

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **045571**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.12.06**

(21) Номер заявки  
**202191709**

(22) Дата подачи заявки  
**2018.12.20**

(51) Int. Cl. **C04B 28/14** (2006.01)  
**C04B 41/00** (2006.01)  
**C04B 41/49** (2006.01)  
**C04B 41/64** (2006.01)  
**C04B 111/28** (2006.01)  
**C04B 111/34** (2006.01)

---

(54) **ГИПСОВЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ С УЛУЧШЕННОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ  
К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР**

---

(43) **2021.09.10**

(86) **PCT/EP2018/000574**

(87) **WO 2020/125918 2020.06.25**

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

(72) Изобретатель:  
**Пичман Бернд, Штайнбауэр Михаэль,  
Колер Верена, Парасков Георги,  
Шнайдер Михаэль, Безе Рауно (DE)**

(74) Представитель:  
**Нилова М.И. (RU)**

(56) **WO-A1-2017108182  
EP-A1-1120384  
WO-A1-2016079101  
GB-A-2336360  
WO-A2-2008045217  
US-A1-2015291844  
WO-A1-2016079098**

---

(57) Гипсовый строительный материал, характеризующийся тем, что указанный гипсовый строительный материал содержит по меньшей мере гипс, Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния и необязательно другие добавки, при этом Н-силоксан равномерно распределен в гипсовом строительном материале и/или нанесен на по меньшей мере одну поверхность гипсового строительного материала, характеризующегося тем, что указанный гипсовый строительный материал под воздействием температур не менее 80°C имеет более длительную фазу расширения, чем гипсовый строительный материал, не содержащий Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, при этом в остальном такой гипсовый строительный материал имеет идентичный состав.

**B1**

**045571**

**045571  
B1**

Настоящее изобретение относится к огнестойким гипсовым строительным материалам и способу получения строительных гипсовых материалов такого рода. В частности, настоящее изобретение относится к гипсовым плитам, имеющим повышенный предел огнестойкости.

Многие гипсовые строительные материалы известны из предшествующего уровня техники. Благодаря содержанию кристаллизационной воды в гипсе ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) гипсовые строительные материалы обладают полезными свойствами в случае пожара. При нагревании гипса сначала происходит вытеснение из гипса кристаллизационной воды. Поскольку такой процесс является эндотермическим, испарение кристаллизационной воды вызывает охлаждение гипсового строительного материала. При усилении испарения воды сначала образуется полугидрат сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ), а затем ангидрит в виде безводной фазы ( $\text{CaSO}_4$ ).

Однако недостатком является то, что переход от гипса к фазам в виде полугидрата или ангидрита сульфата кальция, которые характеризуются более низким содержанием воды или являются безводными, связан с уменьшением объема материала. Кроме того, спекание материала приводит к дальнейшей потере объема. Такое уменьшение объема вызывает усадку строительного материала. Гипсовые плиты, прикрепленные, например, к металлическому каркасу стойки, начинают отрываться от своих креплений. Отдельные части гипсокартонной конструкции могут выпадать из гипсокартонной конструкции, что создает риск получения травм для людей, находящихся в помещениях. С другой стороны, разрушение строительных плит также означает, что огонь может прорваться к тыльной стороне гипсокартонной конструкции и распространиться на другие помещения.

Поэтому из предшествующего уровня техники известны меры, предназначенные для задержки или предотвращения разрушения гипсовых строительных материалов под действием огня в течение более длительного периода времени. Часто добавляют огнестойкие материалы-наполнители, такие как глины или материалы, расширяющиеся под действием огня. Например, известно введение в гипсовый материал вермикулита. Вермикулиты могут быть вспученными или сырыми, то есть невспученными. Сырые вермикулиты расширяются в случае пожара и предназначены для по меньшей мере частичной компенсации объемной усадки.

Применение силиконов для гидроизоляции гипсовых изделий давно известно из предшествующего уровня техники и много раз описано.

Однако перечисленные меры в целом все еще не являются удовлетворительными, и, соответственно, продолжается поиск новых решений такой проблемы.

Задача настоящего изобретения заключается в получении гипсовых строительных материалов, которые обладают повышенной огнестойкостью и, в частности, по меньшей мере значительно увеличивают время, необходимое для прорыва огня к тыльной стороне гипсокартонной конструкции.

Задача настоящего изобретения решена с помощью гипсового строительного материала по пункту 1 формулы изобретения и способа получения гипсового строительного материала по пункту 13 формулы изобретения.

Гипсовый строительный материал в контексте настоящего изобретения может представлять собой гипсовый продукт или продукт, который превращается в гипсовый продукт путем обработки. Гипсовые строительные материалы используют в строительной сфере. Например, они могут представлять собой гипсовые (строительные) плиты, например, гипсокартонный лист или гипсоволокнистую плиту, а также штукатурки, строительные растворы или стяжки на основе сульфата кальция.

Поэтому гипсовый строительный материал согласно настоящему изобретению содержит по меньшей мере гипс, Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, в частности, микрокремнезем. Необязательно могут присутствовать и другие добавки, известные специалисту в данной области. Н-силоксан может быть равномерно распределен в гипсовом строительном материале и/или может быть нанесен на по меньшей мере одну поверхность гипсового строительного материала. Характерная особенность гипсового строительного материала согласно настоящему изобретению заключается в том, что указанный гипсовый строительный материал под воздействием температур не менее  $80^\circ\text{C}$  имеет более длительную во времени фазу расширения, чем гипсовый материал, не содержащий Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, но имеющий в остальном идентичный состав. Предложенный гипсовый строительный материал дополнительно имеет более низкую температурную усадку, чем идентичный гипсовый строительный материал, не содержащий Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния.

Следует понимать, что в рамках объема настоящего изобретения термин "гипсовые строительные материалы" означает как предварительно формованные изделия, например, гипсовые строительные плиты или плиты для перегородок, так и изделия, изготовленные из таких материалов, как штукатурки, наполнители или стяжки, придание формы которым осуществляют только путем нанесения на поверхность.

Термин "Н-силоксан" предпочтительно включает линейные модифицированные водородом (органосилоксаны). Хотя они и менее предпочтительны, не исключено применение циклических модифицированных водородом силиконов. Такие силиконы могут образовывать сильно сшитые силиконовые смолы. Силоксаны, помимо связей Н-Si, предпочтительно содержат органические группы, в частности,

алкильные группы, особенно предпочтительно металльные группы. Например, безводный полиметилгидрогенсилоксан с триметильными концевыми группами (Silres BS 94) можно приобрести в компании Wacker-Chemie GmbH (Мюнхен, Германия). Bluesil WR 68, органосилоксан (метилгидрогенполисилоксан) от компании Elkem, применяли в рамках объема иллюстративных вариантов реализации. Однако также можно использовать и другие силоксаны, известные специалисту в данной области.

Термин "аморфный диоксид кремния" в рамках объема настоящего изобретения, в частности, будет включать микрокремнезем (тонкую кремнеземную пыль). Микрокремнезем представляет собой мелкодисперсный порошок ( $D_{50}$  в диапазоне от нм до мкм), который, например, накапливается в качестве побочного продукта при производстве кремния или кремниевых сплавов. Микрокремнезем можно использовать в виде твердых частиц или иным образом, например, в форме суспензии с растворителем, например, водой. Микрокремнезем можно приобрести, например, в компании Elkem в Осло, Норвегия. Подходящими также являются и другие аморфные соединения кремния, например, высокодисперсный диоксид кремния, полученный пиролитическим способом.

Необязательно применяемые дополнительные добавки известны специалисту в данной области в качестве добавок для гипсовых строительных материалов. Они могут представлять собой, например, ускорители схватывания, замедлители схватывания, разжижители, загустители, биоциды, фунгициды и т.п.

Как применение Н-силоксана, так и применение аморфного диоксида кремния или их смеси улучшает огнестойкость гипсовых строительных материалов по сравнению с гипсовыми строительными материалами, не содержащими ни один из указанных материалов, но имеющими в остальном идентичный состав.

В рамках объема настоящего изобретения продолжительность фазы расширения гипса при воздействии определенной температуры, а также степень усадки гипсового изделия во время и после температурного воздействия используют в качестве меры огнестойкости гипсовых изделий. Такие измерения были выполнены в соответствии с WO 2017/000972 A1 и с применением устройства, описанного в WO 2017/000972 A1, содержание которого тем самым включено в настоящую заявку.

Как уже упоминалось выше, обезвоживание гипса приводит к образованию фаз с меньшим содержанием воды и меньшего объема, в частности, полугидратов или ангидрита сульфата кальция. Это предположительно является результатом испарения кристаллизационной воды и процесса спекания материала. Такое изменение объема можно обнаружить, например, путем определения длины тела образца до и после обработки при заданной температуре. После температурной обработки длина тела образца становится короче. В этом контексте абсолютные величины не имеют большого значения, поскольку гипсы разного происхождения подвергаются усадке до несущих степеней при воздействии одинаковой температурной обработки. Поэтому непосредственно сравнивать друг с другом следует только гипсы одинакового происхождения и прошедшие одинаковую предварительную обработку.

Однако перед началом фактической усадки тела образца под воздействием температуры указанные тела образцов сначала расширяются. Не желая быть связанными какой-либо конкретной теорией, предполагают, что такое расширение связано с испарением кристаллизационной воды из гипса и ее превращением в водяной пар. В рамках объема настоящего изобретения период времени, в течение которого происходит расширение гипсового строительного материала, называют "фазой расширения". Фаза расширения начинается с нагревания тела образца и заканчивается в тот момент времени, когда длина тела образца становится короче, чем до начала нагревания.

Разница между длиной тела образца до воздействия температуры и длиной тела образца после воздействия определенной температуры в течение 120 мин, выраженная в процентах относительно исходной длины (= длине до воздействия температуры), представляет собой "степень усадки" тела образца. Чем меньше степень усадки, тем меньше сжимается гипсовый строительный материал в результате воздействия температуры.

Как продолжительность фазы расширения, так и степень усадки зависят от размера и формы образца. В случае если образцы вырезают из плиты, полученной на линии производства гипсокартона, также важной является ориентация образца относительно направления производства. Таким образом, следует сравнивать друг с другом только образцы примерно одинаковой формы, размера, массы и, когда это применимо, одинаковой ориентации.

Фаза расширения гипсового строительного материала согласно настоящему изобретению предпочтительно по меньшей мере в 1,2 раза длиннее, предпочтительно по меньшей мере в 2 раза длиннее и особенно предпочтительно по меньшей мере в 2,5 раза длиннее, чем фаза расширения гипсового строительного материала идентичного состава, не содержащего Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния. Во время фазы расширения гипсовый строительный материал остается устойчивым. Испарение кристаллизационной воды представляет собой эндотермический процесс, который потребляет энергию и, соответственно, временно предотвращает или по меньшей мере уменьшает дальнейшее нагревание гипсового строительного материала. Увеличение продолжительности фазы расширения позволяет увеличить время, доступное, например, для эвакуации здания.

Для достижения сопоставимых результатов тела образцов гипсовых строительных материалов согласно настоящему изобретению подвергали воздействию температуры в соответствии с графиком тем-

пература/время согласно DIN EN 1363-1:2012-10 в течение первых 60 мин нагревания. На этом основании температура печи должна удовлетворять следующему соотношению:

$$T = 345 \log_{10}(8t + 1) + 20$$

где

T представляет собой среднюю температуру печи в градусах Цельсия, и t представляет собой затраченное время в минутах. В течение первых 60 мин образцы нагревали примерно до 950°C. После такого начального периода применение температуры согласно проведенным испытаниям отличалось от DIN EN 1363-1: 2012-10: время выполнения испытаний от 60 до 120 мин, использовали постоянную температуру 950°C. Образцы с составом согласно настоящему изобретению имели меньшую степень усадки, чем опытные образцы идентичного состава, но не содержащие Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния.

Степень усадки строительного материала согласно настоящему изобретению предпочтительно по меньшей мере на 10% ниже, предпочтительно по меньшей мере на 50% и, в частности, по меньшей мере на 75% ниже, чем степень усадки гипсового строительного материала идентичного состава, но не содержащего Н-силоксан или микрокремнезем. Как упоминалось выше, тип гипса, масса, размер и ориентация относительно направления производства, когда это применимо, должны быть сопоставимы.

Согласно одному из вариантов реализации изобретения гипсовый строительный материал содержит от 0,01 до 10 % масс. Н-силоксана относительно массы использованного штукатурного гипса. Гипсовый строительный материал предпочтительно содержит по меньшей мере 2 мас.% Н-силоксана относительно количества использованного штукатурного гипса. Верхний предел при применении Н-силоксана в общем случае не является критически важным, а скорее определяется стоимостью. Однако поскольку влияние на усадку тела образца с увеличением содержания Н-силоксана, по всей видимости, приближается к пороговому значению (соответствующему минимальной степени усадки, которую дальше невозможно уменьшить с помощью предложенных мер), и Н-силоксан, помимо прочего, является относительно дорогостоящей добавкой, предпочтительно применять не более 5 мас.% Н-силоксана относительно количества использованного штукатурного гипса. Для достижения оптимального соотношения стоимость : применение предложен диапазон от 3 до 4,5 мас.% Н-силоксана относительно количества использованного штукатурного гипса для Н-силоксана, равномерно распределенного в гипсовом строительном материале, если дополнительно не добавлен микрокремнезем. При применении комбинации Н-силоксана с аморфным диоксидом кремния содержание Н-силоксана можно успешно значительно уменьшить в зависимости от количества добавленного аморфного диоксида кремния.

При применении Н-силоксана в качестве покрытия на по меньшей мере одной поверхности гипсового строительного материала, нанесенные количества могут быть намного меньше. Хорошие значения усадки уже достигаются при применении покрытий, содержащих примерно 75 г Н-силоксана на 1 м<sup>2</sup> покрытой поверхности (соответствует примерно 0,2 мас.%, относительно содержания дигидрата в плите толщиной 12 мм). Удвоение количества, то есть примерно 150 г/м<sup>2</sup>, приводит к резкому усилению такого эффекта. Оптимальные результаты достигают при покрытии Н-силоксаном большей части поверхностей гипсового строительного материала.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения гипсовый строительный материал может содержать по меньшей мере 0,5 мас.%, аморфного диоксида кремния, в частности микрокремнезема, относительно количества использованного штукатурного гипса. Аморфный диоксид кремния может содержаться в гипсовом строительном материале вместо Н-силоксана или дополнительно с Н-силоксаном. Однако максимально следует использовать не более 20 мас.% аморфного диоксида кремния. Предпочтительно используют меньшие количества, например, не более 10 мас.% или не более 6 мас.%, аморфного диоксида кремния. Фактическое количество применяемого аморфного диоксида кремния зависит, среди прочего, от того, содержится ли дополнительно Н-силоксан. В этом случае достаточно использовать меньшие количества аморфного диоксида кремния.

Содержание Н-силоксана предпочтительно ниже, чем содержание аморфного диоксида кремния. Согласно особенно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения гипсовый строительный материал, например, может содержать комбинацию Н-силоксана в количестве от 1 до 2,5 мас.%, и аморфного диоксида кремния в количестве от 1 до 5 мас.%.

Согласно особенно предпочтительному варианту реализации настоящего изобретения гипсовый строительный материал представляет собой гипсовую строительную плиту. Огнестойкость гипсовой строительной плиты можно эффективно повысить, если по меньшей мере одна большая поверхность гипсовой строительной плиты имеет Н-силоксановое покрытие, окрашена с помощью Н-силоксана, на нее распылен Н-силоксан или она иным образом обработана с помощью Н-силоксана. В частности, верхняя сторона или видимая сторона гипсовой строительной плиты должна быть обработана с помощью Н-силоксана, поскольку такая сторона обычно представляет собой сторону, которая будет непосредственно подвержена воздействию потенциального огня. Обработка обеих больших поверхностей гипсовых строительных плит, в частности верхней и нижней сторон, является еще более эффективной.

Предложенный в настоящем изобретении способ производства гипсовой строительной плиты

включает получение по меньшей мере одной суспензии путем смешивания друг с другом по меньшей мере (штукатурного гипса) и воды. Затем такую суспензию формуют в виде непрерывной заготовки гипсовой строительной плиты, которую после схватывания гипса в достаточной степени разделяют на отдельные гипсовые строительные плиты. Помимо штукатурного гипса и воды при получении указанной суспензии можно добавлять Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, в частности, микрокремнезем. Альтернативно или дополнительно, Н-силоксан можно наносить на по меньшей мере одну поверхность непрерывной заготовки гипсовой строительной плиты или отдельных гипсовых строительных плит. Гипсовые строительные плиты, снабженные Н-силоксаном и/или аморфным диоксидом кремния, при воздействии температуры не менее 80°C имеют более длительную фазу расширения, чем гипсовые строительные плиты, изготовленные без применения Н-силоксана и/или аморфного диоксида кремния, при этом такая гипсовая строительная плита в остальном имеет идентичный состав.

Согласно другому варианту реализации настоящего изобретения можно получить по меньшей мере одну первую и одну вторую суспензию, при этом по меньшей мере первая суспензия содержит Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, и при этом указанную первую суспензию используют для формирования по меньшей мере одного краевого слоя гипсовой строительной плиты. Краевой слой, то есть слой, который находится в непосредственном контакте с подкладкой, является особенно удобным в случае легких гипсовых строительных плит. Как правило, он более плотный, чем внутренние слои, расположенные в глубине. Вследствие более высокой плотности он увеличивает площадь контакта между подкладкой и сердцевиной плиты, благодаря чему прокладка лучше соединяется с сердцевиной. Кроме того, краевой слой значительно улучшает механические свойства, не делая при этом указанную плиту более тяжелой. Введение Н-силоксана и/или аморфного диоксида кремния придает краевому слою, который известен сам по себе, еще одно дополнительное преимущество: он увеличивает огнестойкость плиты. Также выгодно, что добавка, то есть Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, требуется только в сравнительно небольшом количестве, поскольку ею следует обеспечить только тонкие краевые слои (толщиной <7 мм), а не всю сердцевину плиты.

При применении Н-силоксана и/или аморфного диоксида кремния также требуется защита для уменьшения степени усадки гипсового строительного материала под действием высокой температуры. Гипсовые строительные материалы, в которых используют указанные вещества, при нагревании в соответствии с кривой температура/время согласно DIN EN 1363-1: 2012-10 в течение первых 60 мин и последующем выдерживании при 950°C, как описано выше, имеют более низкую степень усадки и/или увеличенную продолжительность расширения по сравнению со степенью усадки и/или продолжительностью расширения гипсового строительного материала, не содержащего Н-силоксан и/или аморфный диоксид кремния, с идентичным в остальном составом. При испытании образцы гипсового строительного материала нагревают от 0 до 950°C в течение до 60 мин и непрерывно выдерживают при 950°C в течение от 60 до 120 мин.

Далее настоящее изобретение будет рассмотрено более подробно на основе конкретных иллюстративных вариантов реализации, в которых

на фиг. 1 показано изменение длины призм с различным содержанием Н-силоксана при воздействии температурной обработки;

на фиг. 2 показано изменение длины призм, содержащих Н-силоксан или микрокремнезем, при воздействии температуры;

на фиг. 3 показано изменение длины призм, содержащих 0,2 мас.% Н-силоксанов и различные количества микрокремнезема, при воздействии температурной обработки;

на фиг. 4 показано изменение длины призм, содержащих 1,0 мас.% Н-силоксанов, при воздействии температурной обработки;

на фиг. 5 показано изменение длины призм, содержащих 2,5 мас.% Н-силоксанов и различные количества микрокремнезема, при воздействии температурной обработки;

на фиг. 6 показано изменение длины призм, содержащих 0,2 мас.% Н-силоксана, и призм, поверхность которых просто обработана с помощью Н-силоксана, при воздействии температурной обработки;

на фиг. 7 показана фотография призмы с Н-силоксановым покрытием с обеих сторон после воздействия температуры.

Исследуемые призмы (испытательный образец) были получены следующим образом: штукатурный гипс и ускоритель схватывания предварительно смешивали с получением сухой смеси. Образцы, для которых изменение длины показано на фиг. 1-5, были изготовлены с применением штукатурного гипса, полученного из 70 мас.%, гипса FGD (гипса, полученного в процессе десульфуризации дымовых газов) и 30% масс, природного гипса. Призмы, изменение длины которых показано на фиг. 6, были изготовлены из штукатурного гипса, полученного в основном из природного гипса с добавлением 7 мас.%, гипса FGD. Сухую смесь засыпали в воду, количество которой соответствовало водогипсовому отношению 0,6, и перемешивали после кратковременного замачивания с помощью венчика. Полученную таким образом суспензию использовали для отливки призм размером 16×4×2 см<sup>3</sup>, которые извлекали из формы через 25 минут после смешивания. Полученные таким образом призмы высушивали в сушильном шкафу при

40°C до постоянной массы. Затем призмы распиливали до размеров (10×4×2 см<sup>3</sup>).

Если призмы содержали Н-силоксан (BlueSil WR 68 от компании Bluestar Silicones, теперь компания Elkem) или микрокремнезем (компания Elkem 940U), указанные вещества либо добавляли к суспензии, либо, в случае силоксанового покрытия, наносили на призмы с помощью щетки.

Изменение длины при воздействии температуры осуществляли в камерной печи быстрого нагрева. Камерную печь в течение первых 60 мин интенсивно нагревали в соответствии с кривой температура/время согласно DIN EN 1363-1: 2012-10. После этого температуру печи поддерживали постоянной в течение дополнительных 60 мин при 950°C. Призмы помещали на роликовые держатели, которые не оказывали никакого сопротивления изменению длины призмы. Одну узкую сторону призмы размещали на опорной поверхности, при этом пружинный рычаг с регистратором расстояния прикладывал силу к противоположной узкой стороне, при этом указанная сила прижимала призму к опоре. Регистратор расстояния непрерывно фиксировал длину призмы. Изменение длины призмы получали путем вычитания длины призмы в определенные моменты времени (по существу, непрерывно измеряемой) в процессе воздействия температуры из длины призмы до воздействия температуры.

На фиг. 1 показано изменение длины гипсовых призм при разном содержании Н-силоксана, подмешанного в суспензию. Сплошная кривая соответствует эталонному образцу, не содержащему Н-силоксан. Призма, выполненная из эталонного образца, умеренно расширялась в течение первых примерно 20 мин. Считается, что в такой фазе расширения кристаллизационная вода выделяется из кристаллов гипса, но может лишь медленно испаряться из призм. Результатом является увеличение объема призмы. Такой период времени был зафиксирован в рамках объема настоящего изобретения как фаза расширения. В интервале между 20 и 45 мин происходила умеренная усадка призмы. Затем в промежутке времени между 45 и 59 мин наблюдалось резкое уменьшение объема. Не желая быть связанными с такой теорией, предполагают, что в этот период материал спекался. Процесс спекания продолжался в слегка ослабленной форме до примерно 70 мин. После этого длина призмы непрерывно уменьшалась, но только в очень небольшой степени.

С учетом изменения длины призм, содержащих разные концентрации Н-силоксана, можно определить, что фаза расширения во всех образцах с Н-силоксаном значительно увеличивалась. В зависимости от концентрации Н-силоксана фаза расширения продолжалась от 50 (0,2 мас.% Н-силоксана) до 75 мин (5 мас.% Н-силоксана) и увеличивалась с повышением содержания Н-силоксана. Затем призмы, содержащие от 0,2 до 1 мас.% Н-силоксана, плавно переходили в процесс спекания, что приводило к резкому уменьшению длины призм. Интересно, что призмы, содержащие Н-силоксан в более высоких концентрациях, по всей видимости, не подвергались никакому процессу спекания или, по-видимому, подвергались процессу спекания только в небольшой степени. В любом случае, такие призмы не демонстрировали значительной усадки в течение всего нескольких минут, как это делали другие призмы. Наблюдалась усадка, продолжавшаяся в течение длительного периода времени, степень которой, по всей видимости, приближалась к пороговому значению.

Кроме того, интерес представляет влияние различных концентраций Н-силоксана на степень усадки в конце воздействия температуры. Низкие концентрации Н-силоксана примерно до 1 мас.% относительно используемого штукатурного гипса, по-видимому, оказывали очень небольшое влияние на общую усадку. По сравнению с эталонным образцом степень усадки которого составляла более 15%, призмы с содержанием Н-силоксана до 1 мас.% были только немного лучше. Их степень усадки составляла от 13 до 14%.

Оказалось, что влияние на степень усадки резко возрастало при применении Н-силоксана с содержанием от 1 до 2,5 мас.%. В любом случае призмы, содержащие от 2,5 до 5 мас.% Н-силоксана, имели степень усадки только от 1 до 2%. Предполагается, что существует пороговое значение или предельный диапазон, от которого Н-силоксан эффективно влияет на степень усадки. В описанных в настоящем документе образцах такой предел составлял от 1 до 2,5 мас.% Н-силоксана. Однако следует предположить, что фактическое пороговое значение для каждого типа гипса немного различается вследствие присутствия разных примесей.

Представляется, что степень усадки вряд ли улучшится при дальнейшем увеличении концентрации Н-силоксана (до 5 мас.% или более).

Фаза значительного уменьшения объема призм, характеризующаяся в таких испытаниях значительным изменением длины, предположительно инициируется процессом спекания материала образца. Такое значительное уменьшение объема очень опасно, например, в случае гипсокартонных структур, подвергаемых воздействию огня, поскольку части плит могут оторваться от своих опор и упасть в помещения. Падающие части плит могут непосредственно травмировать людей или косвенно могут перекрывать пути эвакуации. Кроме того, отсутствующие в гипсокартонных структурах части означают, что пожар может распространиться на соседние помещения. Таким образом, в случае гипсокартона противопожарная защита с одной стороны направлена на максимально возможное подавление уменьшения объема гипсового материала. С другой стороны, если уменьшение объема все же произойдет, оно должно произойти как можно позже и быть как можно меньше.

Исследуемые призмы, показанные на фиг. 1, продемонстрировали, что даже небольшие количества Н-силоксана в материале образца вызвали значительное удлинение фазы расширения призм. Даже 0,2 мас.% Н-силоксана продлевали такой период в 2,5 раза. Если окажется, что полученные результаты испытаний можно успешно перенести на реальные гипсокартонные конструкции, можно сделать следующие выводы: в случае пожара это означало бы, что гипсокартонные структуры сохранят свою целостность по меньшей мере в два раза дольше, поскольку они не будут подвергаться усадке таким же образом, как гипсокартонные структуры, не содержащие Н-силоксан. Таким образом, будет доступно в два раза больше времени для аварийно-спасательных мероприятий и эвакуации людей, что может спасти человеческие жизни. При применении плит с более высоким содержанием Н-силоксана усадку можно почти полностью предотвратить.

В случае результатов, показанных на фиг. 2, можно, по всей видимости, обеспечить аналогичный эффект путем добавления аморфного диоксида кремния или вещества, известного как микрокремнезем. Фактическая фаза расширения призмы, содержащей 4 мас.% микрокремнезема, действительно оказалась лишь незначительно длиннее, чем такая фаза у эталонного образца. Однако последующее уменьшение длины призм в интервале от 20 до 60 мин при уменьшении длины менее чем на 1% было очень мало по сравнению с исходной длиной призм. Уменьшение длины при спекании было относительно умеренным. Однако призма после воздействия температуры становилась примерно на 10% короче, чем необработанный образец. Для сравнения, добавление 5 мас.% Н-силоксана привело к степени усадки, составляющей всего лишь 2%.

На фиг. 3-5 показана усадка призм, содержащих разные количества комбинации Н-силоксана и микрокремнезема, в зависимости от времени. Все призмы на фиг. 3 содержали 0,2 мас.% Н-силоксана, за исключением эталонного образца, который не содержал ни Н-силоксана, ни микрокремнезема. Добавление 1 мас.% микрокремнезема продлеvalo фазу расширения призмы по сравнению с призмой, содержащей только 0,2 мас.% Н-силоксана, примерно на 5 мин и немного уменьшало степень усадки. Однако при добавлении 4 мас.% микрокремнезема фаза расширения удлинялась на 10 мин, а степень усадки уменьшалась вдвое. Сочетание влияния небольших количеств Н-силоксана с большими количествами микрокремнезема по всей видимости непропорционально уменьшает степень усадки по сравнению с эффектом, возникающим в результате добавления в призмы 0,2 мас.% Н-силоксана (фиг. 3) с одной стороны и 4 мас.% микрокремнезема (фиг. 2) с другой стороны.

Примерно такое же уменьшение степени усадки можно было достичь с помощью комбинации 1 мас.% Н-силоксана и 2 мас.% микрокремнезема (см. фиг. 4). Однако в общем случае более высокое содержание Н-силоксана приводило к увеличению продолжительности фазы расширения.

На фиг. 5 показано, что усадку гипсовых призм при воздействии температуры можно почти полностью исключить (<1,5%), если объединить 2,5 мас.% Н-силоксана с 1 мас.% микрокремнезема. При добавлении 4 мас.% микрокремнезема степень усадки даже составляла только примерно 0,5%.

Из фиг. 6 становится ясно, что как фазу расширения, так и степень усадки также можно значительно улучшить, если нанести Н-силоксан на одну или обе большие поверхности призмы. Применяемый в настоящем изобретении гипс состоял в основном из натурального гипса (см. выше), который в отсутствие дополнительных добавок уменьшался в объеме более чем на 8%. Для сравнения была изготовлена призма с применением суспензии, содержащей 0,2 мас.% Н-силоксана. Ход кривой примерно соответствовал ходу, описанному применительно к фиг. 1.

Призму, изготовленную из штукатурного гипса, воды и ускорителя схватывания, покрывали Н-силоксаном после сушки в сушильном шкафу. Количество Н-силоксана соответствовало примерно 0,2 мас.% относительно количества дигидрата в призме. На другую призму с обеих сторон наносили Н-силоксан. Нанесенное количество соответствовало примерно 1,1 мас.% относительно количества дигидрата в призме.

Даже одностороннее покрытие с применением относительно небольшого количества Н-силоксана привело к небольшому увеличению продолжительности фазы расширения. Однако призма, покрытая с обеих сторон, показала резкое улучшение как продолжительности фазы расширения, так и степени усадки. Было обнаружено, что нанесение Н-силоксанового покрытия на гипсовые строительные материалы также представляет собой адекватный способ повышения огнестойкости.

На фиг. 7 показана фотография призмы, которая была покрыта с обеих сторон Н-силоксаном и подвергалась воздействию температуры, как описано выше. Усадку материала сердцевинной плиты можно ясно видеть по образованию сильных трещин. Однако зазоры, которые открывают доступ в трещины, становятся все меньше и полностью исчезают в направлении поверхностей с покрытием (вверху и внизу). Под микроскопом можно увидеть, что краевые области призмы имеют только небольшие и короткие трещины и поэтому сохраняется сцепление поверхности, несмотря на очевидно высокие потери материала в сердцевине.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Гипсовый строительный материал, содержащий гипс, Н-силоксан и аморфный диоксид кремния, при этом гипсовый строительный материал получен из по меньшей мере одной суспензии, в которой, по меньшей мере, штукатурный гипс и вода смешаны друг с другом, при этом гипсовый строительный материал содержит аморфный диоксид кремния в количестве по меньшей мере 0,5 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса и не более 20 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса, при этом аморфный диоксид кремния содержит микрокремнезем.

2. Гипсовый строительный материал по п.1, содержащий другие добавки.

3. Гипсовый строительный материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что гипсовый строительный материал содержит Н-силоксан в количестве от 0,01 до 10 мас.% относительно массы использованного штукатурного гипса.

4. Гипсовый строительный материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что гипсовый строительный материал содержит аморфный диоксид кремния в количестве по меньшей мере 0,5 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса и не более 10 мас.% и особенно предпочтительно не более 6 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса.

5. Гипсовый строительный материал по любому из предшествующих пунктов, отличающийся тем, что указанный гипсовый строительный материал содержит от 1 до 2,5 мас.% Н-силоксана и от 1 до 5 мас.% аморфного диоксида кремния.

6. Гипсовая строительная плита, содержащая гипсовый строительный материал по любому из предшествующих пунктов, при этом Н-силоксан гипсового строительного материала равномерно распределен в гипсовой строительной плите и/или нанесен на по меньшей мере одну поверхность гипсовой строительной плиты.

7. Гипсовая строительная плита по п.6, отличающаяся тем, что по меньшей мере одна поверхность гипсовой строительной плиты обработана с помощью Н-силоксана.

8. Гипсовая строительная плита по п.6 или 7, отличающаяся тем, что по меньшей мере две поверхности, предпочтительно верхняя сторона и нижняя сторона гипсовой строительной плиты обработаны с помощью Н-силоксана.

9. Гипсовая строительная плита по п.6, отличающаяся тем, что гипсовая строительная плита имеет по меньшей мере один первый краевой слой и внутренний слой, при этом, по меньшей мере, первый краевой слой содержит Н-силоксан и аморфный диоксид кремния.

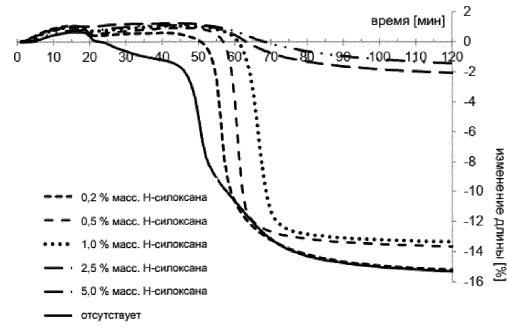
10. Способ изготовления гипсовой строительной плиты, согласно которому получают по меньшей мере одну суспензию, в которой, по меньшей мере, штукатурный гипс и вода смешаны друг с другом, при этом указанную суспензию формируют в виде непрерывной заготовки гипсовой строительной плиты, которую затем разделяют на гипсовые строительные плиты, которые высушивают, характеризующийся тем, что для получения суспензии дополнительно используют Н-силоксан и аморфный диоксид кремния, при этом гипсовая строительная плита содержит аморфный диоксид кремния в количестве по меньшей мере 0,5 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса и не более 20 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса, при этом аморфный диоксид кремния содержит микрокремнезем.

11. Способ по п.10, в котором Н-силоксан наносят на по меньшей мере одну поверхность непрерывной заготовки гипсовой строительной плиты или разделенных гипсовых строительных плит.

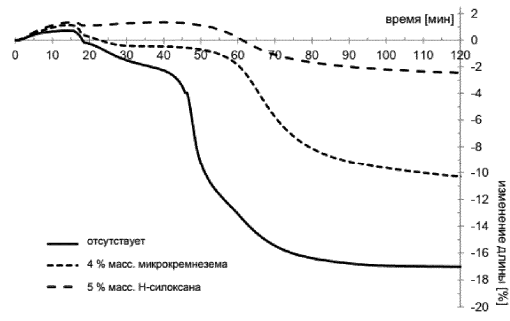
12. Способ по п.10 или 11, отличающийся тем, что получают по меньшей мере одну первую и одну вторую суспензию, при этом первая суспензия содержит Н-силоксан и аморфный диоксид кремния, и при этом первую суспензию используют для формирования по меньшей мере одного краевого слоя гипсовой строительной плиты.

13. Применение Н-силоксана и аморфного диоксида кремния для удлинения фазы расширения гипсового строительного материала под воздействием температуры, при этом гипсовый строительный материал получен из по меньшей мере одной суспензии, в которой, по меньшей мере, штукатурный гипс и вода смешаны друг с другом, при этом гипсовый строительный материал содержит аморфный диоксид кремния в количестве по меньшей мере 0,5 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса и не более 20 мас.% относительно количества использованного штукатурного гипса, при этом аморфный диоксид кремния содержит микрокремнезем.

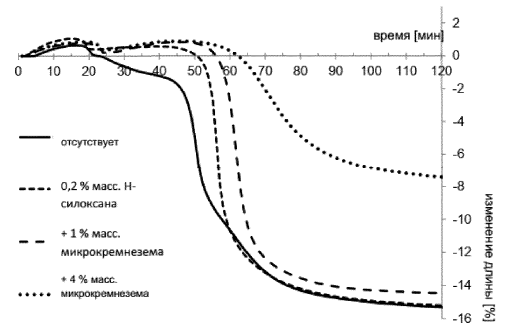




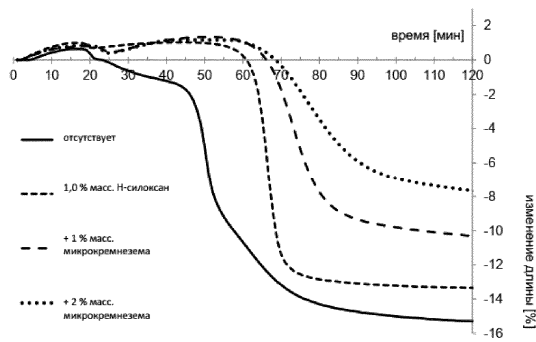
Фиг. 1



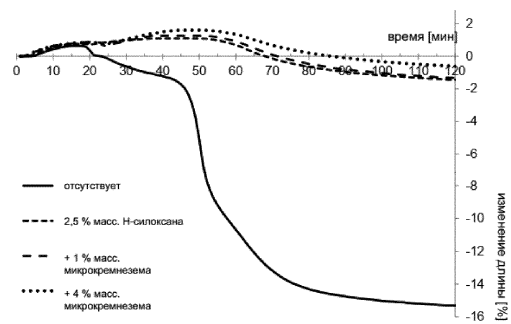
Фиг. 2



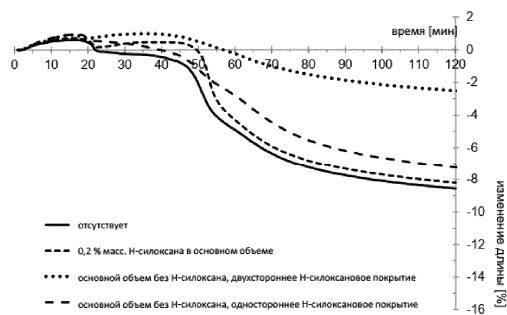
Фиг. 3



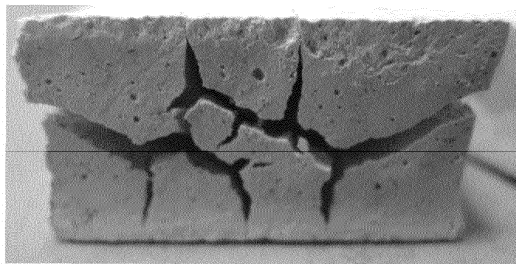
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



5

Фиг. 7

