

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2781960

ДЕФОРМАЦИОННО-УПРОЧНЯЮЩИЙСЯ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский горный университет" (RU)*

Авторы: *Смирнова Ольга Михайловна (RU), Алексеев Александр Васильевич (RU), Колосов Олег Игоревич (RU), Петров Дмитрий Николаевич (RU)*

Заявка № 2022113567

Приоритет изобретения 20 мая 2022 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 21 октября 2022 г.

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 20 мая 2042 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов





ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C04B 7/1535 (2022.08); C04B 18/24 (2022.08); C04B 16/0633 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2022113567, 20.05.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
20.05.2022Дата регистрации:
21.10.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 20.05.2022

(45) Опубликовано: 21.10.2022 Бюл. № 30

Адрес для переписки:

190106, Санкт-Петербург, 21 линия, В.О., 2,
Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Смирнова Ольга Михайловна (RU),
Алексеев Александр Васильевич (RU),
Колосов Олег Игоревич (RU),
Петров Дмитрий Николаевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Санкт-Петербургский горный
университет" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 2556563 C1, 10.07.2015. RU
2008122118 A, 10.12.2009. RU 2296724 C1,
10.04.2007. WO 9012139 A1, 18.10.1990.

(54) ДЕФОРМАЦИОННО-УПРОЧНЯЮЩИЙСЯ КОМПОЗИТ НА ОСНОВЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО ВЯЖУЩЕГО

(57) Реферат:

Изобретение относится к строительству. Технический результат — повышение предела прочности при изгибе, высокие значения работы разрушения, деформационное упрочнение после образования первой микротрещины и повышение величины прогиба образцов. Деформационно-упрочняющийся композит на основе шлакощелочного вяжущего, содержащий гранулированный доменный шлак с содержанием зерен размером менее 10 мкм более 50%, размером менее 60 мкм более 97%, жидкое стекло плотностью 1,3 г/см³ с силикатным модулем

равным 1,5, наполнитель - шелуху риса с удельной поверхностью 510 м²/кг, термообработанную при 400°С, гидроксид натрия, причем дополнительно содержит полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм, кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм и воду при следующем соотношении компонентов, об.%: гранулированный доменный шлак 38,95 - 44,05; шелуху риса 8,44 - 8,74; жидкое стекло 9,2 - 9,4; гидроксид натрия 1,8 - 1,9; кварцевый песок 4,27 - 4,51; полипропиленовое волокно 3,4 - 3,6; вода - остальное. 1 ил., 3 табл.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C04B 7/153 (2006.01)
C04B 18/24 (2006.01)
C04B 16/06 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C04B 7/1535 (2022.08); *C04B 18/24* (2022.08); *C04B 16/0633* (2022.08)(21)(22) Application: **2022113567, 20.05.2022**(24) Effective date for property rights:
20.05.2022Registration date:
21.10.2022

Priority:

(22) Date of filing: **20.05.2022**(45) Date of publication: **21.10.2022** Bull. № 30

Mail address:

**190106, Sankt-Peterburg, 21 liniya, V.O., 2,
Patentno-litsenziyonnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Smirnova Olga Mikhailovna (RU),
Alekseev Aleksandr Vasilevich (RU),
Kolosov Oleg Igorevich (RU),
Petrov Dmitrii Nikolaevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Sankt-Peterburgskii gornyi
universitet» (RU)**(54) **DEFORMATION-HARDENING COMPOSITE BASED ON SLAG-ALKALI BINDER**

(57) Abstract:

FIELD: construction.

SUBSTANCE: invention relates to construction. Deformation-hardening composite based on slag-alkali binder containing granulated blast-furnace slag with grain size less than 10 microns more than 50%, grain size less than 60 microns more than 97%, liquid glass with a density of 1.3 g/cm³ with a silicate modulus equal to 1.5, filler - rice husk with a specific surface area of 510 m²/kg, heat-treated at 400°C, sodium hydroxide, additionally containing polypropylene fiber with a diameter of 20 microns and a length of 6 mm, quartz

sand with a fraction of 0.06 to 2 mm and water in the following ratio of components, vol.%: granulated blast-furnace slag 38.95 - 44.05; rice husk 8.44 - 8.74; liquid glass 9.2 - 9.4; sodium hydroxide 1.8 - 1.9; quartz sand 4.27 - 4.51; polypropylene fiber 3.4 - 3.6; water is the rest.

EFFECT: increase in ultimate strength in bending, high values of fracture work, strain hardening after the formation of the first microcrack and increase in specimen deflection.

1 cl, 1 dwg, 3 tbl

Изобретение относится к строительству, а именно к составам бетонов на основе шлакощелочных вяжущих и может быть использовано в подземном, промышленном и транспортном строительстве для изготовления и ремонта бетонных и железобетонных конструкций.

5 Известно вяжущее (авторское свидетельство SU № 697429, опубл. 18.11.1979), состоящее из гранулированного доменного шлака, соединений щелочных металлов и молотого шамота при следующем соотношении компонентов, мас. %: гранулированный шлак 20-60, молотый шамот 36-72, соединения щелочных металлов 4-8.

10 Недостатком этого состава является недостаточный предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известно вяжущее (варианты) (патент RU № 2296724, опубл. 10.04.2007), включающее, гранулированный доменный шлак, щелочной компонент и наполнитель, и содержащее в качестве щелочного компонента жидкое стекло плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$ с силикатным модулем $n=1,5$, в качестве наполнителя - бой керамического кирпича с содержанием 10-14 мас. % полевых шпатов, при следующем соотношении компонентов, мас. %: гранулированный шлак 58,9-68,2 бой указанного керамического кирпича 22,8-31,7, указанный щелочной компонент 9,0-9,4.

20 Недостатком этого состава является недостаточный предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Известен жаростойкий шлакощелочной пенобетон (патент RU № 2149853, опубл. 27.05.2000), с содержанием мас. %: тонкодисперсный шлак 55,0-57,56, низко модульное жидкое стекло 30,29-32,063, пенообразователь 0,17-0,2, щелочестойкое стекловолокно в виде волокон длиной 2-3 см - 0,27-0,29, натрий фосфорно-кислый - 0,27-0,46, вода - 11,36-12,13.

Недостатком этого состава является недостаточный предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

30 Известен жаростойкий шлакощелочной пенобетон (патент RU № 2306301, опубл. 20.09.2007) с содержанием, мас. %: низко модульное жидкое стекло плотностью $1,48 \text{ г/см}^3$ 30,70-33,90, тонкодисперсный шлак 17,25-17,35, пенообразователь 0,17-0,20, тонкодисперсный нефелиновый шлак 14,90-15,30, тонкодисперсный вспученный вермикулит плотностью 200 кг/м^3 11,80-12,40, нейтрализованный гальваношлам с влажностью 80% 13,85-14,60, осадок очистных сооружений станций водоподготовки с влажностью 80%, содержащий гидроксид алюминия $\text{Al}(\text{OH})_3$, 8,13-9,45.

40 Известно вяжущее (патент RU № 2556563, опубл. 10.07.2015) с содержанием, мас. %: гранулированный доменный шлак с содержанием зерен размером менее 10 мкм более 50%, размером менее 60 мкм более 97% 82,8-85,0, жидкое стекло плотностью $1,3 \text{ г/см}^3$ с силикатным модулем равным 1,5 8,6-8,9, в качестве наполнителя - шелуху риса с удельной поверхностью $510 \text{ м}^2/\text{кг}$, термообработанную при 400°C 2,7-4,4, гидроксид натрия - остальное.

45 Недостатком является недостаточный предел прочности при изгибе, низкие значения удельной работы разрушения, отсутствует деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, недостаточная величина прогиба.

Техническим результатом является создание состава, который обеспечивает

повышенный предел прочности при изгибе.

Технический результат достигается тем, что дополнительно содержит полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм, кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм и воду при следующем соотношении компонентов, об. %:

5	гранулированный доменный шлак с содержанием зерен размером менее 10 мкм более 50%, размером менее 60 мкм более 97%	38,95-44,05
	шелуху риса с удельной поверхностью 510 м ² /кг	8,44-8,74
10	жидкое стекло плотностью 1,3 г/см ³ с силикатным модулем равным 1,5	9,2-9,4
	гидроксид натрия	1,8-1,9
	кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм	4,27-4,51
	полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм	3,4-3,6
	вода	остальное

15 Заявляемый состав поясняется следующей фигурой:

фиг.1 - график деформирования трех образцов композита состава.

Заявляемый состав включает в себя следующие реагенты и товарные продукты, их содержащие:

20 - гранулированный доменный шлак Череповецкого металлургического завода по ГОСТ 3476-74 «Шлаки доменный и электротермофосфорный гранулированные для производства цементов». Химический состав шлака представлен в таблице 1.

Таблица 1 - химический состав шлака									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	FeO	S	TiO ₂	Na ₂ O	K ₂ O
41,0	7,5	43,0	6,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,9

25 - жидкое стекло по ГОСТ 13078-81 производства ООО «Тиккурила СПб» плотностью 1,3 г/см³ с силикатным модулем равным 1,5;

- гидроксид натрия соответствовал ГОСТ 4328-77;

30 - термообработанная шелуха риса, обожженная при температуре, равной 400°С по ТУ 2169-276-00209792-2005. Химический состав термообработанной шелухи риса представлен в таблице 2;

Таблица 2 - химический состав термообработанной шелухи риса									
Содержание оксидов, %									
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	п.п.п.*	
87,62	1,49	0,68	1,81	1,59	0,53	0,03	2,12	4,13	
Примечание: * потери при прокаливании									

40 - кварцевый песок месторождения «Овсянкино» Лужского горно-обогатительного комбината фракции от 0,06 до 2 мм соответствовал ГОСТ 8736-93 «Песок для строительных работ»;

- полипропиленовое волокно по ТУ 5743-001-33181456-2006 «Добавка армирующая для бетонов (фибра полипропиленовая)»;

45 - вода затворения - водопроводная питьевая вода соответствовала ГОСТ 23732-2011 «Вода для бетонов и строительных растворов».

Образцы для испытания готовили следующим образом. Предварительно высушенный до влажности не более 1% шлак подвергали помолу. Для получения тонкодисперсных частиц шлака использовалась центробежно-эллиптическая мельница АС100 (класс мельниц «Активатор С») фирмы Oy CYCLOTEC Ltd - Финляндия. Использование

эффективного классификатора для разделения в воздушных потоках дисперсных материалов позволяет регулировать гранулометрический состав минеральных порошков. В работе использован классификатор центробежно-динамический фирмы «Ламел-777», Республика Беларусь. Гранулометрический состав молотого шлака был определен с помощью лазерного дифракционного анализатора размера частиц MicroSizer 201. Отдельному помолу подвергалась термообработанная шелуха риса до удельной поверхности $510 \text{ м}^2/\text{кг}$. Затем производился совместный помол шлака и термообработанной шелухи риса в течение 15 секунд с целью перемешивания компонентов. Все отдозированные сухие компоненты помещают в лабораторный автоматический растворосмеситель для цементного раствора фирмы Tinius Olsen, где осуществляется перемешивание сухих компонентов, затем вводится водный раствор жидкого стекла с плотностью $1,3 \text{ г}/\text{см}^3$ и гидроксида натрия с плотностью $1,3 \text{ г}/\text{см}^3$ и осуществляется перемешивание всех компонентов заявляемого состава в течение 5 минут.

Для исследования свойств композита, полученного с помощью заявляемого состава, были приготовлены составы с расплывом конуса 120-124 мм. Расплыв конуса определялся по ГОСТ 310.4-81 «Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии». Готовили образцы-балочки размером $4 \times 4 \times 16 \text{ см}$ для испытания на прочность при изгибе и сжатии. Образцы твердели при $t=20^\circ\text{C}$ и 100% влажности воздуха и в возрасте 28 суток были испытаны на растяжение при изгибе и сжатие согласно ГОСТ 310.4-81. Были также проведены испытания состава, изготовленного в соответствии с прототипом. Исследование по определению механических свойств выполнено с помощью сервогидравлической системы MTS 816. Оборудование позволяет проводить испытания образцов на сжатие и на трехточечный изгиб. Три образца были испытаны для каждого состава в возрасте 28 дней. Расчет удельной работы разрушения был выполнен как отношение площади под кривой деформирования к объему образца. Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины определялось как разница между прочностью, соответствующей разрушению образца и прочностью, соответствующей первой микротрещине. В таблице 1 приведены составы и свойства композитов.

Таблица 3 - составы и свойства композитов

Состав	Прототип	0	1	2	3	4	5	6
Молотый гранулированный доменный шлак	85,0	38,04	38,95	40,22	41,5	42,78	44,05	45,36
Шелуха риса с удельной поверхностью $510 \text{ м}^2/\text{кг}$, термообработанная при 400°C	2,7	8,80	8,74	8,65	8,59	8,49	8,44	8,39
Кварцевый песок фракции 0,06-2 мм	-	4,52	4,51	4,45	4,39	4,33	4,27	4,20
Жидкое стекло плотностью $1,3 \text{ г}/\text{см}^3$ с силикатным модулем равным 1,5	8,6	9,45	9,4	9,35	9,3	9,25	9,2	9,15
Гидроксид натрия	3,7	1,95	1,9	1,9	1,85	1,85	1,8	1,75
Полипропиленовое волокно	-	3,65	3,6	3,55	3,5	3,45	3,4	3,35
Вода	-	33,59	32,9	31,88	30,87	29,85	28,84	27,8
Плотность в возрасте 28 суток, $\text{кг}/\text{м}^3$	1956	1893	1934	1979	2009	2043	2058	2112
Предел прочности при сжатии, МПа	116,9	29,2	37,1	37,6	38,6	38,7	40,1	37,1
Предел прочности на растя-	3,7	2,81	3,51	3,82	4,23	4,31	4,64	2,97

жение при изгибе, МПа (при первой микротрещине)								
Удельная работа разрушения, Дж/м ³	23,4	8743,4	10678,4	10969,8	11127,2	11795,4	12067,5	8975,2
Деформационное упрочнение после образования первой микротрещины, МПа	0	0,21	0,61	0,64	0,65	0,67	0,70	0,23
Величина прогиба, мм	0,001	0,2	0,4	0,4	0,5	0,6	0,7	0,4

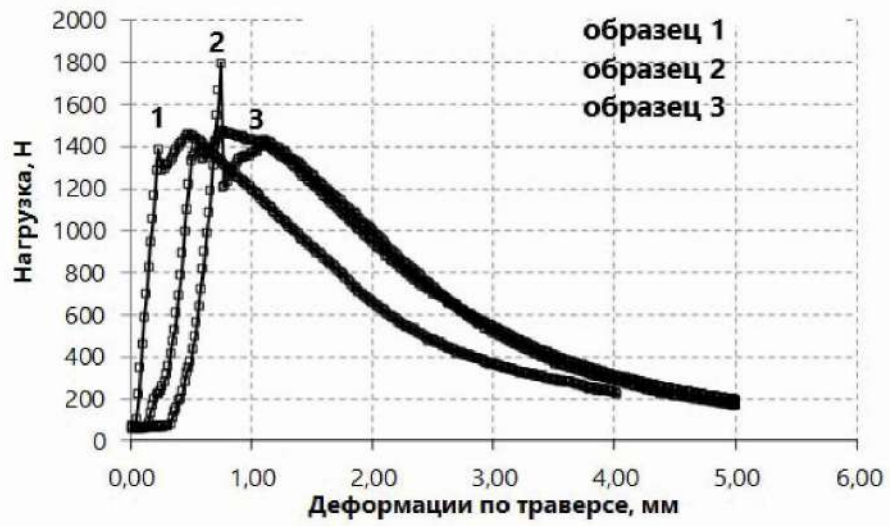
Результаты таблицы 3 показывают, что использование волокна в количестве от 3,4 до 3,6% по объему способствует повышению предела прочности при изгибе. Зона деформационного упрочнения, где прочность при изгибе, соответствующая разрушению образца превышает предел прочности при изгибе соответствующий первой микротрещине, появляется на кривых всех заявляемых составов (фиг.1).

Анализ данных, показывает, что композит, получаемый согласно данному изобретению, по сравнению с прототипом имеет повышение прочности на растяжение при изгибе до 25% при расходе полипропиленового волокна 3,4% по объему, повышение удельной работы разрушения при изгибе в 456-512 раз, деформационное упрочнение после образования первой микротрещины в пределах от 0,61 до 0,70 МПа, повышение величины прогиба в 400-700 раз.

(57) Формула изобретения

Деформационно-упрочняющийся композит на основе шлакощелочного вяжущего, содержащий гранулированный доменный шлак с содержанием зерен размером менее 10 мкм более 50%, размером менее 60 мкм более 97%, жидкое стекло плотностью 1,3 г/см³ с силикатным модулем равным 1,5, наполнитель - шелуху риса с удельной поверхностью 510 м²/кг, термообработанную при 400°С, гидроксид натрия, отличающийся тем, что дополнительно содержит полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм, кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм и воду при следующем соотношении компонентов, об.%:

гранулированный доменный шлак с содержанием зерен размером менее 10 мкм более 50%, размером менее 60 мкм более 97%	38,95-44,05
шелуху риса с удельной поверхностью 510 м ² /кг	8,44-8,74
жидкое стекло плотностью 1,3 г/см ³ с силикатным модулем равным 1,5	9,2-9,4
гидроксид натрия	1,8-1,9
кварцевый песок фракции от 0,06 до 2 мм	4,27-4,51
полипропиленовое волокно диаметром 20 мкм и длиной 6 мм	3,4-3,6
вода	остальное



Фиг. 1