



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

C04B 28/04 (2022.08); C04B 24/24 (2022.08); C04B 2103/32 (2022.08); C04B 2103/65 (2022.08); C04B 2111/20 (2022.08)

(21)(22) Заявка: 2021140035, 30.12.2021

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.12.2021

Дата регистрации:
28.11.2022

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 30.12.2021

(45) Опубликовано: 28.11.2022 Бюл. № 34

Адрес для переписки:

420043, г. Казань, ул. Зеленая, 1, КазГАСУ,
Вдовин Евгений Анатольевич

(72) Автор(ы):

Мухамеграхимов Рустем Ханифович (RU),
Зиганшина Лилия Валиевна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Казанский государственный
архитектурно-строительный университет"
(КазГАСУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2729086 C1, 04.08.2010.

RU2661970 C1, 23.07.2018. RU 2467968 C1,
27.11.2012. CN 111138100 A, 12.05.2020. KR
102194848 B1, 23.12.2020. КАСТОРНЫХ Л.И.
Добавки в бетоны и строительные растворы,
учебно-справочное пособие, Ростов-на-Дону,
Феникс, 2005, с.6-16, 87, 117-130.

(54) БЕТОННАЯ СМЕСЬ ДЛЯ ПОСЛОЙНОГО ЭКСТРУДИРОВАНИЯ (3D-ПЕЧАТИ)

(57) Реферат:

Изобретение относится к области промышленности строительных материалов и может быть использовано для изготовления строительных изделий и конструкций в технологии аддитивного производства методом послойного экструдирования (3D-печати) бетонной смеси на основе портландцемента, песка, тонкомолотого пуццоланового компонента, суперпластификатора и полифенилэтоксисилоксана. Техническим результатом предлагаемого решения является снижение расхода портландцемента и суперпластификатора в бетонной смеси, повышение формоустойчивости и обеспечение отсутствия дефектов в виде разрывов напечатанных слоев из бетонной смеси с возможностью ее экструдирования на строительных 3D-принтерах, реализующих метод послойного экструдирования, снижение

усадочных деформаций, водопоглощения, повышение предела прочности при изгибе затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере (без использования форм). Бетонная смесь для послойного экструдирования с использованием 3-D печати включает портландцемент, песок, суперпластификатор и воду. Портландцемент содержит трехкальциевый силикат - 68,1 мас.%, трехкальциевый алюминат - 7,2 мас.%, в качестве песка используют кварцевый песок с модулем крупности 2,2 - 2,4 и влажностью 1 - 2%, в качестве суперпластификатора используют «MasterRheobuild 183» на основе нафталинсульфонатов, и дополнительно смесь содержит тонкомолотый пуццолановый компонент - метакаолин с гидравлической активностью не менее 1200 мг/г, степенью помола не менее 2000 м²/кг и полифенилэтоксисилоксан

«ФЭС-50» при следующем содержании компонентов, мас. %: портландцемент – 21,0-24,0, песок – 60,64-64,20, суперпластификатор – 0,21-

0,24, метакаолин – 2,1-2,4, полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» - 0,010-0,012, вода – 12,480-12,708. 2 табл.

R U 2 7 8 4 5 0 3 C 1

R U 2 7 8 4 5 0 3 C 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

C04B 28/04 (2022.08); *C04B 24/24* (2022.08); *C04B 2103/32* (2022.08); *C04B 2103/65* (2022.08); *C04B 2111/20* (2022.08)

(21)(22) Application: **2021140035, 30.12.2021**(24) Effective date for property rights:
30.12.2021Registration date:
28.11.2022

Priority:

(22) Date of filing: **30.12.2021**(45) Date of publication: **28.11.2022 Bull. № 34**

Mail address:

**420043, g. Kazan, ul. Zelenaya, 1, KazGASU,
Vdovin Evgenij Anatolevich**

(72) Inventor(s):

**Mukhametrakhimov Rustem Khanifovich (RU),
Ziganshina Liliia Valievna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe biudzhetnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia «Kazanskii gosudarstvennyi
arkhitekturno-stroitelnyi universitet»
(KazGASU) (RU)**

(54) **CONCRETE MIX FOR LAYER-BY-LAYER EXTRUSION (3D PRINTING)**

(57) Abstract:

FIELD: building materials industry.

SUBSTANCE: invention relates to building materials industry and can be used for the manufacture of building products and structures in additive manufacturing technology by layer-by-layer extrusion (3D printing) of a concrete mixture based on Portland cement, sand, finely ground pozzolan component, superplasticizer and polyphenylethoxysiloxane. The concrete mixture for layer-by-layer extrusion using 3D printing includes Portland cement, sand, superplasticizer and water. Portland cement contains tricalcium silicate - 68.1 wt.%, tricalcium aluminate - 7.2 wt.%, quartz sand with a fineness modulus of 2.2 - 2.4 and a moisture content of 1-2% is used as sand, MasterRheobuild 183 based on naphthalene sulfonates is used as a superplasticizer, and additionally the mixture contains a finely ground pozzolan component - metacaolin with hydraulic with an activity of at least 1200 mg/g, a

grinding degree of at least 2000 m²/kg and polyphenylethoxysiloxane "FES-50" with the following component content, wt. %: portland cement – 21.0-24.0, sand – 60.64-64.20, superplasticizer – 0.21-0.24, metakaolin – 2.1-2.4, polyphenylethoxysiloxane "FES-50" - 0.010-0.012, water – 12.480-12.708.

EFFECT: reducing the consumption of Portland cement and superplasticizer in the concrete mixture, increase shape stability and ensure the absence of defects in the form of ruptures of layers printed from the concrete mixture with the possibility of concrete mixture extrusion using construction 3D printers implementing the method for layer-by-layer extrusion, reducing shrinkage deformations, water absorption, increasing the bending strength of hardened composites printed on 3D-printer (without using moulds).

1 cl, 2 tbl

RU 2 784 503 C1

RU 2 784 503 C1

Изобретение относится к области промышленности строительных материалов и может быть использовано для изготовления строительных изделий и конструкций в технологии аддитивного производства методом послойного экструдирования (3D-печати) бетонной смеси на основе портландцемента, песка, тонкомолотого

5 пуццоланового компонента, суперпластификатора и полифенилэтоксисилоксана.

Известна сырьевая смесь на основе цемента для строительной 3D-печати, включающая сульфоалюминатный цемент – 150-400 кг, золу – 0-250 кг, песок с диаметром частиц 0,075-5 мм, полипропиленовую фибру с длиной 3-6 мм, суперпластификатор PCE производства Shandong Hongyi Technology Co., Ltd – 1,5-2,5% от массы цемента,

10 замедлитель схватывания тетраборат натрия и винная кислота в соотношении 1:(1-1,5) – 0,01-0,2 % от массы цемента, при этом 10-минутная осадка предлагаемого материала на основе цемента составляет 90-110 мм, начало схватывания составляет 15-80 мин, конец схватывания составляет 30-100 мин [1]. Недостатками данного изобретения являются наличие большого числа компонентов смеси, повышенный расход

15 компонентов смеси и увеличение ее стоимости, вызванное применением быстротвердеющего сульфоалюминатного цемента и замедлителя схватывания.

Известна высокотиксотропная сырьевая смесь для строительной 3D-печати, включающая в себя, мас. %: специальный тиксотропный агент 1,0-3,0, цемент 35-40, суперпластификатор на основе эфиров поликарбоксилата 0,1-0,4, полипропиленовое

20 волокно 0,1-0,4, воду 12,5-14,5, песок – остальное [2]. Недостатками данного изобретения являются снижение физико-механических характеристик композита при температуре выше 140°C, вызванное плавлением полипропиленового волокна.

Известен модифицированный полимерцементный композиционный материал для 3D-печати, включающий, мас. %: портландцемент 24,37-34,16, поливинилацетатная

25 дисперсия 2,44-2,56, песок 50,74-61,38, жидкое стекло 1,70-2,44, фиброволокно полипропиленовое 0,02-0,03, флороглюцинфурфурольный модификатор 0,05-0,07, вода – остальное [3]. Недостатками данного изобретения являются невысокие сроки начала схватывания – до 45-70 мин, что вызывает затруднение транспортирования сырьевой смеси с завода на строительную площадку, низкие показатели прочности на сжатие и

30 изгиб в возрасте 28 сут, повышенное водопоглощение.

Наиболее близким решением к предлагаемому изобретению является двухфазная смесь на основе цемента для композитов в технологии строительной 3D-печати, фаза 1 которой содержит компоненты в следующем массовом соотношении твердой фазы, %: портландцемент 44,1-44,5, песок 55,14-55,4, камедь ксантановая 0,08-0,1, тетракалий

35 пирофосфат технический 0,08-0,1, полипропиленовая фибра 0,2-0,3; фаза 2 содержит компоненты в следующем массовом соотношении жидкой фазы, %: суперпластификатор 4,1-4,6, вода 95,4-95,9 [4].

Недостатками данного изобретения являются повышенный расход портландцемента и суперпластификатора (1,2-1,4% от массы портландцемента), низкая формоустойчивость

40 напечатанных слоев из сырьевой смеси, высокие усадочные деформации затвердевшего композита вследствие повышенного расхода портландцемента и применения песка, принадлежащего к группе «очень мелкий» (согласно ГОСТ 8736-2014), высокое водопоглощение, низкие показатели предела прочности при изгибе затвердевшего композита, снижение физико-механических характеристик композита при температуре

45 выше 140°C, вызванное плавлением полипропиленового волокна, использование в качестве модификаторов вязкости тетракалия пирофосфата и камеди ксантановой не предназначенной для использования в качестве добавок для бетонов и растворов (по ГОСТ 24211-2008). Также недостатком изобретения является отсутствие данных о

влажности компонентов сырьевой смеси, влияющие на реологические и физико-механические свойства композитов, а также отсутствие данных об осуществлении данного изобретения на 3D-принтере, реализующем метод послойного экструдирования и качестве получаемых изделий. Кроме того, недостатком является используемый в изобретении способ подготовки образцов, заключающийся в их изготовлении в формах 70×70×70 мм, 70×70×280 мм, в то время как технология строительной 3D-печати исключает применение форм, что приводит к изменению поровой структуры композита и искажению получения достоверных результатов физико-механических свойств (прочность на сжатие и растяжение, плотность, водопоглощение и др.).

Задачей предлагаемого изобретения является снижение расхода портландцемента, суперпластификатора в бетонной смеси для послойного экструдирования (3D-печати), повышение формоустойчивости и обеспечение отсутствия дефектов в виде разрывов напечатанных слоев из бетонной смеси с возможностью ее экструдирования на строительных 3D-принтерах, реализующих метод послойного экструдирования, снижение усадочных деформаций, водопоглощения, повышение предела прочности при изгибе затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере (без использования форм).

Техническим результатом предлагаемого решения является снижение расхода портландцемента и суперпластификатора в бетонной смеси, повышение формоустойчивости и обеспечение отсутствия дефектов в виде разрывов напечатанных слоев из бетонной смеси с возможностью ее экструдирования на строительных 3D-принтерах, реализующих метод послойного экструдирования, снижение усадочных деформаций, водопоглощения, повышение предела прочности при изгибе затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере (без использования форм).

Поставленная задача достигается тем, бетонная смесь для послойного экструдирования с использованием 3-D печати, включающая портландцемент, песок, суперпластификатор и воду, отличается тем, что портландцемент содержит трехкальциевый силикат - 68,1 мас.%, трехкальциевый алюминат - 7,2 мас.%; в качестве песка используют кварцевый песок с модулем крупности 2,2 - 2,4 и влажностью 1 - 2%, в качестве суперпластификатора используют «MasterRheobuild 183» на основе нафталинсульфонатов, и дополнительно смесь содержит тонкомолотый пуццолановый компонент – метакраолин с гидравлической активностью не менее 1200 мг/г, степенью помола не менее 2000 м²/кг и полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» при следующем содержании компонентов, мас. %:

Указанный портландцемент	21,0-24,0
Указанный песок	60,64-64,20
Указанный Суперпластификатор	0,21-0,24
Метакраолин	2,1-2,4
Полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50»	0,010-0,012
Вода	12,480-12,708

Для изготовления бетонной смеси для послойного экструдирования (3D-печати) использовали следующие материалы:

Портландцемент ЦЕМ I 42,5Н производства ООО «Азия Цемент» (ГОСТ 31108-2016) со следующим минералогическим составом: C₃S – 68,1%, C₂S – 9,4%, C₃A – 7,2%, C₄AF – 11%;

Кварцевый песок Камско-Устьинского месторождения Республики Татарстан с модулем крупности 2,2-2,4, влажностью 1-2% (ГОСТ 8736-2014). Для приготовления образцов использовали песок с модулем крупности 2,3, с влажностью 1,5%;

Суперпластификатор на основе нафталинсульфонатов, «MasterRheobuild 183» производства ООО «BASF Строительные системы», представляющий собой жидкость темно-коричневого цвета без содержания хлоридов, плотностью при 20°C 1,12 г/см³, pH – 5;

Тонкомолотый пуццолановый компонент – метакаолин с гидравлической активностью не менее 1200 мг/г, степенью помола не менее 2000 м²/кг (ТУ 5729-098-12615988-2013). Для приготовления образцов использовали метакаолин с гидравлической активностью 1232,7 мг/г, степенью помола 2068 м²/кг;

Полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» производства ПАО «Химпром», представляющий собой жидкость коричневого цвета плотностью 0,8 г/см³ при 20°C; Водопроводная питьевая вода, удовлетворяющая требованиям ГОСТ 23732.

Предлагаемое изобретение осуществляется следующим образом: в работающий смеситель загружают заранее отдозированные сухие компоненты бетонной смеси – портландцемент, песок, метакаолин и производят их перемешивание до получения однородной массы. Затем производят дозирование по массе воды, суперпластификатора «MasterRheobuild 183», полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50», производят их перемешивание до получения однородного раствора и постепенно добавляют его к тщательно перемешанным сухим компонентам, осуществляя перемешивание смеси до получения однородной массы с подвижностью Пк 2 (по ГОСТ 28013-98) при глубине погружения эталонного конуса 7-8 см. На следующем этапе производят подготовку 3D-принтера: внутреннюю поверхность съемного накопительного бункера смачивают водопроводной питьевой водой или разделительной смазкой. Далее заполняют съемный накопительный бункер строительного 3D-принтера приготовленной бетонной смесью и осуществляют пробное экструдирование до достижения однородности получаемого экструдата. Затем осуществляют формование бетонной смеси методом послойного экструдирования (3D-печати) на строительном 3D-принтере (например, «АМТ» S-6044 компании ООО «СПЕЦАВИА») в соответствии с заранее подготовленной трехмерной цифровой моделью. Трехмерная цифровая модель образцов представляет собой полосу длиной 40 см, высотой одного слоя 20 мм. Печать бетонной смеси производят при следующих регулируемых параметрах печати, задаваемых в программном комплексе «Mach3» (Artsoft founder Art Fenerty): скорость вращения шпинделя составляет 3000-5000 ед., скорость подачи – 4000-6000 ед/мин.

Формоустойчивость напечатанных слоев из бетонной смеси оценивалась по способности смеси сохранять положение в пространстве под воздействием технологических факторов, а именно по максимальной высоте печатаемого образца без технологических перерывов до достижения им критического состояния – потери устойчивости в целом, характеризующаяся его опрокидыванием или потерей устойчивости формы образца со смещением напечатанных слоев.

Также были проведены испытания образцов по прототипу с использованием портландцемента ЦЕМ I 42,5Н по ГОСТ 31108-2016, песок с модулем крупности меньше или равным 1,25 по ГОСТ 8736-2014, камеди ксантановой с содержанием (C₃₅H₄₉O₂₉)_n не менее 91%, тетракалия пиррофосфата технического с содержанием K₄P₂O₅ не менее 98%, полипропиленовой фибры длиной 12 мм, суперпластификатора на основе поликарбоксилатных эфиров, воды.

Через 28 суток нормального твердения производили подготовку образцов для испытаний, сформованных методом послойного экструдирования (3D-печати), путем

их распила на призмы размерами 40х40х160 мм. Водопоглощение затвердевшего композита определяли по ГОСТ 12730.3-78 «Бетоны. Метод определения водопоглощения». Предел прочности при изгибе затвердевшего композита определяли на образцах-балочках размерами 40х40х160 мм по ГОСТ 5802-86. «Растворы строительные. Методы испытаний» с использованием испытательной машины МИИ-100. Усадочные деформации оценивались по наличию образования на затвердевших композитах усадочных трещин, наличие дефектов виде разрывов напечатанных слоев из бетонной смеси производилось визуально-инструментальным методом с использованием измерительной металлической линейки по ГОСТ 427-75 и измерительной лупы с подсветкой по ГОСТ 25706-83.

Составы бетонных смесей для послойного экструдирования (3D-печати) приведены в таблице 1, физико-механические показатели для составов приведены в таблице 2.

Таблица 1

Компоненты	Составы бетонных смесей для послойного экструдирования (3D-печати), мас. %							
	1	2	3	4	5	6	7	8 (прототип)
Портландцемент	18,0	22,5	22,5	21,0	22,5	24,0	26,0	37,85
Песок	67,37	64,79	60,25	64,20	62,42	60,64	57,88	48,80
Суперпластификатор «MasterRheobuild 183»	0,15	0,23		0,21	0,23	0,24	0,25	
Метакаолин	1,5		2,25	2,1	2,25	2,4	2,5	
Полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50»	0,009	0,011		0,010	0,011	0,012	0,013	
Камедь ксантановая								0,07
Тетракалий пирофосфат технический								0,07
Полипропиленовая фибра								1,72
Суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров								0,47
Вода	12,971	12,469	15,0	12,480	12,589	12,708	13,357	11,02

Таблица 2

Свойства	Физико-механические показатели для составов							
	1	2	3	4	5	6	7	8 (прототип)
Формоустойчивость напечатанных слоев из бетонной смеси (высота изделия, полученная при 3D-печати без технологических перерывов), см	11	9	9	15	17	17	10	10
Предел прочности при изгибе на 28 сут, МПа	5,1	6,6	5,4	5,8	6,2	6,5	5,6	4,0
Водопоглощение, %	10,6	9,1	12,0	7,4	7,3	7,2	7,2	7,5
Усадочные деформации (наличие усадочных трещин – да/нет)	нет	нет	да	нет	нет	нет	нет	да
Дефекты в виде разрывов (да/нет)	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет	да

Из приведенных данных следует, что максимальные значения показателей формоустойчивости напечатанных слоев из бетонной смеси, предела прочности при изгибе, водопоглощения затвердевших композитов достигаются при содержании в составе бетонной смеси портландцемента – 21,0-24,0 % от общей массы композиции, песка – 60,64-64,20 %, суперпластификатора «MasterRheobuild 183» – 0,21-0,24 %, тонкомолотого пуццоланового компонента – метакаолина – 2,1-2,4 %, полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» – 0,010-0,012 %, воды – 12,480-12,708 %. При введении портландцемента, суперпластификатора «MasterRheobuild 183», тонкомолотого пуццоланового компонента – метакаолина, полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50», в количестве меньше указанных в таблице 1 (состав 4), наблюдается снижение показателей

исследуемых свойств по сравнению с заявляемыми пределами. При их введении, в количестве больше указанных в таблице 1 (состав 6), исследуемые свойства композиций, напечатанных на 3D-принтере, снижаются или увеличиваются незначительно. В составах бетонных смесей для послойного экструдирования (3D-печати) (составы 1, 2, 4-7) отсутствуют усадочные трещины, в составах 1, 3-7 отсутствуют дефекты в виде разрывов.

Бетонная смесь для послойного экструдирования (3D-печати), полученная согласно предлагаемому изобретению, обладает пониженным расходом портландцемента и суперпластификатора, повышенной формоустойчивостью и отсутствием дефектов в виде разрывов напечатанных слоев из бетонной смеси с возможностью ее экструдирования на строительных 3D-принтерах, реализующих метод послойного экструдирования, изделия – высокими прочностными характеристиками при изгибе отсутствием усадочных трещин, низким водопоглощением.

Применение песка средней крупности с модулем крупности 2,2-2,4 в сочетании с уменьшенным цементно-песчаным отношением позволяет снизить развитие усадочных деформаций композита, сформованного методом послойного экструдирования (3D-печати). Кроме того, уменьшенное цементно-песчаное отношение позволяет снизить расход портландцемента в бетонной смеси при обеспечении формуемости на 3D-принтере и физико-механических показателей.

Применение суперпластификатора «MasterRheobuild 183» на основе нафталинсульфонатов в количестве 0,21-0,24 мас.% позволяет сократить количество воды затворения, повысить плотность смеси и физико-механические характеристики затвердевшего композита при одновременном обеспечении оптимальных реотехнологических свойств бетонной смеси для ее послойного экструдирования.

Введение тонкомолотового пуццоланового компонента – метакеолина со степенью помола не менее 2000 м²/кг, гидравлической активностью не менее 1200 мг/г позволяет улучшить формуемость бетонной смеси за счет обеспечения связности, однородности и пластичности, что способствует получению затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере, с пониженными усадочными деформациями и отсутствием на них дефектов.

Применение полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» в количестве 0,010-0,012 мас.% позволяет снизить водопоглощение затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере (без использования форм), за счет придания стенкам капилляров и пор водоотталкивающей способности.

Совместное использование суперпластификатора «MasterRheobuild 183» в количестве 0,21-0,24 мас.%, метакеолина со степенью помола не менее 2000 м²/кг, гидравлической активностью не менее 1200 мг/г в количестве 2,1-2,4 мас.%, полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» в количестве 0,010-0,012 мас.% способствует приданию бетонной смеси оптимальных реотехнологических свойств, повышению формоустойчивости напечатанных слоев из бетонной смеси, физико-механических показателей (повышение предела прочности при изгибе, снижение водопоглощения) затвердевших композитов, напечатанных на 3D-принтере.

Таким образом, предлагаемое решение позволяет получить бетонную смесь для послойного экструдирования (3D-печати), с пониженным расходом портландцемента и суперпластификатора, обладающую высокой формоустойчивостью, и изделия на ее основе с высокими прочностными характеристиками при изгибе, низким водопоглощением, пониженными усадочными деформациями и отсутствием на них дефектов.

Источники информации

1. Патент CN 105753404A, B33Y70/00, Cement-based material used for building 3D (three-dimensional) printing, заявл. 13.02.2016, опубл. 13.07.2016.

2. Патент CN 108715531A, C04B28/02, A kind of high thixotropic 3D printing concrete and preparation method thereof, заявл. 12.06.2018, опубл. 28.08.2020.

5 3. Патент, RU 2 661 970, C04B 28/04, C04B 14/02, C04B 22/08, C04B 26/00, C04B2111/20, C04B2111/343, Модифицированный полимерцементный композиционный материал для 3D-печати, Полуэктова В.А., Шаповалов Н.А., Черников Р.О., Евтушенко Е.И., патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет», заявл. 31.07.2017, опубл. 23.07.2018, бюл. №21.

10 4. Патент, RU 2 729 086, C04B 28/04, Двухфазная смесь на основе цемента для композитов в технологии строительной 3D-печати, Славчева Г.С., Аратмонова О.В., Шведова М.А., Бритвина Е.А., патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный технический университет», заявл. 21.10.2019, опубл. 04.08.2020, бюл. №22.

(57) Формула изобретения

Бетонная смесь для послойного экструдирования с использованием 3-D печати, включающая портландцемент, песок, суперпластификатор и воду, отличающаяся тем, что портландцемент содержит трехкальциевый силикат - 68,1 мас.%, трехкальциевый алюминат - 7,2 мас.%, в качестве песка используют кварцевый песок с модулем крупности 2,2 - 2,4 и влажностью 1 - 2%, в качестве суперпластификатора используют «MasterRheobuild 183» на основе нафталинсульфонатов, и дополнительно смесь содержит тонкомолотый пуццолановый компонент – метакраолин с гидравлической активностью не менее 1200 мг/г, степенью помола не менее 2000 м²/кг и полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50» при следующем содержании компонентов, мас.%:

	Указанный портландцемент	21,0-24,0
30	Указанный песок	60,64-64,2
	Указанный Суперпластификатор	0,21-0,24
	Метакраолин	2,1-2,4
	Полифенилэтоксисилоксан «ФЭС-50»	0,010-0,012
	Вода	12,480-12,708

35

40

45