą katalizatorių; kompleksinį polipropileno ir anglies mikropluoštą, cheminius priedus ir vandenį. Naujo lengvo izoliacinio betono su aliuminatinėmis mikrosferomis išdegto 800°C temperatūroje savybės: tankis 530 kg/m^3 , gniuždymo stipris $2,8 \text{ MPa}$, lenkimo stipris $0,6 \text{ MPa}$, deformacija $0,3\%$, šilumos laidumo koeficientas $0,18 \text{ W/mK}$, tariamasis poringumas $60,4\%$; išdegto 1000°C temperatūroje savybės: tankis 540 kg/m^3 , gniuždymo stipris $3,2 \text{ MPa}$, lenkimo stipris $1,1 \text{ MPa}$, susitraukimas $0,9\%$, šilumos laidumo koeficientas $0,19 \text{ W/mK}$, tariamasis poringumas $65,4\%$.

LT 6878 B

Technikos sritis

Išradimas priklauso šiuolaikinei statybos pramonei, siekiant pagerinti izoliacinio ugniai atsparaus betono, kurio panaudojimo temperatūra $\leq 1000^{\circ}\text{C}$, savybes, didinant antrinių žaliavų: naftos krekinge naudoto katalizatoriaus (KT) ir aliumosilikatinių mikrosferų, susidarančių šiluminėse elektrinėse deginant anglį (AMS), panaudojimą. Naujas kompozitinis izoliacinis betonas gali būti panaudotas šiluminių įrenginių termoizoliaciniam sluoksniui įrengti. Tokio izoliacinio betono privalumai yra mažesnis tankis ir šilumos laidumo koeficientas bei pakankamai didelis gniuždymo stipris.

Technikos lygis

Šiluminiuose įrenginiuose termoizoliaciniam sluoksniui naudojamų medžiagų esminė funkcija yra užtikrinti kuo mažesnę šiluminės energijos praradimą ir atlaikyti mechaninį poveikį bei nesideformuoti aukštoje temperatūroje. Lengvieji termoizoliaciniai betonai, kurių tankis $400\text{--}1300\text{ kg/m}^3$ ir sudėtyje panaudoti ugniai atsparūs komponentai, gali būti pritaikyti šiluminių įrenginių išklojų termoizoliaciniam apsauginiam sluoksniui įrengti. Medžiagos, skirtos šiluminių įrenginių termoizoliaciniam apsauginiam sluoksniui, gali būti gaminamos naudojant įvairias žaliavas. Termoizoliacinių betonų poringumas turėtų būti $>40\%$, ir tai pasiekama naudojant išdegančius priedus arba ugniai atsparius lengvuosius užpildus (putstiklio granules, perlitą, vermikulitą, keramzitą, aukštakrosnių šlaką ir kt.) arba oro tuštumas formuojančius priedus (putokšlius, paviršinio aktyvumo medžiagas aliuminio pagrindu ir kt.). Naudojant minėtus priedus, ženkliai padidinamas betono poringumas, sumažinamas tankis ir šilumos laidumas, kuris, taip pat, priklauso nuo porų dydžio, jų formos, kontaktų tarp kietųjų dalelių skaičiaus, kristalinių ir amorfinių komponentų, temperatūros ir kt. Medžiagų, naudojamų šiluminių įrenginių termoizoliaciniam sluoksniui įrengti, susitraukimas turėtų būti $<1\%$, ir tai galima pasiekti naudojant aktyviuosius pucolaninius priedus, pvz., panaudotą naftos pramonėje katalizatorių, metakaoliną ir kt., be to mikropluoštai padidina kompozito bandinių lenkimo stiprį, sumažina deformacijas. Ugniai atspariuose betonuose naudojami polimeriniai mikropluoštai (polipropileno, poliamido ir kt.) būtini tam, kad džiovavimo ir pirmojo kaitinimo metu lengviau pasišalintų vandens garai (pluoštas susitraukia ir išsilydo $\sim 150^{\circ}\text{C}$ temperatūroje). Anglies mikropluoštas (išdega esant $\sim 450^{\circ}\text{C}$ temperatūrai)

naudojamas mikrokanalams suformuoti, kurie palengvina vandens pasišalinimą betono džiovinimo ir pirmojo kaitinimo metu. Šiuo metu plačiai naudojami įvairūs lengvi termoizoliaciniai ugniai atsparūs betonai katilų išklojų apsauginiam sluoksniui. Tačiau dažniausiai jie yra mažo šilumos laidumo ir mažo stiprio arba stipris yra didesnis, bet gaunamas gana didelis tankis ir šilumos laidumas. Todėl svarbu sukurti lengvą kompozitinę ugniai atsparią medžiagą, skirtą ≤ 1000 °C temperatūros eksploatacijos sąlygoms, kuri būtų mažesnio tankio, deformacijos ir užtikrintų šiluminių įrenginių darbo efektyvumą. Siekiant taupyti natūralias žaliavas ir mažinti aplinkos taršą, sudėtyje panaudota iki 41% antriniam panaudojimui skirtų medžiagų, t.y. atliekos aliumosilikatų pagrindu, lengvieji užpildai: aliumosilikatinės mikrosferos, susidarančios šiluminėse elektrinėse deginant anglį, kurių tankis 350-410 kg/m³, bei naftos krekinge panaudotas katalizatorius. Ugniai atsparių medžiagų kaina dažnai siekia apie 50% viso šiluminio įrenginio kainos. Atliekų panaudojimas gali ženkliai sumažinti ugniai atsparios izoliacinės medžiagos kainą. Plečiant biokuro, alternatyvaus kietojo kuro panaudojimą ir perdirbimą, naujų medžiagų sukūrimas, o jų sudėtyje perdirbtų ir pakartotinis medžiagų panaudojimas užtikrintų efektyvesnę šiluminių įrenginių eksploataciją Lietuvoje ir pasaulyje. Be to, aktualu modernizuoti ir senus naftos, chemijos, keramikos, medienos ir kitų pramonės šakų šiluminius įrenginius, pritaikant naujas lengvas kompozitines ugniai atsparias izoliacines medžiagas.

Patente PL 200727 B1 yra aprašyta izoliacinė ugniai atspari medžiaga, pagaminta iš 25–40 % antrinio panaudojimo mikropluošto, 5–10 % kaolino ir 60–70 % rišamosios medžiagos, sudarytos iš 15–20 % SiO₂ zolio, aliuminio-fosforo ir skysto stiklo tirpalų. Gautų medžiagų gniuždymo stipris po terminio apdorojimo 800 °C temperatūroje 3,1–4,2 MPa; susitraukimas 0,35–0,8 %; šilumos laidumo koeficientas 0,2–0,23 W/(m·K).

Patente US 3436238 apibūdintas lengvas izoliacinis ugniai atsparus betonas, pagamintas iš 15–40 % kalcio aluminatinio cemento, 15–5 % kianito ir 30–70 % termiškai išpūsto molio. Gautos medžiagos tankis po džiovinimo 110 °C temperatūroje 990–1300 kg/m³, gniuždymo stipris 4,4–8,5 MPa, po terminio apdorojimo 1000 °C temperatūroje tankis 950–1200 kg/m³, o gniuždymo stipris 2,1–9,5 MPa.

Patente RU2674484 pateikta šiluminio įrenginio detalių izoliacinio sluoksnio lengvo betono sudėtis, susidedanti iš 2,5–60 % aliumosilikatinių tuščiavidurių mikrosferų; 5–20 % aluminatinio cemento; 5–60 % šamotinio smėlio; 5–15 %

reaktyvaus aliuminio oksido; 0,5–1,5 % SiO_2 mikrodulkių; 0,5–10 % metakaolino; 0,05–0,2 % plastiklio; 0,05–0,4 % metilceliuliozės; 10–23 % vandens. Tokios medžiagos tankis po džiovinimo 110 °C temperatūroje 850 kg/m³, gniuždymo stipris 7 MPa; po terminio apdorojimo 1000 °C temperatūroje tankis 700 kg/m³, gniuždymo stipris 14 MPa, susitraukimas 0,9 %.

Patente RU2213714 pateikta izoliacinės ugniai atsparios medžiagos sudėtis izoliaciniam metalurgijos pramonės įrenginių sluoksniui susideda iš 20–80 % keraminės matricos; 5–40 % aliumosilikatinių mikrosferų; 0,5–15 % vieno ar daugiau skirtingų rišiklių; iki 5 % vandens; iki 4 % deflokulianto bei iki 20 % koloidinio silicio dioksido. Tokios medžiagos tankis po terminio apdorojimo 800 °C temperatūroje 600–800 kg/m³. Tokių savybių medžiagos gautos, naudojant aluminatinį cementą, aliumosilikatines mikrosferas, mikropluoštą ir pucolaninius priedus, tačiau nėra nurodomas šių medžiagų tariamasis poringumas ir šilumos laidumo koeficientas.

Patentuotų ugniai atsparių medžiagų apžvalga rodo tikslingumą sukurti lengvesnes ir geresnes izoliacines savybes turinčias medžiagas, panaudojant ugniai atsparias atliekas vietoj brangių sintetinių komponentų.

Išradimo esmė

Sukurti lengvą izoliacinį ugniai atsparų betoną, skirtą šiluminių įrenginių termoizoliaciniam sluoksniui įrengti, panaudojant antrines žaliavas. Tikslas buvo pasiektas panaudojant aluminatinį cementą, anglies degimo šalutinį produktą – aliumosilikatines mikrosferas, mikropluoštus, bei pakartotinai naudotiną naftos pramonėje naudotą katalizatorių.

Išsamus išradimo aprašymas

Lengvo izoliacinio su aliumosilikatinėmis mikrosferomis ugniai atsparaus betono sudėtis, masės %:

aluminatinis cementas	33-36;
aliumosilikatinės mikrosferos	62-66;
aliumosilikatinis katalizatorius	0,8-1,2;
kompleksinis mikropluoštas	0,15-0,35*

cheminiai priedai	0,2-0,4*;
vanduo	55-60*

*- virš 100% sausų komponentų

Atlikus tyrimus, nustatyta, kad norimų savybių medžiagai gaminti tinkamos yra tokios žaliavos: aluminatinis cementas ($\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 70\%$), aliumosilikatinės mikrosferos (frakcija 0-120 μm , $\text{Al}_2\text{O}_3 \leq 33\%$) ir aliumosilikatinis katalizatorius ($\text{Al}_2\text{O}_3 \sim 28\%$ ir $\text{SiO}_2 \sim 53\%$), kompleksinis mikropluoštas (polipropileno mikropluoštas $\varnothing 40 \pm 2 \mu\text{m}$ ir anglies mikropluoštas $\varnothing 6 \pm 1 \mu\text{m}$) ir cheminiai priedai. Naujasis izoliacinis betonas po džiovinimo ir terminio apdorojimo aukštose temperatūrose yra lengvesnis, pasižymi mažesniu šilumos laidumo koeficientu ir deformacija aukštoje temperatūroje, nei kiti lengvieji ugniai atsparūs betonai su vermikulito, perlito, aliumosilikatinių sferų ir kt. lengvais užpildais.

Siūlomos sudėties lengvas izoliacinis ugniai atsparus betonas, lyginant su kitais patentuose analizuotais termoizoliaciniais ugniai atspariais betonais, pasižymi 260–700 kg/m^3 mažesniu tankiu po džiovinimo 110 °C temperatūroje, 270 kg/m^3 mažesniu tankiu po terminio apdorojimo 800 °C temperatūroje ir 160–660 kg/m^3 mažesniu tankiu po terminio apdorojimo 1000 °C temperatūroje; ~22 % efektyvesnėmis šilumos laidumo savybėmis, mažesniu susitraukimu.

Išradimas yra iliustruojamas pavyzdžiais.

1 lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono pavyzdys. Betono sudėtis masės %, tokia: aluminatinis cementas 33–36; aliumosilikatinės mikrosferos 62–66; aliumosilikatinis katalizatorius 0,8–1,2; cheminiai priedai 0,2–0,40; vanduo 55–60.

2 lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono pavyzdys. Betono sudėtis masės %, tokia: aluminatinis cementas 33–36; aliumosilikatinės mikrosferos 62–66; aliumosilikatinis katalizatorius 0,8–1,2; kompleksinis mikropluoštas 0,15–0,35; cheminiai priedai 0,2–0,40; vanduo 55–60.

Lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono mechaninės, fizikinės ir kitos savybės pateiktos 1 lentelėje. Bandymai atlikti laikantis LST EN ISO 1927(5-6), LST EN ISO 8894-1:2010, LST EN ISO 10545-3:2000 standartų reikalavimų.

1 lentelė. Pagrindiniai išradimo esmę apibūdinantys požymiai ir privalumai

Savybės	Sąlygos	1 pavyzdys	2 pavyzdys siūlomas betonas
Tankis, kg/m ³	110°C	560	590
	800°C	510	530
	1000°C	520	540
UIG, m/s	110°C	2100	2110
	800°C	1540	1420
	1000°C	1920	1930
Gniuždymo stipris, MPa	110°C	3,0	4,1
	800°C	1,50	2,8
	1000°C	2,20	3,2
Lenkimo stipris, MPa	110°C	0,80	1,1
	800°C	0,30	0,6
	1000°C	0,70	1,1
Deformacija %	800°C	0,70	0,30
	1000°C	1,20	0,90
λ , W/(m·K) (614°C)	800°C	-	0,18
	1000°C	-	0,19
Tiriamasis poringumas, %	110°C	-	55,7
	800°C	-	60,4
	1000°C	-	65,4

Kadangi 1 pavyzdžio gauta per didelė deformacija, po terminio apdorojimo 1000 °C temperatūroje, šilumos laidumas ir tariamasis poringumas nebuvo tiriami, o susitraukimas buvo sumažintas panaudojant kompleksinį mikropluoštą (2 pvz.). Aprašytas (2 pvz.) lengvas izoliacinis ugniai atsparus betonas pasižymi geromis technologinėmis savybėmis, ypatingai mažomis tankio ir deformacinėmis charakteristikomis.

Išradimo apibrėžtis

1. Lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono sudėtis sudaryta iš aluminatinio cemento, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad papildomai panaudotas aliumosilikatinis katalizatorius; kompleksinis mikropluoštas ir lengvasis užpildas yra aliumosilikatinės mikrosferos, o cheminis priedas tai polimerinis dispergantas polietilenglikolio pagrindu, esant tokiam komponentų santykiui, masės %:

aluminatinis cementas	33-36;
aliumosilikatinės mikrosferos	62-66;
aliumosilikatinis katalizatorius	0,8-1,2;
kompleksinis mikropluoštas	0,15-0,35;
cheminiai priedai	0,2-0,4;
vanduo	55-60.

2. Lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono sudėtis su aluminatiniu cementu pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad panaudotos Al_2O_3 28–38 % ir SiO_2 50–60 % sudėties ir 0–150 μm dydžio aliumosilikatinės mikrosferos.

3. Lengvo izoliacinio ugniai atsparaus betono sudėtis su aluminatiniu cementu pagal 1 punktą, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad panaudotas kompleksinis mikropluoštas t.y. polipropileno mikropluoštas, kurio diametras $40 \pm 2 \mu\text{m}$ ir anglies mikropluoštas, kurio diametras $6 \pm 1 \mu\text{m}$.