



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114474** (13) **C2**
(51) МПК (2017.01)
C04B 20/06 (2006.01)
C04B 28/14 (2006.01)
B32B 13/00

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 11197	(72) Винахідник(и): Ю Цян (US), Сонг Вейксін Дейвід (US), Вєсрамасунені Срінівас (US), Луан Венкі (US)
(22) Дата подання заявки: 24.02.2012	(73) Власник(и): ЮНАЙТЕД СТЕЙТС ДЖИПСУМ КОМПАНІ, 550 West Adams Street, Chicago, Illinois 60661-3676, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 26.06.2017	(74) Представник: Ковіня Наталія Анатоліївна, реєстр. №470
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 13/035,800	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 2005263925 A1, 01.12.2005 US 4159302 A, 26.06.1976 CN 101012119 A, 08.08.2007
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 25.02.2011	
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву: US	
(41) Публікація відомостей про заяву: 11.11.2013, Бюл.№ 21	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.06.2017, Бюл.№ 12	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: РСТ/US2012/026595, 24.02.2012	

(54) ВОГНЕСТІЙКА ГІПСОВА ПАНЕЛЬ З НИЗЬКОЮ МАСОЮ ТА ЩІЛЬНІСТЮ

(57) Реферат:

Гіпсова панель товщиною від приблизно 5/8 дюйма до 3/4 дюйма, з низькою масою та низькою щільністю, яка має характеристики вогнестійкості, достатні для забезпечення показника теплоізоляції щонайменше 17,0 хвилин, яка при впливі згідно з методикою випробувань U419 не буде руйнуватися протягом щонайменше 30 хвилин і, у вибраних варіантах реалізації, також має визначні водостійкі властивості.

UA 114474 C2

ПЕРЕХРЕСНІ ПОСИЛАННЯ НА РОДИННІ ЗАЯВКИ НА ПАТЕНТИ

[001] Дана заявка, яка є частково продовжуючою, претендує на пріоритет згідно з більш ранньою заявкою на Патент США № 12/795125, поданою 7 червня 2010 р., яка є продовженням заявки на Патент США № 11/449177, поданої 7 червня 2006 р., згідно з якою був виданий Патент США № 7731794 8 червня 2010 р., який претендує на пріоритет згідно з попередньою заявкою на Патент США № 60/688839, поданою 9 червня 2005 р., повний зміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

РІВЕНЬ ТЕХНІКИ

[002] Згадані вище більш ранні заявки відносяться до способу одержання гіпсових суспензій, які містять фосфатовмісний компонент, прежелатинізований крохмаль і нафталінсульфонатний диспергатор, та до продуктів, виготовлених із зазначених суспензій. Більш ранні заявки також відносяться до способів збільшення міцності в сухому стані гіпсових панелей з низькою масою та щільністю шляхом введення в суспензію, що застосовується для виготовлення панелей, фосфатовмісного компонента, прежелатинізованого крохмалю і нафталінсульфонатного диспергатора.

[003] Традиційні гіпсовмісні продукти, такі як гіпсові панелі, мають багато переваг, таких як низька вартість і легка оброблюваність, проте при різанні або свердлінні продукту можуть утворюватися значні кількості гіпсового пилу. У більш ранніх заявках були досягнуті різні вдосконалення у виготовленні гіпсовмісних продуктів шляхом введення крохмалів та інших інгредієнтів до суспензій, що застосовуються для виготовлення зазначених продуктів. Крохмаль може збільшувати міцність на згин і міцність на стискання гіпсовмісних продуктів, включаючи гіпсові панелі.

[004] У цілому, необхідно застосовувати значні кількості води в гіпсових суспензіях, які містять прежелатинізований крохмаль, для забезпечення відповідної текучості суспензії. На жаль, більшу частину зазначеної води необхідно потім видалити шляхом нагрівання, що дорого через високу вартість палива, яке застосовується при нагріванні. Стадія нагрівання також потребує часу. Як було описано в більш ранніх заявках, було виявлено, що застосування нафталінсульфонатних диспергаторів може збільшити текучість суспензій, таким чином вирішуючи проблему потреби у воді. Крім того, також було виявлено, що нафталінсульфонатні диспергатори, які застосовуються в досить високій концентрації, можуть утворювати поперечні зшивки з прежелатинізованим крохмалем, зв'язуючи кристали гіпсу після висушування, що збільшує міцність гіпсового композита в сухому стані.

[005] Раніше вважалося, що фосфатовмісні компоненти не впливають на потребу у воді гіпсової суспензії. Проте, як було описано в більш ранніх заявках, автори даного винаходу виявили, що збільшення концентрації фосфатовмісного компонента до раніше невідомих концентрацій у присутності певного диспергатора уможливорює досягнення відповідної текучості суспензії з несподівано зменшеним вмістом води, навіть у присутності високих концентрацій крохмалю. Це, звичайно, є досить бажаним, оскільки, в свою чергу, зменшує витрати палива й затрати часу, пов'язані з наступними стадіями процесу видалення води. Автори даного винаходу також виявили, що міцність у сухому вигляді гіпсових панелей можна збільшити при використанні нафталінсульфонатного диспергатора в комбінації з прежелатинізованим крохмалем у суспензії, яка застосовується для виготовлення зазначених панелей.

[006] Винаходи, описані в більш ранніх заявках, включали гіпсові панелі, які містять затверділу гіпсову композицію, сформовану між двома по суті паралельними облицювальними листами, причому зазначена затверділа гіпсова композиція виготовлена з використанням гіпсовмісної суспензії з води, будівельного гіпсу, прежелатинізованого крохмалю, нафталінсульфонатного диспергатора і, необов'язково, водорозчинного фосфату, переважно триметафосфату натрію. Зазначена гіпсова панель має високу міцність і значно більш низьку масу, ніж звичайні гіпсові панелі. Крім того, при різанні, пилянні, розламуванні або свердлінні панелей, виготовлених згідно з зазначеним варіантом реалізації, утворюється набагато менше пилу.

[007] Інший варіант реалізації винаходу згідно з більш ранніми заявками включає спосіб виготовлення гіпсових панелей, який включає змішування гіпсовмісної суспензії, яка містить воду, будівельний гіпс, прежелатинізований крохмаль і нафталінсульфонатний диспергатор, причому прежелатинізований крохмаль перебуває в кількості від щонайменше приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою від маси будівельного гіпсу. Отриману гіпсовмісну суспензію наносять на перший лист облицювального паперу і поміщають другий лист облицювального паперу на нанесену суспензію для формування гіпсової панелі. Гіпсову панель розрізають після того, як гіпсовмісна суспензія затвердіє достатньо для розрізання, і висушують отриману гіпсову панель. Гіпсовмісна суспензія може необов'язково містити фосфатовмісний

компонент, наприклад, триметафосфат натрію. У суспензії можна застосовувати також інші традиційні інгредієнти, включаючи, у відповідних випадках, прискорювачі, сполучники, паперове волокно, скловолокно та інші відомі інгредієнти. Мильну піну зазвичай вводять для зменшення щільності готового гіпсового панельного продукту.

5 [008] Даний винахід у цілому відноситься до гіпсових панелей з низькою масою та щільністю, з хорошими теплоізоляційними властивостями, хорошою стійкістю до термоусадки, хорошою вогнестійкістю і, в деяких аспектах даного винаходу, хорошою водостійкістю.

[009] Гіпсові панелі, що застосовуються в будинках та в інших будівельних застосуваннях (таких як гіпсові стінові плити або стельові панелі), зазвичай містять гіпсовий середній шар із
10 облицювальними листами, виготовленими з паперу, скловолокна або інших підходящих матеріалів. Гіпсові панелі зазвичай виготовляють, змішуючи «будівельний гіпс» з водою та іншими інгредієнтами для одержання суспензії, яку застосовують для формування середнього шару панелей.

[010] Як зазвичай розуміють у даній області техніки, будівельний гіпс містить переважно
15 одну або більше форм обпаленого гіпсу, тобто гіпсу, підданого дегідратації (зазвичай шляхом нагрівання) з утворенням безводного гіпсу або напівводного гіпсу ($\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$). Обпалений гіпс може містити бета-напівгідрат сульфату кальцію, альфа-напівгідрат сульфату кальцію, водорозчинний безводний сульфат кальцію або суміші будь-яких або всіх із зазначених речовин, природного або синтетичного походження. При введенні до суспензії, яка
20 застосовується для формування середнього шару панелей, обпалений гіпс зазнає процесу гідратації, який завершується під час формування гіпсових панелей. Зазначений процес гідратації, завершений відповідним чином, дає в цілому безперервну кристалічну основу затверділого двоводного гіпсу в різних кристалічних формах (тобто формах $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$).

[011] Під час формування панелей облицювальні листи зазвичай забезпечують у вигляді
25 безперервних стрічок. Гіпсову суспензію наносять у вигляді потоку або смуги на перший із облицювальних листів. Суспензію розподіляють по ширині першого облицювального листа з заздалегідь заданою зразковою товщиною для формування середнього шару панелі. Потім зверху поміщають другий облицювальний лист, поміщаючи гіпсовий середній шар між облицювальними листами і формуючи безперервну панель.

[012] Безперервну панель зазвичай переміщують уздовж конвеєра, щоб забезпечити
30 продовження процесу гідратації середнього шару. Коли середній шар достатньо гідратувався й затвердів, його розрізають на один або більше необхідних розмірів, одержуючи окремі гіпсові панелі. Потім отримані панелі пропускають через сушильну піч при температурі, достатній для завершення процесу гідратації, та висушують панелі до необхідного рівня вільної вологи (зазвичай відносно низького вмісту вільної вологи).

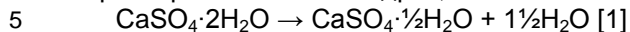
[013] Залежно від застосовуваного способу, передбачуваного застосування панелей та інших умов, додаткові шари, смуги або стрічки суспензії, яка містить гіпс та інші добавки, можна
40 наносити на перший і/або другий облицювальні листи для забезпечення певних властивостей готових панелей, таких як зміцнені краї або зміцнена поверхня панелі. Аналогічно, піну можна вводити до суспензії для гіпсового середнього шару і/або в інші смуги або стрічки суспензії в одному або декількох місцях способу для забезпечення розподілу пустот у гіпсовому середньому шарі або частинах середнього шару готових панелей.

[014] Отримані панелі можна розрізати й обробляти для використання в різних застосуваннях, залежно від необхідного розміру панелі, складу облицювального листа, складу
45 середнього шару і т.д. Гіпсові панелі зазвичай варіюються за товщиною від приблизно $\frac{1}{4}$ дюйма до приблизно одного дюйма, залежно від передбачуваного використання й застосування панелей. Панелі можна застосовувати в широкому ряді конструкційних елементів, які використовуються для створення стін, стель та інших подібних систем з використанням одного або декількох кріпильних елементів, таких як гвинти, цвяхи і/або клеї.

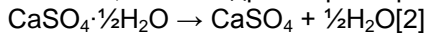
[015] Якщо готові гіпсові панелі зазнають впливу відносно високих температур, наприклад,
50 при впливі високотемпературного полум'я або газів, частина гіпсового середнього шару може поглинути достатньо тепла, щоб викликати виділення води з кристалів двоводного гіпсу в середньому шарі. Поглинання тепла й виділення води з двоводного гіпсу може бути достатнім, щоб сповільнити передачу тепла через або всередині панелей протягом деякого періоду часу.
55 При певному рівні високих температур, високотемпературне полум'я або газу можуть також викликати фазові зміни в гіпсовому середньому шарі й перебудову кристалічних структур. Такі температури додатково можуть викликати плавлення або інше комплексоутворення солей і домішок у кристалічних структурах гіпсового середнього шару. Тепло, поглинене гіпсовим середнім шаром у результаті такого впливу високотемпературного полум'я або газів, крім того,
60 може бути достатнім для повторного випалу частини середнього шару, залежно від температури

джерела тепла й від часу впливу.

[016] Конкретніше, при нагріванні до 212 °F (100 °C) гіпсовий середній шар зазнає реакції розкладання, при якій 75 % кристалізаційної води виводиться у вигляді пари і гіпс перетворюється в напівгідрат, за Рівнянням 1 нижче:



При подальшому нагріванні до 250 °F (120 °C) видаляється кристалізаційна вода, що залишилася, й напівгідрат перетворюється в ангідрит, тобто сульфат кальцію (Рівняння 2):



10 При досягненні середнім шаром температури 392 °F (200 °C) увесь гіпс перетворюється в фазу ангідриту. Зазначена температура переходу приблизна й може змінюватися в залежності від домішок або добавок у гіпсі. Теплота дегідратації, необхідна для протікання реакцій [1] і [2] разом, становить 390 БТО/фунт (906 кДж/кг). Зазначена енергія, яка поглинається реакціями зміни фази, і тепло, яке відводиться з парою, що утворюється, діють як суттєве тепловідведення і є відповідальними за більшу частину унікальної якості гіпсу як вогнезахисного

15 матеріалу. Наприклад, потрібно в сім разів більше енергії, щоб нагріти гіпс від 75 °F до 400 °F (від 24 до 204 °C), ніж це необхідно для нагрівання рівної маси бетону.

[017] При обпаленні гіпсу, поглинанні та розсіюванні теплової енергії в зазначеному процесі, об'єм кристалічної матриці скорочується. Кількість скорочення залежить від початкового складу гіпсу, який буде містити різні домішки з родовища мінералів, з якого був добутий гіпс, або

20 добавок зі способу одержання. Зазвичай вважають, що основна частина усадки спостерігається під час реакцій дегідратації [1] і [2] при перетворенні гіпсу в ангідрит.

[018] Усадка гіпсового середнього шару впливає на експлуатаційні якості гіпсових панелей у присутності високотемпературного полум'я або газів. Чим вища усадка, тим важче буде

25 добитися заданого рівня характеристик вогнестійкості. Це може бути посилено або зменшено залежно від конструкції самого будинку.

[019] Тріщини при усадці спостерігаються через те, що гіпсова панель обмежена в рухах у площині панелі через її прикріплення в конструкції будинку до несучих конструкцій або інших опорних конструкцій. Якщо конструкція будинку прогинається убік від вогню, панель на стороні

30 вогню попадає в зону стискання, оскільки деформується в увігнуту поверхню. Ефекти усадки мінімізуються, якщо панель стискають із боків і подовжно по довжині та ширині. Це спостерігається у випадку стін із дерев'яними стійками, коли стійки обвуглюються й ослаблюються зі сторони вогню, завдяки чому вони відхиляються від вогню під вертикальним навантаженням, прикладеним до конструкції.

[020] Напроти, якщо конструкція будинку відхиляється убік до вогню, сторона панелі, що зазнає впливу вогню, буде утворювати опуклу поверхню, що зазнає розтягу. Сприйнятливість до тріщин при усадці збільшується, оскільки рух конструкції натягує панель. Це спостерігається у випадку стін із легким сталевим каркасом, коли металеві стійки нагріваються й розширюються більшою мірою зі сторони вогню, а також покрівельно-стельових і підлого-стельових

40 конструкцій, де навантаження під дією сили тяжіння викликає відхилення конструкції донизу, оскільки конструкція слабшає під дією вогню під нею. Загальний вплив на вогнестійкість конструкції залежить від відносних швидкостей усадки й відхилення.

[021] Гіпсові панелі можуть зазнавати усадки розмірів панелей у одному або більше напрямках у результаті деяких або всіх із зазначених ефектів високотемпературного нагрівання, і зазначена усадка може викликати порушення цілісності конструкції панелей. Якщо панелі

45 прикріплені до стіни, стелі або інших несучих конструкцій, усадка панелі може призвести до відділення панелей від інших панелей, прикріплених до тих же конструкцій, та від їхніх опор і, в деяких випадках, викликати обвалення панелей чи опор (або обох зазначених елементів конструкції). У результаті гаряче повітря при високих температурах може проходити через або всередину конструкцій стін чи стель.

50 [022] Як описано вище, гіпсові панелі протистоять впливу відносно високих температур протягом деякого проміжку часу, який здатний сам по собі відстрочити проходження високих температур через панелі або між панелями і всередину (або через) системи, у яких застосовують зазначені панелі. Гіпсові панелі, які називають вогнестійкими або «зі встановленим ступенем вогнестійкості», зазвичай виготовляються за рецептурою, що покращує

55 здатність панелей відстрочувати проходження тепла через конструкції стін або стелі, і відіграють важливу роль у керуванні швидкістю поширення вогню в будинках. У результаті, інстанції, що регулюють будівельні норми, та інші зацікавлені державні та приватні підприємства зазвичай встановлюють найбільш строгі стандарти для характеристик вогнестійкості гіпсових панелей із встановленим ступенем вогнестійкості.

60 [023] Здатність гіпсових панелей протистояти вогню й пов'язаному з ним сильному

нагріванню можна оцінити шляхом проведення відповідних випробувань. Приклади зазначених випробувань, які зазвичай застосовуються в будівельній галузі, включають випробування, опубліковані сертифікованою лабораторією з безпеки Underwriters Laboratories («UL»), такі як методи й протоколи випробувань UL U305, U419 і U423, а також методи, описані в технічних умовах E119, опублікованих Американським товариством з випробувань і матеріалів (ASTM). Зазначені випробування можуть включати спорудження дослідних конструкцій із використанням гіпсових панелей, зазвичай із застосуванням одного шару панелей на кожній стороні каркаса стіни, утвореного дерев'яними або сталевими стійками. Залежно від випробування, конструкцію можна піддавати або не піддавати навантажуючим силам. Поверхню однієї зі сторін конструкції піддають впливу зростаючих температур протягом проміжку часу, що відповідає кривій нагрівання, як це називають у методиках випробувань UL U305, U419 і U423 і в методиках ASTM E119.

[024] У ході випробувань відстежують температури безпосередньо поблизу сторони, яку нагрівають, і температури на поверхні сторони конструкції, яку не нагрівають, щоб оцінити температури, яким піддаються дослідні гіпсові панелі, і тепло, яке передається через конструкцію на панелі, що не зазнають впливу. Випробування завершують, коли настає одне чи декілька порушень структурної цілісності панелей і/або коли температура на стороні конструкції, що не зазнає впливу, перевищує заздалегідь заданий поріг. Зазвичай зазначені порогові температури ґрунтовані на максимальній температурі на будь-якому з таких датчиків і/або середніх температурах, зафіксованих датчиками на поверхні гіпсових панелей, що не зазнають температурного впливу.

[025] Методи випробувань, такі як методи, описані в UL U305, U419 і U423, і ASTM E119, спрямовані на стійкість конструкції до передачі тепла через конструкцію в цілому. Випробування також забезпечують, у одному з аспектів, міру стійкості гіпсових панелей, що застосовуються в конструкції, до усадки в напрямку x-y (ширина та довжина), коли конструкція зазнає високотемпературного нагрівання. Зазначені випробування також забезпечують міру стійкості панелей до втрати цілісності конструкції, що призводить до відкривання зазорів або простору між панелями в конструкції стіни, що в підсумку призводить до проходження високих температур до внутрішніх порожнин конструкції. У іншому аспекті випробування забезпечують міру здатності гіпсових панелей протистояти передачі тепла через панелі та конструкцію. Вважають, що такі випробування відображають здатність зазначеної системи надати жителям будівлі та системам керування пожежними/протипожежним системам вікно можливості для вживання заходів при пожежі або запобігання умовам виникнення пожежі.

[026] У минулому застосовували різні стратегії для покращення вогнестійкості гіпсових панелей із установленим ступенем вогнестійкості. Наприклад, застосовували більш товсті, більш щільні середні шари панелей для збільшення наявності одночасно води та гіпсу в панелях, що покращувало здатність панелей діяти як тепловідведення, для зменшення усадки панелей і для збільшення структурної стабільності та міцності панелей. Альтернативно або додатково, для збільшення щільності середніх шарів панелей, до гіпсових середніх шарів включали скло та інші волокна для покращення вогнестійкості гіпсових панелей шляхом збільшення міцності на розрив середніх шарів панелей і шляхом розподілу напружень усадки протягом матриць середніх шарів. Аналогічно, у минулому застосовували в середніх шарах гіпсових панелей деякі кількості певних видів глини, таких як глини з розміром часток менше приблизно одного мікрона, і добавки колоїдного оксиду кремнію або оксиду алюмінію, такі як добавки з розміром часток менше приблизно одного мікрона, для забезпечення покращеної вогнестійкості (і стійкості до високотемпературної усадки).

[027] Проте, в даній області техніки існувала впевненість, що зменшення маси і/або щільності гіпсових панелей шляхом зменшення кількості гіпсу в середньому шарі виявляло б негативний вплив на структурну цілісність панелей і стійкість панелей до вогню й високотемпературних умов.

[028] Інший підхід, що застосовувався в минулому для покращення вогнестійкості гіпсових панелей із установленим ступенем вогнестійкості, полягав у введенні до середнього шару гіпсових панелей спученого вермикуліту (також називаного вермикулітовою рудою) і мінеральних або скляних волокон. У зазначених підходах припускають, що вермикуліт спучується при нагріванні для компенсації усадки гіпсових компонентів середнього шару. Вважали, що мінеральні/скляні волокна утримують частини висушеного гіпсу разом. Зазначений підхід обговорюється в Патентах США №№ 2526066 і 2744022. Проте, обидва зазначені посилення відносяться до середнього шару високої щільності, який забезпечує достатньо гіпсу, щоб діяти як тепловідведення. У зазначених патентах описане одержання гіпсових панелей товщиною ½ дюйма з масою від 2 до 2,3 фунта на квадратний фут (від 2000 до 2300 фунтів на

тисячу квадратних футів («фунт/тис.кв.футів»)) і щільністю від приблизно 50 фунтів на кубічний фут («фунтів/фут³») або вище. Патент '022, крім того, спрямований на збільшення вмісту гіпсу (і, отже, щільності та маси) панелей, описаних у патенті '066, і зменшення вмісту мінеральних/скляних волокон у зазначених панелях для забезпечення ще більшої ємності гіпсового тепловідведення. У таких джерелах, як патент '022, додатково враховують, що властивості вермикуліту розширюватися, якщо немає обмеження, призвели б до викришування (тобто роздроблення, відшаровування або лущення) середнього шару та руйнування конструкції стіни, виготовленої з використанням зазначених панелей, що містять вермикуліт, протягом відносно короткого часу в умовах високих температур.

[029] У іншому прикладі в Патенті США № 3454456 описане введення неспученого вермикуліту до середнього шару гіпсових панелей із установленим ступенем вогнестійкості, щоб протистояти усадці панелей. Патент '456 також оснований на відносно високому вмісті гіпсу і щільності для забезпечення необхідної ємності тепловідведення. У патенті '456 описані маси панелей для готових гіпсових панелей товщиною ½ дюйма з мінімальною масою приблизно 1925 фунтів/тис.кв.футів і щільністю приблизно 46 фунтів/фут³. Зазначена щільність є порівнянною з більш товстими й набагато більш важкими гіпсовими панелями товщиною 5/8 дюйма (від приблизно 2175 до 2300 фунтів/тис.кв.футів), які в даний час пропонуються комерційно для застосувань із установленим ступенем вогнестійкості.

[030] У патенті '456 також описано, що застосування вермикуліту в середньому шарі гіпсової панелі для збільшення ступеня вогнестійкості панелі має значні обмеження. Наприклад, у патенті '456 відмічено (як у патенті '022), що розширення вермикуліту в середньому шарі може викликати руйнування середнього шару через викришування та інші руйнівні ефекти. У патенті '456 також описано, що частки неспученого вермикуліту можуть настільки послабити структуру середнього шару, що середній шар стане слабким, м'яким і крихким. У патенті '456 передбачене подолання таких значних внутрішніх обмежень на застосування вермикуліту в гіпсових панелях шляхом застосування «унікального» неспученого вермикуліту з відносно вузьким розподілом за розмірами часток (більше 90 % неспучених часток менші за розмір отворів у ситі № 50 (приблизно 0,117 дюйма (0,297 мм)), і менше 10 % дещо більші за розмір отворів у ситі № 50). Зазначений підхід приблизно пригнічує несприятливі ефекти розширення вермикуліту на панель, як описано в колонці 2, рядки 52-72 патенту '456.

[031] У іншому підході патент США № 3616173 спрямований на вогнестійкі гіпсові панелі товщиною ½ дюйма з гіпсовим середнім шаром, описані в патенті '173 як більш легкі або менш щільні. У патенті '173 зазначені панелі відрізняють від панелей прототипу товщиною 1/2 дюйма й масою приблизно 2000 фунтів/тис.кв.футів або більше і від таких, що мають щільності середнього шару, які перевищують приблизно 48 фунтів/фут³. Таким чином, у патенті '173 описані панелі щільністю приблизно 35 фунтів/фут³ або вище і переважно від приблизно 40 фунтів/фут³ до приблизно 50 фунтів/фут³. Згідно з патентом '173, описаних щільностей середнього шару досягають шляхом включення значних кількостей дрібнодисперсного неорганічного матеріалу – глини, колоїдного оксиду кремнію або колоїдного оксиду алюмінію – до гіпсового середнього шару, а також скловолокон у кількості, необхідній для запобігання усадці гіпсових панелей у високотемпературних умовах.

[032] Також здійснювалися інші спроби збільшення міцності та структурної цілісності гіпсових панелей і зменшення маси панелей різними засобами. Див., наприклад, патенти США №№ 7731794 і 7736720 та опубліковані заявки на патенти США №№ 2007/0048490 A1, 2008/0090068 A1 і 2010/0139528 A1. Проте, такі спроби самі по собі не вважалися достатніми для виготовлення панелей з низькою масою, достатньо стійких до вогню і умов високої температури.

[033] У багатьох застосуваннях забезпечення таких гіпсових панелей з низькою масою, здатних протистояти дії відносно високої температури або пожежі, щоб відстрочити проходження рівнів нагрівання через зазначені панелі хоча б на півгодини, було б важливим внеском у зазначену область техніки. Проте, в цілому вважали, що значне зменшення щільності середнього шару гіпсових панелей буде також зменшувати властивості міцності та структурну цілісність зазначених панелей, а також буде зменшувати здатність панелей відстрочувати проходження нагрівання через панелі хоча б на півгодини. Конкретніше, панелі з очікуваною низькою міцністю і структурною цілісністю, і умисно низьким вмістом гіпсу становлять особливий інтерес у зазначених застосуваннях, оскільки очікується, що зазначені панелі будуть украй сприйнятливими до сил усадки та інших напружень, викликаних контактом із відносно високими температурами або пожежею, та неефективними для поглинання і затримування нагрівання, пов'язаного з зазначеними умовами.

[034] Проте загально визнано, що зменшення маси гіпсових панелей робить їх зручнішими й

економічнішими в перевезенні та зручнішими в обробці й установці. Отже, якби можна було одержати гіпсові панелі з низькою масою, і отже з низькою щільністю, які є ефективними в застосуваннях, що потребують стійкості до вогню й високого нагрівання, і не основаними на таких добавках, як вермикуліт, глина, колоїдний оксид кремнію або колоїдний оксид алюмінію, був би представлений значний прогрес у області вогнестійких гіпсових панелей.

[035] Нарешті, відмітимо, що без водостійких добавок затверділий гіпс при зануренні у воду всмоктує до 50 % води від маси гіпсу. А коли гіпсові панелі, включаючи вогнестійкі гіпсові панелі, всмоктують воду, вони набухають, починають деформуватися і втрачають міцність, що може зруйнувати їхні вогнезахисні властивості. Вогнестійкі панелі з низькою масою та щільністю містять набагато більше пустот, заповнених повітрям і/або водою, ніж звичайні більш важкі вогнестійкі панелі. Вважають, що зазначені пустоти збільшують швидкість і ступінь всмоктування води, що робить такі вогнестійкі панелі з низькою масою більш здатними всмоктувати воду, ніж звичайні більш важкі вогнестійкі панелі.

[036] У минулому здійснювали багато спроб покращити водостійкість гіпсових панелей у цілому. До суспензії, що застосовується для виготовлення панелей, вводили різні вуглеводні, включаючи віск, смоли й асфальт, для надання затверділим панелям водостійкості. Також добре відоме застосування з зазначеною метою силосанів.

[037] Хоча застосування силосанів у гіпсових суспензіях являє собою корисний засіб для надання водостійкості готовим панелям шляхом створення силіконових смол *in situ*, не очікують, що силосани достатньо захистять панелі з низькою масою та щільністю. Таким чином, у даній області техніки існує потреба в способі одержання вогнестійких гіпсових панелей із низькою масою та щільністю, з покращеною водостійкістю, за розумну вартість, шляхом покращення водостійкості, яка зазвичай надається за допомогою силосанів.

КОРОТКИЙ ОПИС ВИНАХОДУ

[038] Гіпсові панелі з низькою масою та низькою щільністю згідно з даним винаходом являють собою вдосконалення ідеї більш ранньої заявки на патент США № 12/795125, яка одночасно перебуває на розгляді, зміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання. Винахід згідно з заявкою '125 включає суспензію для створення гіпсових панелей з низькою щільністю, яка може містити будівельний гіпс, диспергатор, фосфатовмісний компонент і прежелатинізований крохмаль. Диспергатор може бути присутнім у кількості приблизно 0,1 % – 3,0 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу. Прежелатинізований крохмаль може бути присутнім у кількості щонайменше від приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу в складі. Фосфатовмісний компонент може бути присутнім у кількості щонайменше приблизно 0,12 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу. Інші добавки до суспензії можуть включати прискорювачі, сполучники, паперові або скляні волокна та інші відомі складові. Винахід також включає гіпсові панелі з низькою масою й низькою щільністю, виготовлені з використанням зазначених суспензій.

[039] У деяких аспектах даний винахід включає гіпсову панель номінальною товщиною 5/8 дюйма, з низькою масою та низькою щільністю, яка значно легша й менш щільна, ніж гіпсові панелі номінальною товщиною 5/8 дюйма, які зазвичай застосовуються в будівництві, і яка має здатність відстрочувати проходження високих рівнів нагрівання через панель більше, ніж на півгодини, та способи виготовлення зазначених панелей. У деяких із зазначених аспектів, панель згідно з даним винаходом (середній шар плюс облицювальні листи) має щільність від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут («фунтів/фут³»), переважно від приблизно 29 до приблизно 34 фунтів/фут³ і більш переважно від приблизно 30 до приблизно 32 фунтів/фут³, розташована між двома по суті паралельними облицювальними листами. У зазначених аспектах маса панелі згідно з даним винаходом товщиною приблизно 5/8 дюйма становить менше приблизно 1900 фунтів/тис.кв.футів, переважно менше приблизно 1740 фунтів/тис.кв.футів і більш переважно менше приблизно 1640 фунтів/тис.кв.футів.

[040] У інших аспектах склад для панелей з низькою масою та щільністю згідно з даним винаходом і способи виготовлення зазначених панелей дозволяють одержати гіпсові панелі з вищевказаними вогнестійкими властивостями, щільністю менше приблизно 37 фунтів/фут³, переважно менше приблизно 34 фунтів/фут³ і більш переважно менше приблизно 32 фунтів/фут³, і опором протягуванню цвяха (nail pull resistance), який задовольняє стандарти ASTM C 1396/C 1396/M-09. Конкретніше, у варіантах реалізації даного винаходу зазначені панелі мають опір протягуванню цвяха щонайменше 87 фунтів.

[041] У інших аспектах даного винаходу затверділу композицію гіпсового середнього шару для панелі з установленим ступенем вогнестійкості номінальною товщиною 5/8 дюйма одержують із використанням гіпсовмісної суспензії, яка містить щонайменше воду, будівельний гіпс та інші компоненти, зазначені нижче. У одному з зазначених варіантів реалізації

затверділий гіпсовий середній шар має щільність від приблизно 25 до приблизно 36 фунтів/фут³ і зазначений середній шар містить будівельний гіпс у кількості від приблизно 1040 фунтів/тис.кв.футів до приблизно 1490 фунтів/тис.кв.футів; прежелатинізований крохмаль у кількості від приблизно 0,3 % до приблизно 4 % від маси будівельного гіпсу; мінеральне, скляне або вуглецеве волокно в кількості від приблизно 0,1 % до приблизно 0,3 % від маси будівельного гіпсу; і фосфат у кількості від приблизно 0,15 % до приблизно 0,5 % від маси будівельного гіпсу. (Якщо не зазначено інше, процентні вмісти компонентів гіпсового середнього шару зазначені за масою від маси будівельного гіпсу, застосовуваного для одержання суспензії середнього шару).

[042] У інших аспектах гіпсовий середній шар панелі згідно з даним винаходом має щільність від приблизно 27 до приблизно 33 фунтів на кубічний фут, а маса затверділого гіпсового середнього шару становить від приблизно 1315 до приблизно 1610 фунтів/тис.кв.футів. У зазначених аспектах гіпсовий середній шар також містить від приблизно 0,5 % до приблизно 2,0 % прежелатинізованого крохмалю; від приблизно 0,1 % до приблизно 0,3 % мінерального, скляного або вуглецевого волокна; будівельний гіпс і від приблизно 0,01 % до приблизно 0,15 % фосфату.

[043] Даний винахід також включає одержання й застосування гіпсових панелей, що мають номінальну товщину $\frac{3}{4}$ дюйма. Такі панелі будуть мати вміст складових панелей приблизно 120 % від зазначених вище величин. Також здатність зазначених панелей протистояти вогню й умовам високої температури буде перебувати на рівні щонайменше приблизно 120 % від відповідних показників для панелей номінальною товщиною $\frac{5}{8}$ дюйма. Інші аспекти й варіанти панелей згідно з даним винаходом і складів середнього шару розглянуті нижче в даній заявці.

[044] Інші традиційні добавки також можна застосовувати в кожному з аспектів суспензій середнього шару і композицій гіпсового середнього шару згідно з даним описом у необхідній кількості для надання необхідних властивостей середньому шару та для полегшення виготовлення панелей. Приклади таких добавок включають прискорювачі тужавлення, сповільнювачі тужавлення, інгібітори дегідратації, сполучники, адгезиви, диспергуючі агенти, вирівнюючі або невірвнюючі агенти, загусники, бактерицидні агенти, фунгіциди, регулятори pH, барвники, водовідштовхувальні агенти, наповнювачі та суміші зазначених добавок.

[045] У зазначених вище аспектах та в інших аспектах описаних у даній заявці панелей згідно з даним винаходом і способів виготовлення зазначених панелей, до суспензії середнього шару вводять водну піну в кількості, ефективній для забезпечення необхідних щільностей гіпсового середнього шару, за допомогою способів, що додатково обговорюються нижче. Введення компонента піни до суспензії середнього шару призводить до розподілу пустот і розмірів пустот, які вносять вклад у одну або більше властивостей міцності панелі і/або середнього шару. Аналогічно додаткові шари суспензії, смуги або стрічки, що містять гіпс або інші добавки (які можуть мати збільшену щільність у порівнянні з іншими частинами середнього шару), можна наносити на перший або другий облицювальні листи для забезпечення певних властивостей готової панелі, таких як зміцнені краї або зміцнена поверхня панелі.

[046] Інший аспект даного винаходу включає спосіб одержання гіпсових панелей, які здатні відстрочувати проходження рівнів нагрівання через панелі приблизно на півгодини або більше, у якому компонент затверділого гіпсового середнього шару формують із водної суспензії, що містить обпалений гіпс. У зазначеному аспекті суспензія містить прежелатинізований крохмаль, диспергатори, фосфати, мінеральні/скляні/вуглецеві волокна, піну та інші добавки, будівельний гіпс і воду в масовому відношенні вода/будівельний гіпс від приблизно 0,6 до приблизно 1,2, переважно від приблизно 0,8 до приблизно 1,0 і більш переважно приблизно 0,9. Суспензію середнього шару потім наносять у вигляді безперервної стрічки й розподіляють по безперервній стрічці першого облицювального листа. Безперервну стрічку другого облицювального листа потім поміщають поверх розподіленої суспензії для формування в цілому безперервної гіпсової панелі необхідної приблизної товщини $\frac{5}{8}$ дюйма (або $\frac{3}{4}$ дюйма). У цілому, безперервну гіпсову панель розрізають на окремі панелі необхідної довжини після того, як суспензія, що містить обпалений гіпс, затверділа (завдяки гідратації обпаленого гіпсу з утворенням безперервної матриці затверділого гіпсу) достатньо для розрізання, і висушують отримані гіпсові панелі.

[047] Потреба в каталізаторі й у способі одержання вогнестійких гіпсових панелей з покращеною водостійкістю за розумну вартість задовольняється або перекивається варіантами реалізації даного винаходу, в яких полімеризацію силоксану прискорюють, і в деяких випадках кількість силоксану, необхідна для відповідності технічним умовам стандарту ASTM 1398, може бути зменшена.

[048] Конкретніше, полімеризацію силоксану покращують із використанням суспензії, що містить будівельний гіпс, золу-винесення класу C, оксид магнію, емульсію силоксану і воду, і

більше 2,0 % за масою від маси будівельного гіпсу прежелатинізованого крохмалю. Зазначену суспензію застосовують у способі виготовлення водостійких/вогнестійких гіпсових панелей, який включає одержання суспензії з емульсії силосану, прежелатинізованого крохмалю й води, потім комбінування зазначеної суспензії з сухою сумішшю будівельного гіпсу, оксиду магнію й золи-винесення класу С. Потім отриману суспензію застосовують для одержання гіпсових панелей, як описано раніше. Отриманий продукт підходить для виготовлення вогнестійкої водостійкої гіпсової панелі, яка має середній шар, який включає матриці, що переплітаються, кристалів дигідрату сульфату кальцію й силіконової смоли, причому в об'ємі зазначених матриць, що переплітаються, диспергований каталізатор, який містить оксид магнію й компоненти золи-винесення класу С.

[049] Суміш оксиду магнію й золи-винесення класу С каталізує полімеризацію силосану з прискоренням розвитку водостійкості в продукті, виготовленому з зазначеної суспензії. Вогнестійкі/водостійкі гіпсові панелі, виготовлені зазначеним шляхом, не мають потреби в зберіганні протягом тривалого часу при очікуванні завершення реакцій полімеризації силосану.

[050] Застосування каталізатора також збільшує ступінь завершеності реакції, призводячи до покращеної водостійкості. Завдяки застосуванню комбінації золи-винесення й оксиду магнію є досяжним водопоглинання менше 5 % за масою. Таким чином, на додаток до того, що зазначений каталізатор прискорює протікання реакції полімеризації, зазначений каталізатор також забезпечує можливість більш повної полімеризації силосану, що дозволяє в деяких випадках зменшити кількість силосану. Оскільки силосан являє собою одну з найбільш дорогих добавок у складі панелі, зменшення застосовуваних кількостей призводить до економії у вартості сировини.

[051] Іншою перевагою даного винаходу є стабільність розмірів панелей. Деякі сполуки, що застосовуються як каталізatori зазначеної реакції, призводять до значного розширення при висиханні панелі. Оскільки внутрішня частина панелі розширюється, це викликає розтріскування зовнішньої поверхні, ушкоджуючи її. Застосування золи-винесення й оксиду магнію призводить до дуже невеликого розширення й дуже невеликого розтріскування готових панелей. Також несподівано було виявлено, що полімеризовані силіконові смоли зменшують усадку панелі в умовах високої температури.

[052] Зазначений комбінований каталізатор із золи-винесення й оксиду магнію також забезпечує можливість задовільної полімеризації з використанням широкого спектра різних марок оксиду магнію. У той час як у рівні техніки описано, що тільки намертво обпалена магnezія підходить як каталізатор для полімеризації силосану, при об'єднанні з золою-винесенням можна застосовувати навіть сильно обпалений або слабо обпалений оксид магнію. Зазначена особливість надає виробникам гіпсових панелей додаткову свободу вибору джерел оксиду магнію, застосовуваного в суспензії.

[053] Нарешті, більше 2,0 % за масою прежелатинізованого крохмалю діє разом із силосаном з одержанням хорошої водостійкості. Хоча вважають, що комбінація силосану/високий вміст прежелатинізованого крохмалю сповільнює проникнення води через мікропори в краях панелі, в першу чергу блокуючи поглинання води, а потім, при всмоктуванні води крохмалем, шляхом утворення високов'язкої комбінації крохмаль/вода, ми не маємо наміру обмежуватися зазначеною теорією.

[054] Наведений вище короткий опис даного винаходу не має на меті обмежувати об'єм даного винаходу, як це зрозуміло середньому фахівцеві в даній області техніки. Інші аспекти й варіанти реалізації даного винаходу обговорюються нижче й на доданих до даного опису фігурах.

КОРОТКИЙ ОПИС КРЕСЛЕНЬ

[055] Перераховані й додатково обговорювані нижче фігури, якщо явно не зазначено інше, являють собою приклади, що не обмежують винахід згідно з даним описом.

[056] ФІГУРА 1 являє собою графік максимальних температур для одного датчика і графік середніх температур із датчиків на поверхні, що не зазнає впливу та не нагрівається, дослідної конструкції з використанням панелей згідно з даним винаходом, яку піддають випробуванню вогнем в умовах згідно з U419, як зазначено в Прикладі 8 даного опису, а також графік температурної кривої ASTM 119, яка застосовується для температур печі на стороні дослідної конструкції, що зазнає впливу та нагрівається.

[057] ФІГУРА 2 являє собою розширений графік даних максимальних температур для одного датчика й середніх температур із датчиків, показаних на Фігурі 1.

[058] ФІГУРА 3 являє собою графік максимальних температур для одного датчика і графік середніх температур із датчиків на поверхні, що не зазнає впливу та не нагрівається, дослідної конструкції з використанням панелей згідно з даним винаходом, яку піддають випробуванню

вогнем в умовах згідно з U305, як зазначено в Прикладі 9 даного опису, а також графік температурної кривої ASTM 119, яка застосовується для температур печі на стороні дослідної конструкції, що зазнає впливу та нагрівається.

[059] ФІГУРА 4 являє собою розширений графік даних максимальних температур для одного датчика й середніх температур із датчиків, показаних на Фігурі 3.

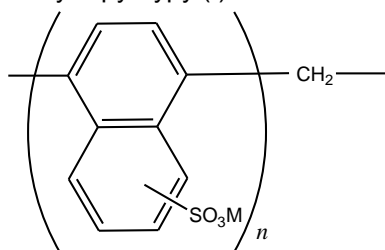
ДОКЛАДНИЙ ОПИС

[060] Деякі варіанти реалізації винаходу згідно з заявками, що перебувають на одночасному розгляді, забезпечують готові гіпсовмісні продукти, виготовлені з гіпсовмісних суспензій, що містять будівельний гіпс, прежелатинізований крохмаль і нафталінсульфонатний диспергатор. Нафталінсульфонатний диспергатор присутній у кількості приблизно 0,1 % – 3,0 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу. Прежелатинізований крохмаль присутній у кількості щонайменше від приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу в складі. Інші інгредієнти, які можна застосовувати в суспензії, включають в'язкі, паперові волокна, скляні волокна і прискорювачі. Мильну піну зазвичай вводять у свіжоприготовані гіпсовмісні суспензії для зменшення щільності готового гіпсовмісного продукту, наприклад, гіпсових панелей.

[061] Комбінація від приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою прежелатинізованого крохмалю, від приблизно 0,1 % за масою до приблизно 3,0 % за масою нафталінсульфонатного диспергатора і, мінімум, щонайменше від приблизно 0,12 % за масою до приблизно 0,4 % за масою фосфатовмісного компонента (усі відсотки зазначені від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в гіпсовій суспензії) несподівано і значно збільшує текучість гіпсової суспензії. Це значно зменшує кількість води, необхідну для одержання гіпсової суспензії з достатньою текучістю для застосування для виготовлення гіпсовмісних продуктів, таких як гіпсові панелі. Вважають, що кількість солі триметафосфату, щонайменше двохкратна в порівнянні зі стандартними складами (у вигляді триметафосфату натрію), стимулює диспергуючу активність нафталінсульфонатного диспергатора.

[062] Нафталінсульфонатні диспергатори, застосовувані в заявках, що перебувають на одночасному розгляді, включають полінафталінсульфонову кислоту і солі зазначеної кислоти (полінафталінсульфонати), і похідні, що являють собою продукти конденсації нафталінсульфонових кислот і формальдегіду. Особливо переважні полінафталінсульфонати включають нафталінсульфонат натрію і кальцію. Середня молекулярна маса нафталінсульфонатів може варіюватися від приблизно 3000 до 27000, хоча переважно, щоб молекулярна маса становила від приблизно 8000 до 10000. При заданому % вмісті твердої речовини у водному розчині диспергатор з більш високою молекулярною масою має більшу в'язкість і викликає більше споживання води в складі, ніж диспергатор із більш низькою молекулярною масою. Підходящі нафталінсульфонати включають DILOFLO, доступний від GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, доступний від Hampshire Chemical Corp., Lexington, Massachusetts; і LOMAR D, доступний від GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana. Нафталінсульфонати переважно застосовують у вигляді водних розчинів зі вмістом сухої речовини, наприклад, у діапазоні 35 – 55 % за масою. Найбільш переважним є застосування нафталінсульфонатів у вигляді водного розчину зі вмістом сухої речовини, наприклад, у діапазоні 40 – 45 % за масою. Альтернативно, якщо це можливо, нафталінсульфонати можна застосовувати в сухій твердій або порошкоподібній формі, наприклад, такій як LOMAR D.

[063] Полінафталінсульфонати, які застосовуються згідно з даним винаходом, мають загальну структуру (I):



(I)

де $n > 2$ і де М являє собою натрій, калій, кальцій і т.п.

[064] Нафталінсульфонатний диспергатор, переважно у вигляді приблизно 45 % за масою розчину у воді, можна застосовувати в діапазоні від приблизно 0,5 % до приблизно 3,0 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в складі гіпсового композита. Більш переважний діапазон застосування нафталінсульфонатного диспергатора становить від приблизно 0,5 % до приблизно 2,0 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, і найбільш

переважний діапазон становить від приблизно 0,7 % до приблизно 2,0 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу. Напроти, відомі гіпсові панелі містять зазначений диспергатор у кількості приблизно 0,4 % за масою або менше від маси сухого будівельного гіпсу.

[065] Інакше кажучи, нафталінсульфонатний диспергатор, розраховуючи на суху масу, можна застосовувати в діапазоні від приблизно 0,1 % до приблизно 1,5 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в складі гіпсового композита. Більш переважний діапазон застосування нафталінсульфонатного диспергатора, розраховуючи на суху масу, становить від приблизно 0,25 % до приблизно 0,7 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, і найбільш переважний діапазон (розраховуючи на суху масу) становить від приблизно 0,3 % до приблизно 0,7 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу.

[066] Гіпсовмісна суспензія згідно з заявками, що перебувають на одночасному розгляді, може містити фосфатовмісний компонент, такий як сіль триметафосфату, наприклад, триметафосфат натрію. Будь-які підходящі водорозчинні метафосфати або поліфосфати можна застосовувати як фосфатовмісний компонент згідно з даним винаходом. Переважним є застосування солі триметафосфату, включаючи подвійні солі, тобто солі триметафосфату, що містять два катіони. Особливо переважні солі триметафосфату включають триметафосфат натрію, триметафосфат калію, триметафосфат літію, триметафосфат амонію й подібні солі або комбінації зазначених солей. Переважною сіллю триметафосфату є триметафосфат натрію. Переважно застосовувати сіль триметафосфату у водному розчині, наприклад, зі вмістом сухої речовини в діапазоні приблизно 10 – 15 % за масою. Також можна застосовувати інші циклічні або ациклічні поліфосфати, як описано в Патенті США № 6409825, виданому Yu et al., зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

[067] Триметафосфат натрію являє собою відому добавку до гіпсовмісних композицій, хоча зазвичай його застосовують у діапазоні від приблизно 0,05 % до приблизно 0,08 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в гіпсовій суспензії. У варіантах реалізації даного винаходу триметафосфат натрію (або інший водорозчинний метафосфат або поліфосфат) може бути присутнім у діапазоні від приблизно 0,12 % до приблизно 0,4 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в складі гіпсового композита. Переважний діапазон застосування триметафосфату натрію (або іншого водорозчинного метафосфату чи поліфосфату) становить від приблизно 0,12 % до приблизно 0,3 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в складі гіпсового композита.

[068] Існує дві форми будівельного гіпсу, альфа і бета. Зазначені два типи будівельного гіпсу одержують за допомогою різних засобів обпалення. У даних винаходах можна застосовувати бета-форму або альфа-форму будівельного гіпсу.

[069] Крохмалі, включаючи зокрема прежелатинізований крохмаль, необхідно застосовувати в гіпсовмісних суспензіях, приготованих згідно з заявками, що перебувають на одночасному розгляді. Переважний прежелатинізований крохмаль являє собою прежелатинізований кукурудзяний крохмаль, наприклад, прежелатинізоване кукурудзяне борошно, доступне від Bunge Milling, St. Louis, Missouri, яке має наступний типовий аналіз: вологість 7,5 %, білок 8,0 %, олія 0,5 %, неочищене волокно 0,5 %, зола 0,3 %; яке має міцність сирого матеріалу 0,48 psi; і яке має вільну насипну щільність 35,0 фунтів/фут³. Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль слід застосовувати в кількості щонайменше від приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою від маси сухого будівельного гіпсу, застосовуваного в гіпсовмісній суспензії.

[070] Автори даного винаходу додатково описують несподіване збільшення міцності в сухому стані (зокрема для гіпсових панелей), яке можна одержати при використанні щонайменше від приблизно 0,5 % за масою до приблизно 10 % за масою прежелатинізованого крохмалю (переважно прежелатинізованого кукурудзяного крохмалю) в присутності від приблизно 0,1 % за масою до приблизно 3,0 % за масою нафталінсульфонатного диспергатора (кількості крохмалю і нафталінсульфонату зазначені за масою від маси сухого будівельного гіпсу, присутнього в складі). Зазначений несподіваний результат може бути отриманий незалежно від того, присутній чи відсутній водорозчинний метафосфат або поліфосфат.

[071] Крім того, несподівано було виявлено, що прежелатинізований крохмаль можна застосовувати в кількості щонайменше приблизно 10 фунтів/тис.кв.футів або більше у висушених гіпсових панелях згідно з даним винаходом і можна одержати ще більш високу міцність та ще більш низьку масу. Була показана ефективність вмісту 35 – 45 фунтів/тис.кв.футів прежелатинізованого крохмалю в гіпсових панелях.

[072] Інші підходящі крохмалі включають кислотну-модифіковані крохмалі, такі як кислотну-модифіковане кукурудзяне борошно, доступне як HI-BOND від Bunge Milling, St. Louis, Missouri. Зазначений крохмаль має наступний типовий аналіз: вологість 10,0 %, олія 1,4 %, розчинні речовини 17,0 %, лужна текучість 98,0 %, вільна насипна щільність 30 фунтів/фут³, і у вигляді

20 % розчину дає рН 4,3. Іншим підходящим крохмалем є непрежелатинізований пшеничний крохмаль, такий як ECOSOL-45, доступний від ADM/Ogilvie, Montreal, Quebec, Canada.

[073] Додатковий несподіваний результат можна одержати згідно з даним винаходом, якщо комбінацію нафталінсульфонатного диспергатора та солі триметафосфату комбінують із

```

5  прежелатинізованим кукурудзяним крохмалем і, необов'язково, паперовим волокном або
   скловолокном. Гіпсові панелі, виготовлені зі складів, що містять зазначені три інгредієнти,
   мають підвищену міцність та знижену масу і є більш економічно бажаними через знижені вимоги
   до води при виробництві зазначених панелей.
```

[074] У гіпсовмісних композиціях згідно з даним винаходом можна застосовувати

```

10  прискорювачі, як описано в патенті США № 6409825, виданому Yu et al., зміст якого включений
   до даної заявки за допомогою посилання. Один із бажаних термостійких прискорювачів (HRA)
   може бути виготовлений шляхом сухого розмелу природного гіпсу (дигідрату сульфату кальцію).
   Для одержання зазначеного HRA можна застосовувати малі кількості добавок (зазвичай
   приблизно 5 % за масою), таких як цукор, декстроза, борна кислота і крохмаль. На сьогоднішній
15  день переважними є цукор або декстроза. Іншим підходящим прискорювачем є «кліматично
   стабілізований прискорювач» або «кліматично стабільний прискорювач» (CSA), як описано в
   патенті США № 3573947, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.
```

[075] Аспекти даного винаходу, описані нижче, не призначені вичерпувати або обмежувати винахід конкретними композиціями, конструкціями, способами і операціями, описаними в даній заявці. Скоріше, описані аспекти і варіанти реалізації даного винаходу були обрані для пояснення ідей даного винаходу і його застосування, дії та використання, щоб надати можливість фахівцям у даній області техніки якнайкраще дотримуватися ідей даного винаходу.

[076] Даний винахід забезпечує комбінації будівельного гіпсу та інших зазначених інгредієнтів, приклади яких наведені в Таблиці I нижче. Зазначені склади забезпечують вогнестійкі гіпсові панелі з низькою масою та щільністю, з необхідними вогнестійкими властивостями, які раніше вважалися недосяжними для гіпсових панелей з настільки низькими масами та щільностями. Панелі згідно з даним винаходом також забезпечують опір протягуванню цвяха, підходящий для ряду будівельних цілей, і, в деяких аспектах, такі властивості є порівнянними зі значно більш важкими, більш щільними комерційними панелями з установленим ступенем вогнестійкості. У інших аспектах, при застосуванні в стінах або інших конструкціях, зазначені конструкції мають характеристики при випробуванні вогнем, порівнянні з конструкціями, виготовленими зі значно більш важких, більш щільних комерційних панелей із установленим ступенем вогнестійкості.

[077] У одному з переважних аспектів, склад і спосіб згідно з даним винаходом дозволяють одержати гіпсові панелі товщиною 5/8 дюйма зі щільністю панелі (середній шар плюс облицювальні листи) від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів/фут³. У інших переважних аспектах, щільності панелей становлять від приблизно 29 фунтів/фут³ до приблизно 34 фунтів/фут³ або від приблизно 30 до приблизно 32 фунтів/фут³. Такі панелі згідно з даним винаходом забезпечують вогнестійкі властивості, порівнянні з набагато більш важкими й більш щільними гіпсовими панелями.

[078] У іншому аспекті даного винаходу запропонований спосіб одержання вогнестійких гіпсових панелей шляхом одержання водної суспензії, яка містить обпалений гіпс, з компонентами, обговорюваними в даній заявці, причому обпалений гіпс (також називаний будівельним гіпсом) і воду, що застосовуються для одержання водної суспензії, беруть у переважному масовому відношенні вода/будівельний гіпс від приблизно 0,6 до приблизно 1,2 в одному з аспектів, від приблизно 0,8 до приблизно 1,0 у іншому аспекті і приблизно 0,9 в іншому аспекті. Суспензію наносять у вигляді безперервної стрічки на безперервну стрічку облицювального листа з паперу, нетканого скловолокна або іншого волокнистого матеріалу, або комбінації волокнистих матеріалів. Другий такий безперервний облицювальний лист поміщають потім поверх стрічки нанесеної суспензії для одержання безперервної гіпсової панелі необхідної товщини і ширини. Безперервну гіпсову панель розрізають на необхідну довжину після того, як суспензія, що містить обпалений гіпс, затверділа (шляхом гідратації обпаленого гіпсу з утворенням безперервної матриці затверділого гіпсу) достатньо для розрізання, і висушують отримані гіпсові панелі. Висушені панелі, крім того, можна піддавати додатковим стадіям розрізання, формування і обрізання.

[079] У інших аспектах даного винаходу, гіпсовий шар з більш високою щільністю може бути сформований на або біля першого облицювального листа і/або вздовж зовнішніх країв облицювального листа. Шар із більш високою щільністю зазвичай забезпечує поверхням панелей переважні властивості, такі як збільшена твердість, покращена міцність при протягуванні цвяха і т.д., більш висока щільність уздовж зовнішніх країв облицювального листа

зазвичай забезпечує покращену міцність країв та інші переважні властивості. У інших аспектах шар із більш високою щільністю наносять або на облицювальні листи, або на еквівалентні частини конструкції середній шар/облицювальний лист.

[080] Зазвичай шари з більш високою щільністю наносять із використанням традиційних методик, таких як нанесення покриттів на один чи обидва облицювальні листи перед чи в безпосередній близькості від нанесення середнього шару на перший облицювальний лист або накладання другого облицювального листа поверх суспензії середнього шару. Аналогічно, зовнішній шар із більш високою щільністю можна наносити у вигляді смуги або вузької стрічки гіпсової суспензії (зі щільністю, що відрізняється від щільності суспензії середнього шару) на зовнішні краї першого облицювального листа перед або в безпосередній близькості від нанесення середнього шару на перший облицювальний лист. У деяких із зазначених аспектів шари з більш високою щільністю становлять від приблизно 3 % до приблизно 4 % від маси плити.

[081] У одному з аспектів даного винаходу запропонована вогнестійка гіпсова панель з низькою масою та щільністю товщиною 5/8 дюйма, підходяща для застосування як стінова плита, стельова плита або для інших будівельних застосувань (таких як зовнішня обшивка, покрівельний матеріал і т.д.). Облицювальні листи також можуть бути покриті водостійкими або стійкими до впливів покриттями, або, в деяких застосуваннях, гіпсом, в'язкими матеріалами, акриловими матеріалами або іншими покриттями, підходящими для конкретних будівельних потреб. Панелям можна також надавати ряд розмірів, підходящих для стандартних, нестандартних або індивідуальних застосувань. Прикладами зазначених панелей є панелі номінальною шириною чотири фути, які мають номінальну довжину вісім футів, десять і дванадцять футів, звичайну для панелей, що застосовуються з метою будівництва споруд.

[082] Щільність середнього шару і загальна щільність вогнестійких панелей із низькою масою вносять значний вклад у загальну масу панелей у порівнянні зі звичайними панелями з аналогічними розмірами по ширині. Так, для панелей товщиною 5/8 дюйма маса панелі становила б від приблизно 1380 фунтів/тис.кв.футів до приблизно 1900 фунтів/тис.кв.футів, переважно від приблизно 1490 фунтів/тис.кв.футів до приблизно 1740 фунтів/тис.кв.футів і найбільш переважно від приблизно 1540 фунтів/тис.кв.футів до приблизно 1640 фунтів/тис.кв.футів. Для панелей товщиною 3/4 дюйма, маса панелі становила б приблизно 120 % від маси панелей товщиною 5/8 дюйма.

[083] У наступній таблиці наведені приклади складів для вогнестійких гіпсових панелей з низькою масою та щільністю номінальною товщиною 5/8 дюйма згідно з даним винаходом.

Таблиця I

Приклади складів для вогнестійких гіпсових панелей з низькою масою та щільністю, номінальною товщиною 5/8 дюйма згідно з даним винаходом

Компонент	Щільність середнього шару від приблизно 25 до приблизно 36 фунтів/фут ³	Щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 33 фунтів/фут ³	Щільність середнього шару від приблизно 28 до приблизно 30 фунтів/фут ³
Будівельний гіпс (фунтів/тис.кв.футів) (щонайменше 95 % гіпсу)	від приблизно 1040 до приблизно 1490	від приблизно 1120 до приблизно 1370	від приблизно 1160 до приблизно 1245
Затверділий гіпс (фунтів/тис.кв.футів)	від приблизно 1220 до приблизно 1750	від приблизно 1315 до приблизно 1610	від приблизно 1360 до приблизно 1460
Прежелатинізований крохмаль (% за масою від будівельного гіпсу)	від приблизно 0,3 до приблизно 4,0	від приблизно 0,5 до приблизно 2,0	від приблизно 1,5 до приблизно 1,8
Фосфат (% за масою від будівельного гіпсу)	від приблизно 0,15 до приблизно 0,5	від приблизно 0,10 до приблизно 0,15	від приблизно 0,10 до приблизно 0,15
Диспергатор (% за масою від будівельного гіпсу)	від приблизно 1,5 до приблизно 0,3	від приблизно 1,2 до приблизно 0,5	від приблизно 1,0 до приблизно 0,75

Компонент	Щільність середнього шару від приблизно 25 до приблизно 36 фунтів/фут ³	Щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 33 фунтів/фут ³	Щільність середнього шару від приблизно 28 до приблизно 30 фунтів/фут ³
Мінеральне, скляне або вуглецеве волокно (% за масою від будівельного гіпсу)	від приблизно 0,1 до приблизно 0,3	від приблизно 0,1 до приблизно 0,3	від приблизно 0,1 до приблизно 0,3
Перші облицювальні листи манільського паперу (фунтів/тис.кв.футів)	від приблизно 40 до приблизно 60	від приблизно 45 до приблизно 55	від приблизно 48 до приблизно 53
Щільність плити (фунтів/фут ³) (середній шар і облицювальні листи)	від приблизно 27 до приблизно 37	від приблизно 29 до приблизно 34	від приблизно 30 до приблизно 32
Маса плити (фунтів/тис.кв.футів)	від приблизно 1380 до приблизно 1900	від приблизно 1490 до приблизно 1740	від приблизно 1540 до приблизно 1640

[084] Інші традиційні добавки можна застосовувати при практичній реалізації даного винаходу в стандартних кількостях для надання необхідних властивостей і для полегшення виготовлення. Прикладами таких добавок є водні піни, прискорювачі тужавлення, сповільнювачі тужавлення, інгібітори дегідратації, сполучники, адгезиви, диспергуючі агенти, вирівнюючі або неvirівнюючі агенти, загусники, бактерицидні агенти, фунгіциди, регулятори pH, барвники, водовідштовхувальні агенти, наповнювачі та суміші зазначених добавок.

[085] У одному з аспектів, застосовуючи один або декілька складів із описаних у Таблиці I, у даному винаході запропоновані панелі та способи виготовлення панелей, виконаних із низькою масою та щільністю, номінальною товщиною 5/8 дюйма, для гіпсових панелей, що задовольняють або перевершують 30-хвилинний ступінь вогнестійкості згідно з вимогами запобігання поширенню пожежі та структурної цілісності будівель згідно з відповідними протоколами випробувань. Аналогічні результати можуть бути отримані з використанням інших складів, що відповідають підходу, описаному в даній заявці.

[086] Комбінація низької маси, вогнестійкості та конструкційних характеристик і характеристик міцності обумовлена, як вважають, несподіваними результатами комбінації вищевказаних компонентів, кожний із яких більш докладно обговорюється нижче.

[087] Будівельний гіпс. У кожному з аспектів даного винаходу компонент будівельний гіпс (або обпалений гіпс), що застосовується для створення кристалічної матриці середнього шару гіпсових панелей, зазвичай містить бета-напівгідрат сульфату кальцію, водорозчинний безводний сульфат кальцію, альфа-напівгідрат сульфату кальцію або суміші будь-яких або всіх із зазначених речовин природного або синтетичного походження. У деяких аспектах будівельний гіпс може містити мінерали, що не відносяться до гіпсу, такі як малі кількості глини або інших компонентів, які асоційовані з джерелом гіпсу або вводять під час обпалення, переробки і/або доставки будівельного гіпсу до змішувача.

[088] Як приклад, кількості будівельного гіпсу, зазначені в Таблиці I, передбачають, що джерело гіпсу має чистоту щонайменше 95 %. Отже, компоненти та їх відносні кількості, такі як кількості, зазначені в Таблиці I вище, що застосовуються для одержання суспензії середнього шару, можна змінювати або модифікувати залежно від джерела, чистоти і вмісту будівельного гіпсу. Наприклад, склад суспензії для гіпсового середнього шару можна модифікувати для різних складів будівельного гіпсу залежно від чистоти гіпсу, природного або синтетичного джерела гіпсу, вмісту води в будівельному гіпсі, вмісту глини в будівельному гіпсі і т.д.

[089] Крохмаль. У одному з важливих аспектів панелей згідно з даним винаходом і способів виготовлення зазначених панелей, склад суспензії середнього шару, як зазначено в Таблиці I вище, включає прежелатинізований крохмаль. Сирий крохмаль прежелатинізують шляхом варіння крохмалю у воді при температурах щонайменше 185 °F або за допомогою інших широко відомих способів викликати гелеутворення в крохмалі, який застосовується в середньому шарі панелі. Крохмаль можна включати до суспензії середнього шару в сухому вигляді, заздалегідь

диспергованим у рідкому вигляді або у вигляді комбінації обох зазначених способів. У сухому вигляді крохмаль можна вводити до змішувача для суспензії середнього шару разом із іншими сухими інгредієнтами або у вигляді окремої процедури, стадії чи етапу введення. У заздалегідь диспергованому вигляді крохмаль можна вводити з іншими рідкими інгредієнтами, такими як вода для замішування, або у вигляді окремої процедури, стадії або етапу введення.

[090] Деякими прикладами легкодоступних прежелатинізованих крохмалів, які можна застосовувати при практичній реалізації даного винаходу, є (зазначені комерційні найменування): крохмаль PCF1000, доступний від Lauhoff Grain Co.; і крохмалі AMERIKOR 818 і HQM PREGEL, обидва доступні від Archer Daniels Midland Co. У одному з важливих аспектів компонент крохмалю включає щонайменше прежелатинізований кукурудзяний крохмаль, такий як прежелатинізоване кукурудзяне борошно, доступне від Bunge Milling, St. Louis, Missouri. Такі прежелатинізовані крохмалі мають наступні типові характеристики: вологість 7,5 %, білок 8,0 %, олія 0,5 %, сире волокно 0,5 %, зола 0,3 %; мають міцність у сирому вигляді 0,48 psi; і мають вільну напісну щільність 35,0 фунтів/фут³.

[091] Волокна. У аспектах даного винаходу, що включають волокна, такі як зазначені в Таблиці I вище, і способах виготовлення зазначених панелей волокна можуть включати мінеральні волокна, скляні і/або вуглецеві волокна і суміші зазначених волокон, а також інші порівнянні волокна, що забезпечують панелям порівнянні переваги. У одному з важливих аспектів до гіпсової суспензії середнього шару та кристалічної структури середнього шару, яка утворюється, вводять скловолокно. Скляні волокна в зазначених аспектах можуть мати середню довжину від приблизно 0,5 до приблизно 0,75 дюйма й діаметр від приблизно 11 до приблизно 17 мікронів. У інших аспектах такі скляні волокна можуть мати середню довжину від приблизно 0,5 до приблизно 0,675 дюйма й діаметр від приблизно 13 до приблизно 16 мікронів. У інших аспектах застосовують волокна з Е-скла, яке має температуру розм'якшення вище приблизно 800 °C, і одними з волокон зазначеного типу є скляні волокна Advantex® (доступні від Owens Corning), що мають температуру розм'якшення вище щонайменше приблизно 900 °C. Замість або в комбінації зі скляними волокнами, такими як зазначені вище волокна, можна застосовувати мінеральну вату або вуглецеві волокна, такі як волокна, відомі середньому фахівцеві в даній області техніки.

[092] Фосфат. У одному з важливих аспектів панелей згідно з даним винаходом і способів виготовлення зазначених панелей, фосфатовмісний компонент, що містить сіль фосфату або інше джерело фосфат-йонів, вводять до гіпсової суспензії, застосовуваної для одержання гіпсового середнього шару панелей. Застосування зазначених фосфатів вносить вклад у забезпечення гіпсового середнього шару зі збільшеною міцністю, стійкістю до постійної деформації (наприклад, стійкістю до провисання), стабільністю розмірів і підвищеною міцністю панелей у вологому стані в порівнянні з затверділим гіпсом, виготовленим із суміші, що не містить фосфату. У багатьох зазначених аспектах джерело фосфату вводять у кількостях, достатніх для забезпечення стабільності розмірів панелі й середнього шару панелі в той час, поки напівводний гіпс у середньому шарі гідратується і утворює кристалічну структуру середнього шару двоводного гіпсу (наприклад, у проміжку часу між формуванням плити й обпаленням у процесі виготовлення). Крім того, відмітимо, що оскільки фосфат, що вводиться, діє як сповільнювач тужавлення, можна вводити відповідний прискорювач у необхідній кількості для подолання будь-яких небажаних сповільнюючих ефектів фосфату.

[093] Фосфатовмісні компоненти, підходящі для застосування в даному винаході, розчинні у воді й перебувають у вигляді йона, солі або кислоти, а саме – конденсовані фосфорні кислоти, кожна з яких містить 2 або більше ланок фосфорної кислоти; солі або йони конденсованих фосфатів, кожен із яких містить 2 або більше ланок фосфату; і одноосновні солі або одновалентні йони ортофосфатів, наприклад, такі як описано в Патентах США №№ 6342284, 6632550 і 6815049, зміст усіх з яких включений до даної заявки за допомогою посилань. Підходящі приклади таких класів фосфатів будуть очевидні фахівцеві в даній області техніки. Наприклад, будь-яку підходящу одноосновну ортофосфатовмісну сполуку можна застосовувати в практичній реалізації даного винаходу, включаючи, без обмеження, монофосфат амонію, монофосфат натрію, монофосфат калію і комбінації зазначених сполук. Переважною сіллю одноосновного фосфату є монофосфат калію.

[094] Аналогічно, будь-яку підходящу водорозчинну поліфосфатну сіль можна застосовувати згідно з даним винаходом. Поліфосфат може бути циклічним або ациклічним. Типові циклічні поліфосфати включають, наприклад, триметафосфатні солі й тетраметафосфатні солі. Триметафосфатна сіль може бути обрана, наприклад, із триметафосфату натрію (також називаного в даній заявці ТМФН), триметафосфату калію, триметафосфату літію, триметафосфату амонію і подібних солей або комбінацій зазначених солей.

[095] Також будь-яку підходящу ациклічну водорозчинну поліфосфатну сіль можна застосовувати згідно з даним винаходом. Ациклічна поліфосфатна сіль містить щонайменше дві фосфатні ланки. Як приклад, підходящі ациклічні поліфосфатні солі згідно з даним винаходом включають, без обмеження, пірофосфати, триполіфосфати, гексаметафосфат натрію, який

5 містить від приблизно 6 до приблизно 27 повторюваних фосфатних ланок, гексаметафосфат калію, який містить від приблизно 6 до приблизно 27 повторюваних фосфатних ланок, гексаметафосфат амонію, який містить від приблизно 6 до приблизно 27 повторюваних фосфатних ланок, і комбінації зазначених сполук. Переважною ациклічною поліфосфатною сіллю, відповідною до даного винаходу, є сіль, комерційно доступна як CALGON.RTM. від ICL

10 performance Products LP, St. Louis, Missouri, яка являє собою гексаметафосфат натрію, що містить від приблизно 6 до приблизно 27 повторюваних фосфатних ланок.

[096] Переважно, фосфатовмісна сполука обрана з групи, яка складається з триметафосфату натрію, що має молекулярну формулу $(\text{NaPO}_3)_3$, гексаметафосфату натрію, що містить 6 – 27 повторюваних ланок фосфату і має молекулярну формулу $\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, де $n = 6 - 27$, пірофосфату тетракалію, що має молекулярну формулу $\text{Na}_3\text{K}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$, триполіфосфату натрію, що має молекулярну формулу $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$, пірофосфату тетранатрію, що має молекулярну формулу $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$, триметафосфату алюмінію, що має молекулярну формулу $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$, кислого пірофосфату натрію, що має молекулярну формулу $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$, поліфосфату амонію, що містить 1000 – 3000 повторюваних ланок фосфату і має молекулярну формулу $(\text{NH}_4)_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, де $n = 1000 - 3000$, і поліфосфорної кислоти, що містить 2 або більше повторюваних ланок фосфорної кислоти і має молекулярну формулу $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$, де n дорівнює 2 або більше. Найбільш переважним є триметафосфат натрію, комерційно доступний від ICL

15 performance Products LP, St. Louis, Missouri.

[097] Фосфати зазвичай вводять у сухому вигляді і/або в рідкому вигляді у водному розчині, причому сухі інгредієнти вводять до змішувача для суспензії середнього шару, причому рідкі інгредієнти вводять до змішувача, або на інших стадіях або процедурах.

25

[098] Диспергатори. У іншому аспекті вогнестійких панелей з низькою масою та щільністю згідно з даним винаходом і способах виготовлення зазначених панелей, до суспензії гіпсового середнього шару можна включати диспергатори. Диспергатори можна вводити в сухому вигляді

30 разом із іншими сухими інгредієнтами і/або в водному розчині в рідкій формі, разом із іншими рідкими інгредієнтами в операції змішування суспензії середнього шару, або на інших стадіях або процедурах.

[099] У одному з важливих аспектів зазначені диспергатори можуть включати нафталінсульфонати, такі як полінафталінсульфонова кислота і солі зазначеної кислоти (полінафталінсульфонати), та похідні, що являють собою продукти конденсації нафталінсульфонових кислот і формальдегіду. Зазначені необхідні полінафталінсульфонати включають нафталінсульфонат натрію і кальцію. Середня молекулярна маса нафталінсульфонатів може варіюватися від приблизно 3000 до 27000, хоча є переважним, щоб молекулярна маса становила від приблизно 8000 до 10000. При заданому процентному вмісті

40 сухої речовини у водному розчині диспергатор із більш високою молекулярною масою має більшу в'язкість і породжує більше споживання води в складі, ніж диспергатор із більш низькою молекулярною масою.

[0100] Підходящі нафталінсульфонати включають DILOFLO, доступний від GEO Specialty Chemicals, Cleveland, Ohio; DAXAD, доступний від Hampshire Chemical Corp., Lexington, Massachusetts; і LOMAR D, доступний від GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana. Нафталінсульфонати переважно застосовують у вигляді водних розчинів зі вмістом сухої речовини, наприклад, у діапазоні 35 – 55 % за масою. Найбільш переважним є застосування нафталінсульфонатів у вигляді водного розчину зі вмістом сухої речовини, наприклад, у діапазоні 40 – 45 % за масою. Як варіант, якщо це можливо, нафталінсульфонати можна

50 застосовувати в сухій твердій або порошкоподібній формі, наприклад, такий як LOMAR D.

[0101] Альтернативно, в інших аспектах даного винаходу, можна застосовувати полікарбоксилатні диспергатори, підходящі для покращення текучості гіпсових суспензій. Ряд полікарбоксилатних диспергаторів, особливо полікарбоксильні прості ефіри, є переважними типами диспергаторів. Один із переважних класів диспергаторів, що застосовуються в суспензіях, включає дві повторювані ланки. Зазначений диспергатор додатково описаний у Патенті США № 7767019 під заголовком «Gypsum Products Utilizing a Two-Repeating Unit System and Process for Making Them», зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Зазначені диспергатори є продуктами BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg Germany) і постачаються BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, GA) (тут і далі «BASF»), і згадуються

55 тут і далі як «диспергатори типу PCE211». Особливо підходящий диспергатор із диспергаторів

60

типу PCE211 позначений PCE211 (тут і далі «211»). Інші полімери з зазначеного ряду, підходящі для даного винаходу, включають PCE111. Диспергатори типу PCE211 більш повно описані в заявці на патент США № 11/827,722 (№ публікації US 2007/0255032A1), поданій 13 липня 2007 р., під заголовком «Polyether-Containing Copolymer», зміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання.

[0102] Молекулярна маса одного з типів зазначених диспергаторів типу PCE211 може становити від приблизно 20000 до приблизно 60000 Дальтон. Було виявлено, що диспергатори з більш низькою молекулярною масою викликають меншу затримку часу тужавлення, ніж диспергатори, що мають молекулярну масу вище 60000 Дальтон. У цілому, більша довжина бічного ланцюга, яка призводить до збільшення загальної молекулярної маси, забезпечує диспергованість. Проте, випробування з гіпсом показали, що ефективність диспергатора знижується, якщо молекулярна маса перевищує 50000 Дальтон.

[0103] Інший клас полікарбоксилатних сполук, підходящих як диспергатори згідно з даним винаходом, описаний у Патенті США № 6777517, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання, та позначений тут і далі як «диспергатор типу 2641». Диспергатори типу PCE211 і типу 2641 виробляються BASF Construction Polymers, GmbH (Trostberg, Germany) і продаються в США BASF Construction Polymers, Inc. (Kennesaw, Ga.). Переважні диспергатори типу 2641 продаються BASF як диспергатори MELFLUX 2641F, MELFLUX 2651F і MELFLUX 2500L.

[0104] Інша переважна група диспергаторів продається BASF і позначена як «диспергатори типу 1641». Зазначені диспергатори більш повно описані в Патенті США № 5798425, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Один із таких диспергаторів типу 1641 являє собою диспергатор, що продається BASF під назвою диспергатор MELFLUX 1641F. Інші диспергатори, які можна застосовувати, включають інші полікарбоксилатні прості ефіри, такі як COATEX Ethacryl M, доступний від Coatex, Inc. of Chester, SC і лігносульфонати або сульфонований лігнін. Лігносульфонати являють собою водорозчинні аніонні поліелектролітні полімери, побічні продукти виробництва целюлози за сульфітною технологією. Одним із прикладів лігніну, підходящого для даного винаходу, є Marasperse C-21, доступний від Reed Lignin, Greenwich, Conn.

[0105] Сповільнювачі/Прискорювач. Сповільнювачі тужавлення (до приблизно 2 фунтів/тис.кв.футів ($9,8 \text{ г/м}^2$)) або сухі прискорювачі (до приблизно 35 фунтів/тис.кв.футів (170 г/м^2)) можна вводити в деякі аспекти суспензії середнього шару для зміни швидкості, з якою протікають реакції гідратації будівельного гіпсу. «CSA» являє собою прискорювач тужавлення, який включає 95 % дигідрату сульфату кальцію, розмеленого разом із 5 % цукру, а потім нагрітого до 250 °F (121 °C) для карамелізації цукру. CSA доступний від USG Corporation, Southard, Okla. plant і отриманий згідно з патентом США № 3573947, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Сульфат калію являє собою інший переважний прискорювач. HRA, який є переважним прискорювачем, являє собою дигідрат сульфату кальцію, свіжорозмелений із цукром у відношенні від приблизно 5 до 25 фунтів цукру на 100 фунтів дигідрату сульфату кальцію. Зазначений прискорювач додатково описаний у Патенті США № 2078199, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Обидва зазначені прискорювачі є переважними.

[0106] Інший прискорювач, відомий як вологий гіпсовий прискорювач або WGA, також є переважним прискорювачем. Опис застосування і способу одержання вологого гіпсового прискорювача представлений у Патенті США № 6409825, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Зазначений прискорювач включає щонайменше одну добавку, обрану з групи, яка складається з органічної фосфонової сполуки, фосфатовмісної сполуки або сумішей зазначених сполук. Цей конкретний прискорювач має значну довговічність і зберігає свою ефективність протягом такого часу, що вологий гіпсовий прискорювач можна робити, зберігати і навіть перевозити на довгі відстані перед застосуванням. Вологий гіпсовий прискорювач застосовують у кількостях у діапазоні від приблизно 5 до приблизно 80 фунтів на тисячу квадратних футів (від 24,3 до 390 г/м^2) гіпсової панелі.

[0107] Піна. У одному з важливих аспектів до суспензії середнього шару можна вводити піну в кількостях, що забезпечують зазначені вище знижену щільність середнього шару та масу панелі. Введення піни до суспензії середнього шару у відповідних кількостях, складах і способах буде забезпечувати необхідну мережу та розподіл пустот у середньому шарі готових висушених панелей. Зазначена структура пустот дозволяє зменшити кількість гіпсу та інших складових середнього шару і маси та щільності середнього шару, при цьому зі збереженням необхідних конструкційних властивостей і властивостей міцності панелей. Приклади застосування спінюючих агентів для одержання необхідних структур пустот включають приклади, що

обговорюються в патенті США № 5643510, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання. Підходи для введення піни до суспензії середнього шару відомі в даній області техніки, і один із прикладів зазначених підходів обговорюється в патенті США № 5683635, зміст якого включений до даної заявки за допомогою посилання.

5 [0108] Облицювальні листи. У деяких аспектах даного винаходу перший облицювальний лист містить низькопористий манільський папір, на який наносять гіпсову суспензію (зазначений лист зазвичай являє собою поверхню панелі, що зазнає впливу, при використанні в будівельному застосуванні). Газетний папір можна застосовувати як другий облицювальний лист, який поміщають на суспензію середнього шару в ході формувального процесу (зазначений лист зазвичай являє собою задню приховану поверхню панелі при використанні в будівельному застосуванні). У інших застосуваннях як один або обидва облицювальні листи можна застосовувати неткані скловолоконні мати, листові матеріали або інші волокнисті чи неволоконні матеріали, або комбінації паперу з іншими волокнистими матеріалами.

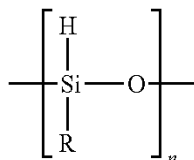
10 [0109] У аспектах із застосуванням паперу або аналогічних облицювальних листів, перший облицювальний лист має більшу щільність і основну масу, ніж другий облицювальний лист. Наприклад, у деяких аспектах перший облицювальний лист має основну масу від приблизно 40 до 60 фунтів/тис.кв.футів, а другий облицювальний лист має основну масу від приблизно 35 до 45 фунтів/тис.кв.футів. Застосування такого важкого манільського паперу для першого облицювального листа є переважним, оскільки це покращує властивості панелі при протягуванні цвяха і згині в усіх застосуваннях, особливо в стельових застосуваннях.

20 [0110] Облицювальні листи можна включати або на поверхні облицювальних листів, що зазнають впливу, можуть бути нанесені покриття з матеріалів, що забезпечують поверхні, підходящі для конкретних будівельних застосувань, таких як зовнішня обшивка, покрівля, основа плитки і т.д.

25 [0111] Силоксан. Несподівано було виявлено, що комбінація більш ніж 2 % за масою від маси гіпсу прежелатинізованого крохмалю та щонайменше приблизно 0,4 %, і переважно щонайменше приблизно 0,7 %, за масою від маси гіпсу силоксану буде забезпечувати гіпсові панелі з поглинанням води менше 5 %. Це особливо несподівано, оскільки панелі зі зменшеною масою та щільністю містять набагато більше пустот для повітря і/або води, ніж звичайні панелі, і можна було б очікувати, що зазначені пустоти зроблять панелі з низькою масою набагато більш водопоглинаючими. Також було несподівано виявлено, що полімеризовані силіконові смоли зменшують усадку панелі в умовах високотемпературного нагрівання.

30 [0112] Даний винахід загалом включає покращення водостійкості виробів на основі гіпсу шляхом введення здатного до полімеризації силоксану до суспензії, яка застосовується для виготовлення виробів на основі гіпсу. Переважно силоксан вводять у вигляді емульсії. Потім суспензії надають форму й висушують в умовах, що сприяють полімеризації силоксану з утворенням вискозшитої силіконової смоли. Переважно до гіпсової суспензії вводять каталізатор, який сприяє полімеризації силоксану з утворенням вискозшитої силіконової смоли.

40 [0113] Переважно, силоксан у цілому являє собою рідкий лінійний модифікований воднем силоксан, але може також являти собою циклічний модифікований воднем силоксан. Такі силоксани здатні утворювати вискозшиті силіконові смоли. Такі рідини добре відомі середньому фахівцеві в даній області техніки, комерційно доступні й описані в патентній літературі. Зазвичай лінійний модифікований воднем силоксан, застосовуваний у практичній реалізації даного винаходу, включає силоксан, що містить повторювану ланку загальної формули:



50 де R являє собою насичений або ненасичений одновалентний вуглеводневий радикал. У переважних варіантах реалізації R являє собою алкільну групу і найбільш переважно R являє собою метильну групу. У ході полімеризації кінцеві групи видаляються шляхом конденсації й силоксанові групи зв'язуються між собою з утворенням силіконової смоли. Також

спостерігається поперечна зшивка ланцюгів. Отримана силіконова смола надає водостійкості гіпсовій матриці при її утворенні.

[0114] Переважно як силоксан будуть застосовувати рідкий метилводневий силоксан, що не містить розчинника, який продається під найменуванням SILRES BS 94 від Wacker-Chemie GmbH (Munich, Germany). Виробник вказує, що даний продукт являє собою рідкий силоксан, який не містить води чи розчинників. Вважають, що можна застосовувати від приблизно 0,3 до 1,0 % силоксану BS 94, від маси сухих інгредієнтів. Переважно застосовувати від приблизно 0,4 до приблизно 0,8 % силоксану від маси сухого будівельного гіпсу.

[0115] Силоксан одержують у вигляді емульсії або стабільної суспензії у воді. Ряд силоксанових емульсій розглядають для застосування в зазначеній суспензії. Емульсії силоксану у воді також є доступними в продажу, але вони можуть включати емульгуючі агенти, які схильні модифікувати властивості гіпсових виробів, такі як зв'язок паперу з гіпсовими панельними продуктами. Отже, переважними є емульсії або стабільні суспензії, отримані без застосування емульгатора. Переважно суспензію будуть одержувати *in situ* шляхом змішування рідкого силоксану з водою. Суттєво, щоб силоксанова суспензія була стабільною до моменту застосування й залишалася добре диспергованою в умовах суспензії. Силоксанова суспензія або емульсія повинна залишатися добре диспергованою у присутності можливих добавок, таких як прискорювачі тужавлення, які можуть бути присутніми в суспензії. Силоксанова емульсія або суспензія також повинна залишатися стабільною протягом стадій формування гіпсових панелей. Переважно суспензія залишається стабільною протягом більш ніж 40 хвилин. Більш переважно суспензія залишається стабільною протягом щонайменше однієї години. Далі в обговоренні й формулі винаходу термін «емульсія» призначений включати стійкі емульсії та суспензії, стабільні щонайменше до моменту затвердіння будівельного гіпсу на 50 %.

[0116] Не бажаючи обмежуватися теорією, вважають, що водостійкість розвивається при твердінні силоксану всередині сформованих панелей і що щонайменше 2,0 % за масою прежелатинізованого крохмалю діє разом із силоксаном, сповільнюючи попадання води через мікропори в краях панелі, в першу чергу, блокуючи вступ води, а потім, після всмоктування води крохмалем, шляхом утворення високов'язкої комбінації крохмаль/вода.

[0117] Реакція полімеризації силоксану сама по собі протікає повільно, і необхідно зберігати панелі протягом достатнього часу для розвитку водостійкості перед перевезенням. Відомо, що каталізатори прискорюють реакцію полімеризації, зменшуючи або виключаючи час, необхідний для зберігання гіпсових панелей при розвитку водостійкості. Застосування намертво обпаленого оксиду магнію для полімеризації силоксану описане в заявці на патент США № 10/917177, що перебуває на сумісному розгляді, під заголовком «Method of Making Water-Resistant Gypsum-Based Article», зміст якої включений до даної заявки за допомогою посилання. Намертво обпалений оксид магнію нерозчинний у воді й менше взаємодіє з іншими компонентами суспензії. Він прискорює твердіння силоксану і, в деяких випадках, викликає більш повне твердіння силоксану. Він комерційно доступний із постійним складом. Особливо переважним джерелом намертво обпаленого оксиду магнію є BAYMAG 96. Він має площу поверхні за БЕТ щонайменше 0,3 м²/г. Втрати при прокалюванні менше 0,1 % за масою. Оксид магнію переважно застосовують у кількостях від приблизно 0,1 до приблизно 0,5 % від маси сухого будівельного гіпсу.

[0118] У продажу існує щонайменше три види оксиду магнію в залежності від температури обпалення. «Намертво обпалений» оксид магнію обпалюють між 1500 °C і 2000 °C, усуваючи більшу частину активності, якщо не всю активність. MagChem P98-PV (Martin Marietta Magnesia Specialties, Bethesda, Md.) являє собою приклад «намертво обпаленого» оксиду магнію. BayMag 96 (Baymag, Inc. of Calgary, Alberta, Canada) і MagChem 10 (Martin Marietta Magnesia Specialties, Bethesda, Md.) являють собою приклади «сильно обпаленого» оксиду магнію. «Сильно обпалений» оксид магнію обпалюють між 1000 °C і 1500 °C. Він має вузький діапазон активності, високу щільність і зазвичай використовується в застосуваннях, що потребують повільного розкладання або хімічної активності, таких як корм для тварин і добриво. Третій тип являє собою «слабко обпалений» або «каустичний» оксид магнію, який одержують обпаленням при температурах від приблизно 700 °C до приблизно 1000 °C. Цей тип оксиду магнію використовують у широкому діапазоні застосувань, включаючи переробку пластику, гуми, паперу і целюлози, добавки в сталеві парові казани, адгезиви і нейтралізацію кислот. Приклади слабо обпаленого оксиду магнію включають BayMag 30, BayMag 40 і BayMag 30 (-325 Mesh) (BayMag, Inc. of Calgary, Alberta, Canada).

[0119] Було виявлено, що переважні каталізатори одержують із суміші оксиду магнію та золи-винесення класу С. При комбінуванні зазначеним чином є підходящими будь-які види оксиду магнію. Проте є переважними намертво обпалений і сильно обпалений оксиди магнію

через знижену активність. Відносно висока активність оксидів магнію може призвести до реакцій розтріскування з можливим виділенням водню. При виділенні водню продукт розширюється, викликаючи тріщини там, де будівельний гіпс затужавів. Розширення також викликає руйнування форм, до яких налитий будівельний гіпс, призводячи до втрати деталей і деформації продукту в одному або більше вимірах. Переважно, BayMag 96, MagChem P98-PV і MagChem 10 є переважними джерелами оксиду магнію. Переважно оксид магнію та золу-винесення вводять до будівельного гіпсу перед введенням отриманої суміші у воду для замішування. Сухі компоненти, такі як зазначені, часто вводять до будівельного гіпсу в той час, поки він рухається по конвеєру до змішувача.

[0120] Переважною золою-винесенням є зола-винесення класу С. Гідралічна зола-винесення класу С є найбільш переважним компонентом золи-винесення. Типовий склад золи-винесення класу С показаний у Таблиці 1. Золу-винесення з високим вмістом вапна, більше 20 % вапна за масою, одержують при переробці певних видів вугілля. У стандарті ASTM, позначеному С-618, включеному до даної заявки за допомогою посилання, описані характеристики золи-винесення класу С. Переважно золу-винесення класу С постачає Bayou Ash Inc., Big Cajun, II, L A. Переважно золу-винесення застосовують у кількості від приблизно 0,1 % до приблизно 5 % від маси сухого будівельного гіпсу. Більш переважно, золу-винесення застосовують у кількості від приблизно 0,2 % до приблизно 1,5 % від маси сухого будівельного гіпсу.

[0121] Каталіз силосану призводить до більш швидкої та більш повної полімеризації та поперечного зшивання силосану з утворенням силіконової смоли. Гідратація будівельного гіпсу утворює матрицю, що переплітається, кристалів дигідрату сульфату кальцію. Під час утворення гіпсової матриці молекули силосану також утворюють матрицю силіконової смоли. Оскільки зазначені матриці утворюються одночасно, щонайменше частково, то зазначені дві матриці переплітаються між собою. Надлишок води та добавки до суспензії, включаючи золу-винесення, оксид магнію й описані нижче добавки, які були дисперговані в об'ємі суспензії, виявляються диспергованими в матрицях у просторах між частками для досягнення водостійкості на всьому протязі середнього шару панелі. Високий вміст прежелатинізованого крохмалю діє разом із силосаном для затримання проникнення води вздовж найбільш уразливих країв панелі.

[0122] У деяких варіантах реалізації гіпсова панель включає затверділий гіпсовий середній шар між верхнім і нижнім облицювальними листами. Панель має щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут і показник теплоізоляції більше приблизно 17 хвилин. У інших варіантах реалізації гіпсова панель має номінальну товщину приблизно 0,625 дюйма. У інших варіантах реалізації гіпсова панель має номінальну товщину приблизно 0,625 дюйма і показник теплоізоляції щонайменше приблизно 18 хвилин.

[0123] У деяких варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель містить затверділий гіпсовий середній шар між верхнім і нижнім облицювальними листами. Панель має щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут. Панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, підготовлену й піддану випробуванню вогнем згідно з методиками UL U419, причому одна поверхня зазнає впливу джерела тепла, а протилежна поверхня не зазнає нагрівання, так що максимальна температура в одній точці на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 415 °F приблизно протягом 30 хвилин при вимірюванні згідно з UL U419. У інших варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, так що середня температура на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 340 °F приблизно протягом 30 хвилин при вимірюванні згідно з UL U419.

[0124] У деяких варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель містить затверділий гіпсовий середній шар між верхнім і нижнім облицювальними листами. Панель має щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут. Панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, підготовлену й піддану випробуванню вогнем згідно з методиками UL U305, причому одна поверхня зазнає впливу джерела тепла, а протилежна поверхня не зазнає нагрівання, так що максимальна температура в одній точці на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 415 °F приблизно протягом 45 хвилин при вимірюванні згідно з UL U305.

[0125] У інших варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, так що максимальна температура в одній точці на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 270 °F приблизно протягом 45 хвилин при вимірюванні згідно з UL U305. У інших варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, так що середня температура на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 340 °F приблизно протягом 45 хвилин

при вимірюванні згідно з UL U305. У інших варіантах реалізації вогнестійка гіпсова панель ефективно сповільнює передачу тепла через конструкцію, так що середня температура на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 245 °F приблизно протягом 45 хвилин при вимірюванні згідно з UL U305.

5 [0126] У деяких варіантах реалізації панель має щільність середнього шару від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут і показник теплоізоляції вище приблизно 17,0 хвилин. Гіпсова панель містить: (a) приблизно 1220–1750 фунтів/тис.кв.футів затверділого гіпсу; (b) приблизно 0,3–4,0 % за масою прежелатинізованого крохмалю; (c) приблизно 0,15–0,50 % за масою фосфатовмісного компонента; (d) приблизно 0,3–1,5 % за масою диспергатора; (e) 10 приблизно 0,1–0,3 % за масою мінерального, скляного або вуглецевого волокна; і (f) порожнини піни в кількості, ефективній для забезпечення певної щільності панелі. Процентні вмісти за масою розраховані від маси затверділого гіпсу, і значення фунтів/тис.кв.футів наведені для панелі номінальною товщиною 0,625 дюйма. У інших варіантах реалізації значення фунтів/тис.кв.футів затверділого гіпсу пропорційно виправлені для панелі номінальною 15 товщиною від приблизно 0,625 до приблизно 0,75 дюйма.

[0127] У інших варіантах реалізації гіпсова панель містить: (a) приблизно 1315–1610 фунтів/тис.кв.футів затверділого гіпсу; (b) приблизно 0,5–2,0 % за масою прежелатинізованого крохмалю; (c) приблизно 0,10–0,15 % за масою фосфату; (d) приблизно 0,5–1,2 % за масою диспергатора; (e) приблизно 0,1–0,3 % за масою мінерального, скляного 20 або вуглецевого волокна; і (f) порожнини піни в кількості, ефективній для забезпечення певної щільності панелі. Процентні вмісти за масою розраховані від маси затверділого гіпсу, значення фунтів/тис.кв.футів наведені для панелі номінальною товщиною 5/8 дюйма і пропорційно регулюються для більш товстих або більш тонких панелей.

[0128] У інших варіантах реалізації гіпсова панель містить: (a) приблизно 1360–1460 фунтів/тис.кв.футів затверділого гіпсу; (b) приблизно 1,5–1,8 % за масою прежелатинізованого крохмалю; (c) приблизно 0,10–0,15 % за масою фосфату; (d) приблизно 0,75–1,0 % за масою диспергатора; (e) приблизно 0,1–0,3 % за масою мінерального, скляного 25 або вуглецевого волокна; і (f) порожнини піни в кількості, ефективній для забезпечення певної щільності панелі. Процентні вмісти за масою розраховані від маси затверділого гіпсу, значення фунтів/тис.кв.футів наведені для панелі номінальною товщиною 5/8 дюйма і пропорційно регулюються для більш товстих або більш тонких панелей.

[0129] У інших варіантах реалізації, гіпсова панель містить паперові облицювальні листи, причому перший облицювальний лист має масу приблизно 40–60 фунтів/тис.кв.футів. У інших 30 варіантах реалізації щільність панелі становить від приблизно 29 до приблизно 34 фунтів на кубічний фут. У інших варіантах реалізації щільність панелі становить від приблизно 30 до приблизно 32 фунтів на кубічний фут.

[0130] У інших варіантах реалізації гіпсова панель містить щонайменше 0,4 % за масою силосану від маси затверділого гіпсу. У деяких варіантах реалізації високотемпературна усадка панелі менша, ніж високотемпературна усадка панелі з тих же кількостей складових 40 частин без силосану. У деяких варіантах реалізації гіпсова панель містить більше 2 % за масою прежелатинізованого крохмалю. У деяких варіантах реалізації високотемпературна усадка панелі менша, ніж високотемпературна усадка панелі з тих же кількостей складових частин без силосану. У деяких варіантах реалізації високотемпературна усадка панелі становить приблизно 50 % від високотемпературної усадки панелі з тих же кількостей 45 складових частин без силосану.

[0131] У інших варіантах реалізації фосфатовмісний компонент розчинний у воді та обраний із групи, яка складається з конденсованої фосфорної кислоти, що містить дві або більше ланки фосфорної кислоти, солі або йона конденсованого фосфату, який містить дві або більше фосфатні ланки, одноосновної солі або одновалентного йона ортофосфату і комбінації 50 зазначених сполук. У деяких варіантах реалізації фосфатовмісний компонент містить циклічний поліфосфат.

[0132] У деяких варіантах реалізації конструкція гіпсових панелей змонтована на металевих опорах. Гіпсові панелі містять середній шар затверділого гіпсу між верхнім і нижнім облицювальними листами. Середній шар має щільність від приблизно 27 до приблизно 37 фунтів на кубічний фут і забезпечує конструкцію з установленою вогнестійкістю щонайменше 55 30 хвилин у випробуванні згідно з методиками UL U419. У деяких варіантах реалізації гіпсові панелі в конструкції змонтовані, і гіпсові панелі забезпечують установлену вогнестійкість щонайменше 30 хвилин у випробуванні згідно з методиками UL 305.

[0133] У деяких варіантах реалізації спосіб виготовлення вогнестійкої гіпсової панелі, яка 60 має показник теплоізоляції щонайменше 17,0 хвилин, включає забезпечення суспензії.

Суспензія містить: (а) приблизно 1040–1490 фунтів/тис.кв.футів будівельного гіпсу, (b) приблизно 0,3–4,0 % за масою прежелатинізованого крохмалю, (с) приблизно 0,15–0,50 % за масою фосфату, (d) приблизно 0,3–1,5 % за масою диспергатора, (е) приблизно 0,1–0,3 % за масою мінерального, скляного або вуглецевого волокна; і (f) кількість піни, ефективну для забезпечення щільності середнього шару від приблизно 25 до приблизно 36 фунтів на кубічний фут. Суспензію наносять на перший облицювальний лист. Суспензію накривають другим облицювальним листом для формування панелі. Підтримують заздалегідь задану номінальну товщину панелі, поки відбувається гідратація суспензії середнього шару. Панель нарізають на необхідні розміри. Панель висушують. Процентні вмісти за масою розраховані від маси будівельного гіпсу, і значення фунтів/тис.кв.футів наведені для панелі номінальною товщиною 0,625 дюйма.

[0134] У інших варіантах реалізації значення фунтів/тис.кв.футів будівельного гіпсу пропорційно регулюються для панелей із номінальною товщиною від приблизно 0,625 до приблизно 0,75 дюйма. У інших варіантах реалізації конструкція з гіпсових панелей, виготовлених за допомогою способу згідно з даним винаходом, змонтована на металевих опорах. Зазначена конструкція забезпечує встановлену вогнестійкість щонайменше 30 хвилин у випробуванні згідно з методиками UL U419.

ПРИКЛАДИ

[0135] Наступні приклади додатково ілюструють аспекти винаходу, описаного в даній заявці, але не призначені яким-небудь чином обмежувати об'єм даного винаходу. Усі значення, зазначені в даному описі (наприклад, маси, процентні вмісти, температури, розміри, час і т.д.), встановлені в результаті вимірювань і включають відхилення вимірювань і межі похибок, відображені в даних, а також ті, з якими зазвичай зустрічається середній фахівець у даній області техніки, для конкретного компонента, випробування, властивості або спостереження, до якого ці значення відносяться.

Приклад 1

[0136] Склади зразків гіпсової суспензії.

[0137] Склади гіпсової суспензії показані в Таблиці 1 нижче. Усі значення в Таблиці 1 виражені як масові відсотки від маси сухого будівельного гіпсу. Значення в дужках являють собою суху масу в фунтах (фунтів/тис.кв.футів для панелі номінальною товщиною 1/2 дюйма).

ТАБЛИЦЯ 1

Компонент	Склад А	Склад В
Будівельний гіпс (фунтів/тис.кв.футів)	(732)	(704)
Триметафосфат натрію	0,20 (1,50)	0,30 (2,14)
Диспергатор (нафталінсульфонат)	0,18 (1,35)	0,58 ¹ (4,05)
Прежелатинізований крохмаль	2,7 (20)	6,4 (45)
Крохмаль для плит	0,41 (3,0)	0
Термостійкий прискорювач (HRA)	(15)	(15)
Скловолокно	0,27 (2,0)	0,28 (2,0)
Паперове волокно	0	0,99 (7,0)
Мило*	0,03 (0,192)	0,03 (0,192)
Загальна вода (ф)	805	852
Відношення вода / будівельний гіпс	1,10	1,21

*застосовують для попереднього одержання піни.

¹ 1,28 % за масою у вигляді 45 % водного розчину.

Приклад 2

[0138] Виготовлення панелей.

[0139] Зразки гіпсових панелей (номінальною товщиною приблизно 1/2 дюйма) виготовляли згідно з Патентами США №№ 6342284, виданому Yu et al., і 6632550, виданому Yu et al., зміст яких включений до даної заявки за допомогою посилань. Спосіб включав окреме одержання

піни і введення піни до суспензії з інших інгредієнтів, як описано в Прикладі 5 зазначених патентів.

- [0140] Результати випробувань гіпсових панелей, виготовлених із використанням Складів А і В з Прикладу 1, і контрольного зразка показані в Таблиці 2 нижче. У даному прикладі та в інших прикладах нижче випробування на опір протягуванню цвяха, твердість середнього шару й міцність на згин проводили згідно з ASTM C-473. Додатково відмітимо, що типова гіпсова панель була приблизно ½ дюйма товщиною й мала масу між приблизно 1600 і 1800 фунтів на 1000 квадратних футів матеріалу, або фунтів/тис.кв.футів. («тис.кв.футів» являє собою стандартне скорочення в даній області техніки для тисячі квадратних футів; це одиниця вимірювання площі для коробок, гофрованого матеріалу і стінових панелей).

ТАБЛИЦЯ 2

Результат лабораторного випробування	Контрольна плита	Плита складу А	Плита складу В
Маса плити (фунтів/тис.кв.футів)	1587	1066	1042
Опір протягуванню цвяха (фунт)	81,7	50,2	72,8
Твердість середнього шару (фунт)	16,3	5,2	11,6
Навантаження на зчеплення при зволоженні (фунт)	17,3	20,3	15,1
Порушення зчеплення при зволоженні (%)	0,6	5	11,1
Міцність на згин, лицьовою стороною вгору (ВП) (фунт)	47	47,2	52,6
Міцність на згин, лицьовою стороною вниз (ВП) (фунт)	51,5	66,7	78,8
Міцність на згин, лицьовою стороною вгору (ПП) (фунт)	150	135,9	173,1
Міцність на згин, лицьовою стороною вниз (ПП) (фунт)	144,4	125,5	165,4

ВП: напрямок вздовж полотна

ПП: напрямок уперек полотна

- [0141] Як показано в Таблиці 2, гіпсові панелі, виготовлені зі суспензій Складів А і В, мали значне зниження маси в порівнянні з контрольною плитою. Знову звертаючись до Таблиці 1, порівняння плити Складу А з плитою Складу В є найбільш переконливим. Відношення вода/будівельний гіпс (в/г) є близькими для Складу А і Складу В. Значно більш високий вміст нафталінсульфонатного диспергатора також був використаний у Складі В. Також у Складі В було використано значно більше прежелатинізованого крохмалю, приблизно 6 % за масою, – більш ніж на 100 % більше, ніж у Складі А, що супроводжувалося помітним збільшенням міцності. Навіть при тому, що витрати води на одержання необхідної текучості залишалися низькими для суспензії Складу В, різниця склала приблизно 10 % у порівнянні зі Складом А. Низькі витрати води в обох складах приписують синергічній дії комбінації нафталінсульфонатного диспергатора і триметафосфату натрію в гіпсовій суспензії, яка збільшує текучість гіпсової суспензії, навіть у присутності значно більш високої кількості прежелатинізованого крохмалю.

[0142] Як показано в Таблиці 2, гіпсові панелі, виготовлені з суспензії Складу В, мали значно збільшену міцність у порівнянні з панелями, виготовленими з суспензії Складу А. Завдяки включенню підвищених кількостей прежелатинізованого крохмалю до комбінацій із підвищеними кількостями нафталінсульфонатного диспергатора й триметафосфату натрію, опір

протягуванню цвяха для плити Складу В зріс на 45 % у порівнянні з плитою Складу А. Значне збільшення міцності на згин також спостерігалось для плити Складу В в порівнянні з плитою Складу А.

Приклад 3

5 [0143] Випробування зменшення маси гіпсової панелі товщиною 1/2 дюйма.

[0144] Додаткові приклади гіпсових панелей (плити С, D і Е), включаючи склади суспензій і результати випробувань, показані в Таблиці 3 нижче. Склади суспензій у Таблиці 3 включають основні компоненти суспензій. Значення в дужках виражені в масових відсотках від маси сухого будівельного гіпсу.

10

ТАБЛИЦЯ 3

Компонент/параметр дослідного складу	Контрольна плита	Плита Складу С	Плита Складу D	Плита Складу Е
Сухий будівельний гіпс (фунтів/тис.кв.футів)	1300	1281	1196	1070
Прискорювач (фунтів/тис.кв.футів)	9,2	9,2	9,2	9,2
DILOFLO [†] (фунтів/тис.кв.футів)	4,1 (0,32 %)	8,1 (0,63 %)	8,1 (0,68 %)	8,1 (0,76 %)
Звичайний крохмаль (фунтів/тис.кв.футів)	5,6 (0,43 %)	0	0	0
Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль (фунтів/тис.кв.футів)	0	10 (0,78 %)	10 (0,84 %)	10 (0,93 %)
Триметафосфат натрію (фунтів/тис.кв.футів)	0,7 (0,05 %)	1,6 (0,12 %)	1,6 (0,13 %)	1,6 (0,15 %)
Відношення загальної води до будівельного гіпсу (в/г)	0,82	0,82	0,82	0,84
Результати випробувань дослідного складу				
Маса сухої плити (фунтів/тис.кв.футів)	1611	1570	1451	1320
Опір протягуванню цвяха (фунт)	77,3 [†]	85,5	77,2	65,2

[†] стандарт ASTM: 77 ф

¹ DILOFLO являє собою 45 % розчин нафталінсульфонату у воді

[0145] Як показано в Таблиці 3, плити С, D і Е були виготовлені з суспензії, яка містить значно збільшені кількості крохмалю, диспергатора DILOFLO і триметафосфату натрію в порівнянні з контрольними панелями (приблизно двократне збільшення процентного вмісту крохмалю та диспергатора і двократне – трикратне збільшення вмісту триметафосфату) при збереженні постійного відношення в/г. Проте, міцність, виміряна як опір протягуванню цвяха, не піддалася значному впливу, в той час як маса панелей значно зменшилася. Отже, в зазначеному прикладі варіанта реалізації даного винаходу може бути забезпечений новий склад (такий як, наприклад, плита D) зі збільшеним вмістом крохмалю в підходящій для застосування текучій суспензії при збереженні підходящої міцності.

Приклад 4

[0146] Випробування на міцність мокрого гіпсового куба.

[0147] Випробування на міцність мокрого гіпсового куба проводили з використанням будівельного гіпсу для плит Southard CKS, доступного від United States Gypsum Corp., Chicago, Illinois, і водопровідної води в лабораторії для визначення міцності на стискання в мокрому стані. Застосовували наступну методику лабораторного випробування.

[0148] Будівельний гіпс (1000 г), CSA (2 г) і водопровідну воду (1200 см³) приблизно при 70 °F застосовували для виливка кожного мокрого гіпсового куба. Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль (20 г, 2,0 % від маси будівельного гіпсу) і CSA (2 г, 0,2 % від маси

будівельного гіпсу) ретельно змішували в сухому вигляді, спочатку в пластиковому мішку з будівельним гіпсом перед змішуванням з розчином у водопровідній воді, який містить одночасно нафталінсульфонатний диспергатор і триметафосфат натрію. Застосовуваний диспергатор являв собою диспергатор DILOFLO (1,0 – 2,0 %, як зазначено в Таблиці 4).

5 Застосовували різні кількості триметафосфату натрію, також зазначені в Таблиці 4.

[0149] Сухі інгредієнти і водний розчин спочатку з'єднували в лабораторному змішувачі Warning, отриману суміш залишали набрякнути протягом 10 сек, а потім перемішували отриману суміш на низькій швидкості протягом 10 сек для одержання суспензії. Потім отриману суспензію відливали в три кубічні форми 2" × 2" × 2". Потім відлиті куби вилучали з форм, зважували й запечатували в пластикові мішки для запобігання втраті вологи до проведення випробування на міцність на стискання. Міцність на стискання мокрих кубів вимірювали за допомогою апарата ATS і реєстрували як середнє значення в фунтах на квадратний дюйм (psi). Одержали наступні результати:

ТАБЛИЦЯ 4

Зразок для випробувань №	Триметафосфат натрію, грами (мас. % від сухого будівельного гіпсу)	DILOFLO ¹ (мас. % від сухого будівельного гіпсу)	Маса мокрого куба (2" × 2" × 2"), г	Міцність на стискання мокрого куба, psi
1	0	1,5	183,57	321
2	0,5 (0,05)	1,5	183,11	357
3	1 (0,1)	1,5	183,19	360
4	2 (0,2)	1,5	183,51	361
5	4 (0,4)	1,5	183,65	381
6	10 (1,0)	1,5	183,47	369
7	0	1,0	184,02	345
8	0,5 (0,05)	1,0	183,66	349
9	1 (0,1)	1,0	183,93	356
10	2 (0,2)	1,0	182,67	366
11	4 (0,4)	1,0	183,53	365
12	10 (1,0)	1,0	183,48	341
13	0	2,0	183,33	345
14	0,5 (0,05)	2,0	184,06	356
15	1 (0,1)	2,0	184,3	363
16	2 (0,2)	2,0	184,02	363
17	4 (0,4)	2,0	183,5	368
18	10 (1,0)	2,0	182,68	339

¹ DILOFLO являє собою 45 % розчин нафталінсульфонату у воді

15

[0150] Як показано в Таблиці 4, зразки 4-5, 10-11 і 17, які мали вміст триметафосфату натрію в діапазоні приблизно 0,12 – 0,4 % згідно з даним винаходом, у цілому забезпечили чудову міцність на стискання мокрого куба в порівнянні зі зразками, в яких вміст триметафосфату натрію перебував за межами зазначеного діапазону.

20

Приклад 5

[0151] Дослідне заводське виробництво гіпсової панелі з низькою масою, товщиною 1/2 дюйма.

[0152] Проводили додаткові випробування (дослідні плити 1 і 2), включаючи склади суспензій і результати випробувань, показані в Таблиці 5 нижче. Склади суспензій у Таблиці 5 включають основні компоненти суспензій. Значення в дужках виражені в масових відсотках від маси сухого будівельного гіпсу.

25

ТАБЛИЦЯ 5

Компонент/параметр дослідного складу	Контрольна плита 1	Дослідна заводська плита складу 1	Контрольна плита 2	Дослідна заводська плита складу 2
Сухий будівельний гіпс (фунтів/тис.кв.футів)	1308	1160	1212	1120
DILOFLO ¹ (фунтів/тис.кв.футів)	5,98 (0,457 %)	7,98 (0,688 %)	7,18 (0,592 %)	8,99 (0,803 %)
Звичайний крохмаль (фунтів/тис.кв.футів)	5,0 (0,38 %)	0	4,6 (0,38 %)	0
Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль (фунтів/тис.кв.футів)	2,0 (0,15 %)	10 (0,86 %)	2,5 (0,21 %)	9,0 (0,80 %)
Триметафосфат натрію (фунтів/тис.кв.футів)	0,7 (0,05 %)	2,0 (0,17 %)	0,6 (0,05 %)	1,6 (0,14 %)
Відношення загальної води до будівельного гіпсу (в/г)	0,79	0,77	0,86	0,84
Результати випробувань дослідного складу				
Маса сухої плити (фунтів/тис.кв.футів)	1619	1456	1553	1443
Опір протягуванню цвяха (фунт)	81,5 [†]	82,4	80,7	80,4
Міцність на згин, середня (ВП) (фунт)	41,7	43,7	44,8	46,9
Міцність на згин, середня (ПП) (фунт)	134,1	135,5	146	137,2
Навантаження ² на зчеплення при зволоженні, середнє (фунт)	19,2	17,7	20,9	19,1
Руйнування зчеплення ^{2,3} при зволоженні (%)	1,6	0,1	0,5	0

[†] стандарт ASTM: 77 фунтів

ВП: напрямок вздовж полотна

ПП: напрямок уперек полотна

¹ DILOFLO являє собою 45 % розчин нафталінсульфонату у воді

² 90 °F/ 90 % відносна вологість

³ Добре зрозуміло, що в зазначених умовах випробувань прийнятні процентні значення руйнування < 50 %.

- 5 [0153] Як показано на Таблиці 5, дослідні плити 1 і 2 були виготовлені з суспензії, яка містить значно підвищені кількості крохмалю, диспергатора DILOFLO і триметафосфату натрію при дещо зниженому відношенні в/г в порівнянні з контрольними панелями. Проте, міцність, виміряна за опором протягування цвяха та випробуванням на згин, була збережена або покращена, а маса панелі була значно зменшена. Отже, в зазначеному прикладі варіанта реалізації даного винаходу може бути забезпечений новий склад (такий як, наприклад, дослідні плити 1 і 2) зі збільшеним вмістом триметафосфату натрію і крохмалю в підходящій для застосування текучій суспензії при збереженні необхідної міцності.

Приклад 6

[0154] Дослідне заводське виробництво гіпсової панелі з дуже низькою масою, товщиною 1/2 дюйма.

- 15 [0155] Проводили додаткові випробування (дослідні плити 3 і 4), включаючи Склад В (Приклад 1), як у Прикладі 2, за винятком того, що прежелатинізований кукурудзяний крохмаль одержували з водою в концентрації 10 % (мокрий препарат крохмалю) і застосовували суміш

мил NYONIC PFM (доступну від GEO Specialty Chemicals, Lafayette, Indiana). Наприклад, дослідну плиту 3 одержували з використанням суміші NYONIC PFM 10/NYONIC PFM 33 у діапазоні 65 – 70 % мас./35 – 30 % мас. Наприклад, дослідну плиту 4 одержували з використанням суміші 70/30 мас./мас. NYONIC PFM 10/NYONIC PFM 33. Результати дослідів показані в Таблиці 6 нижче.

ТАБЛИЦЯ 6

Результат лабораторного випробування	Дослідна плита 3 (склад В плюс суміш мил NYONIC 65/35) (n = 12)	Дослідна плита 4 (склад В плюс суміш мил NYONIC 70/30) (n = 34)*
Маса плити (фунтів/тис.кв.футів)	1106	1013
Опір протягуванню цвяха ^a (фунт)	85,5	80,3
Твердість середнього шару ^b (фунт)	>15	12,4
Міцність на згин, середня ^c (ВП) (фунт)	55,6	60,3 ¹
Міцність на згин, середня ^d (ПП) (фунт)	140,1	142,3 ¹

* крім відміченого.

¹ n = 4

ВП: напрямок вздовж полотна

ПП: напрямок упоперек полотна

^a стандарт ASTM: 77 фунтів

^b стандарт ASTM: 11 фунтів

^c стандарт ASTM: 36 фунтів

^d стандарт ASTM: 107 фунтів

[0156] Як показано в Таблиці 6, характеристики міцності, виміряні як опір протягуванню цвяха і твердість середнього шару, перевищували стандарт ASTM. Міцність на згин за результатами вимірювань також перевищувала стандарт ASTM. Знову, в зазначеному прикладі варіанта реалізації даного винаходу, може бути забезпечений новий склад (такий як, наприклад, дослідні плити 3 і 4) зі збільшеним вмістом триметафосфату натрію і крохмалю в підходящій для застосування текучій суспензії при збереженні необхідної міцності.

[0157] Приклад 7 Проводили випробування на високотемпературну теплоізоляцію згідно з методикою, наведеною в ASTM Pub. WK25392, для вивчення характеристик високотемпературної теплоізоляції гіпсових панелей товщиною 5/8 дюйма, виготовлених згідно з даним винаходом.

[0158] Умови переносу тепла, відображені в зазначеному випробуванні, можуть бути описані енергетичним рівнянням для одномірної нестационарної теплопровідності через товщу панелі:

$$\Delta/\Delta x (k (\Delta T/\Delta x)) + q = \rho c_p (\Delta T/\Delta t)(1)$$

[0159] Де T являє собою температуру в даний момент часу t на глибині x у панелі. Коефіцієнт теплопровідності (k), щільність (ρ) і питома теплоємність (c_p) при підвищених температурах являють собою нелінійно залежні функції від температури. Швидкість виділення тепла q представляє ряд ендотермічних і екзотермічних реакцій, наприклад, фазових переходів гіпсу й горіння паперу на поверхні, які спостерігаються при різних температурах і, відповідно, в різні моменти часу.

[0160] Для оцінки загальної теплопровідності через гіпсову панель і, отже, теплоізоляційних властивостей панелі зазвичай немає необхідності вимірювати й описувати кожну змінну окремо. Достатньо оцінити їхню сукупну кумулятивну дію на передачу тепла.

[0161] Для зазначеної мети було розроблене випробування на високотемпературну теплоізоляцію, в якому випробовують зразки, які складаються з двох дисків діаметром 4 дюйма (100 мм) і скріплені між собою гвинтами з різковою головкою типу G.

[0162] Зразки для випробувань одержували з гіпсової панелі, виготовленої з використанням середнього шару, який містить:

Будівельний гіпс	1170 фунтів/тис.кв.футів
Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль	28 фунтів/тис.кв.футів (2,3 % від маси будівельного гіпсу)
Триметафосфат натрію (10 % водний розчин)	29 фунтів/тис.кв.футів (2,5 % від маси будівельного гіпсу)
Нафталінсульфонатний диспергатор (45 % сухої речовини)	5 фунтів/тис.кв.футів (0,4 % від маси будівельного гіпсу)
Скловолокно	2 фунтів/тис.кв.футів (0,2 % від маси будівельного гіпсу)
Облицювальний папір	передній 51 фунтів/тис.кв.футів (важкий манільський папір); задній 39 фунтів/тис.кв.футів (газетний папір)

[0163] Термопару розташовували в центрі зразка між дисками. Потім зразок встановлювали на ребро в стійці, розроблений так, щоб забезпечити рівномірне нагрівання по всій поверхні зразка, і поміщали в піч, попередньо нагріту до 930 °F (500 °C).

[0164] Реєстрували підйом температури в центрі досліджуваного зразка й обчислювали показник теплоізоляції, TI, як час, у хвилини, необхідний для нагрівання досліджуваного зразка від приблизно 105 °F (40 °C) до приблизно 390 °F (200 °C). Показник теплоізоляції зразка обчислювали як:

$$TI = t_{200^{\circ}\text{C}} - t_{40^{\circ}\text{C}}(2)$$

[0165] Температурний профіль, побудований на основі даних, зібраних за зазначеною методикою, часто показує перехід від гіпсу до напівгідрату при температурі приблизно 212 °F (100 °C) і перетворення напівгідрату в першу фазу ангідриду приблизно близько 285 °F (140 °C). Такі дані також часто показують, що зазначені фазові переходи завершені, температура швидко підвищується за лінійною залежністю і ніяких додаткових хімічних або фазових реакцій зазвичай не спостерігається при температурі печі нижче приблизно 930 °F (500 °C). Повторюваності та відтворюваності результатів досягали, очікуючи, поки температура середнього шару зразка не досягне приблизно 105 °F (40 °C) для початку відліку часу.

[0166] Вищевказане випробування на теплоізоляцію проводили на дисках, які вирізані з гіпсових панелей товщиною 5/8 дюйма, виготовлені згідно з даним винаходом і мають масу панелі 1545 фунтів/тис.кв.футів. Зазначені зразки мали середній показник теплоізоляції 18,6 хвилин. Для порівняння, середня величина показника теплоізоляції для комерційно доступної панелі масою приблизно 1500 фунтів/тис.кв.футів, номінальною товщиною 1/2 дюйма, для внутрішніх стель, становила 17,0 хвилин. Було несподівано, що панель згідно з даним винаходом (зі щільністю середнього шару близько 30 фунтів/фут³) мала більший показник теплоізоляції, ніж панель приблизно тієї ж маси, але з більшою щільністю середнього шару (приблизно 35 фунтів/фут³).

Приклад 8

[0167] Зразки панелей згідно з даним винаходом піддавали випробуванням згідно з методикою UL U419 з використанням гіпсових панелей номінальною товщиною 5/8 дюйма згідно з даним винаходом, які мають масу панелі приблизно 1546 фунтів/тис.кв.футів і містять:

Будівельний гіпс	1170 фунтів/тис.кв.футів
Прежелатинізований крохмаль	28 фунтів/тис.кв.футів (2,3 % від маси будівельного гіпсу)
Триметафосфат натрію (суха основа)	0,12 % від маси будівельного гіпсу
Нафталінсульфонатний диспергатор (суха основа)	0,14 % від маси будівельного гіпсу
Волокно з Е-скла, нарубане по 1/2 дюйма	0,17 % від маси будівельного гіпсу
Папір	передній 51 фунтів/тис.кв.футів (важкий манільський папір); задній 39 фунтів/тис.кв.футів (газетний папір)

[0168] Фізичні характеристики гіпсових панелей розміром 4' × 10' були наступними:

Середня товщина панелей	0,606 дюйма (номінально 5/8 дюйма)
Середня маса панелей (4' × 10')	61,62 ф/ 1545 фунтів/тис.кв.футів
Середня щільність плити	30,64 фунтів/фут ³

[0169] У випробуванні згідно з U419 збирали конструкції стіни розміром 10 футів на 10 футів. Стійки являли собою комерційно доступні сталеві стійки малого перерізу, які виготовлені зі сталі товщиною від приблизно 0,015 дюйма до приблизно 0,032 дюйма і мають розміри приблизно 3 5/8" або 3 1/2" дюйма шириною і приблизно 1 1/4" дюйма товщиною. Сталеві стійки малого перерізу розміщали через 24 дюйма в конструкції згідно з U419.

[0170] Випробування згідно з U419 вважаються одними з найбільш строгих типів випробувань UL, оскільки сталеві стійки малого перерізу часто зазнають термічної деформації (які зазвичай наближають панелі, що зазнають впливу, до полум'я печі з газовими пальниками) через перенос тепла через панелі та в порожнину конструкції між панеллю, що не зазнає впливу, та панеллю, що зазнає впливу. Зазначена деформація часто викликає розбіжність стиків панелей або інші порушення на стороні конструкції, що нагрівається і зазнає впливу, забезпечуючи можливість проникнення полум'я газового пальника і/або високої температури до порожнини конструкції та до сторони конструкції, що не зазнає впливу. Очікують, що чим легший розмір сталевих стійок, тим вища ймовірність термічної деформації стійок і конструкції.

[0171] Гіпсові панелі прикріплювали горизонтально, тобто перпендикулярно до вертикальних стійок, на кожній стороні конструкції. Зазвичай на кожній стороні рами використовували дві панелі 10 футів на 4 фути і одну панель 10 футів на 2 фути. Панелі прикріплювали до рами за допомогою однодюймових шурупів із двозаходовою різьбою типу S на кожній стороні зборки у восьми дюймах від центру. Панелі розташовували так, щоб шви між панелями на кожній стороні рами збігалися між собою. Потім шви герметизували паперовою сполучною клейкою стрічкою і шовним герметиком. У випробуваннях згідно з методиками U419, сталь, що застосовується для сталевих стійок малого перерізу, мала товщину 0,015 дюйма або 0,018 дюйма, і зборку не піддавали зовнішньому навантаженню.

[0172] У кожному з випробувань готову конструкцію панелей і рами розташовували так, щоб одна сторона конструкції – сторона, що зазнає впливу – зазнала впливу струменя полум'я з печі з газовими пальниками, яка нагрівала сторону конструкції, що зазнає впливу, до температур і зі швидкістю, які визначені стандартом ASTM 119. Згідно з методиками U419, комплект приблизно з 14 датчиків розташовували на певній відстані між стороною конструкції, що нагрівається та зазнає впливу, і кожним із газових пальників для контролю температур, що застосовуються для нагрівання сторони конструкції, що зазнає впливу. Також згідно з зазначеними методиками комплект датчиків розташовували на певній відстані на протилежній стороні конструкції, що не нагрівається і не зазнає впливу. Зазвичай застосовували 12 датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, за схемою згідно з методиками UL. Згідно з зазначеними методиками кожний датчик накривали ізолюючою прокладкою.

[0173] У ході методик випробувань застосовували температури печі з газовими пальниками згідно з кривою нагрівання ASTM-119, починаючи з кімнатної температури й підвищуючи температуру на стороні конструкції, що зазнає впливу, до температури понад 1600 °F, приблизно протягом однієї години, при цьому найшвидша зміна температури спостерігалася на початку випробування й перед завершенням випробування. Випробування припиняли або при настанні катастрофічного руйнування під навантаженням на стороні конструкції, що зазнає впливу, або коли середні температури від датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, перевищували заздалегідь обрану температуру (на 250 °F вище кімнатної температури), або коли температура від єдиного датчика на стороні конструкції, що не зазнає впливу, перевищувала другу заздалегідь обрану температуру (на 325 °F вище кімнатної температури).

[0174] Дані, отримані в ході випробування U419, нанесені на графіки на Фігурах 1 і 2. Фігура 1 являє собою графік температур, зафіксованих єдиним датчиком, на якому температура досягла максимуму при припиненні випробування, і графік середніх температур, зафіксованих датчиками від початку випробування до припинення випробування. На Фігурі 1 також показаний графік температурної кривої ASTM 119, яка застосовується для температур печі на стороні конструкції, що нагрівається і зазнає впливу. Фігура 2 являє собою розширений графік даних, зафіксованих єдиним датчиком, на якому температура досягла максимуму, і середніх температур, зафіксованих датчиками, показаних на Фігурі 1.

[0175] Як показано на Фігурах 1 і 2, як максимальні температури, зафіксовані єдиним датчиком, так і середні температури, зафіксовані датчиками на стороні конструкції, що не зазнає впливу, поступово зростали в ході випробування в порівнянні з температурами печі, при цьому

більш швидке збільшення спостерігалось для температур, зафіксованих єдиним датчиком, близько до припинення випробування. Наприклад, при спливанні приблизно 20 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, становили менше приблизно 180 °F і приблизно 175 °F відповідно. При спливанні приблизно 25 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, становили менше приблизно 195 °F і приблизно 190 °F відповідно. При спливанні приблизно 30 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, становили менше приблизно 230 °F і приблизно 215 °F відповідно. Максимальна температура, зафіксована єдиним датчиком, не перевищувала 300 °F приблизно протягом 30 хвилин з початку випробування, при температурі менше приблизно 410 °F приблизно через 35 хвилин. Середня температура, зафіксована датчиками, не перевищувала 300 °F до припинення випробування більше, ніж приблизно через 35 хвилин, при температурі менше приблизно 290 °F приблизно через 35 хвилин.

[0176] Панелі згідно з даним винаходом також задовольняли такі критерії, як критерії, які застосовуються для встановлення ступенів вогнестійкості UL, що підтверджується даними, показаними на Фігурах 1 і 2. Панелі згідно з даним винаходом задовольняли критерії, які дають право присвоїти їм ступінь вогнестійкості «30 хвилин». Серед інших вимог, зазначені критерії вимагають, щоб середня температура з датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, не перевищувала кімнатну температуру на момент початку випробування плюс 250 °F і максимальна температура з окремого датчика не перевищувала кімнатну температуру на момент початку випробування плюс 325 °F (зазвичай кімнатна температура в зазначеному випробуванні становить приблизно 90 °F або менше). Температури з випробування згідно з U419 згідно з зазначеними критеріями наведені нижче.

	Середня	Окрема
Критерій обмеження температури на поверхні, що не зазнає впливу Кімнатна температура 69 °F	319 °F	394 °F
Досягнення межі температури на поверхні, що не зазнає впливу	Не перевищує @ 304 °F	T/C # 1 @ 34 хв 30 сек

[0177] Отже, зазначене випробування показало, що панелі згідно з даним винаходом мають здатність суттєво відстрочувати проходження нагрівання через конструкції стіни або стелі більше, ніж на 30 хвилин, згідно з дуже жорсткими протоколами випробувань U419. Таким чином, незважаючи на низьку щільність середнього шару панелей і низьку масу панелей відносно товщини панелей, панелі згідно з даним винаходом можуть відігравати важливу роль у контролі поширення вогню всередині будинків.

Приклад 9

[0178] Панелі згідно з даним винаходом також піддавали випробуванням згідно з методиками протоколу UL U305 з використанням гіпсових панелей номінальною товщиною 5/8 дюйма, які виготовлені відповідно до складів середнього шару й облицювальних листів паперу, описаних у Прикладі 8 вище, і мають масу панелі приблизно 1580 фунтів/тис.кв.футів.

[0179] Фізичні характеристики гіпсових панелей згідно з даним винаходом, що застосовувалися в зазначеному випробуванні, були наступними:

Середня товщина панелі	0,620 дюйма (номінально 5/8 дюйма)
Середня маса панелі	63,10 фунтів/1580 фунтів/тис.кв.футів
Середня щільність	30,57 фунтів/фут ³

[0180] У зазначеному прикладі за методикою випробувань згідно з протоколом U305 були потрібні конструкції, які несуть навантаження, виготовлені з гіпсових панелей номінальною товщиною 5/8 дюйма та каркаса з дерев'яними стійками. Згідно з методиками випробувань U305, панелі згідно з даним винаходом прикріплювали до каркаса, такого як каркас, що обговорювався вище в Прикладі 8, виготовленого зі стійок #2 Douglas fir 2 × 4 (приблизно 3,5 дюйма шириною і 1,5 дюйма товщиною), які віддалені одна від одної приблизно на 16 дюймів, і плит основи та даху, встановлених між стійками Douglass fir 2 × 4. Панелі прикріплювали горизонтально, зі співпадаючими швами на протилежних сторонах системи, за допомогою цвяхів 6d, шви проклеювали клейкою стрічкою і герметизували шовним герметиком. На верх конструкції поміщали навантаження приблизно 17800 фунтів.

[0181] Дані, отримані в ході випробування U305, показані на Фігурах 3 і 4. Фігура 3 являє собою графік температур, зафіксованих єдиним датчиком, на якому температура досягла максимуму при припиненні випробування, і графік середніх температур, зафіксованих датчиками від початку випробування до припинення випробування. На Фігурі 3 також показаний графік температурної кривої ASTM 119, яка застосовується для температур печі на стороні конструкції, що нагрівається та зазнає впливу. Фігура 4 являє собою розширений графік даних, зафіксованих єдиним датчиком, на якому температура досягла максимуму, і середніх температур, зафіксованих датчиками, показаних на Фігурі 3. Випробування припиняли через руйнування конструкції під навантаженням приблизно через 46 хвилин.

[0182] Як показано на Фігурах 3 і 4, як максимальні температури, зафіксовані єдиним датчиком, так і середні температури, зафіксовані датчиками на стороні конструкції, що не зазнає впливу, поступово зростали в ході випробування в порівнянні з температурами печі на стороні конструкції, що нагрівається. Наприклад, при спливанні приблизно 20 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків становили менше приблизно 175 °F і приблизно 165 °F відповідно. При спливанні приблизно 25 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків становили менше приблизно 190 °F і приблизно 180 °F відповідно. При спливанні приблизно 30 хвилин максимальна температура з датчика і середня температура з датчиків становили менше приблизно 205 °F і приблизно 190 °F відповідно. Максимальна температура, зафіксована єдиним датчиком, не перевищувала 300 °F, навіть при спливанні приблизно 45 хвилин з початку випробування, при температурі менше приблизно 225 °F приблизно через 35 хвилин; менше приблизно 245 °F приблизно через 40 хвилин; і менше приблизно 275 °F приблизно через 45 хвилин. Середня температура, зафіксована датчиками, не перевищувала 300 °F до припинення випробування, при температурі менше приблизно 205 °F приблизно через 35 хвилин; менше приблизно 230 °F приблизно через 40 хвилин; і менше приблизно 250 °C приблизно через 45 хвилин.

[0183] Панелі згідно з даним винаходом також задовольняли такі критерії, як критерії, що дають право присвоїти їм ступінь вогнестійкості «30 хвилин», що підтверджується даними, показаними на Фігурах 3 і 4. Як обговорювалося в Прикладі 8, зазначені критерії потребують, щоб середня температура з датчиків на стороні конструкції, що не зазнає впливу, не перевищувала кімнатну температуру на момент початку випробування плюс 250 °F і максимальна температура з окремого датчика не перевищувала кімнатну температуру на момент початку випробування плюс 325 °F (зазвичай кімнатна температура в зазначеному випробуванні становить приблизно 90 °F або менше). Температури з випробування згідно з U305 згідно з зазначеними критеріями наведені нижче, де результат «не перевищує» вказує, що максимальні межі температури на стороні конструкції, що не зазнає впливу, не досягаються до припинення випробування через руйнування під навантаженням.

	Середня	Окрема
Критерій обмеження температури на поверхні, що не зазнає впливу Кімнатна температура 61 °F	311 °F	386 °F
Досягнення межі температури на поверхні, що не зазнає впливу	Не перевищує @ 259 °F	Не перевищує @ 303 °F

[0184] Зазначене випробування додатково показало, що панелі згідно з даним винаходом здатні забезпечувати суттєву вогнестійкість і захист, незважаючи на низьку щільність середнього шару панелей і низьку масу панелей відносно товщини панелей. Як показано у вищевказаних випробуваннях U305, навіть при суттєвому навантаженні, конструкції, виготовлені з використанням панелей згідно з даним винаходом, суттєво відстрочують проходження нагрівання через конструкції стіни або стелі, більше, ніж на 30 хвилин і щонайменше протягом 45 хвилин в умовах випробування U305.

Приклад 10

[0185] У зазначеному прикладі панель із Прикладу 8 випробовували на опір протягуванню цвяха для визначення властивостей міцності панелі згідно з зазначеним широко застосовуваним критерієм. Випробування на опір протягуванню цвяха являє собою міру комбінації міцностей середнього шару гіпсової панелі, облицювальних листів панелі та зчеплення між облицювальними листами й гіпсом. У зазначеному випробуванні вимірювали максимальну силу, необхідну для протягування цвяха з головкою через панель до утворення великої тріщини в панелі. У даному Прикладі випробування на опір протягуванню цвяха проводили згідно з ASTM C 473-09.

[0186] Коротко резюмуючи, випробовуваний зразок перед випробуванням витримували приблизно при 70 °F і відносній вологості приблизно 50 % протягом 24 годин. Застосовували свердло 7/64 дюйма для висвердлювання напрямних отворів на всю товщину зразків. Потім зразок поміщали на опорну панель для зразків з отвором у центрі діаметром три дюйми, розташовану перпендикулярно до траєкторії протягування цвяха. Напрямний отвір установлювали на одній лінії з вістрям цвяха. Прикладали навантаження зі швидкістю навантаження один дюйм на хвилину до досягнення максимального навантаження. При 90 % від пікового навантаження після подолання пікового навантаження випробування припиняли й реєстрували пікове навантаження як опір протягуванню цвяха.

[0187] Результати випробування на опір протягуванню цвяха наведені в Таблиці 7 нижче.

ТАБЛИЦЯ 7

Опір протягуванню цвяха

зразок	Середнє пікове навантаження (фунт-сила)	Розрахункова маса панелі (фунтів/тис.кв.футів)	Щільність панелі (фунтів/фут ³)
1	88,2	1602	30,8
2	85,6	1586	30,5
3	90,5	1597	30,7
4	89,5	1608	30,9
5	85,7	1592	30,6
6	87,1	1591	30,6
Середн.	87,4	1596	30,7

[0188] Значення середнього опору протягуванню цвяха для зазначених прикладів панелей із низькою масою та низькою щільністю згідно з даним винаходом в середньому склали 87,4 фунт-сила. Це вказує, що незважаючи на низьку щільність панелей згідно з даним винаходом, панелі згідно з даним винаходом можуть досягати значень опору протягуванню цвяха, порівнянних з набагато більш важкими й щільними гіпсовими панелями з установленим ступенем вогнестійкості.

Приклад 11

[0189] Готували лабораторні зразки для оцінки ефекту введення силоксану і силоксану разом із прежелатинізованим крохмалем до складу гіпсової суспензії й виготовляли панелі згідно з даним винаходом з використанням зазначеної суспензії. Склади, застосовувані в зазначеному випробуванні, наведені в Таблиці 8 нижче.

ТАБЛИЦЯ 8

Результати випробувань складів згідно з даним винаходом із силосаном і силосаном разом із прежелатинізованим крохмалем (10#/тис.кв.фт)																		
Будівельний гіпс	HRA	Вода	Прежелатинізований кукурудзяний крохмаль	Силоксан	ТМФН	Диспертизатор	Мило	Відношення в/г	Сушіння плити		Силоксан	MgO	Зола-винесення	Маса плити	Щільність куба	Водопоглинання	Міцність куба	Високотемп. усадка
(г)	(г)	(см ³)	(г)	(% від гіпса)	(г)	(мокрый, г)	(краплі)		350 °F	116 °F	(г)	(г)	(г)	(фунтів/тис.кв. футів)	(фунтів/фут ³)	(%)	(psi)	діаметр (%)
									(мін)	(год)								
1000	15	1600	0	0	1,5	4	5	1,6	30	48	0	0	0	1525	н/в	н/в	н/в	5,62
1000	15	1600	0	1,0	1,5	4	5	1,6	30	48	10	4	10	1526	28,87	22	378	3,02
1000	15	1600	20	0,0	1,5	4	5	1,6	30	48	0	0	0	1921	н/в	н/в	н/в	7,29
1000	15	1600	20	1,0	1,5	4	5	1,6	30	48	10	4	10	1700	31,87	3,4	459	3,13
1000	15	1600	40	0,0	1,5	4	5	1,6	30	48	0	0	0	2014	н/в	н/в	н/в	8,11
1000	15	1600	40	1,0	1,5	4	5	1,6	30	48	10	4	10	1799	33,91	2,1	540	3,16

[0190] Для одержання силосанової емульсії застосовували змішувач із високими швидкостями зміщення на швидкості приблизно 7500 об/хв протягом 2,5 хв. Силосанову емульсію змішували з будівельним гіпсом і добавками для одержання суспензії, протягом 10 секунд набрякання плюс 10 секунд змішування на високій швидкості в змішувачі Waring. Для оцінки водостійкості, забезпеченої вищевказаними складами суспензій середнього шару, відливали з суспензії куби 2" × 2" × 2" і висушували приблизно при 116 °F протягом ночі для випробування на водопоглинання. Також застосовували склади суспензій середнього шару для формування панелей розміром приблизно один фут на один фут, номінальною товщиною 5/8 дюйма, шляхом лабораторного виливка між паперовими облицювальними листами, для випробування на високотемпературну усадку й термічну ізоляцію, що обговорюються в даному прикладі.

[0191] З використанням литих кубів проводили випробування на водопоглинання згідно зі способом ASTM C1396, поміщаючи сухі куби у воду при 70 °F на 2 години та визначаючи збільшення маси у відсотках. Зазначене випробування показало рівні всмоктування води приблизно 22 % для складу зі введенням тільки силосану і значно покращений рівень всмоктування води приблизно 3,4 % та приблизно 2,1 % для 1 % силосану/2 % прежелатинізованого крохмалю (20 грамів) та 1 % силосану/4 % прежелатинізованого крохмалю (40 грамів) відповідно.

[0192] Випробування на високотемпературну усадку проводили згідно з методиками, розробленими й описаними в ASTM Pub. WK25392, для забезпечення кількісного визначення характеристик усадки гіпсових панелей згідно з даним винаходом в умовах високих температур. Випробування на теплоізоляцію проводили згідно з методиками, що обговорювалися вище в Прикладі 7. Для випробування на високотемпературну усадку й випробування на теплоізоляцію з двох зразків зазначених вище гіпсових плит вирізали десять дисків діаметром 4 дюйма (100 мм) за допомогою вертикально-свердлильного верстата з лезом кільцевої пилки. Шість із

зазначених дисків використовували для випробування на високотемпературну усадку й чотири диски використовували для випробування на теплоізоляцію.

[0193] Методика випробування на високотемпературну усадку відображає той факт, що на високотемпературну усадку, якої можуть зазнати гіпсові панелі при пожежі, впливають деякі фактори, на додаток до реакцій обпалення, які можуть відбуватися в середньому шарі панелей в умовах високих температур. У протоколі випробувань, отже, використовували невентильовану піч, щоб ніякий потік повітря ззовні печі не міг охолодити випробовувані зразки. Температура печі становила приблизно 1560 °F (850 °C), щоб урахувати той факт, що усадка може спостерігатися в ангідритних фазах структур гіпсового середнього шару, а також при обпаленні та інших ефектах високої температури, що діють в умовах високотемпературного полум'я.

[0194] Для запобігання термічному розтріскуванню випробовуваних зразків, що може забезпечити недостовірні результати випробувань через розтріскування й розламування, протокол випробувань модифікували, поміщаючи випробовувані зразки в піч перед її нагріванням до приблизно 1560 °F (850 °C). Зразки витримували при зазначеній температурі мінімум протягом 20 хвилин до вимикання печі. Дверцята печі були закриті до охолодження печі. Зразки не вилучали для вимірювань доти, поки температура не знижувалася до температури, близької до кімнатної.

[0195] Оскільки гіпсова панель анізотропна, кількість усадки буде дещо варіюватися в напрямках довжини і ширини. Отже, проводили два вимірювання під прямим кутом і брали середнє значення для розрахунків середнього діаметра диска. У зазначених випробуваннях проводили два вимірювання під кутом 90° і виявили, що зазначений підхід забезпечує стійке вимірювання середнього діаметра для різних зразків. Зазвичай якщо два вимірювання для диска відрізнялися більше, ніж на 0,01 дюйма (0,25 мм), диск відбракували й вимірювання виключали з розглянутих результатів. Усадку розраховували як процентну зміну середнього діаметра після впливу температури й позначали "S," зазвичай значення були дуже близькі, близько 0,1 % для групи з шести випробовуваних зразків.

[0196] Як можна бачити в Таблиці 7, крім забезпечення покращеної вологостійкості, введення силосану без введення прежелатинізованого крохмалю несподівано покращувало усадкові властивості зразка панелі, зменшуючи усадку від приблизно майже 6 % до приблизно 3 %. Введення прежелатинізованого крохмалю збільшувало усадку зразків у порівнянні зі зразками без введення прежелатинізованого крохмалю і зі зразками, в які був введений тільки силосан. Зазначена усадка збільшувалася зі збільшенням кількості введеного прежелатинізованого крохмалю. Проте, комбінація введеного силосану і введеного прежелатинізованого крохмалю несподівано значно покращувала високотемпературну усадку випробовуваних зразків. Наприклад, введення силосану зменшувало усадку зразків зі вмістом 20 грамів прежелатинізованого крохмалю від більше 7 % до менше 3,5 %. Аналогічно, введення силосану в зразки з 40 грамами прежелатинізованого крохмалю зменшувало високотемпературну усадку від більше 8 % до більше 6 %. Отже, введення силосану в гіпсові панелі згідно з даним винаходом забезпечує додаткову стійкість до високотемпературної усадки, що повинно додатково і несподівано збільшувати вогнестійкі властивості панелей згідно з даним винаходом.

[0197] Застосування термінів у однині й аналогічних показників у контексті опису даного винаходу (особливо в контексті наступної формули винаходу) призначене включати як однину, так і множину, якщо не зазначено інше або ясно не запропоновано контекстом. Вказівка діапазонів значень у даному описі призначена служити тільки коротким способом вказівки окремо на кожне окреме значення, яке попадає в зазначений діапазон, якщо не зазначено інше, і кожне окреме значення включене в опис, як яби воно було окремо зазначене в описі. Усі способи згідно з даним описом можна здійснювати в будь-якому підходящому порядку, якщо не зазначено інше або ясно не запропоновано контекстом. Застосування будь-якого й усіх прикладів, або мови прикладів (наприклад, «такий як») у даному описі призначене тільки для кращої ілюстрації винаходу й не накладає обмежень на об'єм даного винаходу, якщо інше не зазначено в формулі винаходу. Мову опису не слід розглядати як вказівку на який-небудь незаявлений елемент як суттєвий для практичної реалізації даного винаходу.

Переважні аспекти й варіанти реалізації даного винаходу описані в даній заявці, включаючи найкращий відомий авторам спосіб здійснення даного винаходу. Слід розуміти, що ілюстративні варіанти реалізації є тільки прикладами і не повинні сприйматися як обмеження об'єму даного винаходу.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Гіпсова панель, яка містить
- 5 затверділий гіпсовий середній шар, розташований між двома облицювальними листами, причому затверділий гіпсовий середній шар отриманий з суспензії, що містить щонайменше воду, будівельний гіпс і крохмаль;
крохмаль міститься в кількості від приблизно 0,3 % до приблизно 10 % за масою від маси будівельного гіпсу і є ефективним для збільшення твердості затверділого гіпсового середнього шару в порівнянні з гіпсовим середнім шаром, сформованим з суспензії, що не містить крохмаль;
- 10 будівельний гіпс міститься в кількості щонайменше приблизно 700 фунтів/тис. кв. футів (приблизно 3,4 кг/м²), причому будівельний гіпс і вода містяться щонайменше в кількостях, ефективних для створення кристалічної матриці, яка по суті складається з двоводного гіпсу;
- 15 панель має щільність від приблизно 27 до 34 фунтів/фут³ (від приблизно 430 до приблизно 545 кг/м³), середню твердість середнього шару щонайменше приблизно 11 фунтів (приблизно 5 кг), згідно з ASTM C473-09, і показник теплоізоляції щонайменше приблизно 17 хвилин при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см).
2. Гіпсова панель, яка містить
- 20 затверділий гіпсовий середній шар, розташований між двома облицювальними листами, причому затверділий гіпсовий середній шар отриманий з суспензії, що містить щонайменше воду, будівельний гіпс і крохмаль;
крохмаль міститься в кількості від приблизно 0,3 % до приблизно 10 % за масою від маси будівельного гіпсу і є ефективним для збільшення твердості середнього шару в порівнянні з
- 25 гіпсовим середнім шаром, сформованим з суспензії, що не містить крохмаль;
будівельний гіпс міститься в кількості щонайменше приблизно 700 фунтів/тис. кв. футів (приблизно 3,4 кг/м²), причому будівельний гіпс і вода містяться щонайменше в кількостях, ефективних для створення кристалічної матриці, яка по суті складається з двоводного гіпсу;
- 30 причому зазначена панель має щільність від приблизно 27 до 34 фунтів/фут³ (від приблизно 430 до приблизно 545 кг/м³) і середню твердість середнього шару щонайменше приблизно 11 фунтів (приблизно 5 кг) згідно з ASTM C473-09, і
при цьому, коли панель знаходиться у конструкції, що має один шар з гіпсових панелей на першій стороні конструкції та один шар з гіпсових панелей на другій стороні конструкції, і конструкція зібрана згідно зі стандартом UL U419, то поверхні гіпсових панелей на пертій
- 35 стороні конструкції нагріваються при температурах у відповідності з кривою час-температура згідно зі стандартом ASTM E119-09a, а поверхні гіпсових панелей на другій стороні конструкції забезпечені датчиками температури згідно з ASTM E119-09a, і гіпсові панелі розташовані, щоб вповільнювати передачу тепла через конструкцію, а максимальне одне значення з датчиків температури складає менше приблизно 415 °F (приблизно 213 °C) при спливанні 30 хвилин.
- 40 3. Гіпсова панель за п. 2, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель, при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см), є ефективною для вповільнення передачі тепла через конструкцію, так що середня температура з датчиків на поверхні, що не нагрівається, складає менше приблизно 340 °F (приблизно 171 °C) при спливанні приблизно 30 хвилин при вимірюванні згідно з методиками UL U419.
- 45 4. Гіпсова панель, яка містить
- затверділий гіпсовий середній шар, розташований між двома облицювальними листами, причому затверділий гіпсовий середній шар отриманий з суспензії, що містить щонайменше воду, будівельний гіпс і крохмаль;
- крохмаль міститься в кількості від приблизно 0,3 % до приблизно 10 % за масою від маси будівельного гіпсу і є ефективним для збільшення твердості затверділого гіпсового середнього шару в порівнянні з гіпсовим середнім шаром, сформованим з суспензії, що не містить крохмаль;
- 50 будівельний гіпс міститься в кількості щонайменше приблизно 700 фунтів/тис. кв. футів (приблизно 3,4 кг/м²), причому будівельний гіпс і вода містяться щонайменше в кількостях, ефективних для створення кристалічної матриці, яка по суті складається з двоводного гіпсу;
- 55 причому зазначена панель має щільність у діапазоні від приблизно 27 до 34 фунтів/фут³ (від приблизно 430 до приблизно 545 кг/м³) і середню твердість середнього шару щонайменше приблизно 11 фунтів (приблизно 5 кг) згідно з ASTM C473-09, і
при цьому, коли панель знаходиться у конструкції, що має один шар з гіпсових панелей на першій стороні конструкції та один шар з гіпсових панелей на другій стороні конструкції, і
- 60

конструкція зібрана згідно зі стандартом UL U305, то поверхні гіпсових панелей на першій стороні конструкції нагріваються при температурах у відповідності з кривою час-температура згідно зі стандартом ASTM E119-09a, а поверхні гіпсових панелей на другій стороні конструкції забезпечені датчиками температури згідно з ASTM E119-09a, і гіпсові панелі розташовані, щоб

5 вповільнювати передачу тепла через конструкцію, а максимальне одне значення з датчиків температури складає менше приблизно 415 °F (приблизно 213 °C) при спливанні 30 хвилин.

5. Гіпсова панель за п. 4, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель, при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см), є ефективною для вповільнення передачі тепла через конструкцію, так що максимальна температура з одного датчика на поверхні, що не

10 нагрівається, складає менше приблизно 415 °F (приблизно 213 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305.

6. Гіпсова панель за п. 4, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель, при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см), є ефективною для вповільнення передачі тепла через конструкцію, так що максимальна температура з одного датчика на поверхні, що не

15 нагрівається, складає менше приблизно 270 °F (приблизно 132 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305.

7. Гіпсова панель за п. 4, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель, при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см), є ефективною для вповільнення передачі тепла через конструкцію, так що середня температура з датчиків на поверхні, що не нагрівається,

20 складає менше приблизно 340 °F (приблизно 171 °C) при спливанні приблизно 30 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305.

8. Гіпсова панель за п. 7, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель, при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см), є ефективною для вповільнення передачі тепла через конструкцію, так що середня температура з датчиків на поверхні, що не нагрівається,

25 складає менше приблизно 245 °F (приблизно 118 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305.

9. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-8, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель має показник теплоізоляції щонайменше приблизно 20 хвилин при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см).

30 10. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-9, яка **відрізняється** тим, що при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см) панель має опір протягуванню цвяха щонайменше приблизно 85 фунтів (приблизно 39 кг), опір протягуванню цвяха визначають згідно зі стандартом ASTM C473-09.

35 11. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-10, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель має високотемпературну усадку приблизно 10 % або менше.

12. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-11, яка **відрізняється** тим, що зазначена панель має водопоглинання приблизно 5 % за масою або менше, водопоглинання визначають за стандартом ASTM C473-09.

40 13. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-12, яка **відрізняється** тим, що суспензія додатково містить диспергатор у кількості від приблизно 0,1 % до приблизно 3 % за масою від маси будівельного гіпсу.

14. Гіпсова панель за п. 13, яка **відрізняється** тим, що зазначений диспергатор являє собою нафталінсульфонат.

45 15. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-14, яка **відрізняється** тим, що суспензія додатково містить щонайменше одне з мінеральних, скляних або вуглецевих волокон, або комбінації зазначених волокон, у кількості від приблизно 0,1 % до приблизно 0,3 % за масою від маси будівельного гіпсу.

16. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-15, яка **відрізняється** тим, що зазначений крохмаль містить прежелатинізований крохмаль.

50 17. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-16, яка **відрізняється** тим, що зазначена суспензія додатково містить фосфатовмісний компонент у кількості від приблизно 0,1 % до приблизно 0,5 % за масою від маси будівельного гіпсу.

18. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-17, яка **відрізняється** тим, що зазначена суспензія додатково містить силоксан у кількості, ефективній для збільшення водостійкості панелі настільки, що панель має водопоглинання приблизно 5 % за масою або менше, водопоглинання визначають згідно зі стандартом ASTM C473-09.

55 19. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-18, яка **відрізняється** тим, що зазначена суспензія додатково містить силоксан у кількості, ефективній для збільшення стійкості панелі до високотемпературної усадки настільки, що панель має високотемпературну усадку меншу, ніж

високотемпературна усадка панелі, яка має затверділий гіпсовий середній шар, сформований із суспензії без силоксану.

20. Гіпсова панель за п. 19, яка **відрізняється** тим, що високотемпературна усадка панелі складає приблизно 50 % або менше від високотемпературної усадки панелі, яка має затверділий гіпсовий середній шар, сформований із суспензії без силоксану.

21. Гіпсова панель за будь-яким із пп. 1-20, яка **відрізняється** тим, що затверділий гіпсовий середній шар отриманий із суспензії, яка має відношення вода/будівельний гіпс від приблизно 0,6 до приблизно 1,2.

22. Спосіб отримання гіпсової панелі, який включає:

(а) отримання гіпсової суспензії, яка містить щонайменше воду, будівельний гіпс і крохмаль; крохмаль міститься в кількості від приблизно 0,3 % до приблизно 10 % за масою від маси будівельного гіпсу і є ефективним для збільшення твердості затверділого гіпсового середнього шару в порівнянні з гіпсовим середнім шаром, сформованим з суспензії, що не містить крохмаль;

будівельний гіпс міститься в кількості щонайменше приблизно 700 фунтів/тис. кв. футів (приблизно 3,4 кг/м²), причому будівельний гіпс і вода містяться щонайменше в кількостях, ефективних для створення кристалічної матриці, яка по суті складається з двоводного гіпсу;

(b) нанесення зазначеної гіпсової суспензії між першим облицювальним листом і другим облицювальним листом з утворенням конструкції, яка містить затверділий гіпсовий середній шар;

(c) розрізання конструкції на панель із заданими розмірами; і

(d) висушування панелі;

так що панель має щільність у діапазоні від приблизно 27 до 34 фунтів/фут³ (від приблизно 430 до приблизно 545 кг/м³), середню твердість середнього шару щонайменше приблизно 11 фунтів (приблизно 5 кг), згідно з ASTM C473-09, і показник теплоізоляції щонайменше приблизно 17 хвилин при товщині панелі приблизно 0,625 дюйма (приблизно 1,6 см).

23. Спосіб за п. 22, який **відрізняється** тим, що додатково включає (e) нанесення щонайменше на один облицювальний лист покриття, стійкого до води або до зовнішніх фізичних впливів.

24. Конструкція, яка містить щонайменше одну несучу структуру і гіпсову панель за пп. 1-20, причому гіпсова панель прикріплена до несучої структури за допомогою щонайменше одного кріпильного елемента.

25. Конструкція за п. 24, яка **відрізняється** тим, що утворює стінову або стельову систему.

26. Спосіб отримання конструкції за п. 24 або п. 25, який включає

(a) забезпечення щонайменше однієї несучої структури, і

(b) прикріплення гіпсової панелі до несучої структури за допомогою щонайменше одного кріпильного елемента з утворенням будівельної конструкції.

27. Спосіб вповільнення передачі тепла через конструкцію за п. 24 або п. 25, який включає вплив на одну з поверхонь зазначеної конструкції джерела тепла і підтримання іншої сторони зазначеної конструкції без впливу прямого джерела тепла для забезпечення поверхні, що не нагрівається, так що:

(a) максимальна температура з одного датчика на поверхні, що не нагрівається, складає менше (i) приблизно 415 °F (приблизно 213 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305, або

(ii) приблизно 270 °F (приблизно 132 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305;

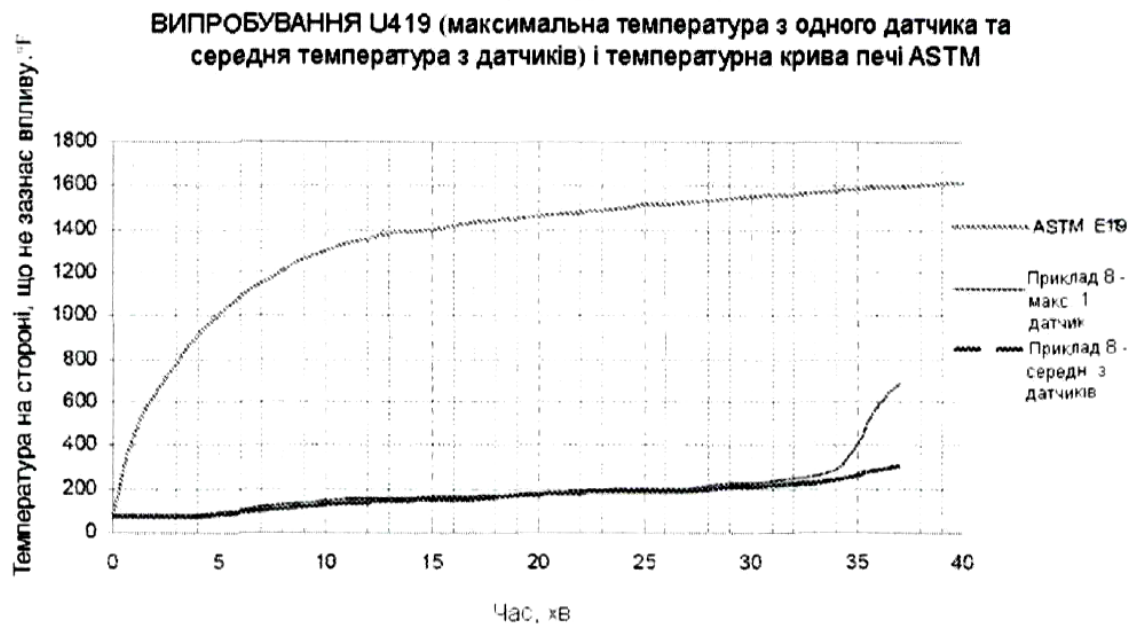
(b) середня температура з датчиків на поверхні, що не нагрівається, складає менше

(i) приблизно 340 °F (приблизно 171 °C) при спливанні приблизно 30 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305, або

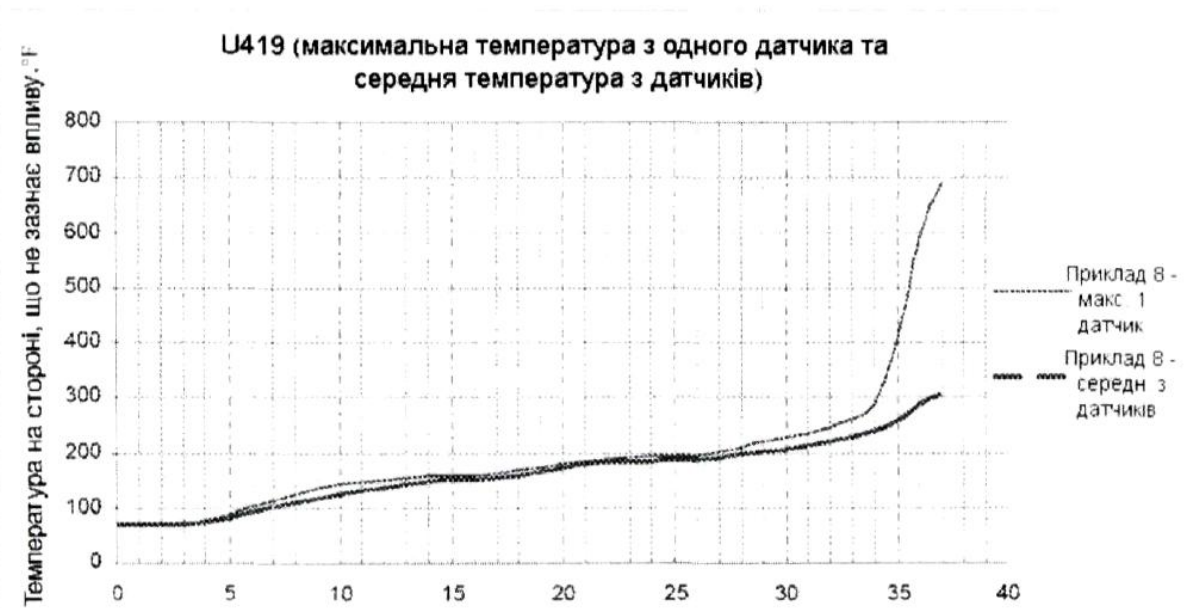
(ii) приблизно 218 °F (приблизно 145 °C) при спливанні приблизно 45 хвилин при вимірюванні згідно зі стандартом UL U305; або

(c) будь-яка комбінація (a) і (b).

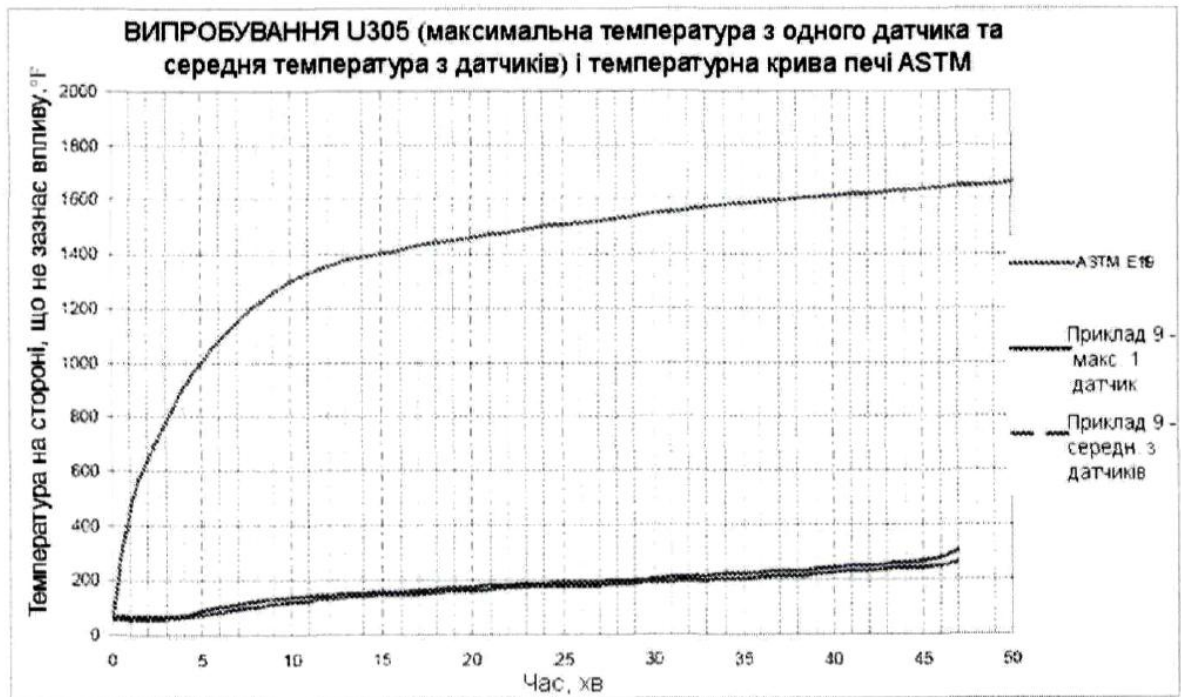
ФІГУРА 1



ФІГУРА 2



ФІГУРА 3



Комп'ютерна верстка М. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601