

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **044949**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2023.10.16**

(51) Int. Cl. **C04B 28/14** (2006.01)  
**C04B 11/00** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**202090376**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.08.04**

---

(54) **УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГИПСОВОГО МАТЕРИАЛА ПОСРЕДСТВОМ СТАРЕНИЯ  
ПРИ ПОВЫШЕННЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И ВЫСОКОМ УРОВНЕ ВЛАЖНОСТИ**

---

(43) **2020.07.31**

(86) **PCT/EP2017/000946**

(87) **WO 2019/024971 2019.02.07**

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

(56) EP-A1-2894135  
US-A-3527447  
DE-C-553519  
EP-A1-1547984  
US-A-2177668  
US-A-4201595

(72) Изобретатель:  
**Дитц Штефан, Хартманн Александер  
(DE), Фрейзер Томас (AU), Байер  
Манфред, Фёртнер Зебастиан,  
Каракусис Стергиос, Парасков  
Георги, Шнайдербангер Райнер (DE)**

(74) Представитель:  
**Веселицкий М.Б., Кузенкова Н.В.,  
Каксис Р.А., Белоусов Ю.В., Куликов  
А.В., Кузнецова Е.В., Соколов Р.А.,  
Кузнецова Т.В. (RU)**

---

(57) В изобретении предложен способ стабилизации гипсового материала, при осуществлении которого берут исходный гипсовый материал, содержащий более 60 мас.% бета-гемигидрата сульфата кальция, полученного путем обжига гипса при температуре по меньшей мере 50°C, к исходному гипсовому материалу добавляют воду для получения увлажненного гипсового материала и увлажненный гипсовый материал выдерживают при температуре от 75 до менее 90°C в течение интервала времени от 30 мин до 24 ч для получения стабилизированного гипсового материала. Также предложен способ производства гипсокартонных листов, при осуществлении которого берут стабилизированный гипсовый материал, полученный вышеуказанным способом, получают суспензию гипсового материала путем добавления воды к стабилизированному гипсовому материалу и формируют суспензию гипсового материала для получения гипсокартонного листа.

---

**044949**  
**B1**

**044949**  
**B1**

Данное изобретение относится к способу стабилизации исходного гипсового материала содержащего более 60 мас.% бета-гемигидрата сульфата кальция, полученного путем обжига гипса. Кроме того, данное изобретение относится к способу производства гипсокартонных листов.

Гипс в своей наиболее стабильной форме, в которой он находится в природных источниках, представляет собой дигидрат сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Для промышленного производства гипс добывают в карьерах, а затем обрабатывают для получения гипсового материала в качестве материала, необходимого, например, при строительстве зданий. Гипс, добываемый из природных источников, обычно имеет чистоту по меньшей мере 80 мас.% дигидрата сульфата кальция (ДГ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) и обычно содержит известняк, глины или другие минералы в качестве примесей. Гипсовые отложения широко распространены по всему земному шару, а на сегодняшний день известно приблизительно 6600 таких мест.

Дополнительным важным источником гипса является десульфуризация дымовых газов (ДДГ). При обработке дымовых газов  $\text{CaCO}_3$  соединения серы, присутствующие в дымовых газах, осаждаются в виде дигидрата сульфата кальция. Такой ДДГ-гипс широко используют в качестве источника гипса при производстве гипсокартонных листов.

Сульфат кальция доступен в различных модификациях, которые отличаются количеством воды, связанной в кристаллической решетке.

После термической обработки вода диссоциирует от дигидрата сульфата кальция с образованием метастабильного гемигидрата сульфата кальция (ГГ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ). После продолжительной термической обработки получают ангидрит III (А-III;  $\text{CaSO}_4$ ), который может обратимо поглощать воду с превращением в гемигидрат. Обратимое поглощение воды приводит к высвобождению значительного количества теплоты реакции. То, образуется ли во время обжига ангидрит III или гемигидрат сульфата кальция, зависит от температуры обжига, давления пара и времени пребывания в условиях обжига. Гипсовый материал представляет собой ряд сульфатов кальция, который состоит в основном из  $\beta$ -гемигидрата, но также содержит меньшее количество других минералов сульфата кальция. Этот термин обычно используют для продукта обжига в котлах без регуляции давления пара.

Ангидрит II (А-II) является полностью дегидратированной формой сульфата кальция. Он образуется при более высоких температурах и плохо растворяется в воде. Из-за своей низкой растворимости и реакционной способности ангидрит II нежелателен при производстве гипсового материала, например, для производства гипсокартона.

Обжиг гипса с целью получения гипсового материала проводят в сухих условиях посредством прямой обработки горячими газами или непрямой в нагреваемом сосуде для обработки. Из уровня техники известны различные способы и процессы обжига. В последнее время вследствие низких капитальных затрат и компактной структуры все более распространенными становятся печи для быстрого обжига. Как видно из названия, время выдержки гипса в этих агрегатах очень короткое, обычно в диапазоне нескольких секунд. Гипсовый материал, полученный этим способом, очень реакционноспособен и характеризуется коротким временем схватывания и высокой потребностью в воде при смешивании с водой. Способы обжига, в которых используется не прямой нагрев, например, в котельном процессе, являются более щадящими из-за намного большего времени выдержки. Полученный гипсовый материал является менее реакционноспособным.

Таким образом, условия, применяемые при обжиге, оказывают сильное влияние на природу гипсового материала. В частности, на количество воды, необходимое для дополнительной обработки гипса, на удерживаемость гипсовой суспензии и поведение при схватывании влияют условия, применяемые во время обжига.

При обжиге размер и форма частиц дигидрата сульфата кальция по существу сохраняются. Однако, поскольку молекулы воды диффундируют из кристаллической решетки, а физически связанная вода десорбируется с поверхности частиц сульфата кальция, в частицах образуются трещины, и частицы становятся пористыми и хрупкими. Кроме того, в частности во время быстрого обжига, условия по всему объему частиц дигидрата кальция являются неоднородными вследствие короткого времени обработки в печи для быстрого обжига. Тогда как в областях на внешней поверхности частиц минерала сульфата кальция вода может быстро диффундировать и покинуть частицу, во внутренних областях объема мобилизация связанных молекул воды займет больше времени. Следовательно, после обжига частицы гипсового материала могут иметь неоднородный состав и могут содержать, например, ангидрит III в областях оболочки частицы, помимо гемигидрата сульфата кальция в ее центральных областях. Процесс обжига обычно регулируют так, чтобы исходный продукт более не содержал дигидрат. Дигидрат может действовать как центр кристаллизации и, следовательно, приводить к очень короткому времени схватывания при обработке гемигидрата после добавления воды.

Гипс используют в разнообразных применениях, например, в производстве гипсокартонных листов, гипсокартонных плит, стеной штукатурки, в качестве стяжки для пола, для моделирования, если называть лишь некоторые. Для всех этих применений необходимы конкретные эксплуатационные свойства гипсового материала. Например, при производстве гипсокартонных листов важно короткое время схватывания, чтобы иметь возможность быстро обрабатывать листовое полотно после нанесения суспензии

гипсового материала на подложку, в особенности, чтобы разрезать листовое полотно на отдельные листы. При использовании для стяжки полов необходима хорошая текучесть гипсовой суспензии с одновременным низким водопотреблением, чтобы получить пол с гладкой поверхностью и высокой прочностью. При использовании в штукатурных целях должна быть возможность легкого замедления схватывания гипсового материала, чтобы можно было скорректировать определенное рабочее время.

Для схватывания гипсовый материал смешивают с водой для получения суспензии. Гипсовый материал растворяют в водной фазе с образованием перенасыщенного в отношении дигидрата раствора сульфата кальция. Поскольку растворимость дигидрата ниже, чем растворимость гемигидрата, 2,7 г/л по сравнению с 8 г/л, происходит быстрое образование зародышей кристаллизации и осаждение дигидрата сульфата кальция из насыщенного раствора. Соответственно, во время схватывания происходит перекристаллизация сульфата кальция и его затвердевание в этом процессе. Дигидрат кристаллизуется в виде иголок, которые образуют пористую, но стабильную структуру. После схватывания избыток воды, содержащейся в суспензии, остается в порах затвердевшего гипса, и его необходимо удалять. Например, для сушки гипсокартонных листов необходимо тепло для испарения избытка воды, а для обеспечения необходимого тепла требуется соответствующее количество топлива. Соответственно, для экономии затрат и сокращения времени обработки желательно использовать минимальное количество воды, необходимое для процесса.

Чтобы уменьшить количество воды, необходимое для процесса схватывания, гипсовый материал стабилизируют после обжига путем добавления небольшого количества воды. Этот процесс также известен как "принудительное старение" гипса и используется повсеместно. Ангидрит III, содержащийся в гипсовом материале после обжига, превращается в гемигидрат сульфата кальция. Во время старения происходит исправление кристаллических дефектов и агломерация мелких частиц. Удельная площадь поверхности гипсового материала снижается, тем самым уменьшая потребность в воде при образовании суспензии. Это "принудительное старение" выполняют в смесителе, в котором на гипсовый материал воздействуют водой в жидкой или парообразной форме. После старения стабилизированный гипсовый материал можно дополнительно обрабатывать путем добавления воды для получения суспензии.

В частности, во время быстрого обжига частицы гипса испытывают напряжение и становятся довольно нестабильными вследствие образования трещин в частицах гипса. При применении воды частицы гипсового материала распадаются с образованием огромного количества очень мелких частиц, тем самым увеличивая потребность гипсового материала в воде, т.е. количество воды, необходимое для получения гипсовой суспензии. Это также влияет на реологию суспензии сульфата кальция. Текучесть суспензии при заданном количестве воды, содержащейся в суспензии, снижается. Следовательно, для обработки суспензии требуется большое количество гиперстехиометрической воды, которую после схватывания необходимо снова удалять сушкой.

Во время старения размер частиц гемигидрата сульфата кальция увеличивается за счет агломерации, тогда как площадь поверхности уменьшается, и происходит исправление кристаллических дефектов. Как следствие, растворение частиц гемигидрата сульфата кальция в суспензии замедляется, тем самым увеличивая время схватывания. При производстве гипсокартонных листов этот эффект является нежелательным. Для достижения высокой производительности схватывание гипса необходимо осуществлять быстро и регулируемым, воспроизводимым образом. Это обеспечивает хорошую адгезию верхнего слоя и позволяет получать гипсокартонные листы постоянного качества. Колебания свойств гипсового материала негативно влияют на стабильность производства гипсокартона, поскольку они приводят к колебаниям времени схватывания.

Для безопасной регуляции процесса или для корректировки производительности затвердевшего гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) можно использовать химические добавки. Для ускорения процесса схватывания можно добавлять частицы измельченного гипса ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), которые действуют как затравочные кристаллы. Сульфаты калия и алюминия можно добавлять в качестве химических ускорителей. Хелатообразующие агенты можно добавлять для замедления процесса гидратации. Такие хелатообразующие агенты препятствуют химической активности ионов кальция. Типичными замедлителями являются лимонная кислота, винная кислота или поликонденсированные аминокислоты. Такие замедлители коммерчески доступны на рынке и продаются, например, под торговыми марками PPE® или Retardan® (Sika AG, Baar, CH). Однако эти химические вещества приводят к дополнительным расходам и могут влиять, например, на коррозию оборудования.

Старение гипсового материала после обжига используют уже достаточно давно. Осуществляют постоянные усовершенствования, чтобы дополнительно уменьшить потребность в воде и улучшить обрабатываемость гипсового материала.

В патенте США 2177668 описан процесс быстрого и искусственного старения гипсового материала. Воду применяют в виде пара, переносимого подходящим газом, воздействию которого подвергают гипсовый материал. Во время этого процесса гипсовый материал перемешивают так, чтобы он подвергался воздействию газа, несущего доступную влагу, а влага поглощалась гипсом и химически соединялась с каждой частицей гипсового материала. Для обработки газ можно поддерживать при температуре около 40°C. Воздействие на гипсовый материал проводят в смесителе при достаточно быстром перемешивании.

Во время обработки температура повышается от около 12°C до около 70°C в течение 10 мин. Общее время обработки составляет около 1 ч и 15 мин.

В патенте США 4153373 описан способ получения гипсового материала, который характеризуется низкой потребностью в воде. Гипсовый материал подают в смеситель, при этом гипсовый материал поступает в контейнер смесителя вблизи его верхней части. Воду добавляют в гипсовый материал сразу после того, как он попадает в контейнер смесителя, причем указанную воду вводят в гипсовый материал в виде свободно падающего непрерывного потока воды, который непосредственно не контактирует с боковой стенкой контейнера или вращающимся пропеллером, расположенным на дне указанного контейнера. Влажный гипсовый материал соскальзывает вниз и по боковой стенке контейнера смесителя, затем проходит вокруг вращающегося пропеллера, чтобы затем выйти из смесителя через выпускное отверстие, расположенное в боковой стенке контейнера.

В WO 2008/074137 описан способ обработки бета-гемигидрата сульфата кальция, в котором бета-гемигидрат сульфата кальция подвергают воздействию пара при давлении выше атмосферного давления. Потребность в воде бета-гемигидрата сульфата кальция может быть снижена до 40%. Снижение потребности в воде можно увеличить за счет повышения температуры и давления пара. Начальная температура гипсового материала составляет от 60 до 200°C, а время пребывания гипсового материала в атмосфере пара составляет от 5 до 900 с.

Гипсовое сырье, используемое в производстве гипсового материала, содержит примеси в диапазоне приблизительно до 20 мас.%, такие как, например, известняк, глина и другие минералы. Это приводит к отклонениям в качестве гипсового материала и получаемой из него суспензии. Дополнительно, гипсовый материал должен отвечать двум важным следующим требованиям.

1. Гипсовый материал должен характеризоваться низкой потребностью в воде для получения суспензии, чтобы минимизировать энергию, необходимую для сушки, например, гипсокартонного листа, после схватывания;

2. Гипсовый материал должен обладать достаточной реакционной способностью, чтобы обеспечить короткое время схватывания при производстве, например, гипсокартонных листов.

Оба требования в основном противоречат друг другу, поскольку для низкой потребности в воде необходимы стабильные частицы гипса, имеющие небольшую удельную площадь поверхности и низкую предрасположенность к разрушению зерен. Однако такой гипсовый материал обладает более низкой активностью и, следовательно, схватывание суспензии происходит медленно. Для гипсового материала, характеризующейся низкой потребностью в воде, во время принудительного старения необходима высокая скорость исправления дефектов, тогда как для гипсового материала с высокой реакционной способностью преимущественным является меньший размер частиц с высокой удельной площадью поверхности, а скорость исправления дефектов можно поддерживать низкой.

Задача, которую решает заявляемое изобретение, заключается в создании способа стабилизации гипсового материала, который позволяет регулировать активность стабилизированного гипсового материала для дополнительной обработки так, чтобы при необходимости можно было регулировать время схватывания. В частности, должна быть возможность регулировать время схватывания до короткого времени схватывания, что необходимо, например, при производстве гипсокартона, причем полученный стабилизированный гипсовый материал в то же время характеризуется низкой потребностью в воде. Указанный способ должен позволять регулировать качество стабилизированного гипсового материала надежным и воспроизводимым образом, и при этом существует возможность компенсировать отклонения, например, в качестве гипса, используемого в качестве сырья для обжига.

Эта задача решается с помощью способа, определенного в п.1 формулы изобретения. Предпочтительные варианты реализации определены в зависимых пунктах формулы изобретения.

Авторы изобретения обнаружили, что посредством поддержания исходного гипсового материала после добавления небольшого количества воды в течение продолжительного времени при повышенной температуре можно получить стабилизированный гипсовый материал. Реакционная способность стабилизированного гипсового материала является достаточной для использования, например, в производстве гипсокартонных листов. В то же время потребность в воде стабилизированного гипсового материала является очень низкой.

В соответствии с изобретением предложен способ стабилизации исходного гипсового материала, в котором

берут исходный гипсовый материал, содержащий более 60 мас.% бета-гемигидрата сульфата кальция, полученного путем обжига гипса, при температуре по меньшей мере 50°C;

к исходному гипсовому материалу добавляют воду для получения увлажненного гипсового материала и

увлажненный гипсовый материал выдерживают при температуре от 75°C до менее 90°C в течение интервала времени от 30 мин до 24 ч для получения стабилизированного гипсового материала.

Как указано выше, под исходным гипсовым материалом подразумевается материал сульфата кальция, состоящий в основном, т.е. на более чем из 60 мас.%, из  $\beta$ -гемигидрата, полученного путем обжига

гипса в соответствии со способами, известными в данной области техники. Гипс, используемый для обжига, в соответствии с вариантом реализации может представлять собой гипс, добываемый из карьера, или ДДГ-гипс.

Исходный гипсовый материал содержит гемигидрат сульфата кальция в качестве основного компонента, помимо меньших количеств других фаз гипса, таких как ангидрит III, и примесей, например, минералов, и его получают путем обжига гипса. Материал характеризуется высокой потребностью в воде и высокой активностью вследствие большой площади поверхности частиц гипсового материала. Для осуществления способа можно брать гипсовый материал, имеющий высокую температуру за счет тепла, все еще присутствующего в материале после обработки обжигом.

При этом исходный гипсовый материал также можно охлаждать перед дополнительной обработкой, например, когда исходный гипсовый материал хранят некоторое время перед дополнительной обработкой. Предпочтительно обрабатывать исходный гипсовый материал сразу после обжига, т.е. когда он еще горячий.

В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при температуре менее 100°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - при температуре менее 99°C, в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - при температуре менее 90°C, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - при температуре менее 80°C. Чтобы скорректировать температуру, исходный гипсовый материал можно охлаждать. Охлаждение можно проводить в подходящем охлаждающем оборудовании, в котором исходный гипсовый материал, в соответствии с вариантом реализации, перемешивают для облегчения отвода тепла. Однако охлаждение исходного гипсового материала до необходимой температуры также можно обеспечивать за счет простого периода покоя, когда тепло, содержащееся в исходном гипсовом материале, выделяется в окружающую среду.

В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при температуре по меньшей мере 40°C, в соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при температуре по меньшей мере 50°C, в соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при температуре по меньшей мере 60°C и в соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при температуре по меньшей мере 65°C.

Под увлажненным гипсовым материалом подразумевается исходный гипсовый материал, в который была добавлена вода так, чтобы началась стабилизация гипсового материала. Следовательно, увлажненный гипсовый материал имеет более высокое содержание воды, чем исходный гипсовый материал. Вода присутствует не только в форме, связанной в кристаллической структуре координационными связями (вода кристаллизации), но также присутствует в адсорбированной форме. Адсорбированную воду можно удалять из увлажненного гипсового материала путем умеренного нагревания (например, от около 100 до 110°C). В увлажненном гипсовом материале могли уже происходить процессы стабилизации, например процессы перекристаллизации или агломерации более мелких частиц с получением более крупных частиц, что снижает удельную площадь поверхности гипсового материала. Потребность в воде увлажненного гипсового материала ниже, чем в случае исходного гипсового материала, получаемого непосредственно после обжига, вследствие инициации процессов исправления дефектов в кристаллической решетке, происходящих непосредственно после добавления воды.

Благодаря поглощению воды ангидрит III, содержащийся в исходном гипсовом материале, быстро превращается в гемигидрат сульфата кальция. Следовательно, увлажненный гипсовый материал содержит меньшее количество ангидрита III, чем исходный гипсовый материал непосредственно после обжига, и в соответствии с вариантом реализации вообще не содержит ангидрит III.

Под потребностью в воде подразумевается минимальное количество воды, которое необходимо добавить к исходному гипсовому материалу для получения определенной текучести.

Потребность в воде можно определить путем получения суспензии гипсового материала в воде и определения значения растекаемости суспензии, когда суспензию выливают на плоскую поверхность. Способ определения значения растекаемости объяснен ниже в примерах.

Под стабилизированным гипсовым материалом подразумевается гипсовый материал, полученный из увлажненного гипсового материала, который был обработан заявляемым способом и имеет активность ниже, чем исходный гипсовый материал и увлажненный гипсовый материал. Стабилизированный гипсовый материал имеет по меньшей мере одну из следующих характеристик: меньшую удельную площадь поверхности по определению методом БЭТ, больший размер частиц вследствие агломерации, более низкую потребность в воде и/или более длительное время схватывания, чем в случае исходного гипсового материала и увлажненного гипсового материала.

Активность гипсового материала можно определить путем определения времени схватывания суспензии гипсового материала. В соответствии с вариантом реализации стабилизированный гипсовый материал имеет удельную площадь поверхности, определенную методом БЭТ, от 2,5 до 5,0 м<sup>2</sup>/г. Метод БЭТ для определения удельной поверхности описан в примерах.

В соответствии с вариантом реализации после обработки исходного гипсового материала способом в соответствии с изобретением удельная площадь поверхности по БЭТ стабилизированного гипсового

материала является по меньшей мере на 5% меньшей, чем удельная площадь поверхности по БЭТ исходного гипсового материала. В соответствии с дополнительным вариантом реализации удельная площадь поверхности по БЭТ стабилизированного гипсового материала является по меньшей мере на 8%, а в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации является по меньшей мере на 10% меньшей, чем удельная площадь поверхности по БЭТ исходного гипсового материала. В соответствии с вариантом реализации удельная площадь поверхности по БЭТ стабилизированного гипсового материала является не более чем на 50% меньшей, в соответствии с вариантом реализации - не более чем на 40% меньшей, чем удельная площадь поверхности по БЭТ исходного гипсового материала.

В соответствии с вариантом реализации стабилизированный гипсовый материал имеет значение растекаемости, определенное способом, описанным в примерах, от 300 до 400 мм, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - от 320 до 390 мм.

В способе по изобретению в соответствии с вариантом реализации можно получать исходный гипсовый материал, имеющий низкую температуру, например, при комнатной температуре. Для осуществления способа по изобретению исходный гипсовый материал затем нагревают до выбранной температуры, составляющей по меньшей мере 30°C.

Исходный гипсовый материал, полученный непосредственно после обжига и используемый в качестве исходного материала в способе по изобретению, содержит гемигидрат сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) в качестве основного компонента. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит по меньшей мере 60 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере 80 мас.% и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере 85 мас.% гемигидрата сульфата кальция. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит менее 100 мас.% гемигидрата сульфата кальция. В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит менее 98 мас.%, в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 95 мас.% гемигидрата сульфата кальция.

Помимо гемигидрата сульфата кальция исходный гипсовый материал также может содержать ангидрит III сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4$ ) в меньших количествах. Количество ангидрита III зависит от условий, применяемых при обжиге гипса. По экономическим причинам количество ангидрита III, содержащегося в исходном гипсовом материале, стараются поддерживать на низком уровне, чтобы минимизировать потребление энергии при обжиге. Однако из-за неоднородности в составе гипса, используемого для обжига, а также из-за неоднородностей в условиях реакции, которым подвергаются конкретные частицы гипса во время обжига, исходный гипсовый материал также может содержать ангидрит III.

В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит более 0 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - более 0,5 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - более 3 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит более 5 мас.% ангидрита III и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации содержит более 8 мас.% ангидрита III. По сути, способ по данному изобретению можно осуществлять с использованием исходного гипсового материала, который содержит ангидрит III в качестве основного компонента, поскольку ангидрит III превращается в гемигидрат сульфата кальция в ходе заявляемого способа. Однако по экономическим причинам количество ангидрита III предпочтительно поддерживают как можно более низким. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит менее 100 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 50 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 40 мас.% ангидрита III, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 30 мас.% ангидрита III и в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 20 мас.% ангидрита III.

Исходный гипсовый материал в соответствии с вариантом реализации может содержать небольшие количества дигидрата сульфата кальция ( $\text{CaSCo}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). Однако, поскольку дигидрат сульфата кальция сильно влияет на время схватывания гипсового материала, количество дигидрата сульфата кальция, содержащегося в исходном гипсовом материале, обычно поддерживают низким. Кроме того, чтобы избежать схватывания исходного гипсового материала при осуществлении способа в соответствии с данным изобретением, количество дигидрата сульфата кальция, содержащегося в исходном гипсовом материале, предпочтительно поддерживают низким. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит менее 5 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 2 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит менее 1 мас.% и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации содержит менее 0,5 мас.% дигидрата сульфата кальция. В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал вообще не содержит дигидрат сульфата кальция.

Процентное содержание гемигидрата сульфата кальция, ангидрита III и дигидрата сульфата кальция относится к общему количеству гемигидрата сульфата кальция, ангидрита III и дигидрата сульфата кальция, содержащемуся в гипсовом материале.

Количества гемигидрата сульфата кальция, ангидрита III сульфата кальция, дигидрата сульфата кальция и ангидрита II сульфата кальция можно определять подходящими способами, известными в данной области техники. Подходящий способ описан в примерах. В альтернативном варианте для анализа можно использовать рентгеновскую дифракцию. Предпочтительно для определения используют способ, описанный в примерах.

Кроме дигидрата сульфата кальция и ангидрита III исходный гипсовый материал может содержать примеси, а также наполнители. Происхождение примесей связано с гипсом, используемым для обжига. Под примесью подразумевается каждое соединение в гипсе, которое не может преобразовываться в гемигидрат сульфата кальция или ангидрит III во время обжига. Типовыми примесями являются песок, глина, известняк, сульфат магния, доломит и т.д. Ангидрит II, т.е. ангидрит природного происхождения, также может содержаться в исходном гипсовом материале как примесь. Наполнители представляют собой материалы, которые добавляют в гипс до или после обжига для корректировки характеристик исходного или стабилизированного гипсового материала. Типичными наполнителями являются известняк, глины и природный ангидрит.

Примеси, а также наполнители, в соответствии с вариантом реализации, содержатся в исходном гипсовом материале в общем количестве менее 50 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в количестве менее 40 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в количестве менее 30 мас.%, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - в количестве менее 20 мас.%. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал вообще не содержит примеси или наполнители. В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит более 1 мас.% примесей/наполнителей, а в соответствии с дополнительным вариантом реализации содержит более 5 мас.% примесей/наполнителей.

Указанные выше процентные значения относятся к образцу исходного гипсового материала, который был высушен при повышенной температуре до достижения постоянной массы. В соответствии с вариантом реализации повышенную температуру выбирают так, чтобы она составляла по меньшей мере 40°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере 60°C, и в соответствии с вариантом реализации выбирают температуру менее 100°C. В соответствии с вариантом реализации образец сушат при 100°C до достижения постоянной массы. В соответствии с вариантом реализации образец сушат в сушильном шкафу. После сушки образец охлаждают в десикаторе. Во время взвешивания избегают доступа влаги.

В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал содержит воду в количестве менее 9 мас.%, в соответствии с вариантом реализации содержит воду в количестве менее 6 мас.%. Процентные значения соответствуют параметру "потери при прокаливании" (ППП). Количество воды, содержащейся в исходном гипсовом материале, в основном соответствует воде, связанной в виде гемигидрата сульфата кальция.

Исходный гипсовый материал в соответствии с вариантом реализации имеет размер частиц ( $D_{98}$ ) менее 5 мм, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее 3 мм, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 1 мм.

В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал имеет размер частиц ( $D_{80}$ ) менее 1 мм, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее 500 мкм, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 200 мкм. В соответствии с вариантом реализации размер частиц ( $D_{80}$ ) составляет по меньшей мере 50 мкм.

В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал имеет размер частиц ( $D_{50}$ ) менее 200 мкм, в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 100 мкм. В соответствии с вариантом реализации размер частиц ( $D_{50}$ ) составляет по меньшей мере 5 мкм.

Размер частиц " $D_{80}$ " означает, что по меньшей мере 80 мас.% материала имеет размер частиц меньше, чем конкретный размер " $D$ ". Соответственно, размер частиц " $D_{50}$ " означает, что по меньшей мере 50 мас.% материала имеет размер частиц меньше, чем конкретный размер " $D$ ", а размер частиц " $D_{98}$ " означает, что 98 мас.% материала имеет размер частиц меньше, чем конкретный размер " $D$ ". Размер частиц " $D_x$ " определяют способами, известными в данной области техники. Для частиц размером более 32 мкм распределение частиц по размерам можно определять путем просеивания образца через сито с конкретным размером ячеек, а затем взвешивания количества материала, прошедшего через сито, и количества материала, оставшегося в сите. Предпочтительно, распределение частиц по размерам определяют с помощью лазерной дифракции, которая также работает в случае частиц меньшего размера.

Обжиг можно проводить прямыми или непрямыми способами, известными в данной области техники, используя известное оборудование. Обжиг можно проводить посредством периодического обжига или посредством непрерывного обжига. В частности, обжиг можно проводить посредством быстрого обжига.

Температура, применяемая во время обжига, зависит от способа и оборудования, используемого для обжига. В то время как обжиг, проводимый в котлах, можно проводить при более низких температурах,

например, при температурах в диапазоне от 120°C до 160°C, для быстрого обжига необходимы более высокие температуры вследствие меньшего времени контакта между частицами гипса и горячими газами, используемыми для обжига. Температуру для быстрого обжига обычно выбирают равной 200°C. Температура относится к температуре горячего газа на входе в агрегат для обжига. Условия обжига выбирают так, чтобы получить исходный гипсовый материал, описанный выше.

Затем исходный гипсовый материал приводят в контакт с небольшим количеством воды для получения увлажненного гипсового материала.

В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал подают в смеситель и перемешивают с добавлением воды, чтобы получить увлажненный гипсовый материал.

Воду можно добавлять в жидкой форме, при этом воду в соответствии с вариантом реализации распыляют на исходный гипсовый материал.

В соответствии с другим вариантом реализации воду добавляют в исходный гипсовый материал в парообразной фазе. В соответствии с вариантом реализации пар имеет температуру по меньшей мере 100°C, в соответствии с вариантом реализации имеет температуру по меньшей мере 110°C и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации имеет температуру менее 150°C. В соответствии с дополнительным вариантом реализации пар имеет температуру менее 200°C. В соответствии с вариантом реализации пар и исходный гипсовый материал приводят в контакт при атмосферном давлении. В смесителе могут быть предусмотрены подходящие форсунки для внесения пара или жидкой воды в смеситель.

В соответствии с вариантом реализации воду добавляют в жидкой и парообразной форме. При добавлении воды как в жидкой, так и в парообразной форме температуру увлажненного гипсового материала можно регулировать и избегать чрезмерного смачивания увлажненного гипсового материала.

Во время смешивания температуру исходного гипсового материала/увлажненного гипсового материала доводят, в соответствии с вариантом реализации, по меньшей мере до 30°C, в соответствии с вариантом реализации - по меньшей мере до 40°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации доводят по меньшей мере до 50°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации доводят по меньшей мере до 60°C, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации доводят до температуры по меньшей мере 65°C. В соответствии с дополнительным вариантом реализации температуру исходного гипсового материала доводят во время смешивания до менее чем 100°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее чем 99°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее чем 90°C, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 80°C.

В соответствии с вариантом реализации во время смешивания в соответствующем нагревательном/охлаждающем устройстве не проводят активное охлаждение/нагревание. Температуру во время смешивания можно регулировать путем регулирования температуры исходного гипсового материала, добавляемого в смеситель, и количества добавляемой воды. Часть воды может испаряться, тем самым охлаждая исходный гипсовый материал.

Смешивание исходного гипсового материала и воды можно выполнять периодически или непрерывно. В непрерывно работающем смесителе исходный гипсовый материал и воду непрерывно подают в смеситель, а увлажненный гипсовый материал непрерывно выгружают из смесителя.

В соответствии с вариантом реализации смешивание проводят до тех пор, пока не будет получена однородная смесь воды и исходного гипсового материала и по сути будут отсутствовать колебания влажности по всему объему увлажненного гипсового материала. Однако в соответствии с дополнительным вариантом реализации достаточно перемешивать воду и исходный гипсовый материал в течение очень короткого периода времени перед дополнительной обработкой.

Время смешивания можно выбирать очень коротким, например, в диапазоне нескольких секунд. Однако подходят также более длительные времена смешивания. В соответствии с вариантом реализации смешивание проводят в течение по меньшей мере 1 с, в соответствии с вариантом реализации - в течение по меньшей мере 2 с. Продолжительность процедуры смешивания зависит от количества обработанного исходного гипсового материала и типа используемого смесителя.

В соответствии с вариантом реализации используют смеситель непрерывного действия. Тогда время смешивания соответствует времени пребывания частицы гипсового материала во время прохождения смесителя. Подходящие смесители известны в данной области техники. В непрерывном смесителе такого типа время смешивания в соответствии с вариантом реализации составляет менее 1 мин, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее 30 с.

В соответствии с другим вариантом реализации используют смеситель периодического действия, в котором, в соответствии с вариантом реализации, время смешивания исходного гипсового материала и воды выбирают так, чтобы оно составляло менее 5 мин, в соответствии с вариантом реализации составляло менее 2 мин.

Однако, в зависимости от количества обработанного гипсового материала, также возможны более длительные времена смешивания.

После добавления воды и необязательного смешивания получают увлажненный гипсовый материал.

Увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре, составляющей по меньшей мере 30°C, в течение промежутка времени, составляющего по меньшей мере 30 мин, чтобы получить стабилизированный гипсовый материал.

В соответствии с вариантом реализации увлажненный гипсовый материал переносят в контейнер для хранения.

В соответствии с вариантом реализации увлажненный гипсовый материал получают путем смешивания воды и исходного гипсового материала в смесителе, а затем увлажненный гипсовый материал переносят в контейнер для хранения.

В соответствии с другим вариантом реализации исходный гипсовый материал и воду напрямую подают в емкость для хранения без пропускания через смеситель. Смешивание воды и исходного гипсового материала происходит в контейнере для хранения.

В соответствии с вариантом реализации контейнер для хранения оборудован перемешивающим устройством для перемешивания увлажненного гипсового материала при выдерживании увлажненного гипсового материала при выбранной температуре.

Однако предпочтительно не перемешивать увлажненный гипсовый материал при поддержании при выбранной температуре.

Пока увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре, происходят процессы исправления и устранения кристаллических дефектов, например трещин в частицах гипсового материала. Удельная площадь поверхности увлажненного гипсового материала уменьшается, а частицы увлажненного гипсового материала становятся физически и/или химически более стабильными. Удельную площадь поверхности можно измерять в соответствии с методом БЭТ.

Не ограничиваясь теорией, предполагается, что в трещинах образуются новые маленькие кристаллы гемигидрата сульфата кальция, которые частично или полностью заполняют эти трещины, тем самым уменьшая площадь поверхности частицы.

Температуру регулируют по меньшей мере до 30°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации регулируют по меньшей мере до 40°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации регулируют по меньшей мере до 50°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации регулируют по меньшей мере до 60°C и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации регулируют по меньшей мере до 65°C. В соответствии с дополнительным вариантом реализации температуру доводят до менее чем 100°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - до температуры менее чем 99°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - до температуры менее чем 90°C, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - до температуры менее 80°C.

В соответствии с вариантом реализации температуру регулируют, регулируя температуру исходного гипсового материала и/или увлажненного гипсового материала перед тем, как увлажненный гипсовый материал вносят в контейнер для хранения.

Чтобы отрегулировать температуру, исходный гипсовый материал, в соответствии с вариантом реализации, можно охлаждать. Охлаждение можно проводить в подходящем охлаждающем оборудовании, в котором исходный гипсовый материал, в соответствии с вариантом реализации, перемешивают для облегчения отвода тепла. Однако охлаждение исходного гипсового материала до необходимой температуры также можно обеспечивать за счет простого периода покоя, когда тепло, содержащееся в исходном гипсовом материале, выделяется в окружающую среду. Как объяснено выше, температуру увлажненного гипсового материала можно регулировать, регулируя скорость воды, добавляемой в исходный гипсовый материал, и наоборот.

Чтобы поддерживать температуру на выбранном уровне, контейнер для хранения, в соответствии с вариантом реализации, имеет изоляцию, чтобы избежать потерь тепла. Такую изоляцию можно обеспечить, окружив контейнер для хранения изоляционным материалом.

В соответствии с вариантом реализации контейнер для хранения может быть оборудован нагревательным устройством для нагревания увлажненного гипсового материала для поддержания увлажненного гипсового материала при выбранной температуре.

Пока увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре, температура может немного снижаться вследствие потерь тепла. Потери тепла, в соответствии с одним вариантом реализации, можно компенсировать нагреванием или, в соответствии с другим вариантом реализации, потери температуры можно компенсировать, выбирая, соответственно, более высокую температуру увлажненного гипсового материала сразу после начала процесса стабилизации.

Увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре в течение по меньшей мере 30 мин. В соответствии с дополнительным вариантом реализации увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре в течение по меньшей мере 45 мин. В соответствии с вариантом реализации увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре в

течение по меньшей мере 1 ч, а в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре в течение по меньшей мере 2 ч.

Неожиданно было обнаружено, что благодаря более длительному времени хранения при выбранной температуре получают стабилизированный гипсовый материал, которая характеризуется низкой потребностью в воде и в то же время обладает достаточной активностью для обеспечения короткого времени схватывания, что необходимо, например, при производстве гипсокартонных листов.

В соответствии с дополнительным вариантом реализации увлажненный гипсовый материал выдерживают при выбранной температуре в течение менее 48 ч, в соответствии с другим вариантом реализации - в течение менее 24 ч, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в течение менее 20 ч, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в течение менее 15 ч, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - в течение менее 10 ч. Увлажненный гипсовый материал можно выдерживать при выбранной температуре более 24 ч. Однако обычно дополнительный эффект стабилизации не наблюдается.

Исправление дефектов в увлажненном гипсовом материале прогрессирует с продолжительностью термической обработки, а активность стабилизированного гипсового материала уменьшается, т.е. время схватывания стабилизированного гипсового материала после добавления воды увеличивается. Относительное усиление эффекта стабилизации снижается со временем и достигает граничного значения, соответствующего максимальной стабилизации увлажненного гипсового материала.

Процесс поддержания увлажненного гипсового материала при выбранной температуре, следовательно, прекращают, когда гипсовый материал имеет активность, необходимую для конкретного применения, например, для производства гипсокартонных листов или как строительный раствор.

Пока увлажненный гипсовый материал поддерживают при выбранной температуре для стабилизации, испарение влаги в окружающую среду необходимо поддерживать низким, чтобы обеспечить прогрессирование процессов исправления дефектов. В соответствии с вариантом реализации контейнер для хранения является воздухонепроницаемым контейнером так, чтобы влага, содержащаяся в увлажненном гипсовом материале, оставалась в контейнере для хранения.

Хотя увлажненный гипсовый материал выдерживают при выбранной температуре для стабилизации, следует избегать преобразования гемигидрата сульфата кальция в дигидрат сульфата кальция. Следует избегать перенасыщения атмосферы внутри контейнера водой вследствие конденсации жидкой воды, способствующей схватыванию частей хранимого гемигидрата. Жидкая вода также может вызывать коррозию контейнера и другого оборудования. Следовательно, относительную влажность при выдерживании увлажненного гипсового материала при выбранной температуре для стабилизации выбирают, в соответствии с вариантом реализации, ниже 100%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - ниже 90%. В соответствии с дополнительным вариантом реализации относительную влажность внутри контейнера для хранения выбирают выше 50%.

Стабильность и реакционную способность стабилизированного гипсового материала можно регулировать, в соответствии с вариантом реализации, корректируя температуру и/или продолжительность термообработки.

Когда время обработки при поддержании увлажненного гипсового материала при выбранной температуре является коротким, например, близким к 30 минам, получают стабилизированный гипсовый материал с более высокой активностью и более коротким временем схватывания, содержащий большее количество мелких частиц гемигидрата сульфата кальция. Такой стабилизированный гипсовый материал может использоваться, например, при производстве гипсокартонных листов. Соответственно, при больших временах обработки получают стабилизированный гипсовый материал с большим временем схватывания.

Активность стабилизированного гипсового материала можно дополнительно регулировать, регулируя выбранную температуру, при которой поддерживают увлажненный гипсовый материал. Как правило, более высокая температура приводит к снижению активности стабилизированного гипсового материала и наоборот.

Преимуществом заявляемого способа является возможность регулировать активность стабилизированного гипсового материала до определенного уровня, регулируя температуру и корректируя продолжительность обработки увлажненного гипсового материала. Следовательно, отклонения в качестве гипсового сырья, используемого для обжига, можно легко компенсировать, что является важным преимуществом, например, при непрерывном производстве гипсокартона.

В соответствии с вариантом реализации определяют активность стабилизированного гипсового материала. Подходящий способ определения описан в примерах. Время схватывания и регидратации можно использовать для оценки активности стабилизированного гипсового материала.

Количество воды, добавляемое в исходный гипсовый материал, выбирают так, чтобы достаточное количество воды было доступно для инициации исправления дефектов частиц гипсового материала. Однако количество воды также выбирают так, чтобы избежать реакции гемигидрата сульфата кальция и воды с получением дигидрата сульфата кальция.

В соответствии с вариантом реализации количество воды, добавляемой к исходному гипсовому материалу, выбирают так, чтобы количество свободной влаги, содержащейся в стабилизированном гипсовом материале, превышало 0,2 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - превышало 0,5 мас.%. В соответствии с дополнительным вариантом реализации количество воды, добавляемой к исходному гипсовому материалу, выбирают так, чтобы количество воды, содержащейся в увлажненном гипсовом материале, составляло меньше чем 3 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации выбирают меньшим чем 2 мас.% и предпочтительно меньшим чем 1 мас.%. Процентные значения относятся к массе исходного гипсового материала.

В соответствии с вариантом реализации воду добавляют к исходному гипсовому материалу в форме пара. Пар подают при температуре по меньшей мере 100°C и его также можно использовать для подогрева исходного гипсового материала до выбранной температуры.

В соответствии с дополнительным вариантом реализации исходный гипсовый материал берут при комнатной температуре. После обжига исходный гипсовый материал можно хранить, например, благодаря производственным возможностям печи для обжига или контейнера для хранения. Затем исходный гипсовый материал охлаждают и хранят при комнатной температуре перед дополнительной обработкой.

Перед дополнительной обработкой исходный гипсовый материал, в соответствии с вариантом реализации, нагревают до выбранной температуры для стабилизации гипсового материала. Нагревание можно осуществлять до или после добавления воды.

В соответствии с вариантом реализации перед внесением воды и поддержанием увлажненного гипсового материала при выбранной температуре в соответствии с заявляемым способом исходный гипсовый материал нагревают до выбранной температуры, согласно заявляемому способу, например, до температуры по меньшей мере 30°C. В соответствии с вариантом реализации исходный гипсовый материал нагревают до температуры более 30°C, чтобы компенсировать охлаждение, которое происходит во время добавления воды для получения увлажненного гипсового материала.

Нагревание можно осуществлять с помощью подходящего нагревательного оборудования, например, смесителя, оснащенного нагревательным оборудованием. В соответствии с вариантом реализации нагревание обеспечивают путем подачи пара в исходный гипсовый материал, при этом пар нагрет до температуры по меньшей мере 100°C, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере до 140°C. Необходимо позаботиться о том, чтобы количество влаги, вносимой паром, не становилось слишком высоким, и, в частности, избегать конденсации пара, приводящей к большим локальным количествам жидкой воды.

В соответствии с вариантом реализации заявляемого способа увлажненный гипсовый материал выдерживают во влажной атмосфере при поддержании при выбранной температуре в течение определенного периода времени.

Как уже обсуждалось выше, в соответствии с вариантом реализации увлажненный гипсовый материал выдерживают в атмосфере по меньшей мере 50% относительной влажности, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в атмосфере по меньшей мере 70% относительной влажности.

При поддержании увлажненного гипсового материала при температуре по меньшей мере 30°C в течение по меньшей мере 30 мин увлажненный гипсовый материал в соответствии с вариантом реализации перемешивают для гомогенизации увлажненного гипсового материала. Перемешивание увлажненного гипсового материала позволяет избежать, насколько возможно, температурного градиента внутри контейнера так, чтобы весь увлажненный гипсовый материал, содержащийся в контейнере, находился в равномерных условиях реакции и, следовательно, имел равномерную скорость исправления дефектов так, чтобы получить гомогенный стабилизированный гипсовый материал.

В соответствии с вариантом реализации количество воды, добавляемое к исходному гипсовому материалу, является таким, чтобы стабилизированный гипсовый материал содержал свободную влагу в количестве по меньшей мере 0,2 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в количестве по меньшей мере 0,5 мас.%. В соответствии с вариантом реализации стабилизированный гипсовый материал содержит свободную влагу в количестве менее 5 мас.%, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее 3 мас.%, в соответствии с еще одним вариантом реализации - менее 1,5 мас.% по отношению к массе стабилизированного гипсового материала. Эта свободная влага образуется за счет молекул воды, абсорбированных на поверхности стабилизированного гипсового материала и содержащихся, например, в очень мелких трещинах, присутствующих в частицах гипсового материала, или в пространстве, предусмотренном в кристаллической структуре кристаллов гемигидрата сульфата кальция. Эта вода физически связана и содержится в стабилизированном гипсовом материале в дополнение к воде, связанной в гемигидрате сульфата кальция.

Стабилизированный гипсовый материал можно измельчать, чтобы получить свежие кристаллические поверхности, чтобы тем самым увеличить активность гипсового материала.

Стабилизированный гипсовый материал можно сушить, чтобы отрегулировать влажность стабилизированного гипсового материала.

Чтобы скорректировать активность и другие параметры стабилизированного гипсового материала, стабилизированный гипсовый материал, в соответствии с вариантом реализации, можно смешивать с

наполнителями, например известняком, ангидритом II или глинами, или, в соответствии с вариантом реализации, можно смешивать с исходным гипсовым материалом, т.е. гипсовым материалом, которую не нужно стабилизировать, чтобы в случае необходимости уменьшить, например, время схватывания.

Стабилизированный гипсовый материал, полученный предлагаемым в изобретении способом, можно использовать во всех применениях для сульфата кальция, известных в данной области техники. Стабилизированный гипсовый материал добавляют в воду для получения суспензии, которую можно дополнительно обрабатывать, например, при производстве гипсокартонных листов.

В соответствии с вариантом реализации суспензия, полученная из стабилизированного гипсового материала, имеет время схватывания менее 10 мин, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - менее 8 мин, и в соответствии с еще одним дополнительным вариантом реализации - менее 5 мин. В соответствии с вариантом реализации суспензия имеет время схватывания по меньшей мере 1 мин, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере 2 мин, и в соответствии с дополнительным вариантом реализации - по меньшей мере 4 мин.

В соответствии с дополнительным аспектом данное изобретение относится к способу производства гипсокартонных листов, включающему по меньшей мере следующие этапы:

берут стабилизированный гипсовый материал, полученный предлагаемым в изобретении способом; получают суспензию гипсового материала путем добавления воды к стабилизированному гипсовому материалу;

формируют суспензию гипсового материала для получения гипсокартонного листа.

Указанный способ в основном соответствует способам, известным в данной области техники, при этом, однако, используют стабилизированный гипсовый материал, полученный способом, описанным выше. Стабилизированный гипсовый материал обрабатывают в основном так же, как и в известных способах производства гипсокартонных листов. Однако из-за более низкой потребности в воде стабилизированного гипсового материала количество воды, добавляемой в стабилизированный гипсовый материал, адаптируют соответствующим образом. Специалист в данной области техники может определить количество воды, добавляемой к стабилизированному гипсовому материалу, известными способами. Например, для получения суспензии гипсового материала, имеющей примерно такие же характеристики и обрабатываемость, что и в известных способах, отношение вода-гипс, консистенцию суспензии и/или значение растекаемости можно регулировать, выбирая количество воды, используемой для получения суспензии гипсового материала, соответственно.

Для корректировки характеристик суспензии гипсового материала можно добавлять добавки, известные в данной области техники, в соответствии с вариантом реализации. В соответствии с вариантом реализации в суспензию гипсового материала можно добавлять оживитель, известный в данной области техники и доступный на рынке. Подходящими оживителями являются, например, меламиновые смолы, поликарбоксилаты или частичные гидролизаты целлюлозы. Количество оживителя, добавляемого в суспензию гипсового материала, определяют известными способами, например, по отношению вода-гипс, консистенции суспензии, значению растекаемости. Количество оживителя зависит от характеристик гипсового материала и его нужно определять индивидуально.

В соответствии с вариантом реализации в суспензию гипсового материала добавляют пену. Можно использовать вспенивающие агенты, доступные на рынке и применяемые в области производства гипсокартонных листов. Типовыми поставщиками вспенивающих агентов для производства гипсового материала являются Sika Deutschland GmbH, Leimen, Berolan GmbH, Arbing, D.E., Kao Corp., JP. Вспенивающие агенты позволяют изменять удельную массу или массу на единицу площади гипсокартонных листов. Количество вспенивающего агента, добавляемого в суспензию гипсового материала, зависит от типа используемого вспенивающего агента, т.е. используемого поверхностно-активного вещества, необходимой массы на единицу площади гипсокартонного листа, и ударопрочности, необходимой для гипсокартонного листа, например, определяемой разрушающим напряжением при изгибе и модулем Юнга.

Добавление пены в суспензию гипсового материала приводит к наличию пор в гипсовом слое гипсокартонного листа после схватывания. Размер пор определяется размером пузырьков, содержащихся в пене. Использование стабильных пен приводит к образованию мелких пор в гипсовом слое. Под стабильной пеной подразумевается пена, в которой пузырьки в основном не разрушаются после контакта с суспензией гипсового материала.

В соответствии с дополнительным вариантом реализации в суспензию гипсового материала добавляют вспенивающий агент, при этом вспенивающий агент дает нестабильную пену. Нестабильные пузырьки пены разрушаются после контакта с суспензией гипсового материала так, что образуются более крупные пузырьки. Это приводит к тому, что гипсокартонные листы имеют более крупные поры с более широкими перегородками, расположенными между соседними порами. Средний диаметр пор, образуемых пеной, находящихся в гипсовых слоях, в соответствии с вариантом реализации, находится в диапазоне от 50 мкм до 2 мм, в соответствии с дополнительным вариантом реализации - в диапазоне от 100 мкм до 1,5 мм.

Более крупные поры также можно индуцировать путем одновременного добавления стабильной пены и противовспенивающего агента. Добавление пены и противовспенивающего агента можно прово-

дить одно за другим, или же добавлять оба компонента одновременно. В соответствии с вариантом реализации в суспензию гипсового материала сначала добавляют стабильную пену, а после распределения пены в суспензии гипсового материала добавляют противовспенивающий агент. Можно использовать коммерчески доступные противовспенивающие агенты.

Неожиданно было обнаружено, что количество вспенивающего агента, необходимое для определенной пористости готового гипсокартонного листа, можно значительно уменьшить, если для изготовления листа использовать стабилизированный гипсовый материал в соответствии с данным изобретением.

В контексте данного документа средний размер пор (также используется термин средний диаметр пор) рассчитывают по наибольшему диаметру отдельных пор в ядре. Наибольший диаметр равен диаметру Фере. Наибольший диаметр каждой поры можно получить из изображения образца. Изображения можно получать, используя любую подходящую методику, такую как сканирующая электронная микроскопия (СЭМ), которая обеспечивает двухмерные изображения. По СЭМ-изображению можно определить большое количество размеров пор, так что случайный выбор поперечных сечений (пор) пор может обеспечить средний диаметр. Измерение пор по нескольким изображениям, случайно расположенным по всему ядру образца, может улучшить этот расчет. Кроме того, построение трехмерной стереологической модели ядра на основании нескольких двумерных СЭМ-изображений также может улучшить расчет среднего размера пор. Другой методикой является рентгеновский КТ-анализ (РКТ), который обеспечивает трехмерное изображение. Другой методикой является оптическая микроскопия, в которой можно использовать контрастирование света для определения, например, глубины пор. Поры можно измерять вручную или используя программное обеспечение для анализа изображений, например, Image!, разработанное NIH. Специалисту в данной области техники понятно, что ручное определение размеров и распределения пор по изображениям можно осуществлять путем визуальной оценки размеров каждой поры. Образец можно получить путем разрезания гипсокартонного листа.

Стабилизированный гипсовый материал, полученный в соответствии с изобретением, может применяться для производства любой продукции на гипсовой основе, т.е. для любых гипсовых изделий, традиционно изготавливаемых из гипсового материала. Это особенно применимо для производства строительных гипсовых плит, например, гипсокартонных плит или древесноволокнистых плит, а также для гипсовых блоков, стяжек, особенно самовыравнивающихся стяжек для полов, уплотняющих составов, отделочных составов, штукатурки для стен, формовочной штукатурки или любой другой продукции на основе гипса.

Данное изобретение будет описано более подробно со ссылкой на следующие примеры.

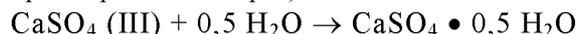
Примеры.

Описание способов испытаний.

Фазовый анализ гипса.

Отдельные составляющие сульфата кальция в образцах, т.е. дигидрат, гемигидрат, ангидрит (III), свободную воду и другие материалы, определяли с помощью процедуры гравиметрического фазового анализа гипса следующим образом.

Ангидрит III (A III; водорастворимый ангидрит) и свободная влага



Примерно 7 г образца взвешивают в фарфоровом тигле ( $W_A$ ). Взвешенный тигель оставляют на ночь в сушильном шкафу при 40°C. Затем образец в тигле нагревали до 80°C и сушили при этой температуре еще 2 ч. Затем тигель переносят в десикатор для охлаждения до комнатной температуры. Затем тигель взвешивают ( $W_B$ ).

Увеличение массы соответствует ангидриту III, а уменьшение массы считается свободной влагой.

$$\text{Ангидрит III [\%]} = [(W_B - W_A)/(W_A - W_{\text{тигель}})] \times 15,11 \times 100$$

$$\text{Свободная влага [\%]} = [(W_A - W_B)/(W_A - W_{\text{тигель}})] \times 100$$

Гемигидрат сульфата кальция (ГГ)



Примерно 7 г образца взвешивают в фарфоровом тигле ( $W_C$ ). Деионизированную воду добавляют в количестве, при котором образец тщательно смачивается и едва покрывается водой. После 60 мин ожидания тигель переносят в сушильный шкаф и сушат при 40°C до постоянной массы. Затем тигель переносят в десикатор для охлаждения до комнатной температуры. Тигель взвешивают ( $W_D$ ), количество гемигидрата сульфата кальция рассчитывают по увеличению массы.

$$(W_B) > (W_A)$$

$$\text{ГГ [\%]} = \{[(W_D - W_C)/(W_C - W_{\text{тигель}})] - 4 [(W_B - W_A)/(W_A - W_{\text{тигель}})]\} \times 5,37 \times$$

а) 100

$$(W_A) > (W_B)$$

$$b) \text{ ГГ [\%]} = \left\{ \left[ \frac{W_D - W_C}{W_C - W_{\text{тигель}}} \right] + \left[ \frac{W_A - W_B}{W_A - W_{\text{тигель}}} \right] \right\} \times 5,37 \times 100$$

Ангидрит II (умеренно растворимый ангидрит) (A II-s)



Определение ангидрита II проводят, следуя способу определения гемигидрата сульфата кальция. Примерно 7 г образца взвешивают в фарфоровом тигле ( $W_E$ ). Образец тщательно смачивают деионизированной водой и затем выдерживают в десикаторе в течение 72 ч. Затем тигель переносят в сушильный шкаф, нагретый до 40°C, до достижения постоянной массы. Затем тигель охлаждают до комнатной температуры в десикаторе и взвешивают ( $W_F$ ).

$$\text{A II-s [\%]} = \left\{ \left[ \frac{W_F - W_E}{W_E - W_{\text{тигель}}} \right] - \left[ \frac{W_D - W_C}{W_C - W_{\text{тигель}}} \right] \right\} \times 3,78 \times 100$$

Вода кристаллизации ( $W_k$ ).

Взвешенный тигель ( $W_a$ ) наполняют до около % его объема образцом, а заполненный тигель снова взвешивают ( $W_b$ ). Затем тигель переносят в муфельную печь для нагревания до 330-360°C в течение 60 мин. Тигель переносят в десикатор для охлаждения до комнатной температуры, а затем снова взвешивают ( $W_c$ ).

Для определения свободной влаги образец сушат при 80°C в сушильном шкафу и рассчитывают свободную влагу (F [%]).

Из разницы массы рассчитывают количество кристаллической воды.

a. Свободная влага не найдена

$$W_k \text{ [\%]} = \left\{ \left[ \frac{W_b - W_c}{W_b - W_a} \right] \times 100 \right\}$$

b. Свободная влага обнаружена

$$W_k \text{ [\%]} = \left\{ \left\{ \left[ \frac{W_b - W_c}{W_b - W_a} \right] \times 100 \right\} - (F \text{ [\%]}) \right\} / (100 - F \text{ [\%]}) \times 100$$

Для более детального определения образец анализируют методом дифракции рентгеновских лучей.

Анализ размера частиц.

Распределение частиц по размерам определяли, используя Malvern Mastersizer 2000 (Herrenberg, Germany). Испытание проводили, диспергируя образец в растворе изопропилового спирта в увлажненной дисперсионной установке, работающей при 2350 об/мин. Устанавливали настройку плотности материала "гипс (средн.)", а измерение проводили при затенении от 10 до 20 после вычитания фона.

Величина растекаемости.

Образец гипсового материала (400 г) добавляли в течение 30 с в воду, уравновешенную до комнатной температуры, содержащую 1,0 г цитрата натрия, в смесителе (Kitchen Aid) с последующим смешиванием в течение 7 с при наибольшей скорости. Количество воды определяют по величине отношения воды и гипса. Затем смешанную суспензию выливали в латунный цилиндр (диаметр 5 см, высота 10 см), помещенный на чистую стеклянную пластину.

Через 50 с после добавления латунный цилиндр поднимали быстрым вертикальным движением, позволяя жидкому раствору растекаться лепешкой. Величину растекаемости определяли путем определения диаметра лепешки.

Время схватывания.

Образец готовили, как описано для определения значения растекаемости, но без добавления цитрата натрия, и выливали в кольцо из твердой резины (высота 40 мм). Начальное и окончательное схватывание определяли с помощью модифицированного прибора Vicat (в соответствии с DIN EN 13279-2). На глубине проникновения < 40 мм достигалось начальное схватывание. Для окончательного схватывания падающую массу увеличивали на 1 кг. Окончательное схватывание достигалось при глубине проникновения 8 мм.

Удельная площадь поверхности по Блейну.

Удельную площадь поверхности по Блейну определяли в соответствии с DIN EN 196-6.

Дезинтеграция.

Определение степени дезинтеграции.

Приблизительно от 150 до 200 мл суспензии из миксера (т.е. отобранной непосредственно перед нанесением суспензии на подложку во время процесса производства) выливают в порошковую колбу, заполненную 300 мл спирта (от 94 до 96%). Порошковую колбу плотно закрывают, а затем энергично встряхивают.

Все содержимое колбы выливают в большую воронку Бюхнера (Ø 180 мм), снабженную фильтровальной бумагой Sartorius 392, и создают вакуум для отсасывания жидкой фазы. Отсасывание должно быть ровным и быстрым.

Фильтровальную лепешку помещают в порошковую колбу, заполненную 200 мл ацетона. Порошковую колбу хорошо закрывают, а ее содержимое энергично встряхивают. Суспензию фильтруют через фильтровальную бумагу Sartorius 392, а осадок на фильтре промывают ацетоном.

Фильтровальную лепешку переносят на предметное стекло, а затем сушат при 40°C в сушильном шкафу до достижения постоянной массы.

Сухой материал просеивают через 0,2-мм сито. Агломераты аккуратно продавливают через сито с помощью щетки. Затем остаток на сите и прошедший через сито материал гомогенизируют. После этого определяют значение Блейна и проводят анализ размера частиц.

Расчет коэффициента дезинтеграции - De.

De = значение Блейна дезинтегрированного образца/значение Блейна свежего образца.

Прочность при сжатии.

Прочность при сжатии определяли в соответствии с DIN EN 13279-2.

Отношение вода-гипс.

Отношение вода-гипс определяли в соответствии с DIN EN 13279-2.

БЭТ-площадь поверхности.

Удельную площадь поверхности определяли с помощью Flow Sorb 2300 II (Micromeritics) по методу БЭТ с азотом методом одной точки в соответствии с DIN 61131.

Регидратация.

Взвешенный образец (около 7 г), содержащий известные количества гемигидрата и дигидрата сульфата кальция, суспендировали в воде (20 мл) и оставляли при комнатной температуре. Секундомер включают, когда образец добавляют в воду. Образцы отбирали через определенные промежутки времени.

Образцы отбирали примерно за 1 мин до истечения предопределенного промежутка времени, переносили в ступку и измельчали пестиком. После истечения этого промежутка времени в ступку заливают около 100 мл спирта (от 94 до 96%) и продолжают измельчение.

Фильтровальную бумагу помещают в воронку Бюхнера и увлажняют водой, а затем промывают спиртом. Мелко измельченное содержимое ступки переносят на фильтровальную бумагу, а жидкую фазу отсасывают, применяя к воронке Бюхнера пониженное давление. Фильтровальную лепешку снова промывают спиртом, а затем ацетоном для удаления остаточной воды. Фильтровальную лепешку помещают на предметное стекло и сушат в сушильном шкафу при 40°C до постоянной массы. Количество воды кристаллизации определяют, как описано выше.

Расчет.

$$\text{Степень регидратации [\%]} = \text{Вода кристаллизации [\%]} \times 4,7785$$

Консистенция суспензии/тест разбрызгивания.

Тестер разбрызгивания (капельный консисометр) содержит полую воронку высотой 60 мм, нижним внутренним диаметром 70 мм и верхним внутренним диаметром 100 мм. Нижнее отверстие может быть закрыто пластиной, которую можно откидывать, чтобы открыть нижнее отверстие воронки. Конус подвижно крепится к вертикальному стержню, закрепленному на базовой пластине, чтобы скорректировать высоту падения до 125 мм. Высота падения представляет собой расстояние между нижним отверстием воронки и базовой пластиной.

Секундомер запускают с началом приготовления суспензии. Воронку, закрытую с нижней стороны пластиной, наполняют суспензией. Избыток материала соскребают ножом (шпателем с головкой молотка).

Через 10 с пластину откидывают с воронки так, чтобы суспензионная лепешка могла упасть на базовую пластину.

Диаметр лепешки определяют в двух вертикально противоположных направлениях, и рассчитывается среднее значение.

Пример 1.

Исходный гипсовый материал непрерывно поставлялся из агрегата для обжига в смеситель, оснащенный форсункой для подачи пара и мешалкой для перемешивания гипсового материала. Дозировку корректировали до 30 кг/мин. Пар подавали на уровне 2 мас.% пара по массе исходного гипсового материала с целью получения увлажненного гипсового материала. Затем увлажненный гипсовый материал переносили в контейнер, нагретый до температуры 80°C, без перемешивания. Образцы отбирали сразу после того, как образец покидал смеситель после гидратации (0 ч), после 4 ч обработки при 80°C и после 24 ч обработки при 80°C. Значение растекаемости определяли, как описано выше.

Результаты обобщены в табл. 1.

Таблица 1

Значение растекаемости образца увлажненного гипсового материала после обработки 2 мас.% пара и хранения при 80°C

	Т исходного гипсового материала, °С	Температура после смесителя, °С	значение растекаемости (мм)		
			0 ч	4 ч	24 ч
Без пара	66	43	269	н. д.	н. д.
2% пара	73	93	283	338	380
Без пара	33	37	262	н. д.	н. д.
2% пара	33	71	299	380	409

Температура исходного гипсового материала, подаваемого в смеситель, не влияет на исправление дефектов гипсового материала. В обоих экспериментах с использованием исходного гипсового материала, имеющего температуру 66°C и 33°C соответственно, но без обработки паром, получали приблизительно такое же значение растекаемости для гипсового материала, отобранного после смесителя. Для этих образцов получили значения растекаемости 269 мм и 262 мм.

При подаче пара в смеситель наблюдали увеличение значения растекаемости уже сразу после обработки паром. Увеличение значения растекаемости обусловлено процессами исправления дефектов гемигидрата сульфата кальция. После хранения образцов увлажненного гипсового материала при 80°C наблюдается значительное увеличение значения растекаемости. После 4 ч обработки наблюдается увеличение до 338 мм и 380 мм соответственно. После 24 ч обработки наблюдается дополнительное увеличение значения растекаемости в обоих образцах.

Влияние времени хранения и температуры, применяемой во время хранения, на значение растекаемости обобщено в табл. 2.

Таблица 2

Значение растекаемости образцов увлажненного гипсового материала (отношение вода-гипс "ОВГ" = 0,70)

	значение растекаемости (мм)
Сразу после обработки паром (2 мас.%)	282
24 ч хранения при комнатной температуре	290
24 ч хранения при 80°C	380
96 ч хранения при 80°C	383

Когда после обработки паром образец хранили при комнатной температуре, значение растекаемости оставалось практически таким же. Наблюдали лишь незначительное увеличение от значения 282 мм, полученного сразу после обработки паром, до 290 мм после 24 ч хранения при комнатной температуре.

Значительное увеличение значения растекаемости, соответствующее исправлению дефектов образца гипсового материала, наблюдается после хранения при 80°C. Через 24 ч наблюдается увеличение от 282 мм до 380 мм. Через 24 ч хранения процесс исправления дефектов в основном завершен. После общего времени хранения 96 ч при 80°C почти не наблюдалось дополнительного увеличения значения растекаемости.

Пример 2. Масштабная стабилизация гипсового материала.

Для масштабного эксперимента контейнер для хранения гипсового материала производственной линии был оборудован электрическим нагревателем, размещенным на внешней стенке бункера, и изоляционным слоем, окружающим бункер снаружи. Блок предварительного смешивания для подачи гипсового материала в контейнер для хранения был оборудован входными отверстиями для воды и для пара. Гипс, используемый для обжига при производстве гипсового материала, представлял собой смесь 50:50 (мас./мас.) добытого гипса и гипса, полученного в результате десульфуризации дымовых газов.

53 т исходного гипсового материала, имеющего температуру 82°C, обрабатывали в смесителе непрерывного действия путем добавления 1,4 мас.% воды и 0,25 мас.% пара для получения увлажненного гипсового материала.

Увлажненный гипсовый материал переносили в контейнер для хранения, оснащенный изолирующим слоем, окружающим все внешние поверхности контейнера. Температура увлажненного гипсового материала перед загрузкой в контейнер для хранения составляла  $75 \pm 5^\circ\text{C}$ . Контейнер для хранения герметично закрывали, а увлажненный гипсовый материал хранили в течение 3 ч для стабилизации. После стабилизации стабилизированный гипсовый материал удаляли из контейнера для хранения для переработки в гипскартонные листы на стандартной конвейерной линии. Температура стабилизированного гипсового материала при удалении из контейнера для хранения составляла  $> 65^\circ\text{C}$ .

Для контроля образец увлажненного гипсового материала отбирали сразу после добавления воды и пара в исходный гипсовый материал. Образец переносили в сушильный шкаф и хранили при  $80^\circ\text{C}$ .

Значение растекаемости образцов определяли способом, описанным выше. Для определения значения растекаемости образцы гипсового материала смешивали с деионизированной водой при отношении вода-гипс (ОВГ) 0,64:

Свойства образцов обобщены в табл. 3.

Таблица 3

Стабилизация исходного гипсового материала

	Исходный гипсовый материал	Увлажненный гипсовый материал, стабилизированный при $80^\circ\text{C}$ в сушильном шкафу	Увлажненный гипсовый материал, стабилизированный в контейнере для хранения при $75^\circ\text{C}$
Свободная влага (мас.%)	0,0	1,1	0,8
Гемигидрат (мас.%)	83,5	82,7	83,1
Кристаллическая вода (мас.%)	5,76	6,62	6,38
Дигидрат (мас.%)	н. д.	0,09	0,36
Блейн ( $\text{см}^2/\text{г}$ )	4788	4722	4632
БЭТ ( $\text{м}^2/\text{г}$ )	7,7	3,7	3,9
$D_{50}$ (мкм)	29,9	28,5	30,9
Значение растекаемости (мм)			
0 ч	140	295	
1 ч		360	
2 ч		375	
3 ч			355
24 ч		395	

Можно обеспечить значительную стабилизацию гипсового материала. После 3 ч хранения в контейнере для хранения при температуре около  $75^\circ\text{C}$  может наблюдаться увеличение значения растекаемости от 140 мм для исходного гипсового материала до 360 мм для стабилизированного гипсового материала.

Стабилизация увлажненного гипсового материала в крупномасштабных условиях в контейнере для хранения была значительной. Мелкомасштабный образец, стабилизированный в лабораторных условиях в сушильном шкафу, имел значение растекаемости 360 мм после 1-часовой стабилизации. После 24 ч хранения образец лабораторного масштаба имел значение растекаемости 395 мм.

Стабилизационный эффект также можно наблюдать при значительно сниженной дезинтеграции образцов. В то время как исходный гипсовый материал характеризовался дезинтеграцией 2,24, после стабилизационной обработки дезинтеграция была снижена до 1,76.

Пример 3. Получение суспензии гипсового материала.

Стабилизированный гипсовый материал, полученный в примере 4 после хранения в контейнере для хранения при 75°C, использовали для получения суспензии гипсового материала на промышленной производственной линии.

Стабилизированный гипсовый материал смешивали с водой и добавляли ожигитель, чтобы скорректировать вязкость суспензии гипсового материала. Количество воды и ожигителя корректировали так, чтобы вязкость суспензии гипсового материала соответствовала вязкости суспензии гипсового материала, используемой на стандартной крупномасштабной производственной линии гипсового материала.

После хранения стабилизированный гипсовый материал смешивали с водой и добавляли ожигитель. Полученные гипсокартонные листы имели толщину 12,4, полученную в стандартных производственных условиях.

Данные, полученные для суспензии стабилизированного гипсового материала, обобщены в табл. 4. Для сравнения в табл. 4 также включены данные для стандартной производственной линии гипсового материала.

Таблица 4

Данные по суспензии гипсового материала

	Стандартная производственная линия	Стабилизированный гипсовый материал
Отношение вода-гипс	0,69	0,65
Ожигитель (мл/м <sup>2</sup> )	48,8	13,3
Схватывание (исходное/конечное)	- /3:10 мин	30 с/3,25 мин
Консистенция суспензии (мм) Тест разбрызгивания	205	205
Регидратация (%)		
10 мин		84,77
20 мин		87,83
24 ч		89,84
Эффективность (%)		94,4
Блейн (см <sup>2</sup> /г)		8163
дезинтеграция	2,24	1,76
D <sub>50</sub>	--	26,3

Для достижения приблизительно таких же времени схватывания и консистенции суспензии, что и для стандартной линии по производству гипсового материала, количество воды и ожигителя, содержащихся в суспензии с использованием стабилизированного гипсового материала, можно значительно уменьшать. Отношение вода-гипс можно снизить от 0,69 для стандартного производства до 0,65 при использовании гипсового материала, в которой исправление дефектов происходило при более высокой температуре в течение более длительного периода времени.

Низкий уровень дезинтеграции отражает более низкий уровень дезинтеграции зерна, достигаемый в результате исправления дефектов. Более низкая дезинтеграция приводит к снижению потребности гипсового материала в воде при использовании, например, для производства гипсокартонных листов.

Пример 4. Производство гипсокартонных листов.

Суспензию гипсового материала, полученную в примере 3, использовали для производства гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм на стандартной производственной линии. Свойства гипсокартонных листов обобщены в табл. 5. Для сравнения также включены параметры для стандартной производственной линии. Массу листов, разрушающую нагрузку при изгибе и модуль Юнга определяли в соответствии с DIN 18180. SSL: длина лицевой стороны; RSQ: сечение задней стороны; термины подробно объяснены в DIN 18180.

Свойства гипсокартонных листов

	Стандартная производственная линия		Пример 4	
	Масса на единицу площади (кг/м <sup>2</sup> )	8,5 кг/м <sup>2</sup>		8,5 кг/м <sup>2</sup>
	SSL	RSQ	SSL	RSQ
Разрушающая нагрузка при изгибе (Н)	615	249	602	232
Модуль Юнга (Н/мм <sup>2</sup> )	3178	2545	2894	2174
Адгезия к картонной подложке				
Влажный	1/1		1/1	
Сухой	1/1		1/1	
24 ч, увлажненная атмосфера	1/1		1/1	
Регидратация (%)				
После сушки	85,4		81,6	
Гидратированный	89,0		87,7	
Эффективность (%)	95,6		93,0	

Адгезию картонного слоя оценивали с помощью метода внутренней оценки, приписывая оценки 1 до 5. В картонной подложке острым ножом делают поперечный надрез, а затем картонную подложку отрывают от подлежащего гипсового слоя, потянув за один угол, образованный на пересечении надреза. Оценку 1 присваивают, если адгезия картона к гипсовому слою настолько сильна, что картонная подложка рвется так, что сторона, прилипшая к гипсовому слою, остается прочно связанной, а верхняя сторона картонной подложки отрывается. Оценку 5 присваивают, если картонную подложку можно полностью оторвать от гипсового слоя без остатков картона, остающихся на поверхности гипсового слоя. Гипсокартонным листам, которые будут выпускаться для продажи потребителям, в тесте должны присваиваться оценки 1 или 2.

Требования к качеству гипсокартонных листов.

DIN EN 18180	SSL	RSQ
Разрушающая нагрузка при изгибе (Н)	> 610	> 210
Модуль Юнга (Н/мм <sup>2</sup> )	> 2800	> 2200

Адгезия гипсовой сердцевины, изготовленной из суспензии стабилизированного гипсового материала, к подложке была эквивалентной с гипсокартонными листами, полученными на стандартной производственной линии, как сразу после нанесения суспензии гипсового материала на подложку, так и после секции нарезки и после сушки.

Количество воды, которое должно было испаряться из гипсокартонных листов в сушилке, можно было снизить в среднем на 8%. Количество оживителя, необходимого для равномерного распределения суспензии на подложке, можно даже было снизить на 73% по сравнению с производством гипсокартонных листов из традиционно используемого гипсового материала.

Для оценки регидратации образец, отобранный после сушки, хранили в воде комнатной температуры в течение 24 ч. Впоследствии поглощенную воду выпаривали. Количество воды кристаллизации определяли, как описано выше. Определенное количество воды кристаллизации считали 100% регидратацией, и из этого рассчитывали эффективность регидратации.

Степень исправления дефектов.

Степень исправления дефектов, обеспечиваемую способом по данному изобретению, определяли по значению растекаемости. Были определены следующие значения растекаемости:

$F_{SS}$ : значение растекаемости, определенное после хранения стабилизированного гипсового материала в течение менее 24 ч;

$F_{ST}$ : значение растекаемости, определенное для гипсового материала, обработанной в стандартном процессе; образец отбирают после предварительного смесителя, сразу после добавления воды для принудительного старения;

$F_{80^{\circ}\text{C}, 24\text{ ч}}$ : значение растекаемости, определенное для образца гипсового материала, состариваемого в течение 24 ч в паронепроницаемом контейнере в сушильном шкафу при  $80^{\circ}\text{C}$  (считается получившим максимальную степень исправления дефектов) Степень исправления дефектов затем рассчитывали с помощью уравнения:

$$\text{Степень исправления дефектов (\%)} = [(F_{SS} - F_{ST}) / (F_{80^{\circ}\text{C}, 24\text{ ч}} - F_{ST})] \times 100$$

Найденные значения растекаемости обобщены в табл. 6.

Таблица 6

Значения растекаемости для определения степени исправления дефектов

$F_{SS}$	$F_{ST}$	$F_{80^{\circ}\text{C}, 24\text{ ч}}$
357,5 мм	295 мм	395 мм

Степень исправления дефектов была определена как составляющая 63%.

Пример 5. Крупномасштабная стабилизация гипсового материала.

Для дополнительного крупномасштабного эксперимента использовали то же оборудование, что и в примере 2. Гипс, используемый для производства гипсового материала, представлял собой смесь 50:50 (мас./мас.) добытого гипса и гипса, полученного в результате десульфуризации дымовых газов.

Количество гипсового материала составляло 60 т, которые обрабатывали в течение 150 мин. Температура исходного гипсового материала составляла  $85^{\circ}\text{C}$ . Воду добавляли в количестве 1,5 мас.%. Температура гипсового материала при хранении в бункере составляла  $75 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Температура гипсового материала после хранения и перед добавлением воды и оживителя составляла  $> 65^{\circ}\text{C}$ . Изготовленные гипсокартонные листы имели толщину 12,5 мм.

Характеристики полученного гипсового материала обобщены в табл.7. Для сравнения также включены характеристики гипсового материала, полученного на стандартной промышленной производственной линии, без стабилизации гипсового материала путем старения при повышенной температуре.

Таблица 7

Характеристики гипсового материала после старения при повышенной температуре

образец	Стандартное производство		Пример 5		
	Перед блоком предварительного смешивания	После блока предварительного смешивания	Исходный гипсовый материал	Увлажненный гипсовый материал, стабилизированный при 80°С в сушильном шкафу	Увлажненный гипсовый материал, стабилизированный в контейнере для хранения при 65°С
А-III (мас.%)	--	--	1,5	--	--
Влажность (мас.%)	0,1	1,0	0,0	1,1	0,9
ГГ (мас.%)	85,1	84,9	83,4	85,9	85,9
А-II (мас.%)	0,7	--	1,5	--	--
W <sub>к</sub> (мас.%)	5,9	6,7	5,9	6,9	6,7
ДГ (мас.%)	0,11	--	--	0,15	--
Блейн (см <sup>2</sup> /г)	3389	3040	3791	4099	4272
БЭТ (м <sup>2</sup> /г)	7,6			3,5	3,8
Значение растекаемости (мм)					
0 ч			160	285	
1 ч				360	
2 ч				380	
3 ч					349
24 ч				395	

Пример 6. Получение суспензии гипсового материала.

Гипсовый материал, полученный после старения в примере 5, использовали для получения суспензии гипсового материала.

Для создания пор использовали коммерчески доступные вспенивающие агенты. Для образования небольших пор использовали вспенивающий агент для стабильной пены (пример 6.1 и 6.2). Для создания более крупных пор и более широких перегородок между порами в гипсе использовали вспенивающий агент для стабильной пены в комбинации с противовспенивающим агентом. В качестве альтернативного варианта реализации для создания более крупных пор использовали коммерчески доступный вспенивающий агент для нестабильной пены (пример 6.4). После контакта с суспензией гипсового материала образовавшиеся маленькие пузырьки разрушались, в результате чего образовывались более крупные пузырьки, образующие более крупные поры.

Данные по суспензиям гипсового материала обобщены в табл. 8. Для сравнения также включены данные для производства стандартного гипсового материала.

Композиция раствора гипсового материала, используемого для производства гипсокартонных листов

	Стандарт	Пр. 6.1	Пр. 6.2	Пр. 6.3	Пр. 6.4
Стабилизированный гипсовый материал (мас.%)	0	100	80	100	100
Исходный гипсовый материал (мас.%)	100	0	20	0	0
ОВГ	0,69	0,65	0,65	0,65	0,65
Вспенивающий агент	стабильный	стабильный	стабильный	стабильный	нестабильный
Количество (мл/м <sup>2</sup> )	1,4	1,35	1,4	2,3	3,4
Ожижитель (мл/м <sup>2</sup> )	48	13,2	21,2	8,9	10,8
Ускоритель (г/м <sup>2</sup> )	116	104	104	110	109
Противовспенивающий агент	--	--	--	17,8 г/м <sup>2</sup>	--
Схватывание (мин) (исходное/конечное)	-/3:15	0:25/3:00	0:20/2:55	0:25/2:50	0:25/2:50
Тест разбрызгивания (мм)	180	200	180	180	180
Регидратация (%)					
10 мин	87,4	87,3	87,2		
20 мин	90,8	89,7	87,8		
24 ч	93,2	92,1	92,0		
Блейн	11430	7783	8437		
Дезинтеграция	3,76	1,82	1,91		
D <sub>50</sub>	21,2	25,4	23,3		

Ускоритель: измельченный дигидрат сульфата кальция.

Ожижитель: натрий-нафталин-сульфонат.

Пример 7. Снижение потребления воды и вспенивающего агента.

Количество вспенивающего агента, необходимое для производства гипсокартона определенной плотности, в общем случае варьируется в зависимости от качества (натуральная, синтетическая, количество и тип примесей, тип обжига, размер зерна и т.д.) используемого гипсового материала. Эти параметры могут меняться изо дня в день, так что для каждого эксперимента в качестве эталона брали "стандартный гипсокартон", изготовленный непосредственно перед отбором образцов. Для производства стандартных и экспериментальных листов использовали идентичные вспенивающие агенты. Разницу между количеством вспенивающего агента, используемого для стандартного листа и для листа в соответ-

ствии с примером, обозначали А, смотрите табл. 9. Все изготовленные листы, стандартные листы, а также экспериментальные литы, имеют массу на единицу площади  $8,5 \text{ кг/м}^2$  и размер  $1,25 \text{ м} \times 2 \text{ м} \times 12,5 \text{ мм}$ .

Количество воды для образования суспензии, а также количество оживителя были снижены на идентичные количества во всех образцах, полученных с гипсовым материалом в соответствии с данным изобретением, по сравнению со стандартным производством. Эти снижения были необходимы для достижения значений растекаемости, оптимальных для производства на соответствующей производственной линии. Поскольку величина снижения была одинаковой во всех образцах, она дополнительно подробно не описана.

Таблица 9

Относительное снижение необходимого количества вспенивающего агента как результат времени хранения при стабилизации

	Пр. 7.1	Пр. 7.2	Пр. 7.3	Пр. 7.4
Δ Вспенивающего агента (мас.%)	15	15	5	2
Время хранения для стабилизации (часы)	24	24	< 3	< 3

Из значений в табл. 9 становится очевидным, что более длительное время хранения для стабилизации позволяет изготавливать листы с той же плотностью, что и у стандартных листов, но при этом нужно использовать значительно меньшие количества вспенивающего агента, что значительно снижает общие затраты.

Пример 8. Получение гипсокартонных листов.

Суспензию гипсового материала, полученную в примерах 6.1-6.4, использовали на стандартной промышленной производственной линии для производства гипсокартонных листов. Свойства полученных гипсокартонных листов обобщены в табл. 10. Массу гипсокартонных листов, разрушающую нагрузку при изгибе и модуль Юнга определяли в соответствии с DIN 18180. Адгезию подложки к гипсовому слою определяли, как описано в примере 4. Регидратацию определяли, как описано выше.

Свойства гипсокартонных листов

Пример	стандарт		8,1		8,2		8,3		8,4	
Суспензия гипсового материала в соответствии с примером	стандарт		6,1		6,2		6,3		6,4	
Масса на единицу площади (кг/м <sup>2</sup> )	8,53		8,58		8,49		8,64		8,52	
	SSL	RS	SSL	RS	SSL	RS	SSL	RS	SSL	RS
		Q		Q		Q		Q		Q
Разрушающая нагрузка при изгибе (Н)	619	237	606	242	613	240	615	239	636	243
Модуль Юнга (Н/мм <sup>2</sup> )	284	232	270	216	278	221	295	231	306	231
	1	0	5	8	7	0	1	7	2	8
Адгезия к картонной подложке										
Влажный	1/1		1/1		1/1		1/1		1/1	
Сухой	1/1		1-2/1-2		1/1		1/1		1/1	
24 ч, увлажненная атмосфера	1/1		2-3/1-3		1/1		1/1		1/1	
Регидратация (%)										
После сушки	85,5		82,9		83,1		84,3		83,4	
Гидратированный*	91,1		89,8		90,8		90,3		91,5	
Эффективность	93,8		92,3		91,5		93,4		91,1	

\* После 24 ч погружения в воду.

Степень исправления дефектов.

Определенные значения растекаемости обобщены в табл. 11.

Таблица 11

Значения растекаемости для определения степени исправления дефектов

F <sub>SS</sub>	F <sub>ST</sub>	F <sub>80°C, 24 ч</sub>
349,5 мм	285 мм	395 мм

Степень исправления дефектов была определена как составляющая 59%.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ стабилизации гипсового материала, отличающийся тем, что берут исходный гипсовый материал, содержащий более 60 мас.% бета-гемигидрата сульфата кальция, полученного путем обжига гипса при температуре по меньшей мере 50°C; к исходному гипсовому материалу добавляют воду для получения увлажненного гипсового материала и увлажненный гипсовый материал выдерживают при температуре от 75 до менее 90°C в течение интервала времени от 30 мин до 24 ч для получения стабилизированного гипсового материала.
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что к исходному гипсовому материалу добавляют воду в таком количестве, чтобы стабилизированный гипсовый материал содержал свободную влагу в количестве от 0,2 до 5 мас.%, предпочтительно от 0,5 до 1,5 мас.% по массе стабилизированного гипсового материала.
3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что воду используют в форме пара.
4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что увлажненный гипсовый материал поддерживают в атмосфере по меньшей мере 50%-ной относительной влажности.
5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что размер частиц  $D_{98}$  стабилизированного гипсового материала доводят до менее чем 1 мм.
6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что стабилизированный гипсовый материал измельчают.
7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что стабилизированный гипсовый материал смешивают с исходным гипсовым материалом.
8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что увлажненный гипсовый материал выдерживают при температуре от 75 до 80°C.
9. Способ производства гипсокартонных листов, включающий, по меньшей мере, следующие этапы:  
берут стабилизированный гипсовый материал, полученный способом по одному из пп.1-8; получают суспензию гипсового материала путем добавления воды к стабилизированному гипсовому материалу; формируют суспензию гипсового материала для получения гипсокартонного листа.
10. Способ по п.9, отличающийся тем, что в суспензию гипсового материала добавляют пену.
11. Способ по п.10, отличающийся тем, что пена представляет собой нестабильную пену.
12. Способ по п.10, отличающийся тем, что пена представляет собой стабильную пену, а в суспензию гипсового материала добавляют противовспенивающий агент.
13. Применение стабилизированного гипсового материала, полученного способом по одному из пп.1-8, для производства продукции на гипсовой основе, включающей строительные плиты, гипсовые блоки, стяжки, уплотняющие составы, отделочные составы, штукатурки для стен или формовочные штукатурки.

