

**ОПИСАНИЕ  
ИЗОБРЕТЕНИЯ  
К ПАТЕНТУ**  
(12)

РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
СОБСТВЕННОСТИ

(19) **ВУ** (11) **19774**

(13) **С1**

(46) **2016.02.28**

(51) МПК

**С 04В 38/08** (2006.01)

**В 82У 30/00** (2011.01)

(54) **СМЕСЬ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО  
ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА И СПОСОБ ЕЕ ПРИГОТОВЛЕНИЯ**

(21) Номер заявки: а 20121523

(22) 2012.11.02

(43) 2014.06.30

(71) Заявители: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет"; Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(72) Авторы: Мечай Александр Анатольевич; Мисник Мария Петровна; Пенязьков Олег Глебович; Колпащиков Виктор Леонидович (ВУ)

(73) Патентообладатели: Учреждение образования "Белорусский государственный технологический университет"; Государственное научное учреждение "Институт тепло- и массообмена имени А.В.Лыкова Национальной академии наук Беларуси" (ВУ)

(56) RU 2392252 C1, 2010.

RU 2422408 C1, 2011.

RU 2287505 C1, 2006.

ВУ 6862 C1, 2005.

ВУ 12439 C1, 2009.

ВУ 14393 C1, 2011.

ВУ 7150 C1, 2005.

(57)

1. Смесь для изготовления наномодифицированного ячеистого бетона, включающая портландцемент, молотый песок, углеродные нанотрубки и воду, **отличающаяся** тем, что дополнительно содержит известь, поверхностно-активное вещество и алюминиевую пудру в качестве порообразователя при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| портландцемент                 | 9,1-11,3    |
| молотый песок                  | 44,8-46,9   |
| углеродные нанотрубки          | 0,007       |
| известь                        | 11,1-11,7   |
| поверхностно-активное вещество | 0,006-0,016 |
| алюминиевая пудра              | 0,09-0,23   |
| вода                           | остальное.  |

2. Способ получения смеси по п. 1, при котором смешивают молотый песок и известь и при их совместном помоле вводят углеродные нанотрубки, осуществляя их диспергирование, полученный продукт перемешивают с портландцементом, поверхностно-активным веществом, алюминиевой пудрой и водой.

Изобретение относится к промышленности строительных материалов, а именно к составам сырьевой смеси для получения ячеистого бетона с улучшенными физико-механическими характеристиками.

Известен способ получения наномодифицированной ячеистобетонной смеси [1], включающий смешивание (в мас. %) портландцемента - 26,490-28,638, песка молотого с

# BY 19774 C1 2016.02.28

удельной поверхностью  $S_{уд.}$  не менее  $200 \text{ м}^2/\text{кг}$  - 18,962-19,300, многослойных углеродных нанотрубок размером  $10^{-9}$ - $5,9 \cdot 10^{-8}$  м - 0,001-0,002, золошлаковых отходов от сжигания твердого топлива с удельной поверхностью  $S_{уд.}$  не менее  $300 \text{ м}^2/\text{кг}$  и содержанием  $\text{SiO}_2$  не менее 55,0 %,  $\text{CaO}$  не более 3,0 % - 28,895-29,270, бентонитовой глины с удельной поверхностью  $S_{уд.}$  не менее  $350 \text{ м}^2/\text{кг}$  - 0,704-0,758, пенообразующей добавки - 0,305-0,330, воды - 22,495-23,850.

Недостатками данного способа являются отсутствие прироста прочности, ограниченная сырьевая база (золошлаковые отходы, бентонитовая глина) и использование дорогостоящего пенообразователя.

Наиболее близким к заявленному способу получения наномодифицированной ячеистобетонной смеси является способ [2], включающий смешивание (в мас. %) портландцемента марки 500 - 40-45, керамзита дробленого крупностью 0-5 мм или кварцевого песка с  $M_{к.р.}$  1,8-2,0 - 32, пенообразователя ПБ-2000 - 2, полимерного волокна диаметром 20-50 мкм и длиной 3-18 мм или базальтового волокна диаметром 13-17 мкм и длиной 6-12 мм - 3-10, суперпластификатора Sika ViscoCrete-3 - 0,2, многослойных углеродных нанотрубок диаметром 8-40 нм и длиной 2-50 мкм - 0,4 и воды - остальное. Способ приготовления указанной выше сырьевой смеси включает предварительную обработку суперпластификатора с водой и нанотрубками в течение 30-60 с ультразвуковым диспергаторе с частотой 20 кГц.

Недостатками прототипа являются незначительный прирост прочности, использование дополнительной технологической операции (ультразвукового диспергирования), применение дорогостоящих компонентов (полимерное и базальтовое волокно, пенообразователь, суперпластификатор), а также высокая средняя плотность бетона.

Задачей предлагаемого изобретения является повышение прочности автоклавного ячеистого бетона.

Для решения поставленной задачи предлагается смесь для изготовления наномодифицированного ячеистого бетона, включающая портландцемент, молотый песок, углеродные нанотрубки и воду, отличающаяся тем, что дополнительно содержит известь, поверхностно-активное вещество и алюминиевую пудру в качестве порообразователя при следующем соотношении компонентов, мас. %:

|                                |             |
|--------------------------------|-------------|
| портландцемент                 | 9,1-11,3    |
| молотый песок                  | 44,8-46,9   |
| углеродные нанотрубки          | 0,007       |
| известь                        | 11,1-11,7   |
| поверхностно-активное вещество | 0,006-0,016 |
| алюминиевая пудра              | 0,09-0,23   |
| вода                           | остальное.  |

Способ получения наномодифицированной ячеистобетонной смеси, при котором смешивают молотый песок и известь и при их совместном помоле вводят углеродные нанотрубки, осуществляя их диспергирование, полученный продукт перемешивают с портландцементом, поверхностно-активным веществом, алюминиевой пудрой и водой.

Технический результат заключается в получении наномодифицированного ячеистого бетона повышенной прочности с маркой по плотности от 250 до  $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

## **Пример** осуществления изобретения.

Предварительно высушенный песок подвергается размолу до удельной поверхности  $300$ - $325 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Удельная поверхность извести с активностью 71-72 % составляет  $450$ - $500 \text{ м}^2/\text{кг}$ , цемента -  $320$ - $330 \text{ м}^2/\text{кг}$ . Размеры углеродных нанотрубок: диаметр -  $5$ - $10 \cdot 10^{-9}$  м, длина -  $2$ - $5 \cdot 10^{-6}$  м. Водотвердое отношение смеси соответствует ее водопотребности и составляет 0,48. Все сырьевые компоненты перемешиваются в лабораторном блендере. Формование изделий осуществляется литьевым или ударным способом. Сырцовые образцы размером  $7 \times 7 \times 7$  см подвергаются доавтоклавной выдержке в пропарочной камере в

# ВУ 19774 С1 2016.02.28

течение 3 ч, а запаривание осуществляется в автоклаве при избыточном давлении пара 1 МПа.

Физико-механические показатели ячеистого бетона приведены в таблице.

**Физико-механические показатели ячеистого бетона**

| Марка по плотности | Содержание основных компонентов в сырьевой смеси, мас. % |          |       |                       |                   |       | Плотность, кг/м <sup>3</sup> | Предел прочности при сжатии, МПа | ККК*  |
|--------------------|--|----------|-------|-----------------------|-------------------|-------|------------------------------|----------------------------------|-------|
|                    | портланд-цемент  | из-весть | песок | углеродные нанотрубки | алюминиевая пудра | ПАВ   |                              |                                  |       |
| D250               | 9,22   | 12,10    | 45,89 | -                     | 0,23              | 0,016 | 245                          | 0,32                             | 53,3  |
| D250               | 13,15  | 10,31    | 43,75 | -                     | 0,23              | 0,016 | 249                          | 0,36                             | 58,1  |
| D250               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | -                     | 0,23              | 0,016 | 256                          | 0,42                             | 64,1  |
| D250               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,005                 | 0,23              | 0,016 | 246                          | 0,53                             | 87,5  |
| D250               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,007                 | 0,23              | 0,016 | 249                          | 0,83                             | 134   |
| D250               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,01                  | 0,23              | 0,016 | 251                          | 0,69                             | 109,5 |
| D300               | 9,0  | 12,20    | 46,01 | -                     | 0,23              | 0,016 | 302                          | 0,41                             | 45    |
| D300               | 13,2   | 9,8      | 44,21 | -                     | 0,23              | 0,016 | 289                          | 0,45                             | 53,9  |
| D300               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | -                     | 0,23              | 0,016 | 294                          | 0,54                             | 62,5  |
| D300               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,005                 | 0,23              | 0,016 | 287                          | 0,66                             | 80,13 |
| D300               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,007                 | 0,23              | 0,016 | 279                          | 0,91                             | 116,9 |
| D300               | 11,31  | 11,12    | 44,78 | 0,01                  | 0,23              | 0,016 | 295                          | 0,76                             | 87,33 |
| D400               | 8,20   | 12,5     | 46,73 | -                     | 0,13              | 0,007 | 406                          | 0,78                             | 47,3  |
| D400               | 10,51  | 9,95     | 46,97 | -                     | 0,13              | 0,007 | 397                          | 0,75                             | 47,6  |
| D400               | 9,07   | 11,67    | 46,69 | -                     | 0,13              | 0,007 | 403                          | 0,97                             | 59,7  |
| D400               | 9,07   | 11,67    | 46,69 | 0,005                 | 0,13              | 0,007 | 395                          | 1,12                             | 71,8  |
| D400               | 9,07   | 11,67    | 46,69 | 0,007                 | 0,13              | 0,007 | 392                          | 1,6                              | 104,1 |
| D400               | 9,07   | 11,67    | 46,69 | 0,01                  | 0,13              | 0,007 | 407                          | 1,43                             | 86,3  |
| D500               | 8,21   | 10,92    | 48,59 | -                     | 0,089             | 0,006 | 502                          | 1,56                             | 61,9  |
| D500               | 10,2   | 12,87    | 44,65 | -                     | 0,089             | 0,006 | 492                          | 1,48                             | 61,1  |
| D500               | 9,11   | 11,73    | 46,88 | -                     | 0,089             | 0,006 | 501                          | 1,7                              | 67,7  |
| D500               | 9,11   | 11,73    | 46,88 | 0,005                 | 0,089             | 0,006 | 488                          | 1,9                              | 79,8  |
| D500               | 9,11   | 11,73    | 46,88 | 0,007                 | 0,089             | 0,006 | 471                          | 2,2                              | 99,2  |
| D500               | 9,11   | 11,73    | 46,88 | 0,01                  | 0,089             | 0,006 | 492                          | 2,0                              | 82,5  |
| D550**             | 45   | -        | 32    | 0,4                   | -                 | -     | 550                          | 2,6                              | 85,9  |
| D750**             | 40   | -        | 32    | 0,4                   | -                 | -     | 730                          | 4,12                             | 77,3  |

\* - коэффициент конструктивного качества (ККК), который представляет собой отношение предела прочности при сжатии к квадрату средней плотности материала. \*\* - результаты согласно прототипу [2].

Как видно из таблицы, предлагаемый состав смеси обеспечивает получение ячеистого бетона пониженной плотности с высокими прочностными характеристиками. Коэффициент конструктивного качества ячеистого бетона с марками по плотности D250-D500 по сравнению с прототипом увеличился в 1,2-1,7 раза. Увеличение прочностных характеристик обеспечивается за счет направленной кристаллизации гидросиликатов кальция в присутствии углеродных нанотрубок, выполняющих функцию центров кристаллизации. Равномерное распределение нанотрубок происходит за счет абразивного действия частиц кварца при совместном помолу извести и песка. Кроме того, имеет место эффект механоактивации известково-песчаного вяжущего за счет проникновения нанотрубок вместе с известью в микродефекты частиц кварца, что способствует формированию плотных сро-

# **ВУ 19774 С1 2016.02.28**

стков из игольчатых и волокнистых кристаллов гидросиликатов кальция и обеспечивает высокую плотность и прочность цементирующего вещества межпоровых перегородок.

Изобретение может представить интерес для предприятий ОАО "Минский КСИ", ЗАО "Могилевский КСИ", ОАО "Гродненский КСМ", а также для различных строительных организаций.

Источники информации:

1. Патент РФ 2392252, 2010.
2. Патент РФ 2422408, 2011 (прототип)