

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **045141**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.30

(21) Номер заявки
202191704

(22) Дата подачи заявки
2018.12.20

(51) Int. Cl. **C04B 28/02** (2006.01)
C04B 28/14 (2006.01)
C04B 14/04 (2006.01)

(54) **СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ НА ОСНОВЕ ГИПСА**

(43) **2021.11.16**

(86) **PCT/EP2018/000573**

(87) **WO 2020/125917 2020.06.25**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
КНАУФ ГИПС КГ (DE)

(72) Изобретатель:
**Бютгнер Маттиас, Рюмлер Вольфганг
(DE)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) **AT-B-334812**

DE-U1-9420914

US-B1-8038790

**RASHITA ABD RASHID ET AL: "Low temperature production of wollastonite from limestone and silica sand through solid-state reaction", JOURNAL OF ASIAN CERAMIC SOCIETIES, vol. 2, no. 1, 1 March 2014 (2014-03-01), pages 77-81, XP055607591, DOI: 10.1016/j.jascer.2014.01.010 chapters 2, 3.1; table 1
IL-A-30525**

(57) Настоящее изобретение относится к строительным материалам, обладающим улучшенной огнестойкостью. В частности, предложен строительный материал, содержащий неорганическое связующее вещество, реакционноспособный источник кремния, реакционноспособный источник кальция, гипсовое строительное изделие, содержащее указанный строительный материал, способ изготовления строительного изделия и применение смеси реакционноспособного источника кремния и реакционноспособного источника кальция для образования волластонита в строительном изделии *in situ* при воздействии на указанное строительное изделие огня.

B1

045141

045141

B1

Настоящее изобретение относится к строительным материалам, обладающим улучшенной огнестойкостью.

Строительные материалы различных типов, которые не сгорают во время пожара, такие как в общем случае гипс или цементирующие материалы, часто начинают трескаться в случае пожара. Частично это происходит вследствие усадки матричного материала, которая, как правило, связана с потерей объема вследствие превращения гипса в ангидрит и связанного с ним процесса спекания минералов.

Такие трещины при пожаре ускоряют поступление тепла в материал и дальнейшее разрушение. Тепло и дым могут поступать в соседние помещения через трещины. При продолжении разрушения, например, стеновой конструкции, пламя проникает в соседние помещения.

В зависимости от типа материала потеря стойкости к механическим воздействиям может представлять значительный риск с точки зрения устойчивости здания и безопасности жителей.

Хотя имеется целый ряд материалов, обладающих улучшенной огнестойкостью, все еще существует потребность в альтернативных материалах, позволяющих обеспечить огнестойкость при предпочтительно низкой стоимости и не оказывающих влияния на известные способы обращения со строительными материалами.

Задачей настоящего изобретения является обеспечение такого альтернативного огнестойкого строительного материала.

Указанная задача решена путем обеспечения строительного материала, содержащего неорганическое связующее, реакционноспособный источник кремния и реакционноспособный источник кальция.

Неорганическими связующими являются цементирующие материалы или материалы на основе сульфата кальция.

Предпочтительные цементирующие материалы представляют собой цемент или бетон. Предпочтительными материалами на основе сульфата кальция являются дигидрат сульфата кальция, штукатурный гипс, α - и/или β -полугидрат сульфата кальция или ангидрит сульфата кальция.

Реакционноспособный источник кремния представляет собой материал, способный образовывать реакционноспособный диоксид кремния в случае пожара. Подходящими материалами являются аморфный диоксид кремния, в частности, пирогенный диоксид кремния (высокодисперсный диоксид кремния) или микрокремнезем (тонкая кремнеземная пыль) или их смеси.

Реакционноспособным источником кальция является материал, способный образовывать реакционноспособный оксид кальция в случае пожара. Подходящими материалами являются оксид кальция, гидроксид кальция, карбонат кальция и их смеси.

Количество реакционноспособного источника кремния составляет от 0,5 до 20% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.

Предпочтительные количества реакционноспособного источника кремния составляют от 2 до 15% по массе или от 3 до 10% по массе.

Количество реакционноспособного источника кальция составляет от 2 до 30% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.

Предпочтительные количества реакционноспособного источника кальция составляют от 3 до 20% по массе.

Например, если строительное изделие содержит 100 кг неорганического связующего, количество реакционноспособного источника кремния может составлять от 0,5 до 20 кг.

Если количество неорганических связующих составляет 100 кг, количество реакционноспособного источника кальция может составлять от 2 до 30 кг.

В качестве примера, материал может содержать 100 кг неорганического связующего, 10 кг реакционноспособного источника кремния и 20 кг реакционноспособного источника кальция.

Кроме того, можно рассчитать количество реакционноспособного источника кальция и реакционноспособного источника кремния на основе общей массы материала.

В расчете на общую массу строительного материала подходящие количества составляют от 0,5 до 30% по массе для реакционноспособного источника кальция и от 0,5 до 18% по массе для реакционноспособного источника кремния.

Подходящий размер частиц реакционноспособного источника кремния составляет от 0,01 до 400 мкм, предпочтительно от 0,01 до 200 мкм, или от 0,01 до 50 мкм, или от 0,01 до 5 мкм, при измерении как D_{50} (об.).

Подходящий размер частиц реакционноспособного источника кальция составляет от 0,1 до 800 мкм, предпочтительно от 0,1 до 200 мкм, или от 0,1 до 50 мкм, или от 0,1 до 10 мкм, при измерении как D_{50} (об.).

" D_{50} (об.)" обозначает размер частиц, при котором 50% частиц по объему больше, а 50% частиц по объему меньше соответствующего значения. Такие значения можно измерить (посредством лазерной гранулометрии, например, с применением Mastersizer 2000; растворитель: изопропанол).

Количество реакционноспособного источника кальция относительно количества реакционноспособного источника кремния составляет от 2,5:1 до 1:1 по массе.

Согласно подходящим вариантам реализации строительное изделие, содержащее указанный строи-

тельный материал, может представлять собой строительную плиту, штукатурку, шпаклевку, шовный герметик, стяжку, засыпку или наполнитель.

При применении в форме плиты указанная плита может представлять собой гипсоволокнистую плиту, гипсокартонный лист с волокнистым армированием и бумажной прокладкой или матом из волокон в качестве прокладки или без них, цементно-стружечную плиту или строительный блок.

Согласно настоящему изобретению строительное изделие способно образовывать волластонит при нагревании выше 600°C.

Волластонит представляет собой огнеупорный материал, образующий соединяющиеся между собой кристаллы, которые стабилизируют механические свойства строительного материала и предотвращают образование трещин. Поскольку при реакции с волластонитом происходит потребление энергии, такая реакция *in situ* также имеет преимущество, связанное с увеличением временного интервала, в течение которого температура строительного изделия составляет ниже 100°C.

Строительный материал согласно настоящему изобретению может дополнительно содержать вспомогательные реагенты, применяемые при производстве строительных материалов. Подходящими вспомогательными реагентами являются замедлители схватывания, ускорители схватывания, гидрофобные агенты, разжижители, армирующие материалы (например, триметафосфат натрия, крахмал), вещества, выделяющие кристаллизационную воду при нагревании (например, тригидрат алюминия), или загустители.

Строительный материал согласно настоящему изобретению может содержать волокна для улучшения механических свойств. Подходящими волокнами являются стекловолокно, минеральные волокна, углеродные волокна, полимерные волокна, целлюлозные волокна и их смеси.

Еще один вариант реализации настоящего изобретения представляет собой способ изготовления строительного изделия, включающий стадии объединения по меньшей мере неорганического связующего, реакционноспособного источника кремния и реакционноспособного источника кальция.

Согласно предпочтительному варианту реализации предложенный способ дополнительно включает стадию формования строительной плиты в соответствии с современным уровнем техники.

Еще один вариант реализации настоящего изобретения относится к применению смеси реакционноспособного источника кремния и реакционноспособного источника кальция для образования волластонита в строительном изделии *in situ* при воздействии на указанное строительное изделие огня.

Фигуры

Фиг. 1: усадка образцов с разными составами во время нагревания (варианты реализации согласно настоящему изобретению).

Фиг. 2: усадка образцов с разными составами во время нагревания (сравнительные примеры).

Далее настоящее изобретение поясняется с помощью следующих неограничивающих примеров.

Пример 1.

Гипсовые призмы размером 120 мм×40 мм×20 мм для измерения усадки и 160 мм×40 мм×20 мм для измерения устойчивости приготавливали из суспензии, содержащей следующие материалы.

Сульфат кальция: штукатурный гипс (в основном полугидрат сульфата кальция в β-форме), компания Iphofen.

Реакционноспособный источник кремния: 50% суспензия микрокремнезема (SiO₂) в воде, EMSAC 500, компания ELKEM, D₅₀ (об.): 0,15 мкм, удельная поверхность по Блейну: 15-30 м²/г.

Реакционноспособный источник кальция: известковая мука (CaCO₃), Kalkstein-Füller KSF 60/3, компания Fels-Werke, D₅₀ (об.): 8,4 мкм, удельная поверхность по Блейну: 0,54 м²/г.

Волокна: стекловолокно, DuraCore® (ДураКор) M300, компания Johns Manville.

Таблица 1

1	Единицы измерения	№ образца						
		1	2	3	4	5	6	7*
Штукатурный гипс	[%] по массе	84	76	68	84	76	68	100
EMSAC 500	[%] по массе	8	12	16	8	12	16	---
Известковая мука	[%] по массе	8	12	16	8	12	16	---
Стекловолокно	[%] по массе	---	---	---	0,3	0,3	0,3	0,3
WGV	---	0,71	0,79	0,88	0,6	0,6	0,6	0,6

WGV - водогипсовое отношение: 100, деленное на массу в граммах сульфата кальция на 100 г воды.

* = сравнительный образец.

Измерения усадки проводили в муфельной печи, в которой образцы подвергали нагреванию, при этом изменение длины непрерывно фиксировалось. Способ измерения и необходимое оборудование подробно описаны в WO 2017/000972 A1. Если коротко, образец устанавливали с возможностью перемещения на держателе образца в горизонтальной ориентации. Один конец образца упирался в опорный подшипник. На противоположном конце образца стержень детектора оказывал давление на образец, постоянно обеспечивая прилегание образца к опорному подшипнику. С помощью стержня детектора измеряли перемещение конца образца, к которому он был прижат. Такое измерение, связанное с исходной длиной образца до нагревания, представляло собой изменение длины в процентах, показанное на фиг. 1 и 2.

Изменение длины опытного экземпляра измеряли при прохождении через стандартную кривую температура/время согласно с EN 1363-1. Сравнительный образец 7, не содержащий волластонит или его эдуктов, а только стекловолокно, расширялся в течение первых примерно 20 мин, как и все другие образцы, см. фиг. 1. В течение такого временного диапазона образцы нагревали, при этом кристаллизационная вода, содержащаяся внутри гипса, медленно становилась газообразной. В результате тело образца расширялось. Когда водяной пар начал выделяться в виде газа, тело образца начало сжиматься. Примерно через 40 мин вся кристаллизационная вода испарилась, и образец начал спекаться. Через два часа тело сравнительного образца потеряло более 11% от своей первоначальной длины.

Такая усадка является значительной и приводит к серьезным проблемам при применении такого материала в прочно закрепленных гипсокартонных конструкциях, например, гипсокартонных листах. Гипсокартонные листы обычно прикрепляют к металлическим стойкам с помощью множества шурупов. Усадка на 11% по длине или ширине плиты, то есть на несколько сантиметров в случае гипсокартонного листа, приводит к тому, что материал на основе сульфата кальция, уже хрупкий из-за потери объема, разрушается и/или отрывается от своего крепления и по меньшей мере частично попадает в комнату.

Напротив, усадка по длине образца 1 составляла только примерно 4%. Согласно дифракционному рентгеновскому анализу (XRD) по Ритвельду указанный образец содержал 6 мас.%, волластонита, который образовался во время нагревания из 8 мас.%, суспензии микрокремнезема и 8 мас.%, известняка. Кроме того, период низкой усадки после периода расширения был отсрочен примерно на 10 мин. Медленная усадка продолжалась до 50 мин после начала, а затем резко уменьшилась до умеренной усадки. Падение степени усадки в диапазоне примерно от 50 до 60 мин связано с окончанием выделения кристаллизационной воды в форме газа. Затем материал сульфата кальция начинал спекаться. Если не предпринимать никаких контрмер, процесс спекания приводил к дополнительному значительному уменьшению объема материала сульфата кальция.

Не желая быть связанными теорией, авторы настоящего изобретения предполагают, что добавление эдуктов волластонита приводит при нагревании тела образца к образованию волластонита *in situ*. Реакция с волластонитом является эндотермической и, таким образом, потребляет энергию, которая в противном случае воздействует на испарение кристаллизационной воды. Тело охлаждается до тех пор, пока испаряется кристаллизационная вода и образуется волластонит. Следовательно, увеличивается период времени (в диапазоне от первых 50 до 60 мин), в течение которого тело образца сначала расширяется и только затем медленно сжимается и остается близким к исходному объему. Это очень важный период времени, поскольку в таком временном диапазоне можно легко эвакуировать людей из горящего здания. Структура остается нетронутой, и температура не повышается бесконтрольно. Таким образом, чем длиннее указанный период времени, тем больше шансов спасти жизни людей.

Волластонит после образования оказывает еще один положительный эффект на усадку - он уменьшает усадку, возникающую вследствие начала процесса спекания. Авторы изобретения недавно пришли к выводу, что процесс спекания не влияет или лишь незначительно влияет на волластонит, при этом волластонит, вероятно, препятствует спеканию поверхности гипса и образует жесткий остов, который уменьшает общую усадку образца. Во всех образцах, содержащих эдукты волластонита, усадка была ниже на 4% по сравнению со сравнительным образцом 7, усадка которого составляла примерно на 11%. Таким образом, усадка уменьшилась примерно на 1/3.

Наименьшие значения усадки были достигнуты при исследовании образца 6, который содержал наибольшее количество материалов-предшественников волластонита (8 мас.%, микрокремнезема и 16 мас.%, известковой муки) и дополнительно 0,3% волокон. Фактически усадка была незначительной (0,2%).

Состав образцов 1 и 4 был идентичен. Образец 4 дополнительно содержал стекловолокно, что являлось единственным отличием от образца 1. Это же относится к образцам 2 и 5 и 3 и 6. В образцах, содержащих стекловолокно, то есть образцах 4, 5 и 6, усадка дополнительно уменьшалась примерно на 1% по сравнению с эталонным образцом без стекловолокна. Таким образом, наличие стекловолокна дополнительно уменьшает усадку.

Устойчивость образцов согласно табл. 1 к разрушению и прогибу измеряли в муфельной печи, нагретой до 930°C. Образцы помещали на две опоры таким образом, чтобы их длинные концы опирались на опоры, при этом опоры располагались на расстоянии 11 см друг от друга. Образцы оставались в печи в течение 60 мин при условии, что они не разрушались раньше. Если образцы ломались, измерение пре-

рывали.

В табл. 2 представлены результаты измерений. Приведенное содержание волластонита определяли после испытания опытных экземпляров с помощью XRD анализа по Ритвельду. В столбце "Разрушение" указано время измерения, прошедшее до появления разрушения. Если в течение 60 мин после полного измерения разрушения не происходило, результат указывали как ">60". Столбец "Максимальный прогиб" содержит значения прогиба, вызванного термообработкой, то есть значение прогиба после термообработки, уменьшенное за счет прогиба перед термообработкой, если таковая имеется.

Таблица 2

Образец	Анализируемое количество волластонита (XRD по Ритвельду)	Плотность	Устойчивость при нагревании			
			Разрушение		Максимальный прогиб	
			Испытание 1	Испытание 2	Испытание 1	Испытание 2
			[мин]		[мм]	
	[%]	[кг/м ³]				
1	6	1141	>60	>60	4	2
2	10	1109	>60	>60	2	<1
3	14	1086	>60	>60	<1	<1
4	7	1241	>60	>60	2	1
5	10	1304	>60	>60	1	<1
6	14	1342	>60	>60	<1	<1
7*	0	1166	>60	20-30	17	Разрушение

* = сравнительный образец.

Для каждого образца исследовали по два дубликата, испытание 1 и испытание 2. Один из дубликатов сравнительного образца 7 разрушился. Прогиб другого дубликата составлял 17 мм. Образец 1, содержащий самые низкие количества материалов-предшественников волластонита из всех образцов согласно настоящему изобретению, не разрушился, но прогнулся на 2 и 4 мм, соответственно. Все остальные образцы прогибались только незначительно, т.е. на 2 мм, а большинство образцов даже менее чем на 1 мм. Таким образом, образование волластонита повышает устойчивость к прогибу при нагревании.

Пример 2.

Материалы сульфат кальция: штукатурный гипс, компания Iphofen.

Реакционноспособный источник кремния: 50% суспензия микрокремнезема (SiO₂) в воде, EMSAC 500, компания ELKEM стекольная мука, компания MWT Mineralwerk Thuringen.

Реакционноспособный источник кальция: известковая мука (CaCO₃), Kalkstein-Füller KSF 60/3, компания Fels-Werke, негашеная известь (CaO), макс. 15% >90 мкм согласно DIN 4188.

Стекловолокно: стекловолокно, M300, компания Johns Manville.

Волластонит: Tremine 939-010, компания Quarzwerke Gruppe.

Разжижитель: Viscocrete G2, компания Sika.

Таблица 3

	Единицы измерения	№ образца						
		8*	9*	10*	11	12*	13*	14*
Штукатурный гипс	[%] по массе	92	88	84	82	95	100	76
EMSAC 500	[%] по массе	8	12	16	12	---	---	---
Стекольная мука	[%] по массе	---	---	---	---	---	---	12
Известковая мука	[%] по массе	---	---	---	---	---	---	12
Негашеная известь	[%] по массе	---	---	---	6	---	---	---
Волластонит	[%] по массе	---	---	---	---	5	---	---
Стекловолокно	[%] по массе	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Разжижитель	[%] по массе	---	---	---	0,1	0,2	---	0,2
WGV	---	0,57	0,56	0,55	0,6	0,65	0,6	0,6

* = сравнительный образец.

Описанные измерения длины и измерения прогиба и разрушения были выполнены, как описано для примера 1.

Образцы, приведенные в табл. 3, представляют собой сравнительные примеры, за исключением об-

разца 11. Образец 11 содержал негашеную известь (CaO) в качестве реакционноспособного источника кальция и микрокремнезем в качестве реакционноспособного источника кремния. Образец 11 имел самую низкую усадку (примерно 1,3%) после нагревания из всех исследуемых образцов, приведенных в табл. 3, см. фиг. 2.

Следующими наилучшими образцами были образцы 10, 9 и 8, которые после нагревания имели усадку в диапазоне от 2 до 3%. Такие образцы были получены путем добавления только реакционноспособного источника кремния, но не реакционноспособного источника кальция. Содержание кремния увеличивали от образца 8 к образцу 10. Предполагается, что относительно низкая усадка является результатом присутствия примесей карбоната кальция в используемом штукатурном гипсе. Как правило, природный гипс не является чистым материалом, но содержит больше или меньше примесей. Известняк является наиболее распространенной примесью в гипсе, поскольку он осаждается из сверхсоленых вод непосредственно перед осаждением гипса по мере того, как степень минерализации воды увеличивается вследствие испарения. Таким образом, можно предположить, что низкая усадка образцов 8, 9 и 10 связана с образованием волластонита из добавленного микрокремнезема и примесных карбонатов кальция. Поскольку образцы 9 и 10 только немного различаются по усадке после нагревания, также можно предположить, что примеси карбоната кальция почти полностью взаимодействуют с образованием волластонита.

Образец 12 исследовали, чтобы показать важность образования волластонита in situ в случае пожара или применения предварительно полученного волластонита в качестве добавки. К образцу 12 добавляли 5 мас.%, предварительно полученного волластонита. Усадка образца 12 после нагревания составляла примерно 6%. Количество волластонита, добавленного в образец 12, равно количеству волластонита, которое, как было обнаружено, образовалось в образце 8. Однако усадка (2,8%) образца 8 составляла только половину усадки образца 12.

В образце 14 в качестве источника кремния использовали стекольную муку вместе с известковой мукой. Содержание источников кремния и кальция было сравнительно высоким. Тем не менее, усадка после нагревания составляла более 7%. Таким образом, был сделан вывод, что недостаточно использовать какой-либо источник пылевидного кремния, но что такой источник должен представлять собой реакционноспособный источник, то есть источник аморфного кремния, чтобы быть действительно эффективным с точки зрения усадки, вызванной тепловым воздействием.

Образец 13 не содержал ни реакционноспособного источника кремния, ни реакционноспособного источника кальция и имел усадку после нагревания примерно 11%.

Таблица 4

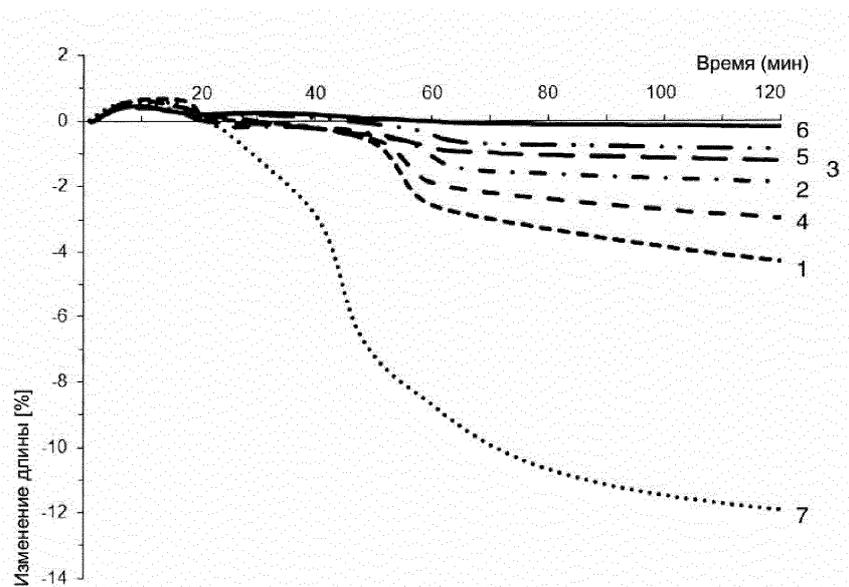
Образец	Анализируемое количество волластонита (XRD по Ритвельду)	Плотность	Устойчивость при нагревании			
			Разрушение		Максимальный прогиб	
			Испытание 1	Испытание 2	Испытание 1	Испытание 2
	[%]	[кг/м ³]	[мин]		[мм]	
8*	5	1232	>60	>60	Разрушение	Разрушение
9*	5	1259	>60	>60	Разрушение	<1
10*	5	1298	>60	>60	<1	<1
11	13	1243	>60	>60	<1	<1
12*	5	1158	>60	>60	5	3
13*	0	1164	10-20'	20-30'	Разрушение	Разрушение
14*	0	1261	30-40'	>60	Разрушение	4

В табл. 4 приведены результаты измерений разрушения и прогиба образцов с составами, показанными в табл. 3. После применения температуры сравнительные образцы 12-14 либо разрушались, либо имели высокие значения прогиба, см. табл. 4. Также разрушились оба дубликата образца 8. Неожиданно, в случае образца 9 один опытный экземпляр разрушился, а другой опытный экземпляр имел величину прогиба менее 1 мм.

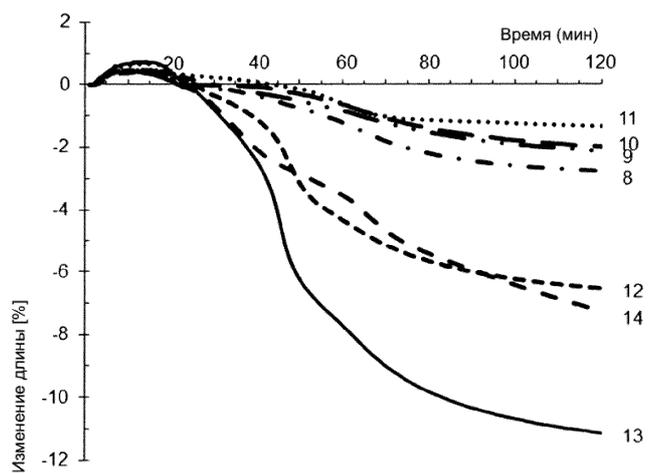
Образец 11, представляющий собой вариант реализации согласно настоящему изобретению, имел очень низкие значения прогиба, составляющие менее 1 мм после 60 мин нагревания.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Строительный материал, содержащий:
неорганическое связующее, выбранное из цементирующего материала и сульфата кальция;
реакционноспособный источник кремния, представляющий собой аморфный диоксид кремния;
реакционноспособный источник кальция, выбранный из оксида кальция, гидроксида кальция, карбоната кальция и их смесей;
где количество реакционноспособного источника кремния составляет от 0,5 до 20% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале; и
где количество реакционноспособного источника кальция составляет от 2 до 30% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.
2. Строительный материал по п. 1, в котором:
 - (i) цементирующий материал представляет собой цемент или бетон; или
 - (ii) сульфат кальция выбран из дигидрата сульфата кальция, штукатурного гипса, α -и/или β -полугидрата сульфата кальция, ангидрита сульфата кальция.
3. Строительный материал по п. 1 или 2, в котором аморфный диоксид кремния представляет собой пирогенный диоксид кремния или микрокремнезем или их смесь.
4. Строительный материал по любому из пп. 1-3, в котором:
 - (i) размер частиц D_{50} (об.) реакционноспособного источника кремния составляет от 0,01 до 400 мкм, предпочтительно от 0,01 до 200 мкм, или от 0,01 до 50 мкм, или от 0,01 до 5 мкм; или
 - (ii) размер частиц D_{50} (об.) реакционноспособного источника кальция составляет от 0,1 до 800 мкм, предпочтительно от 0,1 до 200 мкм, или от 0,1 до 50 мкм, или от 0,1 до 10 мкм; или
 - (iii) комбинация (i) и (ii).
5. Строительный материал по любому из пп. 1-4, в котором количество реакционноспособного источника кремния составляет от 2 до 15% по массе, предпочтительно от 3 до 10% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.
6. Строительный материал по любому из пп. 1-5, в котором количество реакционноспособного источника кальция составляет от 3 до 20% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.
7. Строительный материал по любому из пп. 1-6, в котором количество реакционноспособного источника кальция относительно количества реакционноспособного источника кремния составляет от 2,5:1 до 1:1.
8. Строительный материал по любому из пп. 1-7, содержащий вспомогательные вещества, выбранные из замедлителей схватывания, ускорителей схватывания, гидрофобных агентов, разжижителей, армирующих материалов, веществ, выделяющих кристаллизационную воду при нагревании, или загустителей.
9. Гипсовое строительное изделие, содержащее строительный материал по любому из пп. 1-8.
10. Гипсовое строительное изделие по п. 9, представляющее собой строительную плиту, штукатурку, шпаклевку, шовный герметик, стяжку, засыпку или наполнитель.
11. Гипсовое строительное изделие по п. 10, отличающийся тем, что строительная плита представляет собой гипсоволокнистую плиту, гипсокартонный лист, цементно-стружечную плиту или строительный блок.
12. Способ изготовления строительного изделия, включающий стадии объединения по меньшей мере: неорганического связующего, выбранного из цементирующего материала и сульфата кальция; реакционноспособного источника кремния, представляющего собой аморфный диоксид кремния; реакционноспособного источника кальция, выбранного из оксида кальция, гидроксида кальция, карбоната кальция и их смесей;
где количество реакционноспособного источника кремния составляет от 0,5 до 20% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале; и
где количество реакционноспособного источника кальция составляет от 2 до 30% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале.
13. Способ по п. 12, дополнительно включающий стадию формования плиты.
14. Применение смеси реакционноспособного источника кремния, представляющего собой аморфный диоксид кремния, и реакционноспособного источника кальция, выбранного из оксида кальция, гидроксида кальция, карбоната кальция и их смесей, для формирования волластонита в строительном изделии *in situ* при воздействии на указанное строительное изделие огня, где количество реакционноспособного источника кремния составляет от 0,5 до 20% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале; и
где количество реакционноспособного источника кальция составляет от 2 до 30% по массе относительно количества неорганического связующего в строительном материале;
причем строительное изделие содержит неорганическое связующее, выбранное из цементирующего материала и сульфата кальция.



Фиг. 1



Фиг. 2