



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 119254

(13) U

(51) МПК

C04B 7/153 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2016 11865**

(22) Дата подання заявки: **23.11.2016**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **25.09.2017**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **25.09.2017, Бюл.№ 18**

(72) Винахідник(и):

**Кривенко Павло Васильович (UA),  
Петропавловський Олег Миколайович  
(UA),  
Ковальчук Олександр Юрійович (UA),  
Лакуста Сергій Олегович (UA),  
Пасько Антон Васильович (UA)**

(73) Власник(и):

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА  
АРХІТЕКТУРИ,  
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ-37, 03680  
(UA)**

## (54) ШЛАКОЛУЖНИЙ ВИСОКОМІЦНИЙ ЦЕМЕНТ

(57) Реферат:

Шлаколужний високоміцний цемент виготовлений на основі меленого гранульованого шлаку, промислового натрієвого рідкого скла та двозаміщеного ортосилікату натрію. Додатково цемент містить комплексну органічну добавку, що складається з гліцерину та полікриламід у співвідношеннях 99,0-99,7 %:0,3-1,0 % відповідно, а двозаміщений ортосилікат натрію представлений складом  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ .

UA 119254 U



Корисна модель належить до галузі хімії, а саме до гідралічних цементів, його сумішей з іншими неорганічними в'язучими матеріалами чи іншими активаторами.

Даний цемент відрізняється від вже існуючого тим, що для уповільнення строків тужавлення, підвищення повітростійкості, зниження усадки та спрощення технології використання при збереженні високих показників міцності до складу цементу на основі меленого гранульованого шлаку, промислового натрієвого рідкого скла та двозаміщеного ортосилікату натрію додатково вводять комплексну органічну добавку складу гліцерину та поліакриламід у співвідношеннях 99,0-99,7 %: 0,3-1,0 % відповідно, а двозаміщений ортосилікат натрію представлений складом  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , при наступному співвідношенні компонентів, % за масою:

мелений граншлак	60,0-70,5
промислове рідке скло	27,6-35,2
двозаміщений ортосилікат натрію $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,7-1,8
комплексна органічна добавка	1,2-3,0.

Корисна модель належить до промисловості будівельних матеріалів, а саме до складів високоміцних шлаколузних цементів і технології їх виготовлення і використання для виробництва бетонів різного призначення.

Серед аналогів відомі високоміцні шлаколузні цементи і бетони на їх основі, які отримують шляхом змішування помеленого доменного гранульованого шлаку розчинами силікатів натрію з середньою густиною розчинів 1,25-1,30 г/см<sup>3</sup> і силікатним модулем 1-2 [1].

Недоліком таких цементів є підвищена в'язкість у розчинах, скорочені строки початку тужавлення, підвищена усадка, понижена повітростійкість, низький рівень міцності у ранньому віці (1 доба), що стримує їх використання в сучасному будівництві.

Відомий спосіб виготовлення і використання шлаколузних цементів, який полягає в помелі шлаку з мінеральною добавкою з затворенням продукту помелу промисловим розчином рідкого скла, а як добавку використовують кременисту цеолітвмісну породу чи крихку синтетичного цеоліту [2].

Недоліком даного цементу є короткі строки тужавлення, низькі показники міцності як в ранньому віці, так і після набору марочної міцності, підвищена усадка, та понижена повітростійкість.

Відомі також склади і спосіб виготовлення високоміцних шлаколузних цементів з використанням промислових високомодульних розчинних стекел ( $\text{Mc} > 2$ ) та додатковим введенням у цементну композицію добавок ПАР (ССБ чи ГКЖ-11) у вигляді розчинів [3].

Недоліком такого цементу є низький рівень набору початкової міцності (1-3 доби) цементів, висока усадка та низький рівень повітростійкості.

Відомий склад і спосіб отримання високоміцного шлаколузного цементу, який включає сушіння кремнеземистої добавки (вулканічного попелу) і гранульованого шлаку, їх охолодження, дозування вказаних складових і добавки ПАР (ЛСТ-М) з усередненням, подрібнення суміші в млині відцентрово-ударної дії до питомої поверхні 2800-5000 см<sup>2</sup>/г та подальшого затворення продукту помелу лужним активатором складу, мас. %: 20-25 %-вий водний розчин гідроксиду натрію (NaOH) чи кальцинованої соди - 20-75 %, промислове рідке скло з середньою густиною 1,15-1,26 г/см<sup>3</sup>-25-75 [4].

Основними недоліками такого цементу є низькі показники міцності цементів, які характеризуються міцністю при стиску в тісті нормальної густини не більше 80 МПа, висока усадка, короткі строки тужавлення, понижена повітростійкість.

Відоме також використання шлаколузних цементів у так званих високоміцних лужних реакційних порошкових бетонах. Такі цементи виготовляють затворюванням рідким склом з силікатним модулем 1-2 до отримання потрібної консистенції дисперсії, отриманої змішуванням доменного гранульованого шлаку з органомінеральною добавкою на основі залізовмісного компонента у кількості 20-40 % за масою та поліспирту (пропантріол-1,2,3) у кількості 0,2-0,6 % за масою [5].

Основними недоліками таких цементів є низька міцність цементів за рахунок зменшення вмісту реакційного меленого шлаку, підвищена здатність до самоусушування (підвищена внутрішня (аутогенна) усадка), короткі строки тужавлення внаслідок адсорбції поліспирту залізовмісним компонентом, понижена повітростійкість. При цьому для отримання високих показників міцності бетонів на таких цементах необхідно використовувати загальний високий вміст дисперсної складової (700-900 кг/м<sup>3</sup>), що характерно та обов'язково у високоміцних реакційних порошкових бетонів для загального зменшення водоцементного відношення [6].

Найбільш близькими за технічною суттю та результатами технічних досягнень є склад високоміцного шлаколужного цементу, який включає мелений доменний гранульований шлак у кількості 54,55-94,45 % за масою, промислове натрієве рідке скло з силікатним модулем  $M_c=3,19$  у кількості 4,09-40,90 % за масою та двозаміщений ортосилікат натрію складу  $Na_2H_2SiO_4 \cdot 8H_2O$  у кількості - 0,46-4,55 % за масою [7].

Спосіб виготовлення та використання такого цементу включає помел шлаку, розчинення двозаміщеного ортосилікату натрію складу  $Na_2H_2SiO_4 \cdot 8H_2O$  у воді при підігріві, за рахунок підвищеної теплоти гідратації даного ортосилікату натрію [8], та змішування підготовлених складових з промисловим рідким склом.

Недоліками такого цементу є скорочені строки тужавлення за рахунок використання двозаміщеного ортосилікату натрію, який вміщує високоактивні дискретні кремнекисневі аніони у порівнянні з малорухомими кремнекисневими аніонами високомодульного рідкого скла за рахунок їх підвищеної полімеризації, що прискорює виведення іонів кальцію з шлакових зерен, їх пересичення та зв'язування у гідросилікатні сполуки з прискоренням тужавлення цементу, понижена повітростійкість та підвищена усадка, за рахунок формування поряд з гідросилікатними формуваннями гідрокселевих структур рідкого скла підвищеної пористості.

Задачею корисної моделі є уповільнення строків тужавлення, підвищення повітростійкості, зниження усадки та спрощення технології використання при збереженні високих показників міцності цементів.

Технічним результатом корисної моделі є шлаколужний високоміцний цемент з уповільненими строками тужавлення, підвищеною повітростійкістю, зниженою усадкою та спрощеною технологією виготовлення та використання.

Поставлена задача вирішується тим, що до шлаколужного цементу додатково водять комплексну органічну добавку складу гліцерину та поліакриламід у співвідношеннях 99,0-99,7 %:0,3-1,0 % відповідно, а двозаміщений ортосилікат натрію представлений складом  $Na_2H_2SiO_4 \cdot 4H_2O$ , при наступному співвідношенні компонентів, мас. %:

мелений граншлак	60,0-70,5;
промислове рідке скло	27,6-35,2;
двозаміщений ортосилікат натрію $Na_2H_2SiO_4 \cdot 4H_2O$	0,7-1,8;
комплексна органічна добавка	1,2-3,0.

Спосіб виготовлення і використання таких цементів полягає в попередньому помелі шлаку до питомої поверхні  $450 \pm 20 \text{ м}^2/\text{кг}$  по Блейну та змішуванні шлаку з промисловим рідким склом з додаванням порошкоподібного двозаміщеного ортосилікату натрію складу  $Na_2H_2SiO_4 \cdot 4H_2O$  без попереднього розчинення, та органічних сполук (гліцерину та поліакриламід), які вводяться у вільному порядку, до отримання однорідних цементних паст, розчинів і бетонів заданої консистенції (тісто нормальної густини, стандартні розчини для визначення класу цементу, бетони заданої рухливості).

Нижче приведений опис та характеристики сировинних компонентів, що використовуються для виготовлення шлаколужного цементу, розчинів і бетонів на його основі.

Шлак доменний гранульований за ДСТУ Б В.2.7-302:2014, скло натрієве рідке за ГОСТ 13078-81, гліцерин за ГОСТ 6824-96 марки Т-94, метасилікат натрію п'ятиводневий згідно з нормативними документами, чинними в Україні, поліакриламід згідно з нормативними документами, чинними в Україні.

Технічний результат запропонованого складу і способу виготовлення цементу забезпечується додатковим введенням до цементу добавки гліцерину у комплексі з поліакриламідом. При цьому на початковій стадії гідратації такого цементу гліцерин сприяє екрануванню як кальцієвої складової шлакових зерен, так і активних дискретних кремнекисневих аніонів ортосилікату натрію з утворенням водорозчинних гліцератів кальцію та гліцеролатів кремнію [9], що у комплексі розріджує систему за рахунок вивільнення додаткової води при утворенні вищенаведених сполук та уповільнює початок тужавлення цементу. Додаткова вода сприяє підвищенню протонізації шлакових зерен, тим самим забезпечуючи підвищення ступеня гідратації шлаку та збільшення об'єму структуроутворюючих комплексів, що ущільнює твердіючу систему та сприяє швидкості набору її міцності. Наявність додаткової добавки, що містить аміногрупи, зокрема - поліакриламід, сприяє руйнуванню первинних гліцеролатів кремнію та гліцератів кальцію з утворенням аміногліцератних комплексів з подальшим перетворенням їх, у присутності рідкого скла, у силікатполімерні структури зі зв'язками  $Si-O-C$  та  $Si-C$ , які сприяють ущільненню гідрокселевих структур та підвищенню опору цементів до дії атмосферних умов при використанні цементу, особливо підвищенню

стійкості цементів в умовах дегідратації при висушуванні [10], що характеризує підвищення повітрястійкості за умови зменшення усадки тверднучої системи.

Для демонстрації переваги заявленого цементу перед відомим проведені випробування з використанням як сировинних матеріалів цементу наступних матеріалів:

- 5 - доменний гранульований шлак ПАТ "Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф.Е. Дзержинського" з вмістом склофази 84 % за масою та модулем основності ( $M_o = CaO + MgO / SiO_2 + Al_2O_3 = 1,1$ ), помелений у лабораторному кульовому млині до питомої поверхні 430 м<sup>2</sup>/кг по приладу Блейна;
- 10 - скло рідке натрієве з  $M_c = 3,0$  та  $\rho = 1400$  кг/м<sup>3</sup> виробництва ЧП "Центрмаркет-2006" (м. Кременчук);
- гліцерин - постачальник "Химлаборреактив" (м. Київ);
- метасилікат натрію п'ятиводневий - кристалічний порошок білого кольору виробництва ТОВ "Сода-хлорит", м. Березняки (Росія);
- 15 - поліакриламід торгової марки Agosel S 2000 - водорозчинний порошок білого кольору, стійкий до лужного середовища.

Випробування цементів в тісті нормальної густини і цементно-піщаних розчинах виконували згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.7-181:2009 та ДСТУ Б В.2.7-187:2009.

Як заповнювач для виготовлення цементно-піщаних розчинів використовували стандартний пісок, що відповідає ДСТУ Б В.2.7-189:2009.

20 Випробування цементів на повітрястійкість виконували за методикою [11, с. 248].

Усадку цементів визначали за методикою Гіпроцементу [11, с. 229-232].

Результати випробувань за найближчим аналогом та корисною моделлю наведені в табл. 1 та табл. 2.

Експериментальні дослідження підтверджують замовлені властивості цементів.

Таблиця 1

Вплив складу цементів на технологічні та фізико-механічні характеристики

№ п/п	Склад цементу, %				Початок тужавл., хв.	Розплив конусу (РК) розчину складу 1:3 (цемент: рідке скло),мм	Міцність Рст./Rзг, МПа, через діб		
	Шлак	Рідке скло	Добавки				1	3	28
			Na <sub>2</sub> H <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub> Na <sub>2</sub> O•SiO <sub>2</sub>	Органічна добавка при відношенні складових*					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
За найближчим аналогом									
1	54,55	40,90	4,55 -	-	30	150	10,0 1,4	28,6 4,1	80,1 11,7
Запропонований в межах варіювання складу									
3	60,0	35,2	- 1,8	3,0 99,7:0,3	62	170	28,3 4,25	40,1 6,2	88,5 11,6
4	60,0	35,2	- 1,8	3,0 99,0:1,0	58	165	30,7 4,8	45,3 6,5	90,6 12,1
5	70,5	27,6	- 0,7	1,2 99,7:0,3	48	154	35,4 5,2	48,8 6,8	05,0 12,4
6	70,5	27,6	- 0,7	1,2 99,0:1,0	45	148	32,8 5,0	46,0 6,6	90,0 12,8
7	65,25	31,4	- 1,25	2,1 99,7:0,3	55	160	36,7 5,5	49,4 7,0	98,4 13,0
За межами запропонованого складу									
8	59,3	35,2	- 2,0	3,5 99,7:0,3	50	180	20,0 3,0	35,1 4,9	80,5 11,2
9	59,3	35,2	- 2,0	3,5 98,5:1,5	38	150	21,5 3,2	34,3 4,5	85,6 12,0
10	72,0	26,4	- 0,6	1,0 99,7:0,3	35	130	18,3 2,8	35,8 5,0	88,0 12,4

Таблица 2

## Вплив складу цементів на повітрястійкість та усадку

№ складу за табл. 1	Втрата міцності при згині, %, після циклів зволоження висушування			Усадка зразків з цементно-піщаного розчину пластичної консистенції, мм/м, у віці, діб			
	25	50	100	14	28	56	90
За найближчим аналогом							
1	15	28	35	-0,28	-0,45	-0,72	-1,10
Запропонований в межах варіювання складу							
3	5	12	18	-0,104	-0,235	-0,42	-0,60
4	3	10	15	-0,082	-0,167	-0,32	-0,50
5	10	18	24	-0,200	-0,350	-0,55	-0,68
6	8	15	22	-0,176	-0,290	-0,50	-0,64
7	7	12	20	-0,122	-0,280	-0,45	-0,62
За межами запропонованого складу							
8	11	18	26	-0,190	-0,380	-0,60	-0,80
9	12	21	28	-0,180	-0,360	-0,58	-0,75
10	10	24	30	-0,250	-0,420	-0,65	-0,85

Як видно з представлених результатів, заявлений цемент має значні переваги над відомим і полягає, при збереженні високих показників міцності цементів, в уповільненні строків початку тужавлення цементів пластичної консистенції на 50,0-106,7 %, зменшенні втрати їх міцності при згині після 100 циклів поперемінного зволоження-висушування на 31-54 %, що характеризує підвищення повітрястійкості цементів [11], зменшення усадки після 90 діб випробування на 43-54,5 %, спрощення технології приготування та використання за рахунок використання добавки ортосилікату натрію без запровадження операції попереднього розчинення.

Використанні складів цементів за межами запропонованих варіювань супроводжується негативним впливом на їх повітрястійкість, яка характеризується втратою міцності при згині після 100 циклів випробування у межах 26-30 %, при допустимій, згідно [11],  $\leq 25$  %. Крім того, усадка таких цементів у порівнянні з заявленим варіюванням складових збільшується на 10,3-70 %.

Заявлений склад цементу і спосіб його отримання не є очевидними і не витікають з відомого рівня техніки, науково-технічної і патентної літератури.

Представлені цементи і спосіб їх отримання і використання можливо реалізувати в промислових умовах з запровадженням стандартного промислового обладнання, призначеного для виготовлення пластичних розчинів і бетонів.

Джерела інформації:

1. Глуховский В.Д. Производство бетонов и конструкций на основе шлакощелочных вяжущих / В.Д Глуховский, П.В. Кривенко, Г.В. Румына, В.Л. Герасимчук. - К.: Будівельник, 1988, с. 45-48.

2. Патент RU 2273610, C04B 7/153, опубл. 10.04.2006.

3. Кононов В.П. Прочностные и деформативные свойства шлакощелочных высокопрочных бетонов на основе высоко модульного жидкого стекла. // Дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук. Киев, 1989. С. 64-69.

4. Патент RU (11) 2370465 (13) C1. C04B 7/153, опубл. 20.10.2009.

5. А.А. Шишкин. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 2 (17). 2014. 56-65. URL: [http://unistroy.spbstu.ru/index\\_2014\\_17/5\\_shishkin\\_17.pdf](http://unistroy.spbstu.ru/index_2014_17/5_shishkin_17.pdf)

6. В.И. Калашников, О.В. Тараканов, Ю.С. Кузнецов, В.М. Володин, Е.А. Белякова. Бетоны нового поколения на основе сухих тонкозернисто-порошковых смесей. Инженерно-строительный журнал № 8(34), 2012, с. 47-53. URL: [http://engstroy.spbstu.ru/index\\_2012\\_08/tarakanov.html](http://engstroy.spbstu.ru/index_2012_08/tarakanov.html)

7. Патент RU (11) 2247697 (13) C1. C04B 7/14, опубл. 30.06.2003.

8. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло СПб.: Стройиздат, 1996, с. 28.

9. Богданова Е.К. Физико-химические свойства биоактивных композиционных материалов на основе фосфатов кальция и кремнийорганических соединений. Автореф. дис. Канд. хим. наук. Екатеринбург, 2012. 23 с.

10. П.Б. Разговоров. Модифицирование водорастворимых силикатов введением органических соединений. Ж. Химия и химическая технология, 2013. Т. 56 вып. 11. URL:<http://ctj.isuct.ru/files/2013/11-2013.pdf>
11. Ю.М. Бутт, В.В. Тимашев. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Высшая школа, Москва, 1973, 504 с.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- 10 Шлаколузкий високоміцний цемент на основі меленого гранульованого шлаку, промислового натрієвого рідкого скла та двозаміщеного ортосилікату натрію, який **відрізняється** тим, що для уповільнення строків тужавлення, підвищення повітростійкості, зниження усадки та спрощення технології використання при збереженні високих показників міцності цементу, додатково містить комплексну органічну добавку, що складається з гліцерину та полікриламід у співвідношеннях 99,0-99,7 %:0,3-1,0 %, відповідно, а двозаміщений ортосилікат натрію
- 15 представлений складом  $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ , при наступному співвідношенні компонентів, % за масою:
- |   |           |
|---|-----------|
| мелений граншлак  | 60,0-70,5 |
| промислове рідке скло   | 27,6-35,2 |
| двозаміщений ортосилікат натрію $\text{Na}_2\text{H}_2\text{SiO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ | 0,7-1,8   |
| комплексна органічна добавка  | 1,2-3,0.  |

---

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

---

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

---

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601