

Даний винахід стосується в основному акустичних панелей. Більш конкретно, даний винахід стосується акустичних панелей, що містять переплетену фіксовану матрицю із затверділого гіпсу, та способів їх виготовлення.

Акустичні панелі використовуються для створення внутрішніх поверхонь, таких як стельові плити, стінові панелі та інші перегородки (наприклад, перегородки між кімнатами в будівлях ділового призначення та в житлових будинках). Панелі мають в основному плоску форму та включають акустичний шар, який містить сполучення матеріалів, вибраних таким чином, щоб забезпечити відповідне звукопоглинання при збереженні достатньої твердості. Наприклад, звичайні матеріали, які використовуються на даний час при створенні акустичних панелей, включають скловату, скловолокно, спучений перліт, глину, напівгідрат сульфату кальцію, частинки дигідрату сульфату кальцію, карбонат кальцію, паперове волокно та зв'язуюче, таке як крохмаль або латекс. Скловата використовується частіше за все, оскільки вона допомагає створити пористу волокнисту структуру і, таким чином, забезпечує добре поглинання звуку.

Багато які акустичні панелі виготовляють способом, аналогічним традиційним способам одержання паперу, шляхом звальювання з використанням води розбавлених водних дисперсійних сумішей скловати, перліту, зв'язувального матеріалу та інших інгредієнтів, відповідно до потреби. У таких способах вказана дисперсійна суміш виливається на рухому перфоровану дротяну підкладку мата-формуєчої машини для зневоднення, такої як Fourdrinier або Oliver, відомої фахівцям в даній галузі. Дисперсійна суміш збезводнюється спочатку шляхом самопливного дренажу, а потім із застосуванням вакуумного відсмоктувача. Вологий мат сушать в нагрітій конвекційній печі, після чого сухий матеріал нарізують на шматки бажаних розмірів та необов'язково покривають верх фарбою з отриманням готової панелі. Прикладом панелей, отриманих даним способом, є стельова плитка від компанії AURATONE®, яка комерційно доступна від компанії USG Interiors Inc.

Акустичні панелі можуть бути виготовлені шляхом попереднього вакууму-формування пульпи або шляхом відливання, як описано в патенті США No.1 769 519. Згідно з даним способом, формувальну композицію, що містить гранульовані волокна скловати, наповнювачі, барвники, зв'язуюче, таке як варений крохмаль, і воду, отримують шляхом формування або відливання панелі. Композицію вміщують на прийнятні лотки, які потім покривають папером або металевою фольгою з паперовою основою, після чого композицію обробляють до бажаної товщини шляхом листового штампування. Матеріалу може бути надана декоративна поверхня, така як подовжені тріщини, які можуть бути виготовлені з використанням арматурного стержня або рельєфного валика. Лотки, заповнені композицією зі скловатою, поміщають в піч для сушіння. Прикладом панелей, виготовлених таким чином, є стельова плитка від компанії AURATONE®, яка комерційно доступна від компанії USG Interiors Inc.

Технології водного звальювання і подальшого розливання на лотки для виготовлення акустичних панелей є недостатньо задовільними в зв'язку з їх складністю і доволі значною вартістю. Крім вартості вихідних матеріалів в даних процесах витрачається велика кількість води і енергії. Крім того, багато які панелі, що отримують відповідно до вказаних способів, зазнають неестетичних постійних деформацій, таких як прогинання, особливо при високій вологості. У цьому відношенні, оскільки багато панелей включають гігроскопічний зв'язувальний матеріал, такий як утилізоване паперове волокно та/або крохмаль, такі панелі чутливі до прогинання. Імовірність прогинання виростає в особливу серйозну проблему у випадку, коли панелі зберігаються та/або використовуються в горизонтальному положенні. Панелі можуть прогинатися, наприклад в зонах між точками, в яких вони скріплюються або підтримуються відповідними структурами, включаючи, наприклад, стельову решітку. Проблема прогинання може бути більш виражена в тому випадку, коли панелі несуть навантаження, наприклад, ізоляцію.

Деякі акустичні панелі розроблені таким чином, щоб вони включали затверділий гіпс (наприклад, дигідрат сульфату кальцію) в акустичному шарі. Оскільки затверділий гіпс не є сам по собі особливо хорошим звукопоглинальним матеріалом, чималі акустичні панелі, що містять затверділий гіпс, включають дуже велику кількість механічно виконаних отворів, які можуть бути, наприклад, просвердлені, проштамповані або іншим чином створені, і, які проходять через всю глибину панелі. Отвори в акустичних панелях такого типу звичайно мають діаметр щонайменше один сантиметр, як, наприклад, отвори в акустичних панелях, комерційно доступних від компанії Danoline of Valby (Данія) і British Gypsum. У багатьох з вказаних панелей також використовується функціональна відносно звукопоглинання основа з листового матеріалу. Вказана функціональна відносно звукопоглинання основа являє собою в типовому випадку об'ємне скловолокно або полімерний матеріал, які поглинають або розсіюють звук, що пропускається великими механічно виконаними отворами, але значна кількість звуку все ще проходить через панель. Хоч великі механічно виконані отвори забезпечують деяке звукопоглинання, за рахунок наявності простору позаду панелі, багато зі споживачів не знаходять їх естетично задовільними. Акустичні панелі на основі гіпсу, які мають механічно виконані великі отвори, також являють собою відносно щільні продукти, створюючи, у зв'язку з цим, певні труднощі при роботі з ними, транспортуванні і установці. Крім того, основа з листового матеріалу додатково значно збільшує собівартість такої продукції.

Останнім часом в даній галузі техніки приділялася велика увага вивченню способу виготовлення акустичних панелей з цементних матеріалів. Так, наприклад, в патенті США No.6 443 258 B1 описується звукопоглинальна пориста панель, виготовлена індивідуально в формі із затверділого водного спіненого цементного матеріалу, який включає дуже маленьку пропорцію води в порівнянні із звичайним цементним матеріалом (наприклад, менше ніж 1:1). Паперові, волокна не включаються в панелі, описані в патенті '258, з тим, щоб відповідати необхідному низькому коефіцієнту співвідношення води до цементного матеріалу, як вказано в патенті. Як заміник паперового волокна в патенті '258 описується використання поліефіру, скловолокна або скловати, які характеризуються дуже довгими волокнами. Відповідно до патенту '258, довжина таких волокон переважно складає близько 0,5 дюймів, так що волокна могли проходити через кристалічну структуру цементу, а також проходити через пори, утворені в процесі спінювання. Таким чином, акустичні панелі, виготовлені відповідно до патенту США '258, є дорогими у виготовленні, а спосіб отримання

таких панелей неефективний з точки зору рентабельності великомасштабного виробництва.

Відповідно, з вказаного вище виходить, що в даній галузі техніки є потреба в акустичних панелях, які були б відносно недорогими для виробництва та, які можна було ефективно виготовляти у великих кількостях на потоковій лінії виготовлення гіпсових панелей. Крім того, в даній галузі техніки є потреба в створенні такої акустичної панелі, яка була б естетичною, та для якої не була б потрібна присутність відносно великих механічно просвердлених отворів. Виходить також, що в даній галузі техніки є потреба в створенні такої акустичної панелі, яка була б стійкою до постійної деформації, такої як прогинання. Даний винахід відноситься до акустичної панелі і способу її виготовлення, які включають усі такі властивості. Вказані та інші переваги даного винаходу, а також додаткові аспекти винаходу будуть очевидні з приведенного нижче опису винаходу.

Даний винахід стосується акустичної панелі, що містить акустичний шар, що включає переплетену фіксовану матрицю із затверділого гіпсу. У деяких варіантах втілення даного винаходу панель являє собою акустичний шар сам по собі, у вигляді моноліту. У інших варіантах панель включає композит, який містить акустичний шар, основу з листового матеріалу та необов'язково підтримуючий або ущільнений шар, розташований між основою з листового матеріалу і акустичним шаром. У інших варіантах втілення даного винаходу панель включає полотняний шар, розташований між ущільненим шаром і акустичним шаром. У даному винаході розглядаються різні альтернативні сполучення акустичного шару, підтримуючого або ущільненого шару, полотняного шару і основи з листового матеріалу.

Даний винахід також стосується способу отримання акустичної панелі. В одному варіанті втілення способу за даним винаходом суміш, яка включає воду, спінувач і випалений гіпс, відливають з отриманням відповідного акустичного шару, який має вигляд частини безперервної стрічки з вибраною шириною і товщиною. Відлив попередника акустичного шару в стрічку виконують в умовах, достатніх для того, щоб випалений гіпс сформував переплетену фіксовану матрицю із затверділого гіпсу і таким чином створив акустичний шар. Типовий акустичний шар на даній стадії способу є вологим у зв'язку з наявністю надлишку води у відливній стрічці, на основі якої утворюється переплетена фіксована матриця із затверділого гіпсу. Вологий акустичний шар розрізають з отриманням вологого попередника акустичної панелі вибраних розмірів. Попередник вологої панелі сушать з отриманням сухої акустичної панелі. У деяких варіантах акустичні панелі за даним винаходом мають показник нормального випадкового звукопоглинання, який дорівнює щонайменше приблизно 0,32, відповідно до норм модифікованого ASTM E 1050-98, як буде описано нижче.

Переважно безперервна стрічка включає основу з листового матеріалу для підтримки попередника акустичного шару в процесі виготовлення акустичної панелі. Типово, основа з листового шару залишається частиною готової акустичної панелі, але це необов'язково справедливо для всіх варіантів даного винаходу. При виготовленні акустичної панелі суміш для формування попередника акустичного шару наносять безпосередньо на основу з листового матеріалу. У переважних варіантах втілення даного винаходу суміш для формування попередника щільного шару наносять на основу з листового матеріалу перед нанесенням попередника акустичного шару. У інших варіантах наносять полотняний шар між ущільненим шаром і попередником акустичного шару.

У деяких варіантах даний винахід відноситься до способу отримання акустичної панелі, який включає етапи, на яких здійснюють отримання безперервної стрічки, яка містить суміш для формування акустичного шару, причому вказана суміш включає: (a) воду, (b) випалений гіпс і (c) спінувач та необов'язково один або декілька з наступних компонентів: (d) целюлозне волокно, (e) легкий агрегат, (f) зв'язуюче, (g) прискорювач, (h) пластифікуюча добавка та (i) матеріал підсилювача, вибраний з групи, яка складається з поліфосфату амонію, що включає 500-3000 повторюваних фосфатних одиниць, триметафосфатної сполуки, тетраметафосфатної сполуки, гексаметафосфатної сполуки та їх сполучень. Можуть бути включені основа з листового матеріалу, ущільнений шар та/або полотняний шар, як описано в даному винаході. Стрічку витримують в умовах, придатних для того, щоб випалений гіпс сформував переплетену фіксовану матрицю із затверділого гіпсу. Потім стрічку нарізають з отриманням однієї або декількох панелей вибраних розмірів.

У деяких варіантах даний винахід відноситься до акустичної панелі, що включає акустичний шар, який містить переплетену матрицю із затверділого гіпсу та одну або декілька добавок, таких як целюлозне волокно, легкий агрегат та/або матеріал підсилювача, вибраний з групи, яка складається з поліфосфату амонію, що включає 500-3000 повторюваних фосфатних одиниць, триметафосфатну сполуку, тетраметафосфатну сполуку, гексаметафосфатну сполуку та їх сполучень. У суміш, яка використовується для формування акустичного шару в акустичній панелі, можуть бути також включені зв'язуюче, спінувач, прискорювач і пластифікуюча добавка. Переважно панель включає основу з листового матеріалу для підтримки акустичного шару. Ще більш переважно панель включає ущільнений шар на основі з листового матеріалу та ще більш переважно панель включає полотняний шар, розташований між ущільненим шаром і акустичним шаром.

Для пояснення даного винаходу нижче приводиться докладний опис переважних варіантів його втілення.

Даний винахід стосується акустичної панелі, що включає акустичний шар, який містить переплетену фіксовану матрицю із затверділого гіпсу, та способу безперервного виготовлення акустичної панелі. Акустична панель може являти собою акустичний шар сам по собі у вигляді монолітного шару і може являти собою багатошаровий композит. Панелі за даним винаходом демонструють бажані акустичні властивості, міцність на вигин, поверхневу твердість та стійкість до постійної деформації, такої як прогинання, для використання у великому діапазоні різних видів застосування, включаючи, наприклад, стельові плити, стінові панелі і перегородки, такі як міжкімнатні перегородки в офісі і т.п. При втіленні даних та інших варіантів застосування акустичний шар в акустичних панелях за даним винаходом переважно має густину від приблизно 10фунт/фут³ (160кг/м³) до приблизно 25фунт/фут³ (400кг/м³), більш переважно від приблизно 12фунт/фут³ до приблизно 20фунт/фут³ та найбільш переважної у разі використання для стельових плит є густина приблизно 16фунт/фут³. У деяких варіантах, що не включають ущільнений шар та/або полотняний шар, які описується в даному винаході, може бути бажаним мати акустичний шар з густиною, відповідною найвищому показнику в переважному діапазоні, або навіть вище.

Відповідно, акустичні панелі із затверділого гіпсу за даним винаходом можуть з успіхом забезпечувати

бажані звукопоглинальні властивості без створення великих отворів, що механічно виконуються і без використання скловати. Таким чином, в переважних варіантах втілення даного винаходу панелі по суті не містять скловати та механічно виконаних отворів з діаметром меншим 1см, так що звукопоглинальні властивості згідно з даним винаходом досягаються без них, хоч такі механічно виконані отвори та/або скловата можуть бути включені за бажанням у деякі варіанти даного винаходу. Переважні панелі за даним винаходом не включають пустотних об'ємів будь-якого роду (таких як механічно виконані отвори) зі середнім максимальним діаметром вищим, ніж приблизно 2мм.

Відповідно до даного винаходу, акустична панель може бути отримана з використанням лінії для виробництва гіпсових стінових панелей. Традиційна лінія для виробництва гіпсових панелей може бути використана для отримання акустичної панелі за даним винаходом, яку модифікують, з тим, щоб пристосувати до характеристик міцності та затвердіння у разі суспензії, яку використовують для отримання акустичної панелі. У процесі виробництва отримують стрічку, яка включає попередник акустичної панелі. У деяких варіантах стрічка включає також основу з листового матеріалу, попередник ущільненого шару та/або полотняний шар. Попередник акустичного шару та попередник ущільненого шару (у разі його наявності) використовують для утворення акустичної панелі, що містить гіпс за даним винаходом шляхом формування суміші води, випаленого гіпсу та інших добавок. Різні компоненти, такі як, наприклад, целюлозне волокно, легкий агрегат, зв'язуюче, спінювач, стабілізатор утворення піни, прискорювач, пластифікована добавка та/або матеріал підвищувача для підвищення стійкості до постійної деформації, зв'язаної, наприклад, з умовами високої вологості, можуть бути додані до водної суспензії випаленого гіпсу, за бажанням. Суміш для формування попередника ущільненого шару може бути такою ж або може відрізнятися по складу від суміші, що використовується для формування попередника акустичного шару.

У безперервному процесі виготовлення акустичної панелі суміш, що використовується для формування акустичного шару, розливають для отримання попередника ущільненого шару у вигляді щонайменше частини безперервної стрічки. Конвеєр переносить стрічку, причому конвеєр може являти собою стрічковий конвеєр та/або роликовий конвеєр, або т.п., на ножовий пристрій, де дану стрічку розрізають на ділянки з отриманням попередника вологої панелі вибраних розмірів. Попередник акустичного шару і попередник ущільненого шару (при його наявності) тужавіє або твердіє з утворенням переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу та таким чином перетворюється в акустичний шар і ущільнений шар (у разі його наявності) у міру того, як стрічка просувається до ножового пристрою. Даний винахід відноситься до використання конвеєрів, роликових пристроїв та їх комбінацій, при умові, що підтримується цілісність відливної стрічки в процесі затвердіння або тужавіння, що приводить до утворення переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу. У переважних варіантах втілення даного винаходу формується акустичний шар без зовнішнього примежового шару високої густини на відміну від ситуації, описаної для панелей в патенті США No.6 443 258 B1. Такі переважні варіанти втілення даного винаходу володіють перевагою, оскільки панель отримують відповідно до способу, в якому немає необхідності видаляти, наприклад, шляхом розмелу якого-небудь примежового шару з високою густиною, який не відноситься до акустичного шару. Основа з листового матеріалу може використовуватися для підтримки панелі відповідно до відомого способу, який застосовується в процесі виробництва стінових панелей. У бажаному варіанті основа з листового матеріалу діє шляхом перенесення навантажень, так що для урівноваження досягається їх розповсюдження на всю довжину стрічки або панелі. Суміш для формування попередника акустичного шару може бути нанесена безпосередньо або опосередковано на основу з листового матеріалу. У переважних варіантах суміш для формування попередника ущільненого шару наносять на основу з листового матеріалу для посилення міцності. У ще більш переважних варіантах для подальшого посилення міцності у вологому та сухому стані попередника акустичної панелі та самої акустичної панелі вводять полотняний шар. Полотняний шар наносять при створенні панелі на поверхню попередника ущільненого шару, із зворотної сторони відносно основи з листового матеріалу. Попередник акустичного шару потім наносять на полотняний шар.

Як відомо фахівцям в даній галузі, водна гіпсова суміш (наприклад, суспензія) для формування попередника акустичного шару та попередника ущільненого шару (при його наявності), відповідно, може бути отримана з використанням звичайного пристрою для перемішування, який використовується при виробництві гіпсових стінових панелей. Після перемішування водну гіпсову суміш, яку використовують для отримання попередника ущільненого шару, при його наявності, вивантажують із змішувача через один або декілька отворів, розташованих окремо від отвору для водної гіпсової суміші, яку використовують для отримання попередника акустичного шару. Вигляд субстрату, на який розливають гіпсову суміш, залежить від типу панелі, яку отримують. Наприклад, суміш для формування попередника акустичного шару може розливатися на (а) основу з листового матеріалу; (b) полотняний шар, при його наявності, та (c) попередник ущільненого шару, якщо він присутній, а полотняний шар відсутній.

Основу з листового матеріалу прокатують по рухомій поверхні, такий як конвеєр або т.п., для розливанні безперервної стрічки бажаної форми, яка включає попередник акустичного шару, основу з листового матеріалу та необов'язково попередник ущільненого шару і полотняний шар, один або обидва з них. За бажанням може накладатися формуюча плита або валик на зовнішню поверхню попередника акустичного шару для досягнення бажаної товщини. Ясно також, що до попередника акустичного шару може бути доданий лицьовий лист. При використанні лицьового листа формуючу плиту або ролик накладають на лицьовий лист для досягнення вибраної товщини.

Акустичний шар формують після того, як затвердіє попередник акустичного шару, тобто після того, як утвориться переплетена фіксована матриця із затверділого гіпсу. У бажаному варіанті акустичний шар має товщину приблизно від 0,3 дюйма до приблизно 0,75 дюймів, переважно приблизно 0,375 дюйма, приблизно 0,5 дюйма, приблизно 0,625 дюйма, приблизно 0,750 дюйма, приблизно 1 дюйм або більше. У тому випадку, коли в акустичну панель включається ущільнений шар та/або полотняний шар, з вказаних переважних діапазонів може бути вибрана менша товщина акустичного шару, як це відомо фахівцям у даній галузі. Акустична панель в даному винаході переважно має загальну товщину від приблизно 0,5 дюйма до приблизно

1 дюйма, більш переважно від приблизно 0,5 дюйма до приблизно 0,625 дюйма.

Використання формуючої плити або формуючих валиків відоме у виробництві гіпсових стінових панелей. У деяких варіантах втілення даного винаходу, наприклад, у тому випадку, коли відсутня лицьова пластина, може бути бажано, щоб формуючі плита або валики мали форму вібруючої плити або псевдозрідженного шару. Вібруюча плита вібрує горизонтально, створюючи зсув, який перешкоджає прилипанню гіпсової суспензії до вібруючої плити та сприяє, таким чином, утворенню гладкої поверхні однорідної товщини.

Псевдозріджений шар дозволяє воді пройти через пори в шарі з дуже малою швидкістю, за рахунок чого утворюється гладка поверхня між формуючим псевдозрідженим шаром та гіпсовою сумішшю, і таким чином усувається прилипання гіпсової суспензії на формуючий псевдозріджений шар та створюється гладка поверхня однорідної товщини. Як приклад псевдозрідженого шару можна привести форму від компанії Dynapore Modelos LFM-1 або LFM-10, комерційно доступну від компанії Martin Kurz & Co., Inc. of Mineola, NY.

У переважних варіантах пристрій для псевдозрідження включає псевдозріджений шар, який розташовується таким чином, що лицьова поверхня пристрою для псевдозрідження контактує з гіпсовою суспензією, контролюючи, таким чином, товщину стрічки. Пристрій для псевдозрідження включає щонайменше одну сторону стіни (наприклад, це може бути чотири сторони стіни), розповсюджуючись вгору та в сторони від гіпсової суспензії. Способи подачі води від джерела води, наприклад, від шланга, водопроводу або т.п., на базову поверхню шару також можливі. Далі вода просочується через пори від базової поверхні пристрою для псевдозрідження на лицьову поверхню пристрою для псевдозрідження і на гіпсову суспензію. У деяких варіантах пристрій для псевдозрідження також включає верхню стіну, з'єднану з боковими стінами та розташовану паралельно псевдозрідженому шару, так що утворюються подібність коробки, та при утворенні отвору у верхній стінці або у бокових стінках стає можливим включення подачі води.

За бажанням, можна друкувати трафарет на безперервній стрічці при використанні традиційних методик, з отриманням бажаної текстури в акустичній панелі в естетичних цілях. Наприклад, може використовуватися безперервна стрічка конвеєра для відбитки трафарету на гіпсових пристроях, як відомо в техніці. Трафарет може бути друкований на попередникові акустичного шару. Як відомо фахівцям у даній галузі, трафарет переважно друкується в точці процесу тужавіння, при якій відбувається достатнє тужавіння і, в зв'язку з цим, трафарети зберігаються.

У міру того, як безперервна стрічка продовжує рухатися від роликів до ножового пристрою, стрічку розрізають на попередники вологої панелі заданої довжини. За бажанням можуть використовуватися два або декілька ножів, встановлених на різних стадіях процесу для розрізання стрічки на попередники заданих розмірів, придатних для сушіння (наприклад, розміром 4 фута × 9 футів), як відомо фахівцям в даній галузі. Ножовий пристрій може мати будь-яку придатну форму, таку як наприклад, традиційний ножовий пристрій, який використовується при виробництві стінових панелей, водоструминний ножовий пристрій або інше. У міру переміщення безперервної стрічки до ножового пристрою відбувається її затвердіння з утворенням переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу, тобто матриці дигідрату сульфату кальцію. При цьому відбувається необхідний процес гідратації випаленого гіпсу, який призводить до утворення кристалів переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу, що надає міцність гіпсовій структурі в акустичній панелі, а також міцність у контексті сирової формувальної маси (як зазначено нижче) безперервній стрічці у міру її застигання та попереднику вологої панелі.

Довжина безперервної стрічки може змінюватися. Оскільки водну гіпсову суміш у такому випадку піддають затвердінню у міру переміщення безперервної стрічки на тій поверхні, на якій відбувається її розливання (наприклад, на конвеєрі або т.п.), безперервна стрічка може мати довжину 50 футів або більше, 100 футів або більше, 250 футів або більше та переважно 350 футів або більше. Наприклад, в залежності від конструкції виробничої лінії, яка визначається швидкістю роботи виробничої лінії та швидкістю гідратації гіпсової суспензії, безперервна стрічка в переважних варіантах може мати довжину 500 футів або більше, 750 футів або більше, 1000 футів або більше та 1250 футів або більше, так що перед нарізанням стрічки на попередники вологої панелі формується щонайменше приблизно 98% затверділого гіпсу.

Після застигання гіпсу і нарізання стрічки, попередники вологої панелі переносяться в випалювальну піч для видалення води, яка не прореагувала, в умовах слабкого нагрівання з отриманням сухої акустичної панелі. Вологі попередники панелі сушать протягом деякого часу, достатнього для сушіння панелі, переважно при температурі нижчій, ніж температура, яка використовується для традиційного сушіння звичайних гіпсових стінових панелей. У цьому разі панелі переважно сушать при температурі таким чином, щоб уникнути повторного випалення затверділого гіпсу, особливо в тих варіантах, де відсутній лицьовий лист, який може якимсь чином захищати гіпс від повторного випалення. У зв'язку з тим, що акустичний шар в переважних панелях за даним винаходом переважно має відносно низьку густину, наприклад, від 10фунт/фут³ (160кг/м³) до 25фунт/фут³ (400кг/м³) у разі переважних панелей необхідний час сушіння в печі переважно становить приблизно 90 хвилин або менше.

На потокових лініях виготовлення гіпсових панелей, де використовуються рухомі ролики для транспортування нарізаних панельних попередників у піч при більш високих швидкостях, ніж рухома поверхня, на яку розливається гіпс, може виникнути необхідність контролювати мотори, керуючі транспортуючими роликами для зниження швидкості транспортування, зазвичай, які використовуються у разі традиційних ліній гіпсових панелей для зниження вібрації, якої можуть зазнавати нарізані панельні попередники. Може бути також бажано у деяких варіантах мати достатню кількість транспортуючих роликів, так щоб їх можна було вмістити на відстані 6 дюймів, здебільшого, не більш ніж приблизно 4 дюйми (або навіть ближче) та/або використовувати стрічки замість них або вмістити їх на верхній частині транспортуючих роликів, так щоб знизити можливість пошкодження попередників панелей (особливо їх кінців) або можливість їх захоплення транспортуючими роликами та для заглушення вібрації. У деяких варіантах вся лінія може працювати на стрічці.

У деяких переважних варіантах панелі за даним винаходом включають основу з листового матеріалу. Для основи з листового матеріалу може використовуватися будь-який придатний матеріал, головне, щоб основа з

листового матеріалу забезпечувала підтримку та міцність всій смузі, попередникам панелі і акустичній панелі. Наприклад, основа з листового матеріалу підвищує стійкість до вібрації, знижуючи, таким чином, утворення зломів, у міру обробки стрічки та попередників в процесі виробництва. У деяких варіантах основа з листового матеріалу може мати вигляд такого матеріалу, як, наприклад, картон, папір (наприклад, манільський папір, крафт-папір і т.п.), неткана скляна основа, металева фольга (наприклад, алюмінієва, і т.п.). У деяких варіантах може використовуватися ламінат, який містить папір, наприклад, металева фольга, де папір контактує з ущільненим шаром (при його наявності) або акустичним шаром, а фольга являє собою зовнішню поверхню основи.

У тому випадку, коли для основи з листового матеріалу вибирають папір, буває зручно використати традиційний картон для стінової панелі, так щоб був отриманий і встановлений на лінії один тип паперу. Один і той же тип паперу може бути пристосований і для продукції стінових панелей і акустичних панелей за даним винаходом. Наприклад, як зрозуміло фахівцям в даній галузі, картон, який зазвичай використовується, може мати вигляд, наприклад, 6-8-шарового паперу, який виготовляється в циліндричному пристрої, або вигляд 1-4-шарового паперу, який виготовляється на паперовому пресі Fourdrinier. Папір з меншим числом шарів (такий, що виготовляється в процесі Fourdrinier) являє собою щонайменше переважно 2-шаровий папір і він є переважним, оскільки сприяє зниженню ваги паперу і полегшує його нарізання. У разі використання такого паперу зі зниженим числом шарів очевидно, що може бути бажаним використати більш потужні розмотувачі паперових рулонів, з тим, щоб знизити натягнення при розмотуванні паперу, оскільки папір зі зниженим числом шарів забезпечує потрібну міцність і підтримку.

Потрібно зазначити, що панелі за даним винаходом переважно є незбалансованими, в тому значенні, що лицьова сторона панелі не містить відповідного листа, на відміну від традиційних гіпсових панелей, які містять папір як на лицьовій, так і на задній поверхні панелі. Однак, хоч і менш бажано, в деяких варіантах втілення даного винаходу акустична панель може включати лист, такий як папір, на лицьовій стороні, який може бути видалений перед сушінням в печі або, альтернативно, акустично прозорий лист може залишатися на лицьовій стороні готової панелі, особливо якщо він включає зроблені через нього перфорації, переважно розміром зі шпилькову головку. Наприклад, акустично прозорий лист може мати вигляд декоративної поверхні, як це відомо фахівцям в даній галузі. Відповідні для лицьового листа матеріали включають, наприклад, перфорований вініл, перфорований або акустично прозорий папір, неткане полотно, ткани нитки або тканинні матеріали і т.п. В деяких варіантах на основу з листового матеріалу та/або лицьовий лист, при його наявності, може бути попередньо нанесене покриття з зв'язувальним матеріалом, таким як попередньо жельований крохмаль, для посилення зв'язку між основним та/або лицьовим листами, з одного боку, і переплетеною фіксованою матрицею із затверділого гіпсу акустичного шару та/або ущільненого шару, з іншого боку.

Переважно попередник ущільненого шару, який включає випалений гіпс і воду, наносять на основу з листового матеріалу. Ущільнений шар утворюється після того, як попередник ущільненого шару застигне з утворенням переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу. Ущільнений шар може бути близький по складу до акустичного шару, за винятком того, що ущільнений шар має велику густину, що зазвичай пов'язано з тим, що в ньому менше пустотних порожнин, утворених при спінюванні. Потік гіпсової суспензії для формування ущільненого шару може бути взятий з того ж змішувача, який використовувався для отримання попередника акустичного шару. Переважно, однак, суміш для формування попередника ущільненого шару не включає ту ж саму кількість піни, що і суміш, яка використовується для утворення попередника акустичного шару. Потік гіпсової суміші для формування ущільненого шару наноситься на основу з листового матеріалу зверху відносно попередника акустичного шару, який виходить із змішувача. У даному винаході, в тому випадку, коли інгредієнти використовуються із розрахунку їх вагових процентів, потрібно розуміти, що вказана кількість являє собою вагу твердого вмісту у суміші з гіпсовою суспензією, яка використовується для формування попередника акустичного шару, і може також використовуватися в гіпсовій суспензії, яка використовується для формування попередника ущільненого шару, якщо обидва потоки беруться з одного і того ж змішувача та відповідні добавки введені в змішувач. Може бути введений арматурний стержень або подібний матеріал для досягнення бажаної товщини ущільненого шару.

Для досягнення відносно високої густини бажано, щоб ущільнений шар був виконаний так, щоб утворилася мінімальна кількість пустотних порожнин, утворених при спінюванні. Так, в переважних варіантах втілення даного винаходу, піну додають до гіпсової суспензії після її виходу із змішувача через випускний отвір, такий як, наприклад, тангенціальний випускний канал або донний випускний канал, відомий у техніці. Див. наприклад, патенти США NoNo.5 683 635 і 6 494 609. Як очевидно фахівцям в даній галузі, в переважних варіантах, коли піну додають у випускний канал, потік гіпсової суспензії для формування попередника ущільненого шару може витікати із змішувача з одного або декількох отворів, так що в попередник ущільненого шару включається невелика кількість спінювача або він зовсім не включається. У інших варіантах, коли спінювач додають у змішувач, бажано використати один або декілька вторинних змішувачів (звичайно названих в техніці, як «кінцеві змішувачі», оскільки вони в основному використовуються в процесі формування твердих кінців стінової панелі) для розбивання піни із змішувача, який використовується для отримання попередника ущільненого шару, та ущільнений шар може формуватися на основі з листового матеріалу. Точне розташування отвору(ів) в змішувачі для утворення суміші, що використовується для формування попередника ущільненого шару, змінюється в залежності від конкретної конфігурації кожної з виробничих ліній і вибір її вирішується фахівцем в даній галузі.

Крім того, як зрозуміло фахівцям в даній галузі, спінювач в основному готують заздалегідь і додають до гіпсової суспензії в формі, що включає воду, як носій. Таким чином, зрозуміло, що додавання спінювача в потік, який виходить із змішувача переважно по тій додатковій причині, що буде утворюватися ущільнений шар, для якого характерне більш низьке співвідношення води до затверділого гіпсу, ніж у гіпсовій суспензії, яка утворює акустичний шар, так що густина такого ущільненого шару підвищується, оскільки об'єм пустот через випарену воду буде меншим, ніж в акустичному шарі.

Крім спінювача, в гіпсову суміш можуть додаватися інші компоненти, які використовуються для утворення акустичного шару, наприклад, такі як, целюлозне волокно, легкий агрегат, зв'язуюче, спінений стабілізатор,

прискорювач, пластифікуючий засіб та/або матеріал підсилювача для підвищення стійкості до постійної деформації, в тій мірі, в якій їх наявність у гіпсовій суспензії, яка використовується для формування ущільненого шару, потрібна і прийнятна. Оскільки такі інгредієнти не є обов'язковими для ущільненого шару, то, якщо їх бажано включати в гіпсову суспензію для формування акустичного шару, може бути зручно вводити такі інгредієнти в змішувач, так щоб вони в результаті включалися, як в потік гіпсової суспензії, яка використовується для формування попередника акустичного шару, так і в потік гіпсової суспензії, яка використовується для формування попередника ущільненого шару. Однак, в деяких варіантах втілення даного винаходу деякі або усі інгредієнти можуть вводитися у випускний потік із змішувача, аналогічно ситуації з піною, так що їх наявність усувається або мінімізується в ущільненому шарі.

Ущільнений шар в бажаній мірі підвищує міцність панелі у вологому стані (наприклад, міцність на вигин) з поліпшенням її здатності до обробки на рухомій поверхні виробничої лінії, а також міцність в сухому стані та оброблюваність різанням, так що акустична панель за даним винаходом може встановлюватися легко та без розломів при дотриманні показників нормального зносу і розриву. Таким чином, ущільнений шар, при його наявності, бажаним чином посилює міцність готової панелі. Ущільнений шар може бути відносно тонким в порівнянні з акустичним шаром, оскільки ущільнений шар не повинен в обов'язковому близько додавати звукопоглинальні властивості панелі. Як приклад можна указати, що ущільнений шар може мати товщину від приблизно 0,05 дюйма до приблизно 0,3 дюйма, переважно від приблизно 0,125 дюйма до приблизно 0,25 дюйма, ще більш переважно від приблизно 0,175 дюйма до приблизно 0,225 дюйма, і ще більш переважно становить приблизно 0,2 дюйма. Ущільнений шар переважно має густину, яка дорівнює щонайменше приблизно 30фунт/фут³ (480кг/м³), більш переважно густину від приблизно 35фунт/фут³ (560кг/м³) до приблизно 50фунт/фут³, ще більш переважно від приблизно 38фунт/фут³ до приблизно 46фунт/фут³ і ще більш переважно від приблизно 40фунт/фут³ до приблизно 45фунт/фут³.

Полотняний шар може необов'язково додаватися в акустичну панель. У тих варіантах, коли в акустичну панель включається ущільнений шар, полотняний шар переважно розташований між ущільненим шаром і акустичним шаром. У процесі виготовлення панелі полотняний шар переважно наносять на попередник ущільненого шару. Полотняний шар переважно включають для подальшого посилення міцності та оброблюваності різанням, та для додаткової підтримки попередника акустичного шару і самого акустичного шару. У бажаному варіанті полотняний шар вибирають таким чином, щоб досягнути потрібних показників розширення об'єму, порівнянних з основою з листового матеріалу, що дозволить протистояти жолобленню в умовах вологості, що змінюється, як це очевидно фахівцям в даній галузі. У тому випадку, коли акустична панель включає ущільнений шар і полотняну шар, панель має в основному наступну структуру: акустичний шар, полотняний шар, ущільнений шар, основу з листового матеріалу.

Полотняний шар, у разі його включення, переважно є пористим для полегшення приєднання полотняного шару до акустичного шару і ущільненого шару, відповідно, і для підвищення здатності до сушіння попередника ущільненого шару. У тому випадку, коли полотняний шар непористий, час сушіння ущільненого шару може бути продовжений. Зчеплення полотняного шару з ущільненим шаром і акустичним шаром, відповідно, при його приєднанні до структури типу "сендвіча" може бути посилено за рахунок використання зв'язуючого, наприклад, такої як, попередньо жельований крохмаль, який наносять на одну або обидві поверхні полотняного шару. Зв'язуюче може додаватися в суміш, що використовується для формування попередника акустичного шару і попередника ущільненого шару. Зв'язуюче може також наноситися на полотняний шар і на основу із листового матеріалу шляхом розпилення.

Як приклад, але не з метою обмеження, можна зазначити, що полотняний шар може мати форму паперу, яку зазвичай використовують при виготовленні основи з листового матеріалу, полотна з нетканого скловолна, тканих скловолнистих матів, інших матів з синтетичного волокна, таких як поліефір і т.п., та їх сполучення. Переважні типи паперу включають папір, який використовується на задній стороні стінових панелей, а також папір, що традиційно використовується в гіпсовій панелі, як відомо фахівцям в даній галузі. Може використовуватися папір, такий як папір для гіпсової основи IMPERIAL®, який використовується разом з гіпсом IMPERIAL®, комерційно доступні від компанії USG. Бажано, щоб зовнішні шари паперу, які використовуються для полотняного шару, не оброблялися гідрофобізатором.

Полотняний шар, у разі його включення, забезпечує посилення щільності на розтягнення та/або щільності на вигин панелі. Наприклад, в деяких варіантах втілення даного винаходу полотняний шар, який включається має товщину від приблизно 0,003 дюйма до приблизно 0,02 дюйма (наприклад 0,013 дюйма).

Полотняний шар, у разі його включення, наносять на попередник ущільненого шару по всій довжині з утворенням частини безперервної стрічки, яка пізніше розрізається на ділянки попередника вологої панелі заданих розмірів. Конфігурація виробничої лінії, яка використовується для нанесення полотняного шару, змінюється в залежності від типу виробничої лінії, яка відома фахівцям в даній галузі. Наприклад, полотняний матеріал може мати вигляд безперервного рулону, який розмотується із застосуванням для цього переважно потужних розмотувачів. У деяких варіантах після нанесення ущільненого шару на основу з листового матеріалу наносить полотняний шар (наприклад, з рулону) на попередник ущільненого шару і потім на полотняний шар наносять гіпсову суспензію для утворення попередника акустичного шару.

Безперервна смуга і попередники вологої панелі, відповідно, мають достатню міцність сирій формувальної суміші для того, щоб протистояти дії власної ваги, а також впливу виробничих ліній, таких як вібрації. У контексті даного опису термін "міцність сирій формувальної суміші" відноситься до міцності під час або після процесу тужавіння, перед надходженням смуги або попередників вологої панелі на сушіння. Для подальшого поліпшення зручнооброблюваності смуги на виробничій лінії сама вага на одиницю об'єму (густина) безперервної смуги мінімізується. Незважаючи на те, що густина безперервної смуги не є суворо критичним показником, переважно, щоб акустичний шар в безперервній смузі мав максимальну густину в процесі виробництва до сушіння, яка дорівнює приблизно 53фунт/фут³ (850кг/м³), більш переважно максимальну густину, яка дорівнює приблизно 43фунт/фут³. Коефіцієнт відношення кількості води до кількості випаленого гіпсу коректують таким чином, щоб знизити вміст води для мінімізації сирій ваги і часу сушіння.

Крім того, вважається, що знижений коефіцієнт вода-штукатурка сприяє утворенню відкритих пустих комірок в акустичному шарі, який містить гіпс, при використанні спінювача. Відкрита комірчаста структура посилює акустичні властивості в порівнянні із закритими комірчастими просторами. Переважно вагове відношення води до випаленого гіпсу у водній суспензії варіює в діапазоні від приблизно 0,5:1 до приблизно 1,5:1. Переважно випалений гіпс являє собою в основному бета напівгідрат і в цьому випадку коефіцієнт відношення води до випаленого гіпсу складає переважно від приблизно 0,7:1 до приблизно 1,5:1, більш переважно від приблизно 0,7:1 до приблизно 1,4:1, ще більш переважно від приблизно 0,75:1 до приблизно 1,2:1 і найбільш переважно від приблизно 0,77:1 до приблизно 1,1:1.

Для мінімізації коефіцієнта відношення кількості води до кількості випаленого гіпсу у водній гіпсовій суспензії переважно додають пластифікатор (наприклад, за допомогою насоса) для підвищення текучості суспензії. Може використовуватися будь-який придатний пластифікатор. Наприклад, пластифікатор може мати вигляд будь-якого прийнятного пластифікатора, який зазвичай використовується при виробництві гіпсових панелей. Переважні полісульфонати, такі як, наприклад, нафталінсульфонати або т.п., карбоксилатні сполуки (наприклад, полікарбоксилати), такі як акрилати або т.п., і меламінові сполуки, ще більш переважними сполуками є карбоксилатні і меламінові сполуки, оскільки вони є незабарвленими матеріалами. Наприклад, Dilofo GW, комерційно доступний від компанії GEO Specialty Chemicals, Inc., є придатним нафталінсульфонатом, та Ethacryl™ 6-3070, комерційно доступний від компанії Lyondell Chemical Company, є придатним акрилатом.

Пластифікатор, якщо він присутній, вводять в гіпсову суміш у кількості, достатній для придання їй достатньої текучості. Наприклад, пластифікатор може вводитися у водну суспензію випаленого гіпсу в кількості приблизно до 1,5ваг.%, більш переважно в кількості приблизно до 1,0ваг.% від вмісту твердих речовин в суміші, більш переважно в кількості від приблизно 0,2ваг.% до приблизно 0,5ваг.% від кількості твердого вмісту суміші. Потрібно зазначити, що в тому випадку, коли інгредієнт додають в гіпсову суміш, яка являє собою частину розчину, вказана вагова кількість відноситься до кількості конкретного інгредієнту, а не до вагової кількості розчину, в який включається конкретний інгредієнт.

Випалений гіпс може мати вигляд альфа-напівгідрату сульфату кальцію, бета-напівгідрату сульфату кальцію, безводного водорозчинного сульфату кальцію або їх сумішей. У переважних варіантах випалений гіпс має вигляд бета-напівгідрату сульфату кальцію. Випалений гіпс присутній в гіпсовій суміші в кількості, достатній для утворення переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу. Наприклад, затверділий гіпс може вводитися у водну суміш випаленого гіпсу в кількості від приблизно 50ваг.% до приблизно 95ваг.% від твердого вмісту суміші, переважно від приблизно 60ваг.% до приблизно 94ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 88ваг.% до приблизно 94ваг.% від твердого вмісту суміші і ще більш переважно в кількості від 20 приблизно 90ваг.% до приблизно 93,6ваг.% від твердого вмісту суміші.

У переважних варіантах додають целюлозне волокно як підсилювач волокнистості у водну гіпсову суспензію. Зокрема, целюлозне волокно забезпечує сухій готовій акустичній панелі придатну міцність на вигин при відповідному підвищенні пластичності, жорсткості та міцності сирого формувальної суміші у сирій смузі та у вологому попередникові панелі. Потрібно розуміти, що целюлозне волокно зв'язується із затверділим гіпсом для посилення зчіплювання або утворення сіткової структури на основі переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу для отримання безперервної смуги та/або панелі, яка буде менш крихкою та, в зв'язку з цим, менш чутливою до розривів на виробничій лінії.

Целюлозне волокно може бути введенне в будь-якій кількості, достатній для придання продукту бажаної волокнистості. У деяких варіантах втілення даного винаходу целюлозне волокно присутнє в кількості від приблизно 1ваг.% до приблизно 12ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 3ваг.% до приблизно 6ваг.% від твердого вмісту суміші.

Може використовуватися будь-яке придатне целюлозне волокно. Переважно, однак, середня довжина целюлозного волокна менша ніж приблизно 3мм, більш переважно менша ніж приблизно 2мм. Таке целюлозне волокно переважно для посилення здатності до нарізання безперервної смуги та/або панелей. У цьому аспекті, більш довгі целюлозні волокна можуть обсіпатися при нарізанні. Наприклад, утилізований газетний папір або подібний матеріал можуть мати довжину, бажану для використання в практиці втілення даного винаходу, в порівнянні з тими, які використовувалися раніше гофрованим картоном (ГК) або крафт-папером (хоч ГК або крафт-папір можуть використовуватися в деяких варіантах втілення даного винаходу, за бажанням, особливо, якщо довжина їх волокон змінена таким чином, щоб досягнути діапазону переважних розмірів). Як очевидно фахівцям в даній галузі, деякі комерційно доступні паперові волокна, такі як, наприклад, паперове волокно Kayocel 1650, доступне від компанії American Fillers and Abrasives, постачається в суміші з карбонатом кальцію в співвідношенні 1:1. Присутність карбонату кальцію в таких комерційно доступних продуктах на основі паперових волокнистих речовин доцільне, оскільки перешкоджає грудкуванню паперових волокон в процесі обробки.

Акустичну панель переважно виготовляють таким чином, щоб вона мала бажані характеристики, пов'язані з її здатністю до нарізання. У зв'язку з цим, переважно суха акустична панель може розрізатися, так що кінці розрізаної панелі будуть мати гладкий, рівний естетично красивий край. Переважно на акустичну панель за даним винаходом можна легко нанести зарубку та піддати її обтиску. У цьому аспекті при нанесенні зарубки на основу з листового матеріалу (та листовий лист, при його наявності), наприклад, ножом, вся панель буде рівно обтискатися, що дозволить користувачеві далі розрізати панель відносно легко на робочому місці для придання панелі бажаних розмірів і форми. Потрібно зазначити, що здатність акустичних панелей за даним винаходом легко піддаватися нанесенню зарубок та обтиску, є значною перевагою відносно традиційної акустичної панелі, у разі якої потрібно, щоб нарізка панелей здійснювалася постійно. Найбільш переважна акустична панель за даним винаходом також дозволяє здійснювати на робочому місці перед установкою гладке, рівне нарізання (наприклад, при використанні ножового пристрою з утворенням на кінці так званої "тіньової лінії" з естетичною метою).

У переважних варіантах додають легкий заповнювач до водної гіпсової суспензії, яка використовується

для формування попередника акустичного шару. Легкий заповнювач, переважно має об'ємну густину, яка дорівнює приблизно 10фунт/фут³ або менше. Легкий заповнювач забезпечує створення заповненого простору, що сприяє зниженню густини і ваги акустичної панелі за даним винаходом. Приклади відповідного легкого заповнювача включають, без обмеження, спучений полістирол (наприклад, нарізаний спучений полістирол), спучений вермикуліт, спучений перліт, керамічні мікросфери, смолисті мікросфери і т.п., або їх комбінації. Потрібно зазначити, що легкі заповнювачі, що характеризуються відносно більш високою потребою у воді (наприклад, гідрофільні матеріали), менш бажані, оскільки у разі їх застосування потрібно, щоб було у наявності більше води у водній суспензії гіпсу. Кількість води більша тієї, що потрібна по стехіометрії реакції гідратації випаленого кальцію, переважно мінімізується, відповідно до переважних варіантів втілення даного винаходу, оскільки присутність води небажано підвищує сиру вагу безперервної смуги та/або попередника вологої панелі. У результаті, переважний легкий заповнювач за даним винаходом поглинає мінімально можливу кількість води. Відповідно, гідрофобний легкий заповнювач, такий як спучений перліт (наприклад, нарізаний спучений перліт) або подібний матеріал, найбільш переважні.

Як очевидно фахівцям в даній галузі, традиційні полістиролові кульки (наприклад, з об'ємною густиною приблизно 40фунт/фут³) можуть бути розширені потоком пари з утворенням спучених полістиролових сфер. У зв'язку з цим, полістиролові смолисті кульки можуть бути нагріті, екструдовані з отриманням будь-якої з можливої безлічі форм і далі оброблені, наприклад, в циклах розширення парою з подальшим охолодженням/твердінням. Звичайно 3-4 серії розширення паровим потоком використовуються для отримання легкого матеріалу з пористою внутрішньою структурою та переважною густиною від приблизно 0,2фунт/фут³ (3,2кг/м³) до приблизно 0,4фунт/фут³. Спучені сфери можуть мати будь-яку з безлічі можливих форм, таку як, наприклад, сферична форма, напівсфера, форма контрольного клейма, Е-подібна форма, S-подібна форма, що іноді означається як форма арахісового ядра, які звичайно використовуються в процесі компонування, і т.п. Спучений перліт може бути пропущений через подрібнювач або дробарку і вихідний потік стримується різним образом виконаними екранами з отриманням переважних нарубаних спучених полістиролових кульок з розподілом по розмірах. Незважаючи на те, що нарубаний спучений полістирол може мати будь-яку прийнятну об'ємну густину за даним винаходом, переважно він має об'ємну густину від приблизно 0,1фунт/фут³ до приблизно 10фунт/фут³, більш переважно від приблизно 0,2фунт/фут³ (4,8кг/м³) до приблизно 0,3фунт/фут³. У деяких варіантах втілення даного винаходу щонайменше приблизно 90% нарубаних спучених полістиролових кульок проходить через пори 5мм.

Легкий заповнювач може вводитися у будь-якій кількості, достатній для створення бажаної кількості заповненого простору, зниження густини і ваги акустичної панелі. Наприклад, легкий заповнювач, може бути присутнім в кількості від приблизно 0,2ваг.% до приблизно 35ваг.% від твердого вмісту суміші. Як очевидно фахівцям в даній галузі, при використанні збільшених кількостей легкого заповнювача в гіпсовій суміші, як і у разі використання легкого заповнювача з відносно більш високою густиною, такого як перліт, кількість випаленого гіпсу може бути відносно нижча, в межах переважних кількостей випаленого гіпсу, вказаних в даному описі. У переважних варіантах, які включають нарубаний спучений полістирол з об'ємною густиною від приблизно 0,2фунт/фут³ до приблизно 35фунт/фут³, легкий заповнювач вводиться в кількості від приблизно 0,2ваг.% до приблизно 3ваг.% від ваги твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 0,7ваг.% до приблизно 3ваг.% від ваги твердого вмісту суміші.

Зв'язуюче також включається в переважні варіанти водної гіпсової суспензії для посилення міцності і цілісності переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу в сухій акустичній панелі і для посилення зчеплення переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу та основи з листового матеріалу. Може використовуватися будь-яке прийнятне зв'язуюче або сполучення зв'язувальних речовин. Переважно зв'язуюче вибирають таким чином, щоб таке зв'язуюче функціонувало на межі між папером і переплетеною фіксованою матрицею із затверділого гіпсу і в той же час було зв'язувальною речовиною, яка функціонує всередині переплетеної фіксованої матриці із затверділого гіпсу. Як приклад, можна указати, що зв'язуюче може мати вигляд крохмалю, такого як, наприклад, не модифікований кукурудзяний або пшеничний крохмаль, латексу, такого як, наприклад, полівінілацетат, ацетатний, акриловий і стиролбутадієнові латекси, або їх сполучення. Переважно зв'язуюче за даним винаходом являє собою акриловий зв'язувальний матеріал, такий як, наприклад, самозшивальна акрилова емульсія. Прикладом самозшивальної акрилової емульсії є RHOPLEX® HA-16, комерційно доступний від компанії Rohm and Haas. У тому випадку, коли включається акриловий зв'язувальний матеріал, переважно його кількість складає від приблизно 0,5ваг.% до приблизно 3ваг.% від твердого вмісту суміші і більш переважно становить приблизно 1ваг.% від твердого вмісту суміші.

Крохмальне зв'язуюче може бути включене у гіпсову суспензію, що використовується для формування попередника акустичного шару або попередника ущільненого шару. Мігруючий і не мігруючий крохмаль відомий фахівцям в даній галузі, який відноситься до виробництва гіпсових панелей. Мігруючий крохмаль може бути включений до складу суспензії, яка використовується для формування попередника акустичного шару, і попередника ущільненого шару, що використовується для отримання акустичної панелі за даним винаходом, коли акустична панель включає папір на обох сторонах попередника акустичного шару або на обох сторонах попередника ущільненого шару. Як тільки один або обидва шари попередника тужавіють, мігруючий крохмаль починає переміщатися в зону інтерфейсу між папером і гіпсом та, як тільки гіпс застигає, зв'язуюче поліпшує липкість паперу до затверділого гіпсу. Мігруючі крохмалі не будуть обов'язково поліпшувати прикріплення паперу до затверділого гіпсу, коли папір знаходиться тільки на одній поверхні гіпсу, оскільки мігруючий крохмаль в цьому випадку має тенденцію віддалятися від паперу. Не мігруючі крохмалі можуть включатися до складу суспензії для посилення міцності акустичного шару і ущільненого шару, при його наявності, і також можуть використовуватися в розчині для нанесення безпосередньо на папір для посилення зв'язування з гіпсом.

Крохмаль, наприклад, якщо він присутній, може вводитися в кількостях від приблизно 0,8ваг.% до приблизно 1,5ваг.% від твердого вмісту суміші. Приклади легкодоступних попередньо жельованих не мігруючих крохмалів, які можуть використовуватися в даному винаході, включають (ідентифіковані по

комерційних назвах): крохмаль GemGel, комерційно доступний від Manildra Group USA; і крохмаль, PCF1000, доступний від компанії Lauhoff Grain Co. Приклади легкодоступних не желюваних, попередньо не розріджених кислотою не мігруючих крохмалів, які можуть використовуватися в даному винаході, включають (ідентифіковані по комерційних назвах): крохмаль Minstar 2000, доступний від компанії Minnesota Corn Products Company; і крохмаль Clinton 106 Corn Starch, доступний від ADM Company. Приклади легкодоступних мігруючих крохмалів, які використовуються в даному винаході, включають (ідентифіковані по комерційних назвах): крохмаль Hi-Bond, доступний від компанії Lauhoff Grain Co., і крохмаль LC-211, доступний від ADM Company.

У тому випадку, коли в практиці втілення переважного варіанту даного винаходу використовується зв'язуюче, вказане зв'язуюче переважно включається у водну суспензію випаленого гіпсу в загальній кількості від приблизно 0,5ваг.% до приблизно 5ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 0,5ваг.% до приблизно 2ваг.% від твердого вмісту суміші, ще більш переважно в кількості від приблизно 0,5ваг.% до приблизно 1,5ваг.%.

Відповідно до даного винаходу, переважно вводять один або декілька спінювачів для створення пустот в продукті із затверділого гіпсу для посилення його звукопоглинальних властивостей і зниження ваги. Може використовуватися будь-який з традиційних спінювачів, відомих в даній галузі, при отриманні спінених продуктів із затверділим гіпсом. Багато з таких спінювачів відомі і легко доступні комерційно, наприклад, від компанії GEO Specialty Chemicals, Ambler, Pennsylvania. Додатковий опис використовуваних спінювачів подано, наприклад, в патентах США 4 676 835; 5 158 612; 5 240 639 і 5 643 510 та в публікації по заявці на міжнародний патент PCT WO 95/16515, опублікованій 22 червня 1995 року.

Переважно піну відбирають таким чином, щоб вона утворювала стабільну пінну комірку в акустичному шарі акустичної панелі. У зв'язку з цим, вважається, що звукопоглинальні властивості посилюються у міру збільшення площі поверхні пінних порожнин в готовому продукті та об'єднання таких порожнин з утворенням відкритої комірки. Як приклад, можна зазначити, що пінні порожнини можуть мати середній діаметру менший ніж приблизно 200мкм, менший, ніж приблизно 100мкм, або менший, ніж приблизно 75мкм. Сукупність пінних пустот в акустичному шарі переважно така, що переважна кількість пінних пустот має діаметр, який дорівнює середньому діаметру або приблизних до нього. Середній діаметр пінних порожнин і сукупності пінних пустот може бути оцінений за допомогою методу сканувальної електронної мікроскопії (CEM) при посиленні приблизно 100X. Переважно акустичний шар має об'єм пінних пустот, що складає від приблизно 35% до приблизно 60%, більш переважно від приблизно 40% до приблизно 55%, і ще більш переважно від приблизно 45% до приблизно 50%.

Переважно використовувати стабілізуючий спінювач, такий як алкілсульфатний ефір, лауретсульфат натрію, STEOL®CS-230, комерційно доступний від компанії Stepan. STEOL®CS-230 являє собою лауретсульфат натрію, який отримують з жирних спиртів, етоксильованих в середньому до двох молей і сульфатованих в процесі безперервного насичення SO₃. У разі вибору алкілсульфатного ефіру він переважно характеризується наявністю в середньому щонайменше 2-4 ефірних одиниць між алкільною і сульфатною одиницями.

Приклад одного типу спінювача, що використовується для отримання стабільних пін, має формулу

$[CH_3(CH_2)_xCH_2(OCH_2CH_2)_yOSO_3]^\theta M^+$ (формула II),

де X означає число від 2 до 20, Y означає число від 0 до 10 і має значення більше, ніж 0 щонайменше у 50 вагових процентах спінювача, і M означає катіон.

Спінювач вводять в кількості, достатній для досягнення бажаних звукопоглинальних характеристик панелі. Наприклад, спінювач може бути присутнім в кількості від приблизно 0,003ваг.% до приблизно 0,4ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 0,005ваг.% до приблизно 0,03ваг.% від твердого вмісту суміші, ще більш переважно в кількості від приблизно 0,009ваг.% до приблизно 0,015ваг.% (наприклад 0,014ваг.%) від твердого вмісту суміші.

Хоч і не потрібно, але за бажанням в деяких варіантах втілення даного винаходу у водну суспензію випаленого гіпсу може додаватися стабілізатор утворення піни. Прикладом прийнятного стабілізатора утворення піни є, наприклад, амінооксид амідоамінного типу (такий як оксид лаурамідопропіламіну/міристамідопропіламіну, комерційно доступний від компанії Stepan як AMMONYX®LMDO) та/або кокамід DEA, такий як NINOL®40-CO, комерційно доступний від компанії Stepan. Стабілізатор утворення піни, якщо він включається, може бути присутнім в будь-якій прийнятній кількості, в якій він звичайно присутній, якщо його включають в процес виробництва гіпсової панелі. У одному варіанті втілення даного винаходу спінювач і стабілізатор утворення піни включаються у ваговому співвідношенні 80:10:10 у вигляді STEOL®CS-230:AMMONYX®LMDO:NINOL®40-CO.

Переважно у водну гіпсову суспензію включають прискорювач для посилення гідратації випаленого гіпсу до дигідрату сульфату кальцію. Будь-який прийнятний прискорювач може використовуватися при втіленні даного винаходу, як добре відомий фахівцям в галузі виробництва гіпсових панелей. Як приклад можна зазначити, що може використовуватися тонкоподрібнений (наприклад, до розміру менше ніж приблизно 25мкм) дигідрат сульфату кальцію (тобто "кальцієва затравка"), яка відома тим, що посилює зародкоутворення затверділих кристалів кальцію, оскільки підвищує швидкість їх кристалізації. Як відомо фахівцям в даній галузі, для посилення теплостійкості гіпсові затравки можуть покриватися відомим покривним засобом, таким як цукор (наприклад, сахароза, декстроза і т.п.), крохмаль, борна кислота, довголанцюжкова жирна карбонова кислота, включаючи її солі, та їх сполучення. Інші відомі прискорювачі включають, без обмеження, сульфати, такі як сульфат алюмінію, сульфат калію, гідросульфат натрію та їх сполучення, і кислоти, таю як сірчана кислота.

Прискорювач може вводитися в будь-якій прийнятній кількості. Наприклад, прискорювач може бути присутнім в кількості від приблизно 1ваг.% до приблизно 15ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 2ваг.% до приблизно 8ваг.% від твердого вмісту суміші, ще більш переважно в кількості від приблизно 3ваг.% до приблизно 5ваг.% від твердого вмісту суміші.

Переважно у водну суміш випаленого гіпсу включають один або декілька матеріалів підсилювача для

посилення міцності продукту та/або його здатності зберігати розміри (наприклад, за рахунок мінімізації зморщування при стресах в процесі сушіння) в процесі отримання акустичних панелей за даним винаходом. Бажано матеріали підсилювача вибирати таким чином, щоб вони не затримували швидкість, або якимсь іншим чином не надавали несприятливого впливу на формування затверділого гіпсу. Як приклад можна зазначити, що матеріал носія може бути вибраний з триметафосфатної сполуки, поліфосфату амонію, що включає 500-3000 фосфатних одиниць, які повторюються, та тетраметафосфатної сполуки, включаючи солі або аніонні частини вказаних вище сполук. Потрібно зазначити, що гексаметафосфатна сполука (наприклад, гексаметафосфат натрію), яка включає 6-27 повторюваних фосфатних одиниць, може використовуватися для посилення стійкості до прогинання, за бажанням, хоча вони не дуже сприятливі, оскільки було показано, що вони знижують міцність і затримують швидкість гідратації випаленого гіпсу. При втіленні даного винаходу може використовуватися один або декілька матеріалів прискорювача кожного типу, за бажанням.

Див., наприклад, заявки на патент США 09/249 814 від 16 лютого 1999 року, і 10/015 066 від 11 грудня 2001 року.

Використання триметафосфатної сполуки (наприклад, її солі або аніонної частини) особливо переважно. Включення триметафосфатної сполуки в процес гідратації випаленого гіпсу з утворенням затверділого гіпсу приводить до посилення міцності, включаючи стійкість до механічної деформації (наприклад, прогинання) затверділого гіпсу. Триметафосфатна сполука може бути присутньою, наприклад, у вигляді солі, наприклад, триметафосфату натрію, триметафосфату алюмінію, триметафосфату калію, триметафосфату амонію, триметафосфату літію або т.п. Може також використовуватися поєднання вказаних солей. У деяких варіантах триметафосфатна сполука являє собою триметафосфат натрію.

Матеріал підсилювача може додаватися до водної суспензії в будь-якій прийнятній кількості, такий як, наприклад, від приблизно 0,004ваг.% до приблизно 2ваг.% від твердого вмісту суміші, більш переважно в кількості від приблизно 0,1ваг.% до приблизно 0,3ваг.% від твердого вмісту суміші.

У деяких варіантах втілення даного винаходу утворюється суха суміш, яка включає випалений гіпс, целюлозне волокно, легкий заповнювач, прискорювач і зв'язуюче. Суха суміш відмірюється і вводиться в основну камеру для змішування, де вона змішується з водою. Спінювач переважно додається у вигляді попередньо приготованого продукту, хоч в деяких варіантах втілення даного винаходу спінювач може додаватися на місці, за бажанням. Як очевидно фахівцям в даній галузі, піна може бути попередньо отримана при змішуванні спінювача, повітря і води в змішувачому пристрої з високою швидкістю зсуву, так що така попередньо отримана піна потім вже вводиться в змішувач. Спінювач, пластифікуючий засіб, матеріал підсилювача і стабілізатор утворення піни переважно додають в рідкому вигляді в змішувач або в потік, що виходить із змішувача, як описано, наприклад, в патенті США No5 683 635. Наприклад, вони можуть доставлятися (зокрема, за допомогою насоса) окремо, разом в різних сполученнях або шляхом введення у водовмісну лінію, яка потім надходить в змішувач.

Що стосується властивостей акустичної панелі за даним винаходом, то акустична панель має властиву їй звукопоглинальну пористу структуру акустичного шару, що виключає необхідність створення механічним способом отвору. Акустична панель за даним винаходом має необхідні акустичні характеристики, так що може бути досягнутий бажаний коефіцієнт звукопоглинання відповідно до норм ASTM C 423-02, де поглинання вимірюють у відбиваючій кімнаті шляхом визначення швидкості загасання. Бажане значення нормального поглинання випадкового звуку може бути досягнуте відповідно до норм модифікованого ASTM E 1050-98, де нормальне поглинання випадкового звуку вимірюють в акустичній трубці з використанням в середньому чотирьох частот, таких як 250, 500, 1000 і 1600Гц. ASTM E 1050-98 вважається «модифікованим» варіантом, оскільки в ньому четверта частота становить 1600Гц, а не 2000Гц. Зразок вимірюють без повітряного простору як підкладки, тобто в положенні, коли акустична панель знаходиться на плоскій металевій поверхні, як в системі тестування матеріалів Bruel&Klaer Pulse™ Material testing system, яка складається з програми тестування матеріалу типу 7758 (Pulse™ Material testing Program Type 7758), двомікрофонної трубки для вимірювання опору типу 4206 (діаметр 400мм), підсилювача потужності типу 2706 і Pulse™, системи мультіаналізатора типу 3560. Переважно акустичні панелі за даним винаходом демонструють нормальне поглинання випадкового звуку на рівні щонайменше приблизно 0,32, за даними визначення по методиці модифікованого ASTM E 1050-98. Більш переважно акустичні панелі за даним винаходом демонструють нормальне поглинання випадкового звуку на рівні щонайменше приблизно 0,35, ще більш переважно щонайменше приблизно 0,39, ще більш переважно щонайменше приблизно 0,42, ще більш переважно щонайменше приблизно 0,45 і ще більш переважно щонайменше приблизно 0,49. Величина нормального поглинання випадкового звуку приведена в даному описі для акустичної панелі, яка складається з самого акустичного шару, і для акустичної панелі, яка включає акустичний шар та інші компоненти, такі як основа з листового матеріалу, ущільнений шар, полотняний шар та їх сполучення.

Переважно, акустична панель демонструє коефіцієнт звукопоглинання на рівні щонайменше приблизно 0,5, відповідно до норм ASTM C 423-02, і більш переважно щонайменше приблизно на рівні або близько 1,0. Наприклад, в деяких варіантах втілення даного винаходу панель за даним винаходом має коефіцієнт звукопоглинання, відповідно до ASTM C 423-02, що дорівнює щонайменше приблизно 0,55, ще більш переважно коефіцієнт звукопоглинання щонайменше дорівнює приблизно 0,6, ще більш переважно коефіцієнт звукопоглинання дорівнює щонайменше приблизно 0,7, ще більш переважно коефіцієнт звукопоглинання дорівнює щонайменше приблизно 0,7 і ще більш переважно коефіцієнт звукопоглинання дорівнює щонайменше приблизно 0,9. Коефіцієнт звукопоглинання приведений в даному описі для акустичної панелі, яка складається з самого акустичного шару, і для акустичної панелі, яка включає акустичний шар та інші компоненти, такі як основа з листового матеріалу, ущільнений шар, полотняний шар та їх сполучення.

У переважних варіантах акустичні панелі за даним винаходом демонструють міцність на вигин, відповідно до норм модифікованого ASTM C 367-99, яка дорівнює щонайменше приблизно 100фунт/дюйм², більш переважно щонайменше приблизно 120фунт/дюйм². У цьому відношенні ASTM C 367-99 був модифікований таким чином, що зразок має ширину 3 дюйма і довжину 10 дюймів з використанням розмаху 8 дюймів.

Переважно акустичні панелі за даним винаходом демонструють поверхневу твердість, відповідно до норм ASTM C 367-99, що становить щонайменше приблизно 100 фунтів, більш переважно щонайменше приблизно 200 фунтів і входять по параметру випалення поверхні в клас А, відповідно до норм ASTM E 84-01.

Всі документи, включаючи публікації, патентні заявки і патенти, приведені в даному описі, включені до нього, як посилання в тій мірі, в якій кожна з посилань індивідуально і конкретно відповідає включенню, як посилання, і приведені повністю.

Незважаючи на те, що даний винахід описаний на прикладах його переважних варіантів його втілення, фахівцям в даній галузі очевидно, що можливі варіації і, що даний винахід може бути здійснений іншим способом, ніж це конкретно описане. Відповідно, даний винахід включає всі модифікації, які охоплюються областю даного винаходу і, які входять в об'єм, що визначається доданою формулою винаходу.