

(12) **PATENTO APRAŠYMAS**

(21) Paraiškos numeris: **2024 009**
(22) Paraiškos padavimo data: **2024-03-25**
(41) Paraiškos paskelbimo data: **2025-10-10**
(45) Patento paskelbimo data: **2025-11-10**

(73) Patento savininkas:
**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS, K.
Donelaičio g. 73, 44029 Kaunas, LT**

(72) Išradėjas:
**Dovilė RUBINAITĖ, LT
Raimundas ŠIAUČIŪNAS, LT
Tadas DAMBRAUSKAS, LT
Anatolijus EISINAS, LT**

(74) Patentinis patikėtinis/atstovas:
**Aušra PAKĖNIENĖ, 50, AAA Law, A. Goštauto g. 40B,
Verslo centras „Dvyniai“, LT-03163 Vilnius, LT**

LT 7167 B

(54) Pavadinimas:
Pelenų portlandcemenčio kompozicija

(57) Referatas:

Šis išradimas yra skirtas gauti lakiųjų pelenų portlandcemenčio specialią kompoziciją, panaudojant didelio grynumo neorganinį kalcio sulfoaluminato priedą kaip rišimosi ir kietėjimo reguliatorių. Šiame priede yra >97,5 % jelimito ir jis buvo susintetintas dvistadijinės sintezės (hidroterminė ir kietafazė) būdu iš kalcio karbonato, aliuminio hidroksido ir gipso. Neorganinis kalcio sulfoaluminato priedas nuo kitų portlandcemenčiui skirtų priedų skiriasi tuo, kad yra didelio grynumo, aplinkai draugiškas, netoksiškas, neturi šarmų bei tinka lakiųjų pelenų portlandcemenčiui.

TECHNIKOS SRITIS

Išradimas priklauso cementų kompozicijų sričiai, o tiksliau pelenų portlandcemenčio, kurio sudėtyje yra lakiųjų pelenų ir rišimosi trukmę reguliuojančių priedų.

TECHNIKOS LYGIS

Pelenų portlandcementis yra specialaus tipo cementas, į kurio sudėtį įeina 65–94 % klinkerio, 6–35 % lakiųjų pelenų ir iki 5 % koreguojančių priedų. Lakieji pelenai yra antrinis produktas, susidarantis krosnyse ir pasižymintys pucolaninėmis savybėmis. Šio tipo cementai naudojami, nes sumažinamas pelenų kiekis kaupiamas sąvartynuose ir sumažinama CO₂ emisija, dėl mažesnio portlandcemenčio kiekio betone. Be to lakieji pelenai pagerina atsparumą sulfatams ir mažesnę šilumos išsiskyrimą kietėjant, kuris yra svarbus stambių konstrukcijų gamybai. Galiausiai, naudojant lakiuosius pelenus sumažėja produkcijos kaina, nes brangus portlandcementis pakeičiamas pigiu antriniu produktu – lakiaisiais pelenais. Šiuos cementus aprašo EN 197-1 standartas.

Rišimosi trukmė ir stipris gniuždant yra du svarbūs rodikliai, atspindintys šviežių ir sukietėjusių cemento bandinių savybes. Literatūros duomenimis, pelenų pridėjimas į portlandcementį turi neigiamą poveikį rišimosi trukmei, t.y. didėjant pelenų kiekiui sistemoje ilgėja cemento rišimosi trukmė. Be to pelenų buvimas cementinėse sistemose dažnu atveju lemia sumažėjusį stiprį gniuždant ankstyvosios hidratacijos metu.

Portlandcemenčio gamybos metu klinkeris yra malamas, ir paprastai prie jo pridedamas reikiamas kiekis kalcio sulfato ar kitų jo savybes gerinančių priedų. Tačiau Pelenų portlandcemenčio rišimosi ir kietėjimo trukmė žymiai prailgėja, o stipris gniuždant žymiai sumažėja didinant pelenų kiekį sistemoje, palyginti su grynu portlandcemenčiu. Todėl, norint užtikrinti tinkamą rišimosi trukmę ir stiprį gniuždant praktiniam taikymui, reikia koreguoti cementinių mišinių, kuriuose yra lakiųjų pelenų, rišimosi ir kietėjimo procesus.

Priedų keičiančių cemento ir betono savybes naudojimas cementuose ir cemento mišiniuose yra įprasta praktika. Rišimosi lėtikliai ir greitikliai koreguoja rišimosi trukmę, kuri yra naudinga, pavyzdžiui, transportavimui, maišymui, siurbimui, dėjimui, glaistymui ar formavimui, ir galiausiai stiprumo įgavimui. Tuo tarpu kietėjimo

greitikliai padidina ankstyvąjį betono stiprumą. Atskirų priedų poveikis cementinei sistemai gali būti nustatytas tik eksperimentiniu būdu ir jų poveikis skiriasi priklausomai nuo priedo fazinės sudėties ir cemento klasės.

Portlandcemenčio rišimosi trukmei sutrumpinti gali būti naudojamos kalcio druskos, triethanolaminas, kalcio formiatas ir kitos druskos. Tuo tarpu rišimosi trukmei prailginti gali būti naudojami boraksas, sacharozė, fosfatai ir kiti junginiai. Kaip kietėjimo greitikliai kalcio ir natrio druskos, bei kalcio hidrosilikatai ar aliuminatai, kurie veikia kaip kristalizacijos centrai. Šių priedų naudojimas gali pagerinti arba pabloginti reologines savybes, o jų įtaka CEM I tipo cementui yra plačiai nagrinėtos. Deja, priedai reguliuojantys pelenų portlandcemenčio rišimosi ir kietėjimo trukmes bei reologines savybes yra mažai nagrinėti.

Naudojamų priedų trūkumas yra tas, kad ilginant arba trumpinant rišimosi trukmę blogėja ir reologinės betonų savybės bei stipris gniuždant.

JAV patente Nr. 7326920 pateikiamas portlandcemenčio rišimosi greitiklis, kurį sudaro kalcio aluminatas kaip greitiklis ir papildomai boro rūgštis ir/ar jos druska kaip rišimosi lėtiklis. Deja, patente nesprendžiamos sveikatos ir saugos problemos, susijusios su boro rūgšties naudojimu. Be to, naudojamas kalcio aluminatas blogina reologines savybes.

Tarptautinėje patento paraiškoje Nr. PCT/US2008/051664, publikacijos Nr. WO 2008/089481, patente atskleistas sudėtinis citrinų rūgšties ir boro rūgšties druskų greitiklis/lėtiklis cementams. Kaip ir prieš tai aptartame patente nesprendžiamos sveikatos ir aplinkos apsaugos problemos, be to turi būti naudojami papildomi pucolanai.

JAV patente Nr. 4257815 atskleidžiama, kad neorganiniai priedai, tokie kaip kalcio oksidas arba magnio oksidas, gali būti naudojami koreguoti šviežių skiedinių ar betono savybes, pavyzdžiui, skiedinio rišimosi trukmę. Šis patentas apima, tik cementų su lakiaisiais pelenais, kurių sudėtyje yra anglies, ir orą sutraukiančių medžiagų.

JAV patentuose Nr. 5110362 ir 5654352 atskleidžiama oro įtraukimo ir sulaikymo galimybė cementinėse sistemose naudojant organinius priedus, o štai JAV patente Nr. 6,136,089 atskleidžiama lakiųjų pelenų oksidavimo ozonu įtaka cemento savybėms.

JAV patentuose Nr. 4082561 ir 6682595 atskleidžiamas teigiamas kalio sulfato priedo poveikis trumpinant skiedinio rišimosi trukmę ir gerinti stiprumą, bendrosios paskirties betono konstrukcijose: patente Nr. 4082561 modifikuojant gryno portlandcemenčio savybes; patente Nr. 4082561 keičiant dalį portlandcemenčio lakiaisiais pelenais arba šlaku. Deja, šiuose patentuose nevertintas nei ribinis šarmų kiekis, kuris CEMI/ CEM II tipo cementuose yra leistinas iki 0,8 %, nei šarminis irimas – ypač bandiniuose su lakiaisiais pelenais.

Tarptautinėje patento paraiškoje Nr. PCT/FR2012/051172, publikacijos Nr. WO 2012/160319A1 atskleidžiami cemento rišimosi greitikliai, kurios sudaro vandenyje tirpios druskos, tokios kaip: natrio silikatas, natrio metasilikatas, natrio ir kalio silikatai, kalio metasilikatas, ličio silikatas, ličio metasilikatas ir/arba jų mišiniai. Tačiau šie šarminių metalų silikatai gali išsiplauti iš cemento akmens, taip pablogindami jo eksploatacines savybes ilguoju periodu.

Vokietijos patente Nr. DE 102005054190B3 atskleidžiama suspensijos, kuri sudaryta iš aliuminio sulfato, amorfinio aliuminio hidroksido, karboksirūgšties ir (arba) jų druskų bei sepiolito, sudėtis greitinanti betono kietėjimą. Tačiau reikalingas didelis suspensijos kiekis – 7 % skaičiuojant nuo cemento masės, kurios gamybai naudojami bent jau keturi chemiškai gryni ir brangūs reagentai.

Literatūros duomenimis be anksčiau išvardintų priedų į portlandcemenčio cementus gali būti įmaišomi sulfoaluminatiniai cementai. Šie cementai gali būti laikomi aplinkai draugiškais cementais, nes jų gamybos metu į aplinką išmetama mažiau anglies dioksido. Jie dažnu atveju naudojami sumažinti portlandcemenčio betonų trūkinėjimo problematiką. Sulfoaluminatiniai cementai pradeda formotis esant 900–950 °C temperatūros aplinkoje. Tačiau įprastai sintetinami esant 1200–1250 °C temperatūros aplinkoje, o esant 1350 °C temperatūros aplinkai tampa metastabilūs ir pradeda skilti. Pagrindinis sulfoaluminatinių cementų komponentas yra jelimitas ($\text{Ca}_4\text{Al}_6(\text{SO}_4)\text{O}_{12}$), ($c < 50\%$). Kartu su pastaruoju junginiu sulfoaluminatiniuose cementuose susidaro krotitas ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$), grositas ($\text{CaO} (\text{Al}_2\text{O}_3)_2$), majenitas ($((\text{CaO})_{12}(\text{Al}_2\text{O}_3)_7)$) ir kitos aukštatemperatūros fazės.

Sulfoaluminatinių cementų gamybai naudojamos klintys bei aliuminio ir sieros komponentų turinčios žaliavos. Sieros ir aliuminio komponentus turinčios žaliavos gali būti tiek gamtinės kilmės, tiek atliekos (pelenai, krosnių šlakas, tvenkinių

dumblas ir t.t.).

Nors pelenų portlandcementis bei sulfoaluminatiniai cementai, įskaitant jų atskirus komponentus, yra gerai žinomi, tačiau vis dar ieškoma būdų, kaip pagerinti pelenų portlandcemenčio savybes, tokias kaip rišimosi trukmė ir reologija, nepabloginant kitų svarbių charakteristikų.

IŠRADIMO ESMĖ

Šis išradimas atskleidžia pelenų portlandcemenčio kompoziciją. Kompozicija apima portlandcementį, lakiuosius pelenus ir aplinkai draugišką ir netoksišką neorganinį didelio grynumo neorganinį kalcio sulfoaluminato priedą, kaip rišimosi ir kietėjimo reguliatorių. Priedas pagerina pelenų portlandcemenčio savybes.

Išradime yra aprašyta didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo įtaką pelenų portlandcemenčio rišimosi ir kietėjimo savybėms. Naudojant didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedą pelenų portlandcemenčio kompozicijoje, galima kontroliuoti pelenų portlandcemenčio savybes mišinių paruošimo metu.

Pelenų portlandcemenčio kompozicija gali būti naudojama kaip įprastinis pelenų portlandcementis, t.y. statybinių medžiagų ir statybų pramonėje.

TRUMPAS BRĖŽINIŲ APRAŠYMAS

Pridedami brėžiniai ir grafikai yra išradimo aprašymo sudedamoji dalis ir pateikti kaip nuoroda į galimą išradimo įgyvendinimą, bet neriboja išradimo įgyvendinimo. Grafikai nebūtinai atitinka išradimo detalių mastelį. Detalės, kurios nėra būtinos aiškinant išradimo veikimą ir neturi ryšio, nėra pateikiamos.

1 pav. yra pavaizduota didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo prekursoriaus Rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. Čia: Ms12 – kalcio monosulfoaluminatas, Cc – kalcio karbonatas.

2 pav. yra pavaizduota didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo Rentgeno spinduliuotės difrakcinės analizės kreivė. Čia: Y – jelimitas, CO – kalcio oksidas, A – anhidritas

IŠSAMUS IŠRADIMO ĮGYVENDINIMO APRAŠYMAS

Šis išradimas pateikia pelenų portlandcemenčio kompoziciją, apimančią:

nuo 65 % iki 94 % portlandcemenčio, geriau nuo 74 % iki 85 %, pavyzdžiui apie 80 %, ir kuris turi tokią oksidinę sudėtį ir fizikines savybes:

1.1. Lentelė. Portlandcemenčio oksidinė sudėtis

Oksidai	Koncentracija, %
SiO ₂	17–24
Al ₂ O ₃	2–4
CaO	63–66
Fe ₂ O ₃	2–4
Cl	<0,1
K ₂ O+Na ₂ O	<1
SO ₃	<5
K. n.*	<5,0

Pastaba: * – kaitinimo nuostoliai, masės %

1.2. Lentelė. Pagrindinės portlandcemenčio savybės

Dalelių dydžio pasiskirstymas (μm)	Min	0,1
	Max	70
	d ₁₀	1,1
	d ₅₀	8,0
	d ₉₀	40,9
S _{pav} (m ² /kg)		430
Tankis (kg/m ³)		3100

nuo 5,75 % iki 30 % lakiųjų pelenų, geriau nuo 14,75 % iki 25 %, pavyzdžiui

apie 19,5 %, ir kurie turi tokią oksidinę sudėtį ir fizikines savybes:

1.3. Lentelė. Lakiųjų pelenų oksidinė sudėtis

Oksidai	Koncentracija, %
SiO ₂	40–50
Al ₂ O ₃	28–31
CaO	6–9
Fe ₂ O ₃	4–7
TiO ₂	1-3
P ₂ O ₅	1–3
K ₂ O+Na ₂ O	<2
SO ₃	<5
K. n.	<5

1.4. Lentelė. Pagrindinės lakiųjų pelenų savybės

Dalelių dydžio pasiskirstymas (µm)	Min	<5
	Max	<250
	d ₁₀	>5 <10
	d ₅₀	>20 <30
	d ₉₀	>80 <90
S _{pav} (m ² /kg)		>400 <500
Tankis (kg/m ³)		>2500 <2900

nuo 0,25 % iki 5 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo,

geriau nuo 0,25 % iki 1 %, pavyzdžiui 0,5 %, kuris turi tokią oksidinę bei fazinę sudėtį ir fizikines savybes:

1.5. Lentelė. Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo oksidinė sudėtis

Oksidai	Koncentracija, %
CaO	35-37
Al ₂ O ₃	49-51
SO ₃	12-14
SiO ₂	<0,5
Mg	<0,5
Fe ₂ O ₃	<0,5
K ₂ O+Na ₂ O	<1
K. n.	<0,2

1.6. Lentelė. Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo fazinė sudėtis

Junginys	Koncentracija, %
Jelimitas	>95
Anhidritas	<0,5
Kalcio oksidas	<0,5
Amorfinė fazė	<3

1.7. Lentelė. Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo fizinės savybės

Dalelių dydžio	Min	<1
----------------	-----	----

pasiskirstymas (μm)	Max	<70
	d ₁₀	>1 <5
	d ₅₀	>8 <20
	d ₉₀	>30 <50
S _{pav} (m ² /kg)		>400 <500
Tankis (kg/m ³)		>2500 <2800

Pagal vieną išradimo įgyvendinimo pavyzdį, portlandcemenčio kompoziciją, apima nuo 65 % iki 94 % portlandcemenčio, nuo 5,75 % iki 30 % lakiųjų pelenų, nuo 0,25 % iki 5 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

Pagal kitą išradimo įgyvendinimo pavyzdį, portlandcemenčio kompoziciją, apima nuo 74 % iki 85 % portlandcemenčio, nuo 14,75 % iki 25 % lakiųjų pelenų, nuo 0,25 % iki 1 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

Pagal dar kitą išradimo įgyvendinimo pavyzdį, portlandcemenčio kompoziciją, apima 80 % portlandcemenčio, 19,5 % lakiųjų pelenų, ir 0,5 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

Visų trijų minėtų pavyzdžių atveju portlandcemenčio, lakiųjų pelenų ir didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo sudėtys ir savybės yra kaip nurodyta lentelėse 1.1 – 1.7.

Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo paruošimo būdas. Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo pradinės žaliavos, pavyzdžiui kalcio karbonatas, aliuminio hidroksidas ir dvihidratas gipsas laikomi žaliavų bunkeriuose. Iš šių bunkerių svoriniais dozatoriais pasverti kalcio karbonatas ir aliuminio hidroksidas tiekiami į krosnį, pavyzdžiui sukamąją, kur yra išdegami iki kalcio ir aliuminio oksidų. Gauti oksidai sandėliuojami bunkeriuose. Kalcio ir aliuminio oksidai bei dvihidratas gipsas iš bunkerių svoriniais dozatoriais pasveriami ir tiekiami į

malūną, pavyzdžiui rutulinį, mechanocheminiam apdorojimui. Po apdorojimo gautas mišinys sandėliuojamas tarpiniuose bunkeriuose. Reikiamas gautas mišinio kiekis tiekiamas į periodinio veikimo maišytuvą, pavyzdžiui propelerinį, į kurį iš rezervuaro įpilamas tūriniu dozatoriumi sudozuotas reikiamas vandens kiekis. Sumaišytos pradinės medžiagos siurbliu tiekiamos į autoklavą. Susintetinta medžiaga supilama į tarpinį rezervuarą, kuriame siurbliu nudekantuojama perteklinė skystoji terpė ir tiekama į krosnį, pavyzdžiui sukamąją, terminiam apdorojimui.

Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedas yra gaunamas dvistadijiniu būdu, naudojant:

kalcio oksidą CaO , kuris paruoštas iš reagentinio CaCO_3 ir papildomai degtas $950\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros aplinkoje 1 valandą. Paruošto kalcio oksido savitojo paviršiaus ploto vertė $S_{\text{pav}} = 341\text{ m}^2/\text{kg}$; $\text{CaO}_{\text{laisvas}} = 98,1\%$.

aliuminio oksidą Al_2O_3 , kuris paruoštas iš reagentinio $\text{Al}(\text{OH})_3$ ir papildomai degtas $475\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros aplinkoje 4 valandas. Paruošto aliuminio oksido savitojo paviršiaus ploto vertė $S_{\text{pav}} = 1130\text{ m}^2/\text{kg}$.

reagentinį gipsą $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Paviršiaus ploto vertė $S_{\text{pav}} = 694\text{ m}^2/\text{kg}$.

Iš šių junginių yra paruošiamas pradinis mišinys, kurio sudėtis atitinka molinį santykį $\text{CaO}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SO}_4 = 4:3:1$. Šis pradinis mišinys yra mechanochemiškai apdorojamas, pavyzdžiui, planetariniu malūnu arba analogišku, su trimis 10 min. įjungimo ir išjungimo ciklais, 900 aps./min greičiu.

Apdorotas mišinys yra užpilamas distiliuotu vandeniu, kad suspensijose vandens ir kietųjų medžiagų santykis (V/K) būtų lygus 10.

Sintezė vykdyta nemaišant, suspensijos 25 ml talpos PTFE induose, sudėtuose į autoklavą arba analogišką aukšto slėgio reaktorių, kai sočiųjų vandens garų temperatūra yra $110\text{ }^\circ\text{C}$, o izoterminio išlaikymo trukmė – 8 val. $110\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūra pasiekama per 2 val. Sintezės produktai praplaunami izoprapanoliu, $50\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje džiovinami 24 valandas ir persijojami per sietą, kurio akučių dydis $315\text{ }\mu\text{m}$. Produkto fazinė sudėtis parodyta 1 pav. Gautas prekursorius patalpinamas į keraminį tiglą ir degamas mufelinėje krosnyje $1150\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros aplinkoje, 1 valandą. Gautas didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo savybės ir sudėtis atskleisti 1.5–1.7 lentelėse ir 2 pav.

Pageidautina, kad gautas didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedas yra sudarytas iš >97,5 % jelimito, <0,35 % kalcio oksido, <0,2 % anhidrito ir <1,9 % amorfinės fazės.

Portlandcemenčio, lakiųjų pelenų ir didelio grynumo kalcio sulfoaluminato kompozicijos gavimo būdas

1 pavyzdys

Pradinės žaliavos: portlandcementis, kurio markė CEM I 42.5N, lakieji pelenai, didelio grynumo neorganinis kalcio sulfoaluminato priedas ir Europos standartizacijos komiteto CEN standartizuotas smėlis (EN 196-1).

Ruošiant pradinius cemento mišinius, komponentai yra supilami į sandarius indus, į juos įdedama po 4 porcelianinius malimo kūnus, skirtus homogenizavimo kokybei užtikrinti. Vienu atveju, pradinių žaliavų dalis masės % mišinyje yra: portlandcemenčio nuo 79,5 % iki 80 %, lakiųjų pelenų nuo 19,5 % iki 20 %, o didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo - 0,5 %. Mišiniai homogenizuojami 1 val. (34 aps./min. greičiu) medžiagų homogenizavimo įrenginiu. Paruošti pradiniai mišiniai naudojami cemento tešlos normalios konsistencijos ir rišimosi trukmės bandymams pagal standartą LST EN 196-3:2017, naudojant automatinį Vicat aparatą EO44N (MATEST, Italija). Standartinė konsistencija yra nustatoma pagal skalės rodmenis, t.y. atstumas tarp stūmoklio ir pagrindo plokštės yra 6 ± 2 mm. Tuo tarpu rišimosi trukmė yra nustatoma adatai prasiskverbiant į tešlą kas 5 minutes. Rišimosi pradžia yra nustatoma, kai atstumas tarp adatos ir pagrindo plokštės yra 6 ± 2 mm, o rišimosi pabaiga, kai adata pirmą kartą įsiskverbia į mėginį tik 0,5 mm.

Laboratorijoje cemento skiedinio mechaninės savybės nustatomos pagal modifikuotą standartinę LST EN 196-1 ir LST EN 197-1 metodiką. Trijų prizmių (40 x 40 x 160 mm) paruošimui yra pasveriami 450 g kompozicijos, apimančios paruošto portlandcemenčio, lakiųjų pelenų ir didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo mišinio, ir 1350 g standartinio CEN smėlio (EN 196-1). Paruoštos rišamosios medžiagos ir smėlio santykis 1:3. Po to yra atmatuojama 225 ml distiliuoto vandens. Vandens ir paruoštos rišamosios medžiagos santykis V/K =

0,5. Pirmąsias 24 valandas bandiniai kietinami formose virš vandens, po to perkiami į sandarius indus su distiliuotu vandeniu ir išlaikomi 2, 7 ir 28 paras 20 ± 1 °C temperatūroje. Bandinių stipris gniuždant nustatomas naudojant presą MEGA 10–400–50 (FORM+TEST Seidner & Co. GmbH, Vokietija) 2,4 kN/s greičiu.

Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo įtaka pelenų portlandcemenčio rišimosi ir kietėjimo savybėms.

Normalios cemento tešlos konsistencijos, rišimosi pradžios ir pabaigos trukmė bei cemento skiedinio kietėjimo savybės, kai naudojamas tik portlandcementis, portlandcementis su pelenais be didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo ir su didelio grynumo neorganiniu kalcio sulfoaluminato priedu, kompozicija pagal išradimą, yra pateiktos 1.8 ir 1.9 lentelėse.

1.8. Lentelė. Paruoštų cemento tešlų rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės

Bandinio Nr.	Mišinio kompozicija, %			Rišimosi trukmė, min		V/K
	Portlandcementis	Lakieji pelenai	Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedas	Pradžia	Pabaiga	
1	100	-	-	160	400	0,290
2	80	20	-	267	440	0,306
3	80	19,5	0,5	137	302	0,310
4	79,5	20	0,5	174	289	0,310

1.9. Lentelė. Paruoštų cemento skiedinių stipris gniuždant vertės

Bandinio Nr.	Mišinio kompozicija, %			Stipris gniuždant, MPa		
	Portlandcementis	Lakieji pelenai	Didelio grynumo kalcio sulfoaluminato priedas	2 dienos	7 dienos	28 dienos

1	100	-	-	19.67	37.46	42.59
2	80	20	-	25.33	37.29	48.09
3	80	19,5	0,5	17.69	29.96	42.99
4	79,5	20	0,5	20.66	31.74	44.18

Iš 1.8 ir 1.9 lentelėse pateiktų duomenų matyti, kad pelenų portlandcemenčio tešlai pasiekti normalią konsistenciją yra reikalingas didesnis vandens ir paruoštos rišamosios medžiagos santykis nei grynam portlandcemenčio bandiniui, o rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės atitinkamai pailgėja 107 min ir 40 min. Be to, nustatyta, kad pakeičiant portlandcementį lakiaisiais pelenais (20 %) pagerinamos mechaninės savybės, t. y. po 28 kietinimo parų 2 bandinio stiprio gniuždant vertės yra 5,5 MPa didesnės lyginant su 1 bandinio vertėmis.

Naudojant cemento mišinius su didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedu, cemento tešlos rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės atitinkamai sutrumpėja: 3 bandinyje 130 min ir 138 min, o 4 bandinyje 93 min ir 151 min lyginant, su 2 bandiniu. Verta paminėti, kad naudojant didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedą, reikalingas dar didesnis vandens ir paruoštos rišamosios medžiagos santykis norint gauti cemento tešlos normalią konsistenciją. Pelenų portlandcemenčio skiediniai su didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedu per pirmąją savaitę pasižymi lėtesne stiprumo augimo raida, bet po 28 kietinimo parų stiprio gniuždant nustatytos vertės yra didesnės lyginant su 1 bandinio vertėmis.

2 pavyzdys

Pradinių cemento mišinių paruošimas, cemento tešlos konsistencijos ir rišimosi trukmės bei cemento skiedinio mechaninių savybių nustatymas vykdomas, kaip aprašyta 1 pavyzdyje.

Skirtumas tas, kad yra naudojami skirtingi pradinių žaliavų kiekiai, kai mišinyje portlandcemenčio kiekis yra nuo 79 % iki 80 %, lakiųjų pelenų kiekis yra nuo 19 % iki 20 %, o didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo kiekis yra 1 %.

Gautų rezultatų rodikliai pateikti 1.10 ir 1.11 lentelėse.

1.10. Lentelė. Paruoštų cemento tešlų rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės

Bandinio Nr.	Mišinio kompozicija, %			Rišimosi trukmė, min		V/K
	Portlandcementis	Lakieji pelenai	Didelio grynumo kalcio sulfoaluminato priedas	Pradžia	Pabaiga	
5	80	19	1	97	177	0,313
6	79	20	1	107	186	0,313

1.11. Lentelė. Paruoštų cemento skiedinių stiprio gniuždant vertės

Bandinio Nr.	Mišinio kompozicija, %			Stipris gniuždant, MPa		
	Portlandcementis	Lakieji pelenai	Didelio grynumo kalcio sulfoaluminato priedas	2 dienos	7 dienos	28 dienos
5	80	19	1	15.54	22.13	42.64
6	79	20	1	16.80	26.28	42.65

Iš 1.10 ir 1.11 lentelėse pateiktų duomenų matyti, kad naudojant cemento mišinius su didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedu, cemento tešlos rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės atitinkamai sutrumpėja 5 bandinyje 170 min ir 263 min, o 6 bandinyje 160 min ir 254 min lyginant su 2 bandiniu. Verta paminėti, kad naudojant didesnę didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo kiekį, reikalingas dar didesnis vandens ir paruoštos rišamosios medžiagos santykis norint gauti cemento tešlos normalią konsistenciją. Pelenų portlandcemenčio skiediniai su didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedu per pirmąją savaitę pasižymi lėtesne stiprumo augimo raida, bet po 28 kietinimo parų stiprio gniuždant gautos vertės yra artimos 1 bandinio vertėms.

Pradinių cemento mišinių paruošimas, cemento tešlos konsistencijos ir rišimosi trukmės nustatymas vykdomas, kaip aprašyta 1 pavyzdyje.

Skirtumas tas, kad buvo naudojami reikiami pradinių žaliavų kiekiai, kai mišinyje portlandcemenčio kiekis kito nuo 78 % iki 80 %, lakiųjų pelenų kiekis kito nuo 18 % iki 20 %, o didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo kiekis buvo 2 %.

Gautų rezultatų rodikliai pateikti 1.12 lentelėje.

1.12. Lentelė. Paruoštų cemento tešlų rišimosi pradžios ir pabaigos trukmės

Bandinio Nr.	Mišinio kompozicija, %			Rišimosi trukmė, min		V/K
	Portlandcementis	Lakieji pelenai	Didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedas	Pradžia	Pabaiga	
7	80	18	2	35	55	0,316
8	78	20	2	25	40	0,317

Iš 1.12 lentelėje pateiktų duomenų matyti, naudojant cemento mišinius su didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedu, cemento tešlos rišimosi pradžia 7 bandinyje nustatyta po 35 min, o 8 bandinyje po 25 min. Remiantis LST EN 197-1:2011 standartu, cemento rišimosi trukmė turi būti ne trumpesnė nei 60 min, siekiant užtikrinti optimalias cemento tešlos eksploatacines savybes, todėl naudotas didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo kiekis yra netinkamas ruošti cemento skiedinius.

IŠRADIMO APIBRĖŽTIS

1. Pelenų portlandcemenčio kompozicija, apimanti lakiųjų pelenų ir didelio grynumo kalcio sulfoaluminato, b e s i s k i r i a n t i tuo, kad pelenų portlandcemenčio kompozicija apima:

nuo 65 % iki 94 % portlandcemenčio,

nuo 5,75 % iki 30 % lakiųjų pelenų,

nuo 0,25 % iki 5 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

2. Pelenų portlandcemenčio kompozicija pagal 1 punktą, apimanti:

nuo 74 % iki 85 % portlandcemenčio,

nuo 14,75 % iki 25 %, lakiųjų pelenų,

nuo 0,25 % iki 1 %, didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

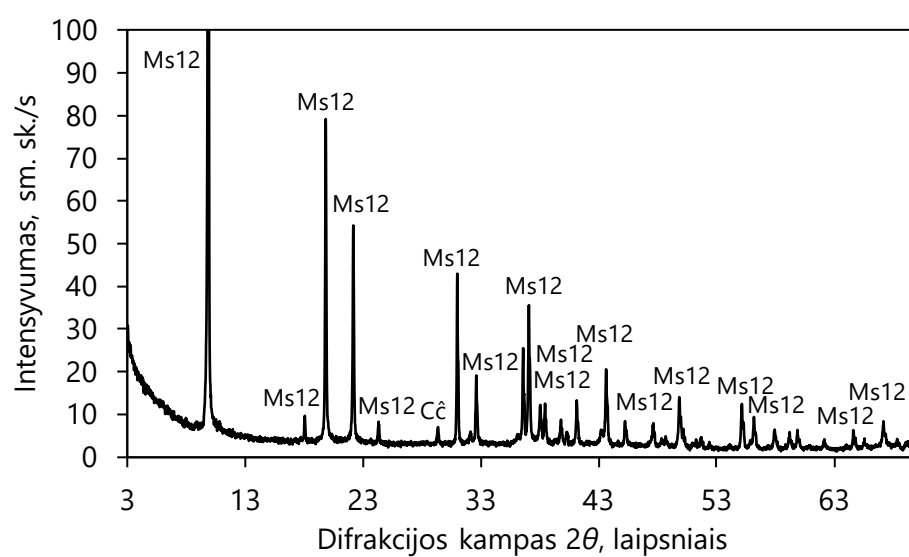
3. Pelenų portlandcemenčio kompozicija pagal 1 punktą, apimanti:

apie 80 % portlandcemenčio,

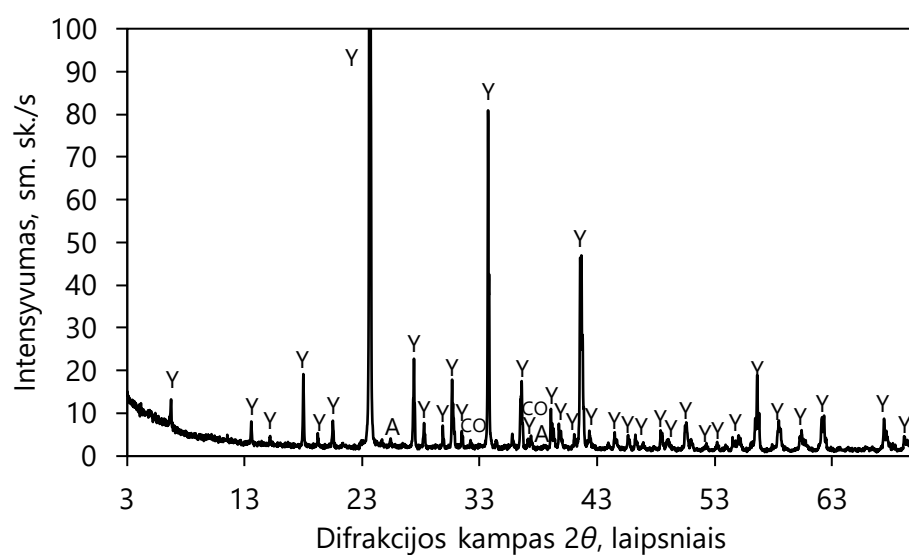
apie 19,5 % lakiųjų pelenų,

apie 0,5 % didelio grynumo neorganinio kalcio sulfoaluminato priedo.

4. Pelenų portlandcemenčio kompozicija pagal bet kurį vieną iš 1-3 punktų, kur didelio grynumo neorganinis kalcio sulfoaluminato priedas apima >97,5 % jelimito, <0,35 % kalcio oksido, <0,2 % anhidrito ir <1,9 % amorfinės fazės.



1 pav.



2 pav.