



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本 (11)證書號數：TW I640674 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 11 月 11 日

(21)申請案號：101106421

(22)申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 24 日

(51)Int. Cl. : E04B1/94 (2006.01)

(30)優先權：2011/02/25 美國 13/035,800

(71)申請人：美國吉普森公司 (美國) UNITED STATES GYPSUM COMPANY (US)
美國(72)發明人：余勤 YU, QIANG (US)；松恩 威金 大衛 SONG, WEIXIN DAVID (US)；凡瑞蘇
內伊 斯林凡斯 VEERAMASUNENI, SRINIVAS (IN)；樂文奇 LUAN, WENQI (US)

(74)代理人：陳翠華

(56)參考文獻：

JP 59-100799A

JP 2009-503188A

JP 2010-505674A

WO 2010/027920A2

審查人員：王怡婷

申請專利範圍項數：29 項 圖式數：4 共 90 頁

(54)名稱

包含由包含水、灰泥、以及澱粉的漿料所形成的凝固的石膏內芯之石膏面板

GYPSUM PANEL COMPRISING A SET GYPSUM CORE FORMED FROM A SLURRY COMPRISING
WATER, STUCCO, AND STARCH

(57)摘要

在此揭露了具有耐火能力的 5/8 英寸至 3/4 英寸厚的低重量低密度石膏面板，其耐火能力足以提供至少 17.0 分鐘的隔熱指數，該石膏面板在經受 U419 試驗程式時在至少 30 分鐘內不失效並且在選定的實施方式中還具有優異的耐水特性。

An about 5/8 inch to 3/4 inch thick low weight, low density gypsum panel with fire resistance capabilities sufficient to provide a Thermal Insulation Index of at least 17.0 minutes which when subjected to U419 test procedures will not fail for at least 30 minutes and, in selected embodiments, also has outstanding water resistance properties.

指定代表圖：

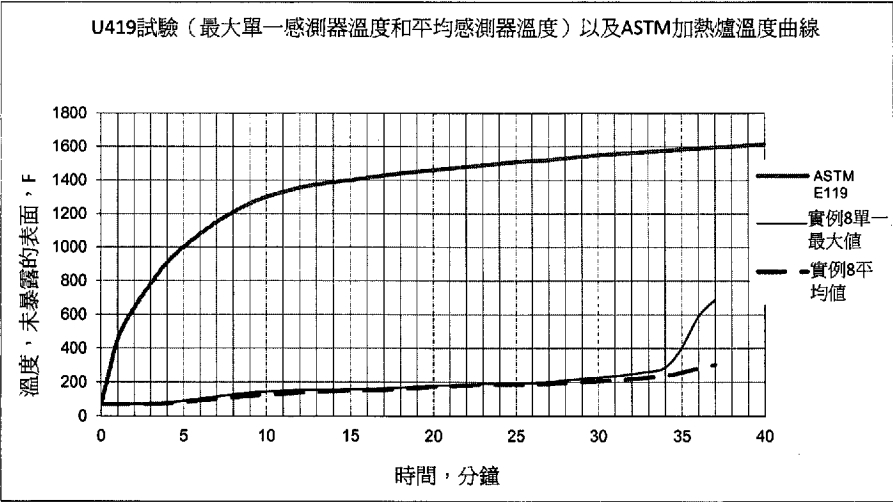


圖 1

六、發明說明：

相關專利申請的交叉引用

【發明所屬之技術領域】

本部分繼續申請要求於 2010 年 6 月 7 日提交的美國專利申請號 12/795,125 的權益，該申請係 2006 年 6 月 7 日提交的並且在 2010 年 6 月 8 日授權為美國專利號 7,731,794 的美國專利申請號 11/449,177 的續，該申請要求於 2005 年 6 月 9 日提交的美國臨時專利申請號 60/688,839 的優先權，將其全部內容藉由引用結合在此。

【先前技術】

以上引用的更早的申請係針對於製造石膏漿料的方法，該等漿料包括一含磷酸鹽的組分、預膠凝澱粉以及一種萘磺酸鹽分散劑，並且針對於由其製造的產品。該等更早的申請還針對於藉由向用來製造面板的漿料中引入一含磷酸鹽的組分、預膠凝澱粉以及萘磺酸鹽分散劑而提高這種低重量且低密度石膏面板的乾強度的方法。

常規的含石膏的產品（如石膏面板）具有許多優點，例如低成本和易於加工性，然而當該等產品被切割或鑽孔時可能產生實質性量值的石膏粉塵。在該等更早的申請中已經藉由將澱粉以及其他成分引入用於製造該等產品的漿料中而在製造含石膏產品中實現了不同的改進。澱粉可以提高包括石膏面板在內的含石膏產品的撓曲強度和抗壓強度。

為了保證該漿料有適當的可流動性，一般有必要在含有預膠凝澱粉的石膏漿料中使用實質性量值的水。不幸的是，該水的大部分最終必須藉由加熱驅除，而這係昂貴的，因為在該加熱過程中使用高成本的燃料。這個加熱步驟也是費時的。如在該等更早的申請中解釋的，已經發現使用萘磺酸鹽分散劑能提高該等漿料的流動性，由此克服水需求問題。此外，還已經發現如果使用水平足夠高，該等萘磺酸鹽分散劑能交聯到該預膠凝澱粉上，從而在乾燥後結合石膏晶體，由此提高石膏複合物的乾強度。

在過去，沒有認識到含磷酸鹽的組分會影響石膏漿料的水需求。然而，如在該等更早的申請中解釋的，諸位發明人發現，在一特定分散劑的存在下將該含磷酸鹽的組分的水平增加到迄今未知的水平上使之有可能用出人意料地減少的水量來實現適當的漿料可流動性，甚至是在高澱粉水平的存在下。這當然是高度希望的，因為它進而減少了燃料使用連同與隨後的除水過程步驟相關的加工時間。諸位發明人還發現，石膏面板的乾強度可以藉由在用於製造該面板的漿料中與預膠凝澱粉相結合地使用一種萘磺酸鹽分散劑而提高。

該等更早的申請中的發明包括石膏面板，該等石膏面板包括在兩個基本上平行的蓋板之間形成的一凝固石膏組合物，該凝固石膏組合物係使用水、灰泥、預膠凝澱粉、一種萘磺酸鹽分散劑、以及任選地一水溶性磷酸鹽（優選三偏磷酸鈉）的含石膏漿料製造的。這種石膏面板具有高

的強度，還有比常規的石膏面板低得多的重量。此外，在對根據這個實施方式製成的面板進行切割、鋸削或鑽孔時產生大大更少的粉塵。

該等更早的申請中的發明的另一實施方式包括一製造石膏面板的方法，該方法包括混合一種包括水、灰泥、預膠凝澱粉、以及萘磺酸鹽分散劑的漿料，其中該預膠凝澱粉存在的量值係基於灰泥的重量為至少按重量計約 0.5% 至高達按重量計約 10%。將所得的含石膏的漿料沉積在一第一紙蓋板上，並且將一第二紙蓋板放置在該沉積的漿料上以形成一石膏面板。在該含石膏的漿料已經硬化至足夠切割之後，切割該石膏面板，並且將所得的石膏面板進行乾燥。該含石膏的漿料可任選地包含一含磷酸鹽的組分，例如三偏磷酸鈉。其他常規的成分也將用於該漿料中，包括（適當時）加速劑類、粘結劑類、紙纖維、玻璃纖維、以及其他已知的成分。通常加入一肥皂泡沫以減少最終石膏面板產品的密度。

本發明總體上是針對於具有良好的隔熱特性、良好的熱收縮耐受性、良好的耐火能力並且在本發明的其他方面具有良好的耐水性的低重量且低密度的石膏面板。

用於建築和其他建築應用中的石膏面板（如石膏壁板或天花板）典型地包括一石膏內芯以及多個由紙、玻璃纖維或其他適當的材料製成的蓋板。石膏面板典型地是藉由將“灰泥”與水以及製成備一用於形成面板內芯的漿料所用的其他成分進行混合而製造的。

如在本領域普遍理解的，灰泥主要包括一或多種形式的燒石膏，即，經受了脫水作用（典型地藉由加熱）而形成無水石膏或半水化石膏（ $\text{CaSO}_4 \cdot \frac{1}{2} \text{H}_2\text{O}$ ）的石膏。該燒石膏可以包括來自天然或合成來源的 β 硫酸鈣半水合物、 α 硫酸鈣半水合物、水溶性硫酸鈣無水石膏、或該等中的任何一種或全部的混合物。當引入該用於形成面板內芯的漿料中時，該燒石膏開始一水合過程，這個過程在石膏面板的形成過程中完成。這個水合過程（當適當地完成時）產生了一處於不同晶型（即， $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 形式）的凝固石膏二水合物的一總體上連續的晶體基質。

在面板的形成過程中，該等蓋板典型地作為連續薄片來提供。該石膏漿料作為流或帶狀物被沉積在該等蓋板的第一個之上。該漿料以一個預定的合適厚度在第一個蓋板的寬度上蔓延開而形成該面板內芯。然後將第二個蓋板放在頂部，從而將該石膏內芯夾在該等蓋板之間並形成一連續的面板。

這個連續面板典型地沿著一傳送機被傳送以便允許這個內芯來繼續水合過程。當該內芯被充分水合和硬化後，將其切割成一或多個所希望的小段以形成單獨的石膏面板。然後使該等面板穿過一窯，該窯的溫度足以完成該水合過程並將該等面板乾燥至所希望的游離濕含量（典型地是較低的游離濕含量）。

取決於所採用的工藝和面板的預期用途以及其他這樣的條件，可以將另外的包含石膏和其他添加劑的漿料層、

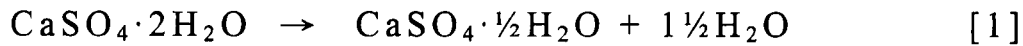
條帶或帶狀物施加到第一和/或第二蓋板上以便對最終的面板提供特別的特性，如硬化的邊緣或硬化的面板面層。類似地，可以在這個過程中的一或多個位置處將泡沫加入石膏內芯漿料和/或其他漿料條帶或帶狀物中以便在該石膏內芯中或最終面板的內芯的多個部分中提供空隙分佈。

可以對產生的面板進行切割並且加工以便用於多種應用中，這取決於所希望的面板尺寸、蓋板層組合物、內芯組合物等等。石膏面板的厚度典型地從約 $\frac{1}{4}$ 英寸至約一英寸而變化，這取決於它們的預期用途和應用。該等面板可以藉由使用一或多種緊固元件如螺釘、釘子和/或粘合劑而應用於被用來形成牆壁、天花板或其他類似系統的多種結構元件上。

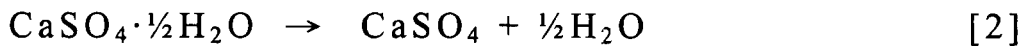
如果將最終的石膏面板暴露於較高溫度下，如由高溫火焰或氣體所產生的溫度下，石膏內芯的多個部分將吸收足夠的熱量而導致從內芯的石膏二水合物晶體中釋放水。熱量的吸收以及水從石膏二水合物中的釋放可能足以將熱量在面板中或穿過其中的傳輸延緩一時段。在某些高溫水平下，高溫的火焰或氣體還可以引起石膏內芯中的相變以及晶體結構的重排。此類溫度可以進一步引起石膏內芯晶體結構中的鹽以及雜質的熔化或其他錯合作用。此外，由於此類高溫火焰或氣體而被石膏內芯吸收的熱可能足以再次煨燒該內芯的多個部分，這取決於熱源溫度以及暴露時間。

更確切地說，當加熱到 212°F (100°C) 時，該石膏內

芯經歷了分解反應，其中 75% 的結晶水在石膏根據以下方程式 1 轉化成半水合物時作為蒸汽被逐出：



進一步加熱到 250°F (120°C) 在該半水合物轉化成無水石膏時逐出了剩餘的結晶水（方程式 2）：



到內芯達到 392°F (200°C) 時，所有的石膏都轉化成了無水石膏相。該等轉化溫度係接近的並且可以隨著石膏內的雜質或添加劑而變化。啟動反應 [1] 和 [2] 所要求的脫水作用的熱量總計是 390 btu/lb (906 kJ/kg)。這種相變反應所吸收的能量以及所產生的蒸汽攜帶的熱量作為一實質上的散熱器起作用並且對於作為防火材料的石膏的許多獨特品質負責。例如，與加熱相等質量的混凝土相比，要求多於七倍的能量來將石膏從 75°F 加熱到 400°F (24 至 204°C)。

隨著石膏的煨燒，從而在該過程中吸收並耗散熱能，晶體基質的體積收縮了。收縮的量取決於初始的石膏組成，這將包括將它從中采出的礦物沉積物中不同的雜質或來自製造過程中的添加劑。通常假定多數的收縮在石膏轉化成無水石膏時的脫水反應 [1] 和 [2] 的過程中發生。

石膏內芯的收縮在高溫火焰或氣體的存在下影響了石膏面板的性能。收縮越大，達到給定的耐火特性水平就越困難。取決於建築元件本身，這可能被惡化或降低。

因為石膏面板由於在建築組件中它附連在框架或其他

支撐結構上而被限制在面板平面內移動，所以發生了收縮裂縫。如果該建築元件偏離火災的話，則火災一側的面板由於其變形成一凹形表面而被置於壓縮中。收縮作用被減小了，因為該面板沿著其長度和寬度在橫向以及縱向上被壓縮了。這在使用木質牆筋時發生，此時牆筋燒焦並且從火災一側上變弱，從而致使它們在施加於該結構上的豎直荷載下偏轉立刻火災。

相比之下，如果該建築元件朝向火災偏轉，則它將迫使該面板在火災暴露一側上變成處於張力中的一凸形表面。對收縮開裂的敏感度增加了，因為該結構的移動拉動了該面板。這在輕的剛質框架的壁（其中金屬牆筋加熱並且在火災一側上膨脹到最大）連同屋頂-天花板以及地板-天花板組件（其中重力荷載致使該組件在它從火災下面變弱時向下偏轉）的情況下發生。對於元件耐火性的總體影響取決於收縮以及偏轉的相對速度。

石膏面板可能由於該等高溫加熱效應中的一些或全部而經歷一或多個方向上的面板尺寸的收縮，並且這樣的收縮可能造成面板的結構整體性的失效。當將面板附接到牆壁、天花板或其他框架元件上時，這種面板收縮可能導致該等面板與安裝在相同元件中的其他面板、並且與其支撐件的分離並且在某些情況下引起面板或支撐件（或二者）的坍塌。其結果係，高溫的加熱過的空氣可以進入或穿過牆壁或天花板結構。

如在以上所解釋的，石膏面板在一段時期內抵抗了較

高溫度的作用，該等面板可以固有地延緩高熱量水平穿過面板或在其間穿過、並且進入（或穿過）使用了它們的系統。被稱為耐火的或“防火級”的石膏面板典型地被配製用於增強面板延緩熱量穿過牆壁或天花板結構的能力並且在控制火災在建築物內蔓延方面起重要作用。其結果係，建築物法規當局以及其他相關的公共及私人實體典型地對於防火級石膏面板的耐火性能設定了嚴格的標準。

石膏面板抵抗火災以及伴隨的極熱的能力可以藉由進行適當的試驗進行評估。在建築行業中例行使用的此類測試的實例包括由安全檢測實驗室公司（Underwriters Laboratories）（“UL”）出版的那些，如 UL U305、U419 和 U423 試驗程式和方法，以及由美國材料與試驗協會（ASTM）出版的規範 E119 中描述的程式。這樣的試驗可以包括使用石膏面板來構造試驗元件，通常是在由木質或鋼質牆筋形成的牆壁框架的每個面上進行該等面板的單層塗覆。取決於該試驗，可以使或不使該元件經受荷載力。將該元件的一側的面根據一條加熱曲線暴露于升高的溫度中持續一時段，該曲線係例如在 UL U305、U419 和 U423 測試程式以及 ASTM E119 程式中所要求的那些。

在試驗過程中對所加熱的側面附近的溫度以及該元件的未加熱側面的表面處的溫度進行監控以便評估該等暴露的石膏面板所經歷的溫度以及穿過該元件而傳輸至該等未暴露的面板的熱量。在該等面板出現一項或多項結構失效和/或當該元件的未暴露側面上的溫度超過一預定閾值時

終止試驗。典型地，該等閾值溫度係基於此類感測器的任何一的最大溫度和/或該等感測器檢測的在該未暴露表面上的平均溫度。

試驗程式，如在 UL U305、U419 和 U423 以及 ASTM E119 中列出的那些，是針對一元件對穿過該元件整體的熱量傳輸的阻力。該等試驗在一方面還提供了對於當該元件經受高溫加熱時該元件中使用的石膏面板在 x-y 方向（寬度和長度）上收縮的耐受性的一種衡量。此類試驗還提供了對面板的結構整體性損失的耐受性的一種衡量，這種損失在牆壁元件中的面板之間造成了開放的空隙或空間，由此導致了高溫進入該元件的內部空腔中。在另一方面，該等試驗提供了對石膏面板抵抗熱量傳輸穿過面板和元件的能力的一種衡量。據信，此類試驗反映了指定的系統分別對建築物居住者以及消防員/火災控制系統提供機會來逃離或解決火災問題的能力。

過去採用了不同的策略來改進防火級石膏面板的耐火性。例如，已經使用了更厚、更緻密的面板內芯來增加水以及石膏這兩者在面板中的存在，從而增強它們作為散熱器的能力，以減小面板的收縮、並且增大面板的結構穩定性以及強度。替代地或者處了增大面板內芯的密度之外，還已經將不同的成分（包括玻璃以及其他纖維）結合到該石膏內芯中以便藉由增大面板內芯的拉伸強度並且藉由將收縮應力遍及該等內芯基質而分佈來增強石膏面板的耐火性。類似地，過去已使用某些量值的某些粘土（如尺寸小

於約一微米的那些)以及膠體二氧化矽或氧化鋁添加劑(如尺寸小於約一微米的那些)來在石膏面板內芯中提供增大的耐火性(以及高溫收縮耐受性)。

然而在本領域已經成為信條的是藉由減小內芯中的石膏量來減小石膏面板的重量和/或密度將不利地影響面板的結構整體性以及它們對火災和高熱條件的耐受性。

在過去為了提高防火級石膏面板的耐火性而採用的另一方法係將未膨脹的蛭石(還成為蛭石礦)以及礦物或玻璃纖維結合到石膏面板的內芯中。在這樣的途徑中,預期該蛭石在加熱條件下膨脹而補償該內芯的石膏組分的收縮。相信該礦物/玻璃纖維將多個乾燥過的石膏部分保持在一起。這樣一途徑在美國專利號 2,526,066 和 2,744,022 中進行了討論。然而這兩個參考文件均依賴于高密度的內芯來提供足夠充當散熱器的石膏。它們揭露了製成備 ½ 英寸厚的石膏面板,其重量為 2 至 2.3 磅/平方英尺(2,000 至 2,300 磅每千平方英尺(“lb/msf”))並且密度為約 50 磅/立方英尺(“pcf”)或更大。此外,該‘022 係針對於增大該‘066 專利中揭露的面板的石膏含量(並且因此增大密度和重量)並且減小該等面板中的礦物/玻璃纖維的含量以便提供更大的石膏散熱能力。諸如‘022 專利的參考文獻進一步認為,蛭石的膨脹特性除非受到限制,否則會在高溫條件下在較短時間內造成內芯的脹裂(即破裂、剝離或剝落)以及使用含蛭石的面板製造的牆壁組件的毀壞。

在另一實例中,美國專利號 3,454,456 描述了將未膨脹

的蛭石引入防火級石膏面板的內芯中以便抵抗該等面板的收縮。該'456 專利還依賴於較高的石膏含量和密度來提供所希望的散熱能力。該'456 專利揭露了最終的 $\frac{1}{2}$ 英寸石膏面板的板重量，其最小重量為約 1925 lb/msf 並且密度為約 46 pcf。這係一與目前在商業上對防火級應用所提供的更厚並且遠遠更重的 $\frac{5}{8}$ 英寸厚的石膏面板（約 2175 至 2300 lb/msf）相當的密度。

該'456 專利還揭露，在石膏面板內芯中使用蛭石來提高面板的防火級受到了顯著的限制。例如，該'456 專利注意到（像'022 專利）內芯內的蛭石的膨脹可能致使該內芯由於脹裂和其他毀壞性作用而瓦解。該'456 專利還揭露，未膨脹的蛭石顆粒也可能如此削弱內芯結構而使得該內芯變得脆弱、無力並且易碎。該'456 專利旨在藉由採用具有較小粒徑分佈（大於 90% 的未膨脹蛭石顆粒小於 50 號篩目尺寸（近似 0.117 英寸（0.297 mm）的開口，其中少於 10% 的係略大於 50 號篩目尺寸）的“獨特的”未膨脹蛭石來著手解決與在石膏面板中使用蛭石相關的顯著的固有局限。據稱這種途徑抑制了蛭石膨脹對面板的負面作用，如在該'456 專利的第 2 欄第 52-72 行所解釋的。

在另一途徑中，美國專利號 3,616,173 係針對具有被該'173 專利表徵為更輕的重量或更低的密度的內芯的一 $\frac{1}{2}$ 英寸厚耐火石膏面板。該'173 專利將其面板與現有技術的重約 2,000 lb/msf 或更大並且具有超過約 48 pcf 的內芯密度的 $\frac{1}{2}$ 英寸面板區分開。因此該'173 專利揭露了具有處於

或高於約 35 pcf、並且優選約 40 pcf 至約 50 pcf 的密度的面板。該 '173 專利藉由將顯著量值的小粒徑無機材料（粘土、膠體二氧化矽、或膠體氧化鋁）摻入其石膏內芯中、並且將玻璃纖維以防止其石膏面板在高溫條件下收縮所要求的量值摻入而實現了它所揭露的內芯密度。

還已經進行了其他努力來增大石膏面板的強度和結構整體性並藉由不同手段來減小面板重量。參見例如美國專利 7,731,794 和 7,736,720 以及美國專利申請公開 2007/0048490 A1、2008/0090068 A1、和 2010/0139528 A1。然而，此類努力並不被認為本身足以製造低重量的足夠耐受火災以及高熱條件的面板。

在許多應用中，提供此種具有抵抗較高熱量或火災條件從而將熱量水平穿過此種面板的傳輸延緩甚至半個小時的能力的低重量石膏面板對於本領域將是一項重要的貢獻。然而，普遍相信可觀地減小石膏面板中內芯的密度將減小面板的強度特性以及結構整體性、並且還將降低它們將熱量穿過面板的傳輸延緩到甚至半個小時的能力。更具體地說，具有預期的低強度以及結構完整性以及預期的低石膏含量的面板在該等應用中特別受到關注，因為預期它們過度易受收縮力以及藉由與較高熱量或火災條件相接觸所造成的其他應力的損害並且在吸收並阻擋此類條件所伴隨的熱量方面是無效的。

儘管如此，公認的是減小石膏面板的重量使其運輸更容易並且更經濟並且更容易進行處理和安裝。因此，如果

可以製成備一低重量並且因此低密度的石膏面板，該石膏面板在要求耐火以及耐極熱的應用中表現良好而不依賴於添加劑（像蛭石、粘土、膠體二氧化矽或膠體氧化鋁），則它將代表在耐火石膏面板領域內的一種重要進步。

最後，值得注意的是在不存在耐水性添加劑時，當浸沒于水中時，凝固的石膏吸收了高達其重量的 50% 的水。並且，當石膏面板（包括耐火石膏面板）吸收水時，它們溶脹、變形並且失掉強度，這可能使它們的耐火特性退化。低重量且低密度的耐火面板具有遠多於常規的更重耐火面板的空氣和/或水空隙。預期該等空隙會增大水吸收的速率和程度，從而使得這樣的低重量耐火面板係比常規的更重耐火面板更吸水的。

過去已經進行了許多嘗試來總體上改進石膏面板的耐水性。已將不同的烴類（包括蠟、樹脂和瀝青）加入用來製造石膏面板的漿料中以便對凝固的面板賦予耐水性。為此目的使用矽氧烷也是所熟知的。

儘管在石膏漿料中使用矽氧烷係藉由在原位形成矽氧烷樹脂而賦予最終的面板耐火性的一有用的手段，但是預計矽氧烷不足以保護低重量且低密度的面板。因此，在本領域需要一種藉由增強矽氧烷所正常賦予的耐水性而以合理成本來生產低重量和密度的、具有改進的耐水性的耐火石膏面板的方法。

【發明內容】

本發明的這種低重量、低密度的石膏面板係在更早的共同未決的美國專利申請號 12/795,125 的傳授內容基礎上的一改進，將該申請藉由引用結合在此。該 '125 申請的發明包括一用於形成低密度石膏面板的漿料，該漿料可以包括灰泥、分散劑、含磷酸鹽的組分以及預膠凝澱粉。該分散劑能以基於乾灰泥的重量按重量計約 0.1%-3.0% 的量存在。該預膠凝澱粉能以基於該配方中的乾灰泥重量按重量計至少約 0.5% 至高達按重量計 10% 的量存在。該含磷酸鹽的組分能以基於灰泥的重量按重量計至少約 0.12% 的量存在。其他的漿料添加劑可以包括加速劑類、粘合劑類、紙或玻璃纖維類以及其他已知的組分。本發明還包括由此類漿料製成的低重量、低密度的石膏面板。

在一些方面，本發明包括一標稱的 5/8 英寸厚的低重量、低密度石膏面板，該石膏面板遠比建築領域中典型地使用的標稱 5/8 英寸厚的石膏面板更輕並且更不密，具有將高熱水平穿過該面板的傳輸延緩大於半小時的能力，並且本發明包括用於製造此種面板的方法。在一些這樣的方面，本發明的面板（內芯加上蓋板）具有約 27 至約 37 磅/立方英尺（“pcf”）、優選地約 29 至約 34 pcf 並且更優選地約 30 至約 32 pcf 的密度，被佈置在兩個基本上平行的蓋板之間。在該等方面，本發明的近似 5/8 英寸厚面板的重量係小於約 1900 lb/msf、優選地小於約 1740 lb/msf 並且更優選地小於約 1640 lb/msf。

在另外其他的方面，本發明的低重量且低密度面板的

配方、以及用於製造它們的方法提供的石膏面板具有上述耐火特性、小於約 37 pcf、優選地小於約 34 pcf 並且更優選地小於約 32 pcf 的密度、以及滿足了 ASTM C 1396/C 1396/M-09 標準的拔釘阻力。更具體地說，在本發明的實施方式中，此類面板具有的拔釘阻力係至少 87 lb。

在本發明的另外其他的方面，用於標稱 5/8 英寸防火級面板的一凝固石膏內芯組合物係使用至少包括水、灰泥、以及以下指定的其他組分的一含石膏的漿料來提供的。在一這樣的實施方式中，該凝固的石膏內芯具有的密度係從約 25 至約 36 pcf，並且該內芯包括：量值為從約 1040 lbs/msf 至約 1490 lbs/msf 的灰泥；按該灰泥的重量計從約 0.3% 至約 4% 的預膠凝澱粉；按該灰泥的重量計從約 0.1% 至約 0.3% 的礦物、玻璃或碳纖維；以及按該灰泥的重量計從約 0.15% 至約 0.5% 的磷酸鹽。（除非另外指出，否則該石膏內芯的組分的百分比係基於用來製成備該內芯漿料的灰泥的重量以重量給出）。

在其他方面，本發明的面板的石膏內芯具有從約 27 至約 33 磅/立方英尺的密度、以及從約 1315 至約 1610 磅 lb/msf 的凝固石膏內芯重量。在該等方面，該石膏內芯還包括約 0.5% 至約 2.0% 的預膠凝澱粉；約 0.1% 至約 0.3% 的礦物、玻璃或碳纖維；灰泥，以及約 0.01% 至約 0.15% 的磷酸鹽。

本發明還包括具有標稱的 $\frac{3}{4}$ 英寸厚度的石膏面板的製成備以及用途。此種面板將具有以上限定的值的約 120% 的

面板組分水平。而且，它們抵抗火災和高熱條件的能力將在標稱的 5/8 英尺厚面板的值的至少約 120% 的一水平上。本發明的面板的其他方面以及變體以及內芯的配方在以下進行討論。

在此處揭露的內芯漿料和石膏內芯組合物的每個方面中也可以按常規量值使用其他常規的添加劑，以便對內芯賦予所希望的特性並有助於其製造過程。此類添加劑的例子係促凝劑、緩凝劑、脫水抑制劑、黏合劑、粘合劑、分散助劑、均化劑或非均化劑、增稠劑、殺細菌劑、殺真菌劑、pH 調節劑、著色劑、防水劑、填充劑、及其混合物。

在此處揭露的本發明的面板以及其製造方法的上述方面以及其他方面，將水性泡沫使用以下進一步討論的方法加入該內芯漿料中，其量值係對於提供所希望的石膏內芯密度而言是有效的。將泡沫組分加入該內芯漿料種產生了空隙以及空隙尺寸的一分佈，這有助於一或多個面板和/或內芯強度特性。類似地，可以將包含石膏和其他添加劑（可以相對於內芯的其他部分具有增大的密度）的另外的漿料層、條帶或帶狀物施加到該第一或第二蓋板上以便對最終的面板提供特定的特性，如硬化的邊緣或硬化的面板面層。

本發明的另一方面涉及一製造石膏面板的方法，該石膏面板能夠將穿過面板的熱水平的傳輸延緩約半小時或更多，其中凝固的石膏內芯組分係由一含燒石膏的水性漿料形成的。在這個方面，該漿料包括預膠凝澱粉、分散劑、磷酸鹽、礦物/玻璃/碳纖維、泡沫、以及其他添加劑、灰泥

以及水，水/灰泥之重量比為約 0.6 至 1.2、優選約 0.8 至約 1.0、並且更優選約 0.9。然後可以將該內芯漿料作為一連續帶狀物沉積並分佈在第一蓋板的一連續薄片上。然後將一第二蓋板的連續薄片置於所沉積的漿料上以形成一具有所希望的近似 5/8 英寸（或 3/4 英寸）厚度的總體上連續的石膏面板。在該含燒石膏的漿料已經硬化到（藉由燒石膏的水合作用而形成凝固石膏的連續基質）足以進行切割時將這個總體上連續的石膏面板切割成具有所希望的長度的單獨面板，並且將所得的石膏面板進行乾燥。

本發明的實施方式滿足或超過了對於以合理成本來生產具有改進的耐水性的石膏面板的一催化劑以及方法的需要，其中矽氧烷的聚合作用被加速並且在一些情況下，可以減小為滿足 ASTM 1398 的規範所需要的矽氧烷的量。

更確切地說，矽氧烷的聚合反應係使用一漿料得以改進，該漿料包括灰泥、C 級飛灰、氧化鎂、矽氧烷和水的一乳液、以及基於該灰泥的重量大於按重量計 2.0% 的預膠凝澱粉。這種漿料被用於一製造耐水/耐火的石膏面板的方法中，該方法包括製成備矽氧烷乳液、預膠凝澱粉、以及水的一漿料，然後將該漿料與包括灰泥、氧化鎂以及 C 級飛灰的一乾混合物進行組合。然後使用該漿料來製造更早描述的石膏面板。所得的產品對於製造一具有內芯的耐火-耐水的石膏面板是有用的，該內芯包括二水合硫酸鈣與一矽氧烷樹脂的相互編織的基質，其中該等相互編織的基質具有遍及它們而分佈的一催化劑，該催化劑包括氧化鎂以

及來自 C 級飛灰的多種組分。

氧化鎂與 C 級飛灰的混合物催化了矽氧烷的聚合反應從而加速在由該漿料製造的產品中形成耐水性。以此方式製造的耐火的/耐水的石膏面板不需要存儲漫長的時段，以等待該矽氧烷的聚合反應的完成。

使用此種催化劑還增大了反應的程度，從而導致了改進的耐水性。使用這種飛灰和氧化鎂的組合可獲得小於按重量計 5% 的吸水率。因此，除了致使該聚合反應加速之外，這種催化劑還允許矽氧烷更完全地聚合從而在一些情況下允許減小矽氧烷的量。因為矽氧烷係更昂貴的面板添加劑之一，因此其使用水平的降低導致了原材料成本的節省。

本發明的另一優點係面板的尺寸穩定性。用來催化該反應的某些化合物在面板乾燥時導致了顯著的膨脹。當面板的內部膨脹時，它引起了外表面中的開裂，從而損害它。飛灰以及氧化鎂的使用在最終的面板中產生非常小的膨脹以及非常小的開裂。還已經出人意料地發現，聚合的矽氧烷樹脂減小了面板在高加熱條件下的收縮。

這種組合的飛灰以及氧化鎂還允許了使用寬範圍的氧化鎂等級獲得令人滿意的聚合。儘管現有技術僅揭露了僵燒氧化鎂適合於充當矽氧烷聚合反應的催化劑，但當與飛灰結合時，甚至可以使用硬燒的或輕燒的氧化鎂。這個特徵允許了石膏面板製造商們在選擇氧化鎂來源用於漿料中的方面具有另外的自由度。

最後，按重量計大於 2.0% 的預膠凝澱粉與矽氧烷相結合地起作用來實現良好的耐水性。雖然據信矽氧烷/高預膠凝澱粉的組合藉由首先阻擋水進入並且然後當澱粉吸水時藉由形成高粘性的澱粉/水的組合而減慢了水穿過面板邊緣上的微孔而進入，我們不旨在受這個理論限制。

本發明的以上概述並非旨在限制本發明的範圍，如熟習該項技術者所理解的。本發明的其他方面以及實施方式在以下內容以及所附的圖中進行揭露。

【實施方式】

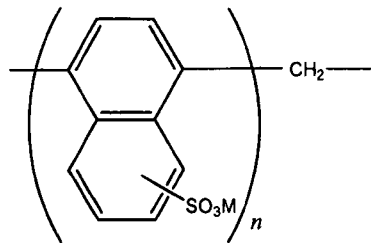
該等共同未決的申請的發明的一些實施方式提供了由包含灰泥、預膠凝澱粉、以及一種萘磺酸鹽分散劑的一含石膏漿料製成的最終的含石膏產品。該萘磺酸鹽分散劑係以基於乾灰泥的重量按重量計約 0.1%-3.0% 的量存在。該預膠凝澱粉係以基於該配方中的乾灰泥重量按重量計至少約 0.5% 至高達按重量計約 10% 的量存在的。在該漿料中可以使用的其他成分包括粘合劑、紙纖維、玻璃纖維、和加速劑。通常將一肥皂泡沫加入該等新配製的含石膏的漿料中以減少最終的含石膏產品例如石膏面板的密度。

從按重量計約 0.5% 至高達按重量計約 10% 的預膠凝澱粉、從按重量計約 0.1% 至高達按重量計約 3.0% 的萘磺酸鹽分散劑、以及最少為至少按重量計約 0.12% 至高達按重量計約 0.4% 的含磷酸鹽組分（全部基於在該石膏漿料中使用的乾灰泥的重量）的一組合，出乎意料地並且顯著地增大

了石膏漿料的流動性。這實質性地降低了生產待用於製造含石膏產品（如石膏面板）、具有足夠的可流動性的一石膏漿料所需要的水量。人們相信至少為標準配方（像三偏磷酸鈉）的約兩倍的三偏磷酸鹽水平可以推進該萘磺酸鹽分散劑的分散活性。

在該等共同未決的申請中使用的萘磺酸鹽分散劑包括聚萘磺酸及其鹽（聚萘磺酸鹽）以及衍生物，該等衍生物係萘磺酸和甲醛的縮合產物。特別可取的聚萘磺酸鹽包括萘磺酸鈉和萘磺酸鈣。該等萘磺酸鹽的平均分子量的範圍可以是從約 3,000 至 27,000，但優選的是該分子量是約 8,000 到 10,000。在給定固體百分比的水溶液中，更高分子量的分散劑與更低分子量的分散劑相比具有更高的粘度、並且在配製品中產生更高的需水量。有用的萘磺酸鹽包括從 GEO 特種化學品公司（GEO Specialty Chemicals）（俄亥俄州，克裡夫蘭）可獲得的 DILOFLO；從漢普郡化學品公司（Hampshire Chemical Corp.）（麻塞諸塞州，列克星敦）可獲得的 DAXAD；以及從 GEO 特種化學品公司（印第安那州，拉斐特）可獲得的 LOMAR D。例如，該等萘磺酸鹽優選作為固體含量在按重量計 35-55% 的範圍內的水溶液使用。最優選的是使用處於例如固體含量在按重量計約 40% 至 45% 範圍內的水溶液形式的萘磺酸鹽。例如，可替代地在適當時，該等萘磺酸鹽能以乾固體或粉末形式如 LOMAR D 來使用。

在本發明中有用的聚萘磺酸鹽具有以下一般結構 (I):



(I)

其中 $n > 2$ ，並且其中 M 為鈉、鉀、鈣、以及類似物。

該萘磺酸鹽分散劑（優選作為水中的按重量計約 45% 的溶液）可以基於該石膏複合配方中使用的乾灰泥的重量在從按重量計約 0.5% 到約 3.0% 的範圍內使用。萘磺酸鹽分散劑的一更優選的範圍係基於乾灰泥的重量從按重量計約 0.5% 到約 2.0%，並且一最優選的範圍係基於乾灰泥的重量從按重量計約 0.7% 到約 2.0%。相比之下，已知的石膏面板以基於乾灰泥的重量按重量計約 0.4% 或更低的水平包含這種分散劑。

換個方式說，該萘磺酸鹽分散劑在乾重基礎上可以基於該石膏複合配方中使用的乾灰泥的重量在按重量計從約 0.1% 到約 1.5% 的範圍內使用。萘磺酸鹽分散劑的一更優選的範圍在乾固體基礎上係基於乾灰泥的重量按重量計從約 0.25% 到約 0.7%，並且一最優選的範圍（在乾固體基礎上）係基於乾灰泥的重量從按重量計約 0.3% 到約 0.7%。

該等共同未決的申請的含石膏漿料可以包括一含磷酸鹽的組分，例如三磷酸鹽，如三偏磷酸鈉。根據本發明可以使用任何適當的水溶性偏磷酸鹽或多磷酸鹽作為該含磷酸鹽的組分。優選的是使用一種三偏磷酸鹽，包括複鹽，

即具有兩種陽離子的三偏磷酸鹽。特別有用的三偏磷酸鹽包括三偏磷酸鈉、三偏磷酸鉀、三偏磷酸鋰、三偏磷酸銨、以及類似物或它們的組合。一優選的三偏磷酸鹽係三偏磷酸鈉。優選的是將該三偏磷酸鹽作為水溶液（例如固體含量在按重量計約 10-15% 的範圍內）使用。還可使用其他的環狀或非環狀的多磷酸鹽，如授予 Yu 等人的美國專利號 6,409,825 中所描述的，將其藉由引用結合在此。

三偏磷酸鈉係在含石膏組合物中的一己知的添加劑，但它總體上是在基於在該石膏漿料中使用的乾灰泥的重量從按重量計約 0.05% 到約 0.08% 的範圍內使用。在本發明的實施方式中，三偏磷酸鈉（或其他水溶性的偏磷酸鹽或多磷酸鹽）可以基於在該石膏複合配方中使用的乾灰泥的重量以從按重量計約 0.12% 到約 0.4% 的範圍存在。三偏磷酸鈉（或其他水溶性的偏磷酸鹽或多磷酸鹽）的一優選範圍係基於該石膏複合配方中使用的乾灰泥的重量從按重量計約 0.12% 到約 0.3%。

有兩種形式的石膏灰泥，a 和 β。這兩種類型的灰泥係由不同的鍛燒手段產生的。在本發明中 a 或 β 形式的灰泥均可使用。

在根據該等共同未決的申請兒製成備的含石膏的漿料中必須使用澱粉，具體地包括預膠凝澱粉。一優選的預膠凝澱粉係預膠凝的玉米澱粉，例如從密蘇里州聖路易市的邦吉模具公司（Bunge Milling）可獲得的預膠凝玉米麵粉，具有如下的典型分析：水分 7.5%，蛋白質 8.0%，油 0.5%，

粗纖維 0.5%，灰 0.3%；具有 0.48 psi 的生坯強度；並且具有 35.0 lb/ft³ 的松裝堆密度。預膠凝的玉米澱粉應基於該含石膏的漿料中使用的乾灰泥的重量以按重量計至少約 0.5% 至高達按重量計 10% 的量來使用。

諸位發明人進一步發現，在按重量計約 0.1% 到按重量計約 3.0% 的的萘磺酸鹽分散劑的存在下，藉由使用至少按重量計約 0.5% 至高達按重量計約 10% 的預膠凝澱粉（優選預膠凝玉米澱粉）可獲得乾強度（特別是在石膏面板中）的出乎意料的提高（澱粉和萘磺酸鹽的水平係基於在該配方中存在的乾灰泥的重量）。不管水溶性的偏磷酸鹽或多磷酸鹽是否存在，都可獲得這一出乎意料的結果。

此外，出乎意料地發現，預膠凝澱粉能以至少約 10 lb/MSF 或更高的水平用於根據本發明製造的乾的石膏面板中，而還能實現高強度和低重量。已經顯示在該等石膏面板中的高達 35-45 lb/MSF 預膠凝澱粉的水平係有效的。

其他有用的澱粉包括包括酸改性的澱粉，如從密蘇里州聖路易市的邦吉模貝公司(Bunge Milling)作為 HI-BOND 可獲得的酸改性的玉米麵粉。這種澱粉具有以下典型的分析：水分 10.0%，油 1.4%，可溶物 17.0%，堆流動性 98.0%，松裝堆密度 30 lb/ft³，以及 20% 的產生 4.3 pH 的漿料。另一有用的澱粉係非預膠凝小麥澱粉，如從加拿大魁北克省蒙特利爾市的 ADM/Ogilvie 公司可獲得的 ECOSOL-45。

當該萘磺酸鹽分散劑三偏磷酸鹽組合與預膠凝玉米澱粉、並任選地與紙纖維或玻璃纖維相結合時，用本發明實

現了更加出乎意料的結果。由包含這三種成分的配方製成的石膏面板具有增大的強度和減小的重量，並且由於在它們的製造中減少了水需求而更加經濟可行。

在本發明的含石膏組合物中可使用加速劑，如 Yu 等人的美國專利號 6,409,825 中所描述的，將其藉由引用結合在此。一希望的耐熱性加速劑（HRA）可由石膏粉（二水合硫酸鈣）的乾式研磨而製成。可以使用少量添加劑（通常是按重量計約 5%）如糖、右旋糖、硼酸和澱粉來製造這種 HRA。當前優選的是糖、或右旋糖。另一有用的加速劑係如在美國專利號 3,573,947 中所描述的“氣候穩定型加速劑”或“氣候穩定的加速劑”（CSA），藉由引用結合在此。

下面描述的本發明的方面並非旨在是排他性的或者將本發明限制於在此揭露的特定的組成、元件、方法以及操作。而是，選擇所描述的本發明的方面和實施方式係用於解釋本揭露的原理及其應用、操作和用途以便使得熟習該項技術者能最好地遵循其傳授內容。

本發明提供了灰泥與其他注意到的成分的組合，該等成分的例子在以下表 1 中列出。該等配方提供了耐火的低重量且低密度的、具有所希望的耐火特性的石膏面板，而該等特性在以前並不被認為是藉由此種具有低重量且低密度的石膏面板可獲得的。本發明的面板還提供了適合於許多建築目的的拔釘阻力，並且在一些其他方面，此種特性與顯著更重、更緻密的商用防火級面板是相當的。在另外

對於 5/8 英寸厚的面板，面板的重量係約 1380 lb/msf 至約 1900 lb/msf，優選地 1490 lb/msf 至約 1740 lb/msf，並且最優選地約 1540 lb/msf 至約 1640 lb/msf。對於 ¾ 英寸的板厚度，面板的重量將是 5/8 英寸面板重量的約 120%。

下表列出了本發明的低重量且低密度、耐火的標稱 5/8 英寸石膏面板的示例性配方。

表 I： 本發明的低重量且低密度、耐火的標稱 5/8 英寸石膏面板的示例性配方			
組分	約 25 至約 36 pcf 的內芯密度	約 27 至約 33 pcf 的內芯密度	約 28 至約 30 pcf 的內芯密度
灰泥 (lb/msf) (至少 95%的 石膏)	約 1040 至約 1490	約 1120 至約 1370	約 1160 至約 1245
凝固石膏 (lb/msf)	約 1220 至約 1750	約 1315 至約 1610	約 1360 至約 1460
預膠凝澱粉 (按灰泥重量 計的%)	約 0.3 至約 4.0	約 0.5 至約 2.0	約 1.5 至約 1.8
磷酸鹽 (按灰 泥重量計的%)	約 0.15 至約 0.5	約 0.10 至約 0.15	約 0.10 至約 0.15
分散劑 (按灰 泥重量計的%)	約 1.5 至約 0.3	約 1.2 至約 0.5	約 1.0 至約 0.75
礦物、玻璃、 或碳纖維 (按 灰泥重量計的 %)	約 0.1 至約 0.3	約 0.1 至約 0.3	約 0.1 至約 0.3
馬尼拉紙第一 蓋板 (lb/msf)	約 40 至約 60	約 45 至約 55	約 48 至約 53
板密度 (pcf) (內芯以及蓋 板)	約 27 至約 37	約 29 至約 34	約 30 至約 32
板重量 (lb/msf)	約 1380 至約 1900	約 1040 至約 1490	約 1540 至約 1640

在本發明的實施中，可以按常規量值採用其他常規的添加劑以便賦予所希望的特性並有助於製造。此類添加劑的例子係水性泡沫、促凝劑、緩凝劑、脫水抑制劑、結合劑、粘合劑、分散助劑、均化劑或非均化劑、增稠劑、殺細菌劑、殺真菌劑、pH調節劑、著色劑、防水劑、添加劑、及其混合物。

在一方面，利用表 1 揭露的那些之中的一或多種配方，本發明提供了面板以及製造它們的方法，它們被配置為低重量且低密度、標稱 5/8 英寸厚的石膏面板，該等石膏面板滿足或超過了按照適當測試方案的火勢遏制以及結構整體性要求的一個 30 分鐘防火級。利用與在此揭露的途徑一致的其他配方可以實現類似的結果。

據信低重量、防火性、以及強度和結構特徵的這種組合係由於以上組分的組合的出人意料的結果，將該等組分各自在以下更詳細地進行討論。

灰泥。在本發明的每個方面，用來形成石膏面板內芯的晶體基質的灰泥（或燒石膏）組分典型地包括來自天然或合成來源的 β 硫酸鈣半水合物、水溶性硫酸鈣無水石膏、 α 硫酸鈣半水合物、或該等中的任何一種或全部的混合物。在某些方面，該灰泥可以包括非石膏的礦物，例如少量的粘土或與石膏來源相關聯的或者在煅燒、加工和/或將灰泥傳遞到混合器的過程中所加入的其他組分。

舉例而言，表 I 中提及的灰泥量值假定了該石膏來源具有至少約 95% 的純度。因此，用來形成內芯漿料的該等

組分及其相對量值（如以上表 I 中提及的）可以取決於灰泥來源、純度和含量而進行改變或修改。例如，取決於石膏純度、石膏的天然或合成來源、灰泥的含水量、灰泥的粘土含量等，可以針對於不同的灰泥組成來修改該石膏內芯漿料的組成。

澱粉。在本發明的面板以及用於製成備此類面板的方法的一重要方面，這種內芯漿料配方（如在以上表 I 中提及的）包括一預膠凝澱粉。可以將生澱粉進行預膠凝，是藉由在至少 185°F 溫度下的水中煮澱粉或者藉由在面板內芯中使用的澱粉中造成凝膠形成的其他普遍已知的方法。可以將該澱粉以乾形式、預分散的液體形式或二者的組合形式摻入內芯漿料中。在乾形式下，可以將其與其他乾成分一起或在一單獨的添加程式、步驟或階段中加入內芯漿料混合器中。在預分散的形式下，可以將其與其他液體成分（如計量水）一起或者在一單獨的添加程式、步驟或階段中加入。

在本發明的實踐中可以使用的容易獲得的預膠凝澱粉的一些實例係（如藉由它們的商品名稱識別的）：PCF1000 澱粉（從勞霍夫糧食公司（Lauhoff Grain）可得）；以及 AMERIKOR 818 和 HQM PREGEL 澱粉（兩者均從阿徹丹尼爾斯米德蘭公司（Archer Daniels Midland Co）可得）。在一重要方面，該澱粉組分至少包括預膠凝玉米澱粉，如從密蘇里州聖路易市的邦吉模貝公司可獲得的預膠凝玉米粉。此類預膠凝澱粉具有以下典型特徵：水分 7.5%，蛋白

質 8.0%，油 0.5%，粗纖維 0.5%，灰 0.3%；具有 0.48 psi 的生坯強度；並且具有 35.0 磅/英尺³的松裝堆密度。

纖維。在本發明的結合了上表 I 中提及的纖維的多個方面以及用於製成備此類面板的方法中，該等纖維可以包括礦物纖維、玻璃纖維和/或碳纖維、以及此類纖維的混合物、連同給面板提供相當的益處的其他相當的纖維。在一重要的方面，將玻璃纖維摻入石膏內芯漿料以及所得的晶體內芯結構中。在一些這樣的方面，該等玻璃纖維可以具有約 0.5 至約 0.75 英寸的平均長度以及約 11 至約 17 微米的直徑。在其他方面，此類玻璃纖維具有約 0.5 至約 0.675 英寸的平均長度以及約 13 至約 16 微米的直徑。在另外其他的方面，利用了具有高於約 800°C 的軟化點的 E 玻璃纖維，並且一這樣的纖維類型係具有高於至少約 900°C 的軟化點的 Advantex®玻璃纖維（從歐文斯科寧公司（Owens Corning）可獲得）。可以使用礦棉或碳纖維代替玻璃纖維（如以上提及的那些）或與玻璃纖維相結合地使用，如普通技術人員已知的那些。

磷酸鹽。在本發明的面板以及用於製成備此種面板的方法的一重要方面，將包括磷酸鹽或其他磷酸根離子來源的一含磷酸鹽的組分添加到用於生產面板石膏內芯的石膏漿料中。與由一不含磷酸鹽的混合物形成的凝固石膏相比，使用此類磷酸鹽有助於提供具有增大的強度、對永久變形的耐受性（例如抗下垂性）、尺寸穩定性、以及增大的面板強度（處於濕狀態時）的石膏內芯。在許多這樣的

方面，該磷酸鹽來源的加入量係在石膏半水合物在內芯中水合並且形成石膏二水合物晶體內芯結構時（例如在形成板與形成過程的窯內區段之間的時間段內）對面板和麵板內芯提供尺寸穩定性。另外，已注意到在加入的磷酸鹽作為延遲劑起作用的程度上，可以按所要求的水平來加入一適當的加速劑以便克服該磷酸鹽的任何不利的延遲作用。

在本發明中有用的含磷酸鹽的組分係水溶性的並且可以處於離子、鹽、酸（即，縮合磷酸，各自包含兩個或更多個磷酸單元）、縮合磷酸根的鹽或離子（各自包含兩個或更多個磷酸鹽單元）、以及正磷酸根的單域鹽或單價離子的形式，例如在美國專利號 6,342,2846、632,550 以及 6,815,049 中所描述的，所有該等的揭露內容藉由引用結合在此。該等類別的磷酸鹽的適當實例係熟習該項技術者所清楚的。例如，在本發明的實踐中可以使用任何適當的含單域正磷酸鹽的化合物，包括但不限於磷酸一銨、磷酸一鈉、磷酸一鉀、及其組合。一優選的單域磷酸鹽係磷酸一鉀。

類似地，根據本發明可以使用任何適當的水溶性多磷酸鹽。該多磷酸鹽可以是環狀或非環狀的。示例性的環狀磷酸鹽包括例如三偏磷酸鹽以及四偏磷酸鹽。該等三偏磷酸鹽可以選自例如三偏磷酸鈉（在此也稱為 STMP）、三偏磷酸鉀、三偏磷酸鋰、三偏磷酸銨等等、或其組合。

而且根據本發明可以使用任何適當的水溶性的非環狀多磷酸鹽。該等非環狀多磷酸鹽具有至少兩個磷酸鹽單

元。舉例而言，根據本發明的適當的非環狀多磷酸鹽包括但不限於焦磷酸鹽、三聚磷酸鹽、具有從約 6 至約 27 個重複磷酸鹽單元的六偏磷酸鈉、具有從約 6 至約 27 個重複磷酸鹽單元的六偏磷酸鉀、具有從約 6 至約 27 個重複磷酸鹽單元的六偏磷酸銨、及其組合。根據本發明的一優選的非環狀多磷酸鹽係從密蘇里州聖路易市的 ICL 性能產品有限公司 (ICL Performance Products LP) 作為 CALGON.RTM 可商購的，這係具有從約 6 至約 27 個重複磷酸鹽單元的六偏磷酸鈉。

優選地，該含磷酸鹽的化合物係選自下組，該組由以下各項組成：具有分子式 $(\text{NaPO}_3)_3$ 的三偏磷酸鈉、具有 6-27 個重複的磷酸鹽單元並且具有分子式 $\text{Na}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ (其中 $n=6-27$) 的六偏磷酸鈉、具有分子式 $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 的焦磷酸四鉀、具有分子式 $\text{Na}_3\text{K}_2\text{P}_3\text{O}_{10}$ 的三聚磷酸三鈉二鉀、具有分子式 $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ 的三聚磷酸鈉、具有分子式 $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 的焦磷酸四鈉、具有分子式 $\text{Al}(\text{PO}_3)_3$ 的三偏磷酸鋁、具有分子式 $\text{Na}_2\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7$ 的酸式焦磷酸氫鈉、具有 1000-3000 個重複磷酸鹽單元並且具有分子式 $(\text{NH}_4)_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ (其中 $n=1000-3000$) 的聚磷酸銨、以及具有 2 或更多個重複磷酸單元並且具有分子式 $\text{H}_{n+2}\text{P}_n\text{O}_{3n+1}$ (其中 n 係 2 或更大) 的多磷酸。三偏磷酸鈉係最優選的並且是從密蘇里州聖路易市的 ICL 性能產品有限公司可商購的。

磷酸鹽通常是以乾形式和/或水溶液形式、與加入內芯漿料混合器中的乾成分一起、與加入該混合器中的液體成

分一起、或者在其他步驟或程式中加入。

分散劑。在本發明的低重量且低密度的耐火面板以及用於製成備此種面板的方法的另一方面，在該石膏內芯漿料中可以包括分散劑。該等分散劑可以按乾形式與其他乾成分一起和/或以水溶液的液體形式與該內芯漿料混合操作中的其他液體成分一起、或在其他步驟或程式中加入。

在一重要方面，此類分散劑可以包括萘磺酸鹽，如聚萘磺酸及其鹽（聚萘磺酸鹽）以及衍生物，該等衍生物係萘磺酸與甲醛的縮合產物。所希望的此類聚萘磺酸鹽包括萘磺酸鈉和萘磺酸鈣。該等萘磺酸鹽的平均分子量的範圍可以是從約 3,000 至 27,000，但優選的是該分子量係約 8,000 到 10,000。在給定固體百分比的水溶液中，更高分子量的分散劑與更低分子量的分散劑相比具有更高的粘度、並且在配製品中產生更高的需水量。

有用的萘磺酸鹽包括從 GEO 特種化學品公司（GEO Specialty Chemicals）（俄亥俄州，克裡夫蘭）可獲得的 DILOFLO；從漢普郡化學品公司（Hampshire Chemical Corp.）（麻塞諸塞州，列克星敦）可獲得的 DAXAD；以及從 GEO 特種化學品公司（印第安那州，拉斐特）可獲得的 LOMAR D。例如，該等萘磺酸鹽優選作為固體含量在按重量計 35-55%的範圍內的水溶液使用。最優選的是使用處於例如固體含量在按重量計約 40%至 45%的範圍內的水溶液形式的萘磺酸鹽。例如，可替代地在適當時，該等萘磺酸鹽能以乾固體或粉末形式例如像 LOMAR D 來使用。

替代地，在本發明的其他方面，可以使用對於提高石膏漿料中的流動性而言有用的聚羧酸酯分散劑。多種聚羧酸酯分散劑、特別是聚羧酸醚，是優選的分散劑類型。在該漿料中使用的優選類別的分散劑之一包括兩種重複單元。它在名稱為“利用一種二重複單元系統的石膏產品及其製造方法”（Gypsum Products Utilizing a Two-Repeating Unit System and Process for Making Them）的美國專利中進一步描述，該專利藉由引用結合在此。該等分散劑係德國特貝格（Trostberg）的巴斯夫建築聚合物股份有限公司（BASF Construction Polymers, GmbH）的產品並且由巴斯夫建築聚合物公司（BASF Construction Polymers, Inc.）（喬治亞州，肯尼索）（下文稱“BASF”）所供應、並在下文中稱為“PCE211 型分散劑”。PCE211 型分散劑中的一特別有用的分散劑為 PCE211，下文稱“211”。在本發明中有用的這個系列中的其他聚合物包括 PCE111。PCE211 型分散劑在 2007 年 7 月 13 日提交的標題為“含聚醚的共聚物”（Polyether-Containing Copolymer）的美國序號 11/827,722（公開號 US 2007/0255032A1）（藉由引用結合在此）中進行了更全面地說明。

這樣的 PCE211 型分散劑中的一類型的分子量可以是從約 20,000 至約 60,000 道爾頓。已經發現較低分子量的分散劑與具有大於 60,000 道爾頓分子量的分散劑相比造成了較小的凝固時間的延緩。一般，更長的側鏈長度（導致總體分子量的增大）提供了更好的可分散性。然而，用石膏

進行的試驗表明，在高於 50,000 道爾頓的分子量下分散劑的效力減小。

在本發明中作為分散劑有用的另一類別的聚羧酸酯化合物揭露於美國專利號 6,777,517 中（藉由引用結合在此）並且在下文中稱為“2641 型分散劑”。PCE211 型和 2641 型分散劑的實例係巴斯夫建築聚合物股份有限公司（德國，特貝格）製造的並且由巴斯夫建築聚合物公司（喬治亞州，肯尼索）在美國銷售的。優選的 2641 型分散劑由巴斯夫公司作為 MELFLUX 2641F、MELFLUX 2651F 和 MELFLUX 2500L 分散劑出售。

又一優選的分散劑家族係巴斯夫公司出售的並且稱為“1641 型分散劑”。這種分散劑在美國專利號中 5,798,425 更全面地說明，該專利藉由應用結合在此。一這樣的 1641 型分散劑係由巴斯夫公司作為 MELFLUX 1641F 分散劑銷售的。可以使用的其他分散劑包括其他聚羧酸酯醚，如從南卡羅萊納州賈斯特的高泰公司（Coatex, Inc.）可獲得的 COATEX Ethacryl M、以及木質素磺酸鹽或磺化木質素。木質素磺酸鹽係水溶性的陰離子聚合電解質聚合物，來自使用亞硫酸鹽紙漿生產木漿過程中的副產物。在本發明中有用的木質素的一例子係從美國康涅狄格州格林威治市的瑞德木質素公司（Reed Lignin）可獲得的 Marasperse C-21。

阻滯劑/加速劑。可以將緩凝劑（高達約 2 lb/MSF（9.8 g/m²））或乾的加速劑（高達約 35 lb/MSF（170 g/m²））加入該內芯的一些方面中以改變灰泥水合作用發生的溫

度。“CSA”係一促凝劑，它包括與 5% 的糖共研磨並且加熱至 250°F (121°C) 而使該糖焦化的約 95% 的二水合硫酸鈣。CSA 從奧克拉荷馬州索瑟德的 USG 公司的工廠中可獲得、並且根據美國專利號 3,573,947 進行製造，該專利藉由引用結合在此。硫酸鉀係另一優選的加速劑。HRA (係一優選的加速劑) 係與糖以約 5 至 25 磅糖/100 磅二水合硫酸鈣的比率新近研磨的二水合硫酸鈣。它在美國專利號中 2,078,199 更全面地說明，該專利藉由應用結合在此。這兩種均是優選的加速劑。

另一被稱為濕石膏加速劑或 WGA 的加速劑也是一優選的加速劑。對濕石膏加速劑的用途及製造方法的說明在美國專利號 6,409,825 中進行了揭露，該專利藉由引用結合在此。該加速劑包括至少一種選自下組的添加劑，該組由以下各項組成：一有機磷化合物、一含磷酸鹽的化合物或其混合物。這種特定的加速劑展現了實質性的壽命並且隨時間過去而維持了其有效性，使得可以製造、儲存該濕石膏加速劑、並且甚至在使用前進行長距離運輸。這種濕石膏加速劑的用量範圍係從約 5 至約 80 磅/千平方英尺 (24.3 至 390 g/ m²) 石膏面板。

泡沫。在另一重要方面，可以將泡沫引入內芯漿料中，其量值為提供上述減小的內芯密度和面板重量。以恰當的量值、配方和方法將泡沫引入內芯漿料中可以在最終乾燥過的面板的內芯之中產生空隙的一希望的網路和分佈。這種空隙結構允許減小石膏及其他內芯成分以及內芯密度和

重量，同時保持所希望的面板的結構以及強度特性。使用發泡劑來產生所希望的空隙結構的實例包括在美國專利號 5,643,510 中討論的那些，該專利的揭露內容藉由引用結合在此。將泡沫加入內芯漿料中的途徑係本領域已知的，並且這樣的途徑的一實例在美國專利號 5,683,635 中進行了討論，該專利的揭露內容藉由引用結合在此。

蓋板。在本發明的一些方面，該第一蓋板包括低孔隙率的馬尼拉紙，其中石膏漿料被沉積在其上（當用於建築應用中時，典型地是面板的暴露面）。可以使用新聞紙作為第二蓋板，在成型過程中將第二蓋板放在石膏內芯漿料上（當用於建築應用中時，典型地是面板的隱藏的背表面）。在其他應用中，可以使用非織造的玻璃纖維墊、其他纖維或非纖維材料的片材、或紙與其他纖維材料的組合作為該等蓋板之一或二者。

在使用紙或類似蓋板的方面，該第一蓋板可以具有與第二蓋板相比更高的密度和基重。例如，在某些方面，該第一蓋板可以具有約 40 至約 60 lb/msf 的基重並且該第二蓋板可以具有約 35 至約 45 lb/msf 的基重。使用此種重馬尼拉紙作為第一蓋板係優選的，因為它在所有應用中並且最特別是在天花板應用中改進了拔釘力以及撓曲特性。

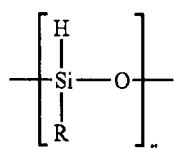
該等蓋板可以結合並且可能已經在其暴露的表面上添加有多個材料塗層，從而提供適合於特定建築應用（如外部覆蓋、蓋屋頂、貼磚背襯等）的表面。

矽氧烷。出人意料地，基於石膏的重量大於按重量計

2%的預膠凝澱粉與基於石膏的重量按重量計至少約 0.4% 並且優選地按重量計至少 0.7%的矽氧烷的組合將產生具有小於 5%的吸水率的石膏面板。這係特別出人意料的，因為重量和密度減小的面板具有遠多於常規面板的空氣和/或水空隙並且該等空隙預期將會使該等更低重量的面板是遠遠更加吸水的。還已經出人意料地發現，聚合的矽氧烷樹脂減小了面板在高加熱條件下的收縮。

本發明廣泛地考慮了藉由向用來製造石膏基物品的漿料中加入一可聚合的矽氧烷而改進石膏基物品的耐水性。優選地，該矽氧烷係以乳液的形式來添加。然後將該漿料成型並且在促進矽氧烷聚合而形成高度交聯的矽氧烷樹脂的條件下進行乾燥。優選地向該石膏漿料中添加一促進矽氧烷聚合而形成高度交聯的矽氧烷樹脂的催化劑。

優選地，該矽氧烷總體上是一流動的、直線的、氫改性過的矽氧烷，但也可以是一環狀的、氫改性過的矽氧烷。這樣的矽氧烷能夠形成高度交聯的矽氧烷樹脂。這樣的流體係熟習該項技術者所熟知的並且是可商購的並且在專利文獻中進行了描述。典型地，在本發明的實踐中有用的、直線的、氫改性過的矽氧烷包括具有以下通式的重複單元的那些：



其中 R 代表一飽和或不飽和的一價烴基團。在優選實

施方式中，R 代表一個烷基並且最優選地 R 係一個甲基。在聚合過程中，該等端基藉由縮合作用被去除並且矽氧烷基團連接在一起而形成該矽氧烷樹脂。還發生了鏈的交聯。所得的矽氧烷樹脂在該石膏基質形成時賦予其耐水性。

優選地，將使用由瓦克化學股份有限公司 (Wacker-Chemie GmbH) (德國慕尼黑) 以名稱 SILRES BS 94 出售的一無溶劑的甲基氫矽氧烷流體作為該矽氧烷。該製造商指出這種產品係一不含水或溶劑的矽氧烷流體。在此考慮到可以使用基於乾成分重量為約 0.3% 至 1.0% 的該 BS 94 矽氧烷。優選的是使用基於乾灰泥重量為從約 0.4% 至約 0.8% 的該矽氧烷。

將該矽氧烷與水形成一乳液或穩定的懸浮液。已考慮到在這個漿料中使用多種矽氧烷乳液。矽氧烷在水中的乳液也藉由購買可獲得，但它們可能包括易於改變石膏物品的特性（如石膏面板產品中紙的結合性）的乳化劑。因此在不使用乳化劑的情況下製成備的乳液或穩定懸浮液是優選的。優選地，該懸浮液藉由將矽氧烷流體與水混合而在原位形成。重要的是這種矽氧烷懸浮液在使用前都是穩定的並且它在該漿料的條件下保持是良好分散的。該矽氧烷懸浮液或乳液必須保持在漿料中可能存在的任選添加劑（如促凝劑）的存在下是良好分散的。該矽氧烷懸浮液或乳液在形成石膏面板的該等步驟中也必須保持是穩定的。優選地，該懸浮液在大於 40 分鐘的時間內保持穩定。更優選地，它在至少一小時內保持穩定。在本討論內容和後面

的申請專利範圍中，術語“乳液”旨在包括至少在灰泥凝固了約 50%之前為穩定的那些真正的乳液和懸浮液。

不希望受理論束縛，據信當矽氧烷在所形成的面板中固化時形成了耐水性並且按重量計至少 2.0%的預膠凝澱粉與該矽氧烷共同作用而減慢了水藉由面板邊緣上的微孔進入，這首先是藉由阻擋水進入、並且接著在水被澱粉吸收之後藉由形成高黏澱粉/水的組合。

矽氧烷的聚合反應本身進行緩慢，從而要求將該等面板儲存一段足夠的時間以便在運輸之前形成耐水性。已知催化劑加速了這個聚合反應，從而減小或消除了在形成耐水性時儲存石膏面板所需的時間。在標題為“基於石膏的耐水物品的製造方法”（Method of Making Water-Resistant Gypsum-Based Article）的美國專利號 10/917,177（藉由引用結合在此）中描述了使用僵燒的氧化鎂用於矽氧烷的聚合。僵燒的氧化鎂係不溶于水的並且與該漿料的其他組分相互作用較少。它加速了矽氧烷的固化、並且在一些情況下致使矽氧烷更完全地固化。它係可商購的，具有恒定的組成。僵燒氧化鎂的一特別優選的來源係 BAYMAG 96。它具有至少 $0.3 \text{ m}^2/\text{g}$ 的 BET 表面積。灼燒損失係小於按重量計約 0.1%。優選使用基於乾灰泥重量為從約 0.1%至約 0.5%的量值的氧化鎂。

市場上有至少三個等級的氧化鎂，這取決於煅燒溫度。“僵燒的”氧化鎂係在 1500°C 與 2000°C 之間煅燒的，從而消除了大部分（如果不是全部的話）反應性。MagChem

P98-PV (馬里蘭州貝塞斯達的馬丁環保設備公司 (Martin Marietta Magnesia Specialties)) 係“僵燒的”氧化鎂的一實例。BayMag 96 (加拿大亞伯達卡爾加里的貝滿公司 (Baymag, Inc.)) 以及 MagChem 10 (馬里蘭州貝塞斯達的馬丁環保設備公司) 係“硬燒的”氧化鎂的實例。“硬燒的”氧化鎂係在從 1000°C 至約 1500°C 約的溫度下煨燒的。它具有窄的反應性範圍、高的密度、並且通常用於要求慢的降解或化學反應性的應用中 (如動物飼料和肥料中)。第三等級係“輕燒的”或“苛性的”氧化鎂，是藉由在約 700°C 至約 1000°C 的溫度下進行煨燒而生產的。這種類型的氧化鎂被用於廣泛的應用中，包括塑膠、橡膠、紙以及紙漿處理、鋼鍋爐添加劑、粘合劑以及酸中和。輕燒氧化鎂的例子包括 BayMag 30、BayMag 40 和 BayMag 30 (-325 篩目) (加拿大亞伯達卡爾加里的貝滿公司 (Baymag, Inc.))。

已經發現，優選的催化劑係由氧化鎂與 C 級飛灰的一混合物製成的。當以這種方式進行組合時，任何等級的氧化鎂都是有用的。然而，僵燒和硬燒的氧化鎂由於其減小的反應性而是優選的。氧化鎂的較高反應性可以導致裂化反應，這可以產生氫氣。由於產生了氫氣，產品膨脹，從而在灰泥已經凝固的地方造成裂縫。膨脹還導致將灰泥倒入了其中的模具的斷裂，從而造成該產品在一或多個尺寸上的細部損失和變形。優選地，BayMag 96、MagChem P98-PV 和 MagChem 10 係氧化鎂的優選來源。優選地，將

氧化鎂和飛灰在加入計量水中之前加入灰泥中。通常將諸如該等的乾組分在灰泥沿一輸送機移動至該混合器時加入灰泥中。

一優選的飛灰係 C 級飛灰。C 級液壓飛灰或其等效物係最優選的飛灰組分。一典型的 C 級飛灰的組成在表 1 中示出。高石灰含量的飛灰（大於按重量計約 20% 的石灰）係從某些煤的加工過程中獲得的。ASTM 的標準編號 C-618（藉由引用結合在此）描述了 C 級飛灰的特徵。一優選的 C 級飛灰係由路易斯安那州 Big Cajun, II 的貝友灰料公司（Bayou Ash Inc.）所供應的。優選地，灰分的用量係基於乾灰泥重量的約 0.1% 至約 5%。更優選地，灰分的用量係基於乾灰泥重量的約 0.2% 至 1.5%。

對矽氧烷的催化作用導致了更快且更完全的聚合作用以及矽氧烷形成矽氧烷樹脂的交聯作用。該灰泥的水合作用形成了二水合硫酸鈣晶體的一互鎖的基質。在形成石膏基質的同時，該等矽氧烷分子還形成了一矽氧烷樹脂基質。因為該等係同時形成的，所以至少部分地，這兩種基質被纏繞在彼此之中。加入漿料中的過量的水和添加劑（包括遍及該漿料而分散的飛灰、氧化鎂以及下面所描述的添加劑）遍及該等基質而分散在間隙空間內從而實現了遍及該面板內芯的耐水性。高水平的預膠凝澱粉與該矽氧烷共同作用而延緩了水沿著面板的更脆弱的邊緣進入。

在多個實施方式中，一石膏面板包括位於頂部與底部蓋板之間的一凝固的石膏內芯。該面板具有的內芯密度係

約 27 至約 37 磅/立方英尺並且隔熱指數係大於約 17 分鐘。在其他實施方式中，該石膏面板具有約 0.625 英寸的標稱厚度。在另外其他的實施方式中，該石膏面板具有約 0.625 英寸的標稱厚度以及至少約 18 分鐘的隔熱指數。

在多個實施方式中，一耐火石膏面板包括位於頂部與底部蓋板之間的一凝固的石膏內芯。該面板具有的內芯密度係約 27 至約 37 磅/立方英尺。該面板有效地抑制了熱量穿過所製成備的元件的傳輸並且經受了根據 UL U419 程式的防火試驗，其中一表面暴露於一熱源中並且一相反的表面未被加熱，使得在經過約 30 分鐘的時間時該未加熱的表面的最大單一位置溫度在根據 UL U419 測量時是小於約 415° F。在其他實施方式中，該耐火石膏面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得在經過約 30 分鐘的時間時該未加熱的表面的平均溫度在根據 UL U419 測量時是小於約 340° F。

在多個實施方式中，一耐火石膏面板包括位於頂部與底部蓋板之間的一凝固的石膏內芯。該面板具有的內芯密度係約 27 至約 37 磅/立方英尺。該面板有效地抑制了熱量穿過所製成備的元件的傳輸並且經受了根據 UL U305 程式的防火試驗，其中一表面暴露於一熱源中並且一相反的表面未被加熱，使得在經過約 45 分鐘的時間時該未加熱的表面的最大單一位置溫度在根據 UL U305 測量時是小於約 415° F。

在其他實施方式中，該耐火石膏面板對於抑制熱量穿

過該元件的傳輸是有效的，使得在經過約 45 分鐘的時間時該未加熱的表面的最大單一位置溫度在根據 UL U305 測量時是小於約 270° F。在另外其他的實施方式中，該耐火石膏面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得在經過約 45 分鐘的時間時該未加熱的表面的平均溫度在根據 UL U305 測量時是小於約 340° F。在另外其他的實施方式中，該耐火石膏面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得在經過約 45 分鐘的時間時該未加熱的表面的平均溫度在根據 UL U305 測量時是小於約 245° F。

在多個實施方式中，一石膏面板具有的密度係約 27 至約 37 磅/立方英尺並且隔熱指數係大於 17.0 分鐘。該石膏面板包括： (a) 約 1220-1750 lb/msf 的凝固石膏，(b) 按重量計約 0.3-4.0% 的預膠凝澱粉；(c) 按重量計約 0.15%-0.50% 的一含磷酸鹽的組分；(d) 按重量計約 0.3%-1.5% 的分散劑；(e) 按重量計約 0.1%-0.3% 的礦物、玻璃或碳纖維；以及 (f) 多個泡沫空隙，泡沫空隙的量值對於提供所規定的面板密度是有效的。該等按重量計的百分比係基於該凝固的石膏的重量並且 lb/msf 係針對於標稱的 0.625 英寸厚的面板。在其他實施方式中，將 lb/msf 的凝固石膏針對一個從約 0.625 至約 0.75 英寸的標稱面板厚度成比例地進行調整。

在另外其他的實施方式中，該石膏面板包括： (a) 約 1315-1610 lb/msf 的凝固石膏，(b) 按重量計約 0.5%-2.0% 的預膠凝澱粉；(c) 按重量計約 0.10%-0.15% 的

磷酸鹽；(d)按重量計約 0.5%-1.2% 的分散劑；(e) 按重量計約 0.1%-0.3%的礦物、玻璃或碳纖維；以及 (f) 多個泡沫空隙，泡沫空隙的量值對於提供所規定的面板密度是有效的。該等按重量計的百分比係基於該凝固的石膏的重量並且 lb/msf 係針對於標稱的 5/8 英寸厚的面板並且對於更厚或更薄的面板進行成比例的調節。

在另外其他的實施方式中，該石膏面板包括： (a) 約 1360-1460 lb/msf 的凝固石膏，(b) 按重量計約 1.5%-1.8%的預膠凝澱粉；(c) 按重量計約 0.10%-0.15%的磷酸鹽；(d) 按重量計約 0.75%-1.0%的分散劑；(e) 按重量計約 0.1%-0.3%的礦物、玻璃或碳纖維；以及 (f) 多個泡沫空隙，泡沫空隙的量值對於提供所規定的面板密度是有效的。該等按重量計的百分比係基於該凝固的石膏的重量並且 lb/msf 是針對於標稱的 5/8 英寸厚的面板並且對於更厚或更薄的面板進行成比例的調節。

在另外的其他實施方式中，該石膏面板包括紙蓋板，其中第一個這樣的蓋板具有的重量係約 40-60 lb/msf。在其他實施方式中，該面板的密度係約 29 至約 34 磅/立方英尺。在另外其他的實施方式中，該面板的密度係約 30 至約 32 磅/立方英尺。

在另外其他的實施方式中，該石膏面板包括基於該凝固石膏的重量按重量計至少 0.4%的矽氧烷。在某些實施方式中，該面板的高溫收縮率小於一不使用矽氧烷的、具有相同的分量值的面板的高溫收縮率。在某些實施方式

中，該石膏面板包括按重量計大於 2% 的預膠凝澱粉。在某些實施方式中，該面板的高溫收縮率小於一不使用矽氧烷的、具有相同的分量值的面板的高溫收縮率。在某些實施方式中，該面板的高溫收縮係一不使用矽氧烷的、具有相同的分量值的面板的高溫收縮率的約 50%。

在其他實施方式中，該含磷酸鹽的組分係水溶性的並且是選自下組，該組由以下各項組成：包括兩個或更多個磷酸單元的縮合磷酸、包括兩個或更多個磷酸單元的縮合的磷酸根的鹽或離子、正磷酸鹽的單城鹽或一價離子、以及它們的組合。在某些實施方式中，該含磷酸鹽的組分包括一環狀的多磷酸鹽。

在多個實施方式中，將一石膏面板元件安裝到金屬支撐物上。該等石膏面板包括位於頂部與底部蓋板之間的一凝固的石膏內芯。該內芯具有的密度係約 27 至 37 磅/立方英尺並且為該元件提供了在 UL U419 試驗程式下至少 30 分鐘的防火級。在某些實施方式中，該元件的石膏面板被安裝到木質支撐物上並且該等石膏面板提供了在 UL U305 試驗程式下至少 30 分鐘的防火級。

在多個實施方式中，一具有至少 17.0 分鐘的隔熱指數的耐火石膏面板的製造方法包括提供一漿料。該漿料具有：(a) 約 1040-1490 lb/msf 的灰泥，(b) 按重量計約 0.3%-4.0% 的預膠凝澱粉；(c) 按重量計約 0.15%-0.50% 的磷酸鹽；(d) 按重量計約 0.3%-1.5% 的分散劑；(e) 按重量計約 0.1%-0.3% 的礦物、玻璃或碳纖維；以及 (f) 一

泡沫，該泡沫的量值對於提供約 25 至約 36 磅/立方英尺的內芯密度是有效的。將該漿料沉積到一第一蓋板上。將該漿料用一第二蓋板覆蓋以形成該面板。將該面板保持在一預定的標稱厚度下直至該內芯漿料被水合。將該面板切割成所希望的尺寸。將該面板乾燥。該等按重量計的百分比係基於該灰泥的重量並且 lb/msf 值係針對於標稱的 0.625 英寸厚的面板。

在其他實施方式中，將該方法中的 lb/msf 灰泥對於從約 0.625 至約 0.75 英寸的一標稱面板厚度成比例地進行調整。在另外其他的多個實施方式中，將藉由該方法製造的石膏面板的一元件安裝到金屬支撐物上。該元件在 UL U419 試驗程式下提供了至少 30 分鐘的防火級。

實例

以下實例進一步展示了此處描述的本發明的多個方面，但不應以任何方式解釋為限制其範圍。在此報告的所有值（例如，重量、百分比、溫度、尺寸、時間、等等）遵循並且包括在數據中反映的測量變化以及誤差幅度連同熟習該項技術者對於特定的組分、或它們所涉及的試驗、特性、觀察而典型地遇到的測量變化以及誤差幅度。

實例 1

樣品石膏漿料配方

石膏漿料配方如下表 1 所示。表 1 中的所有值均是以

基於乾灰泥重量的重量百分比表示。括弧內的值係以磅計的乾重（對於標稱 1/2 英寸厚的石膏面板，lb/MSF）。

表 1

組 分	配 方 A	配 方 B
灰 泥（lb/MSF）	(732)	(704)
三 偏 磷 酸 鈉	0.20 (1.50)	0.30 (2.14)
分 散 劑（萘磺酸鹽）	0.18 (1.35)	0.58 ¹ (4.05)
預 膠 凝 澱 粉	2.7 (20)	6.4 (45)
板 澱 粉	0.41 (3.0)	0
耐 熱 加 速 劑（HRA）	(15)	(15)
玻 璃 纖 維	0.27 (2.0)	0.28 (2.0)
紙 纖 維	0	0.99 (7.0)
皂 *	0.03 (0.192)	0.03 (0.192)
總 水 量（lb.）	805	852
水/灰泥之比	1.10	1.21

*用於預產生泡沫。

¹ 作為一 45%的水溶液，按重量計 1.28%。

實例 2

面板的製成備

根據 Yu 等人的美國專利號 6,342,284 以及 Yu 等人的

美國專利號 6,632,550（將其藉由引用結合在此）製成備了多個樣品石膏面板（標稱約 ½ 英寸厚）。該方法包括單獨產生泡沫、並將泡沫引入其他成分的漿料中，如該等專利的實例 5 中所描述的。

用實例 1 的配方 A 和 B 製造的石膏面板以及一對照物的試驗結果如下表 2 所示。在本實例和以下其他實例中，按照 ASTM C-473 進行拔釘阻力、內芯硬度和撓曲強度的試驗。此外注意到典型的石膏面板係約 ½ 英寸厚、並且具有在約 1600 到 1800 磅/1,000 平方英尺材料或 lb/MSF 之間的重重量。（“MSF”在本領域中是對一千平方英尺的標準縮寫；它係對盒子、波紋媒介和壁板的一面積量度。）

表 2

實驗室試驗結果	對照板	配方 A 板	配方 B 板
板重量 (lb/MSF)	1587	1066	1042
拔釘阻力 (lb)	81.7	50.2	72.8
內芯硬度 (lb)	16.3	5.2	11.6
潮濕的結合荷載 (lb)	17.3	20.3	15.1
潮濕的結合失效 (%)	0.6	5	11.1
撓曲強度，面朝上 (MD) (lb)	47	47.2	52.6
撓曲強度，面朝下 (MD) (lb)	51.5	66.7	78.8
撓曲強度，面朝上 (XMD) (lb)	150	135.9	173.1
撓曲強度，面朝下 (XMD) (lb)	144.4	125.5	165.4

MD：機器方向

XMD：橫跨機器方向

如表 2 所示，用配方 A 和 B 漿料製成備的石膏面板與該對照板相比重量顯著減少。再參照表 1，配方 A 板和配方 B 板的對比最明顯。在配方 A 和配方 B 中水/灰泥 (w/s) 之比相似。在配方 B 中還使用了顯著更高水平的萘磺酸鹽分散劑。而且，在配方 B 中使用了實質性更多的預膠凝澱粉，按重量計約 6%，比配方 A 增加了大於 100%，並伴隨著顯著的強度增大。雖然如此，在配方 B 漿料中用於產生所需要的可流動性的需水量仍然很低，與配方 A 相比差異約為 10%。在這兩個配方中的低需水量都是因為在該石膏漿料中萘磺酸鹽分散劑與三偏磷酸鈉的組合的協同效應，這即使在實質性更高水平的預膠凝澱粉的存在下，也能提高該石膏漿料的流動性。

如表 2 所示，與用配方 A 漿料製成備的面板相比，用配方 B 漿料製成備的面板具有實質性增大的強度。藉由將增加量的預膠凝澱粉與增加量的萘磺酸鹽分散劑和三偏磷酸鈉相結合地摻入，配方 B 板中的拔釘阻力比配方 A 板提高了 45%。還觀察到在配方 B 板中撓曲強度與配方 A 板相比實質性地增加了。

實例 3

1/2 英寸石膏面板重量降低試驗

進一步的石膏面板實例（板 C、D 和 E），包括漿料配方和試驗結果，在下表 3 中示出。表 3 的漿料配方包括該等漿料的主要組分。括弧中的值係以基於乾灰泥重量的重

量百分比表示。

表 3

試驗配方的組分/ 參數	對照板	配方 C 板	配方 D 板	配方 E 板
乾灰泥 (lb/MSF)	1300	1281	1196	1070
加速劑 (lb/MSF)	9.2	9.2	9.2	9.2
DILOFLO ¹ (lb/MSF)	4.1 (0.32%)	8.1 (0.63%)	8.1 (0.68%)	8.1 (0.76%)
普通澱粉 (lb/MSF)	5.6 (0.43%)	0	0	0
預膠凝玉米澱粉 (lb/MSF)	0	10 (0.78%)	10 (0.84%)	10 (0.93%)
三偏磷酸鈉 (lb/MSF)	0.7 (0.05%)	1.6 (0.12%)	1.6 (0.13%)	1.6 (0.15%)
總水/灰泥之比 (w/s)	0.82	0.82	0.82	0.84
試驗配方的測試 結果				
乾板重量 (lb/MSF)	1611	1570	1451	1320
拔釘阻力 (lb)	77.3 [†]	85.5	77.2	65.2

[†] ASTM 標準：77 lb

¹ DILOFLO 係在水中的 45% 萘磺酸鹽溶液

如表 3 所示，與該等對照面板相比，板 C、D 和 E 係由具有實質性增加量的澱粉、DILOFLO 分散劑和三偏磷酸鈉（澱粉和分散劑在百分比基礎上為約兩倍的增加，並且三偏磷酸鹽為兩到三倍的增加）的一漿料製成的，同時保持 w/s 之比不變。儘管如此，藉由拔釘阻力測量的強度沒有受到顯著影響並且面板重量顯著減少。因此，在本發明的一實施方式的這個實例中，該新配方（例如像板 D）可以提供在一可用的、可流動的漿料中配製的增加的澱粉，同時保持適當的強度。

實例 4

濕石膏立方體的強度試驗

使用從伊利諾斯州芝加哥的美國石膏公司（United States Gypsum Corp.）可獲得的 Southard CKS 板灰泥以及實驗室中的自來水進行濕立方體強度試驗，以測定它們的濕抗壓強度。使用了以下實驗室測試程式。

對各個濕石膏立方體鑄件使用灰泥（1000 g）、CSA（2 g）、以及約 70°F 的自來水（1200 cc）。預膠凝玉米澱粉（20 g，基於灰泥重量是 2.0%）和 CSA（2 g，基於灰泥重量是 0.2%）在與含萘磺酸鹽分散劑和三偏磷酸鈉兩者的一自來水溶液混合之前，首先在一塑膠袋中與該灰泥充分地進行乾混合。使用的分散劑為 DILOFLO 分散劑（1.0-2.0%，如表 4 所示）。使用了不同量的三偏磷酸鈉，同樣如表 4 所示。

將該等乾成分和水溶液首先在一實驗室的報警攪混機 (Warning blender) 中合併，允許產生的混合物浸泡 10 秒，並且然後將該混合物在低速下混合 10 秒以便製造該漿料。將由此形成的該等漿料澆注到三個 2"X2"X2"立方體模具中然後將該等鑄造的立方體從該等模具中移出、稱重，並密封在塑膠袋內部以防止在進行該抗壓強度試驗之前的水分損失。用一台 ATS 機器測量該等濕立方體的抗壓強度，並以磅每平方英寸 (psi) 記錄平均值。所得結果如下：

表 4

測試樣 品編號	三偏磷酸鈉， 克（基於乾灰 泥的 wt%）	DILOFLO ¹ （基於乾灰泥 的 wt%）	濕立方體重量 （2”X2”X2”），g	濕立方體 抗壓強 度，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 係在水中的 45% 萘磺酸鹽溶液

如表 4 所示，具有在約 0.12% - 0.4% 範圍內的三偏磷酸鈉水平的本發明的樣品 4-5、10-11 以及 17，與具有的三偏磷酸鈉在該範圍之外的樣品相比，總體上提供了優越的濕立方體抗壓強度。

實例 5

1/2 英寸輕質石膏面板的工廠生產試驗

進行了進一步的試驗（試驗板 1 和 2），漿料配方和試驗結果如下表 5 所示。表 5 的漿料配方包括該等漿料的主要組分。括弧中的值係以基於乾灰泥重量的重量百分比表示。

表 5

試驗配方的組分/參數	對照板 1	工廠配方試驗板 1	對照板 2	工廠配方試驗板 2
乾灰泥 (lb/MSF)	1308	1160	1212	1120
DILOFLO ¹ (lb/MSF)	5.98 (0.457%)	7.98 (0.688%)	7.18 (0.592%)	8.99 (0.803%)
普通澱粉 (lb/MSF)	5.0 (0.38%)	0	4.6 (0.38%)	0
預膠凝玉米澱粉 (lb/MSF)	2.0 (0.15%)	10 (0.86%)	2.5 (0.21%)	9.0 (0.80%)
三偏磷酸鈉 (lb/MSF)	0.7 (0.05%)	2.0 (0.17%)	0.6 (0.05%)	1.6 (0.14%)
總水/灰泥之比(w/s)	0.79	0.77	0.86	0.84
試驗配方的測試結果				
乾板重量 (lb/MSF)	1619	1456	1553	1443
拔釘阻力 (lb)	81.5 [†]	82.4	80.7	80.4
撓曲強度，平均值 (MD) (lb)	41.7	43.7	44.8	46.9
撓曲強度，平均值 (XMD) (lb)	134.1	135.5	146	137.2
潮濕的結合 ² 荷載， 平均值 (lb)	19.2	17.7	20.9	19.1
潮濕的結合 ^{2,3} 失效 (%)	1.6	0.1	0.5	0

[†]ASTM 標準：77 lb

MD：機器方向

XMD：橫跨機器方向

¹ DILOFLO 係在水中的 45% 萘磺酸鹽溶液

² 90°F/90% 相對濕度

³ 很好理解的是，在該等試驗條件下，百分比失效率 < 50% 係可接受的。

如表 5 所示，與該等對照面板相比，試驗板 1 和 2 係由具有實質性增加量的澱粉、DILOFLO 分散劑、以及三偏磷酸鈉的一漿料製成，同時 w/s 之比略有下降。然而，藉由拔釘阻力和撓曲測試而測量的強度都得到保持或改進，並且板重量顯著下降。因此，在本發明的一實施方式的這個實例中，該新配方（例如像試驗板 1 和 2）可以提供在可用的、可流動的漿料中配製的增加的三偏磷酸鹽和澱粉，同時保持適當的強度。

實例 6

1/2 英寸超輕質石膏面板的工廠生產試驗

同實例 2 一樣，用配方 B（實例 1）進行進一步的試驗（試驗板 3 和 4），除了該預膠凝玉米澱粉係用水以 10% 的濃度製成備的（濕澱粉製劑），並使用的 HYONIC PFM 皂（從印第安那州拉斐特的 GEO 特種化學品公司可獲得的）的共混物。例如，試驗板 3 係使用範圍從按重量計 65% - 70%/按重量計 35% - 30% 的 HYONIC PFM 10/HYONIC PFM 33 共混物製成備的。例如，試驗板 4 係使用 70/30 wt./wt. 的 HYONIC PFM 10/HYONIC PFM 33 共混物製成備的。試

驗結果在下表 6 中示出。

表 6

實驗室試驗結果	試驗板 3 (配方 B 加上 HYONIC 皂共混物 65/35) (n = 12)	試驗板 4 (配方 B 加 上 HYONIC 皂共混物 70/30) (n = 34) *
板重量 (lb/MSF)	1106	1013
拔釘阻力 ^a (lb)	85.5	80.3
內芯硬度 ^b (lb)	>15	12.4
撓曲強度，平均值 ^c (MD) (lb)	55.6	60.3 ¹
撓曲強度，平均值 ^d (XMD) (lb)	140.1	142.3 ¹

*除所標記的之外。

¹ n = 4

MD：機器方向

XMD：橫跨機器方向

^a ASTM 標準：77 lb

^b ASTM 標準：11 lb

^c ASTM 標準：36 lb

^d ASTM 標準：107 lb

如表 6 所示，藉由拔釘阻力和內芯硬度而測量的強度特性高於 ASTM 標準。測得的撓曲強度也高於 ASTM 標準。此外，在本發明的一實施方式的這個實例中，該新配方（例

如像試驗板 3 和 4) 可以提供在可用的、可流動的漿料中配製的增加的三偏磷酸鹽和澱粉，同時保持適當的強度。

實例 7

進行了根據 ASTM Pub. WK25392 中討論的程式的高溫隔熱試驗，以檢驗根據本發明製成備的 5/8 英寸厚石膏面板的隔熱特徵。

本試驗中反映出的傳熱條件可以由該板厚度上的一維非穩態熱傳導的能量方程來描述：

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

其中 T 係給定的時刻 t 和板中深度 x 處的溫度。熱傳導率 (k)、密度 (ρ)、以及比熱 (c_p) 在升高的溫度下是非線性的、依賴溫度的函數。熱產生速率 q 代表多個吸熱和放熱反應，例如石膏相變以及面層紙燃燒，這發生在不同的溫度下並且因此發生在不同的時刻。

為了評估穿過石膏面板的總的熱傳導以及因此評估其隔熱性能的目的，典型地不必分開地測量和描述每個變數。評估它們對熱傳遞的淨累積效應就足夠。

為此目的，進行了一高溫隔熱試驗，其中將由兩個 4 英寸 (100 mm) 直徑的圓盤組成的多個試件用 G 型喇叭頭螺釘夾到一起。

試件係由使用一包含以下項的內芯製成的石膏面板製成備的：

灰泥	1170 lb/msf
預膠凝的玉米澱粉	28 lb/msf (按灰泥重量計為 2.3%)
三偏磷酸鈉 (10%的水溶液)	13.15 kg/msf (按灰泥重量計為 2.5%)
萘磺酸鹽分散劑 (45%的固體)	2.27 kg/msf (按灰泥重量計為 0.4%)
玻璃纖維	0.91 kg/msf (按灰泥重量計為 0.2%)
覆蓋紙	正面 51 lb/msf (重的馬尼拉紙); 背面 39 lb/msf (新聞紙)

將一熱電偶置於該等圓盤之間的試件中心處。然後將該試件安裝在一架子中的邊緣上，該架子被設計用於在其表面上確保均勻的加熱並且被放在一預熱至約 930°F (500°C) 的加熱爐中。

記錄試件中心處的溫度升高，並且測量了使該試件從約 105°F (40°C) 加熱至約 390°F (200°C) 所要求的以時間 (分鐘) 計算的隔熱指數 TI。如下計算該試件的隔熱指數：

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

由這個程式所收集的數據得到的溫度特徵曲線通常示出了在約 212°F (100°C) 下從石膏到半水合物的過渡以及在約 285°F (140°C) 附近半水合物至第一無水石膏相的轉變。此類數據通常還顯示，一旦完成該等相轉變，則溫度以線性方式迅速升高，因為在低於約 930°F (500°C) 的烘箱溫度下典型地不進一步發生的重要的化學或相變反應。藉由等到試件的內芯溫度達到約 105°F (40°C) 開始計時，可以實現可接受的可重複性和可再現性。

以上隔熱試驗係在從根據本發明製成備的、具有 1545 lb/msf 面板重量的 5/8 英寸厚石膏面板上切下的多個圓盤上進行。該等樣品具有的平均隔熱指數係 18.6 分鐘。相比之下，可商購的約 1500 lb/msf 的標稱 1/2 英寸厚的商用內部天花板的平均隔熱指數值係 17.0 分鐘。出人意料的是，相對於具有近似相同重量但具有更大內芯密度（約 35 pcf）的面板，本發明的面板（具有的內芯密度係約 30 pcf）具有更大的隔熱指數。

實例 8

將本發明的面板樣品根據 UL U419 的程式進行防火試驗，使用了根據本發明的、具有約 1546 lb/msf 的面板重量的、標稱 5/8 英寸厚石膏面板，該等石膏面板包括：

灰泥	1170 lb/msf
預膠凝澱粉	28 lb/msf (基於灰泥是按重量計 2.3%)
三偏磷酸鈉（乾基）	基於灰泥是按重量計 0.12%
萘磺酸鹽分散劑（乾基）	基於灰泥是按重量計 0.14%
1/2 英寸短切的 e 玻璃纖維	基於灰泥是按重量計 0.17%
紙	正面 51 lb/msf（重的馬尼拉紙）；背面 39 lb/msf（新聞紙）

該等 4 英尺 x 10 英尺的石膏面板的物理參數如下：

平均面板厚度	0.606 英寸(標稱地是 5/8 英寸)
平均面板重量 (4 英尺 x10 英尺)	61.62 lb/1545 lb/msf
平均板密度	30.64 pcf

在 U419 試驗中，在一 10 英尺乘 10 英尺牆壁上構造了多個牆壁組件。所使用的牆筋係可商購的輕型鋼質牆筋，該等鋼質牆筋係由具有從約 0.015 英寸至約 0.032 英寸的厚度、並且具有約 3 5/8 英寸或 3 1/2 英寸寬乘約 1¼英寸厚的尺寸的鋼形成的。將該等輕型鋼質牆筋根據 U419 規範在該元件中以約 24 英寸間隔開。

U419 試驗程式被認為是最嚴格的 UL 試驗類型之一，因為輕型鋼質牆筋通常由於熱量穿過面板傳遞並進入暴露的與未暴露的面板之間的元件空腔內而經受熱變形（典型地驅使暴露的面板朝向噴氣火焰）。這種變形通常在元件的加熱的、暴露的一側上造成面板接合部的分離或其他失效，從而允許噴氣火焰和/或高熱迅速進入組件空腔內並且進入該組件的未暴露、未加熱的一側中。預計該等鋼質牆筋的規格越輕，牆筋和組件熱變形的可能性就越大。

將該等石膏面板水平地（即垂直於豎直牆筋）附接到該組件的每一側上。典型地，在框架的每側上使用兩個 10 英尺乘 4 英尺的面板以及一 10 英尺乘 2 英尺的面板。在元件的每一側上用多個一英寸的 S 型高/低螺釘（離開中心八英寸）將該等面板附接到框架上。將該等面板定位，使得

在框架每側上該等面板之間的接縫係互相對齊的。然後將該等接縫用紙質接合帶和接合化合物進行密封。在按照 U419 的程式進行的試驗中，用來形成輕型鋼質牆筋的鋼係 0.015 英寸或 0.018 英寸厚的並且該組件沒有經受外部荷載。

在每個試驗中，將完成的面板和框架元件定位，使得元件的一側（暴露的側面）經受一噴氣爐火焰陣列，該等火焰將元件的暴露側面以 ASTM 標準 ASTM 119 規定的溫度和速率進行加熱。按照該等 U419 程式，將一組大約 14 個感測器以間隔開的關係排列在該元件的加被熱的暴露側與每個氣體噴射流之間，以便監測用來加熱該元件的暴露側的溫度。同樣按照那些程式，將一組感測器以間隔開的關係排列在該組件的相反的、未加熱的、未暴露的側面上。典型地，將 12 個感測器以根據 UL 程式的一圖案施加到該元件的未暴露的表面上。根據該等程式，每個感測器還被一絕緣墊覆蓋。

在該等防火試驗程式中，使用的加熱爐溫度遵循以下 ASTM-119 加熱曲線：從環境溫度開始並在該元件的暴露側面上在近似一小時內增大至高於 1600°F，最快的溫度變化在試驗初期並且接近該試驗的末尾時發生。當在該組件的暴露側面上存在災難性結構失效、來自該元件的未暴露側面上的感測器的溫度平均值超過一預選溫度（高於環境溫度 250°F）、或者當該元件的未暴露側面上的單一感測器超過一第二預選溫度（高於環境溫度 325°F）時，終止試驗。

該 U419 試驗中產生的數據在圖 1 和 2 中繪製成曲線。圖 1 係在試驗結束時由達到最大溫度的單一感測器所報告的溫度的一曲線圖以及從試驗開始到試驗結束時該等感測器溫度的平均值的一曲線圖。圖 1 還示出了對於該元件的暴露的、被加熱的側面上的加熱爐溫度所使用的 ASTM 119 溫度曲線的一曲線圖。圖 2 係圖 1 中示出的最大單一感測器溫度以及平均傳感溫度數據的放大的曲線圖。

如圖 1 和 2 中指出的，在該元件的未暴露表面上的最大單一感測器溫度以及平均感測器溫度二者在試驗過程中相對於加熱爐溫度逐漸增大，其中在接近試驗結束時單一感測器溫度更迅速地增大。例如，在經過約 20 分鐘的時刻，在該元件的未暴露表面上的最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 180°F 和約 175°F 。在約 25 分鐘時，該最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 195°F 和約 190°F 。在約 30 分鐘時，該最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 230°F 和約 210°F 。最大單一感測器的溫度不超過 300°F ，直至在經過約 30 分鐘的時間之後，其中在約 35 分鐘時溫度係小於約 410°F 。該平均感測器溫度不超過 300°F 直至該試驗在多於 35 分鐘時結束，其中在約 35 分鐘時溫度係小於約 290°F 。

本發明的面板還滿足了以下指標，例如用來確立 UL 防火級的指標，這藉由在圖 1 和 2 中示出的數據得到確認。本發明的面板滿足了符合“30 分鐘”防火級的指標。除其他的要求之外，此類指標要求在該元件的未暴露表面上的平

均感測器溫度係不大於試驗開始時的環境溫度加上 250°F 並且最大單一感測器溫度係不大於試驗開始時環境溫度加上 325°F（典型地，對於此類試驗，環境溫度係約 90°F 或更小）。以下指出了在該等指標下 U419 試驗的溫度。

	平均	單獨
未暴露的表面 限制性溫度指標 環境溫度 69°F	319°F	394°F
未暴露的表面 達到的溫度極限	不超過 在 304°F	下 T/C # 1 在 34 分鐘 30 秒時

因此，這個試驗表明，本發明的該等面板具有在非常難的 U419 試驗方案下將熱量穿過牆壁或天花板結構的傳輸實質上延緩超過 30 分鐘的能力。因此，儘管該面板相對於面板厚度具有低的內芯密度以及低的面板重量，但本發明的面板可以在控制火勢在建築物內蔓延方面起重要作用。

實例 9

還對本發明的面板按照 UL 試驗方案 U305 的程式進行防火試驗，使用了根據以上實例 8 中描述的內芯配方以及紙蓋板製造的、並且具有約 1580 lb/msf 的面板重量的標稱 5/8 英寸厚石膏面板。

這個試驗中所使用的本發明的石膏面板的物理參數如下：

平均面板厚度	0.620 英寸（標稱地 5/8 英寸）
平均面板重量	63.10 lb/1580 lb/msf
平均密度	30.57 pcf

在本實例中，U305 試驗方案的試驗程式要求由標稱的 5/8 英寸厚石膏面板以及木質牆筋框架製成的承重組件。根據 U305 試驗程式，將本發明的面板施加到一框架上，例如在以上實例 8 中所討論的、使用 #2 花旗松木材 (Douglas fir) 的 2 x 4 牆筋（約 3.5 英寸寬乘 1.5 英寸厚）製造的，該等牆筋以 16 英寸間隔開、並且安裝在花旗松木材 2 x 4 的基板與頂板之間。水平地施加該等面板，其中接合部在該系統的相反側上用 6d 的釘子對齊，並且接合部用膠帶連結並且用接合化合物密封。將一約 17,800 磅的總荷載施加到該組件的頂部。

在 U305 試驗過程中產生的數據在圖 3 和 4 中繪製成曲線。圖 3 包括由在試驗結束時達到最大溫度的單一感測器所報告的溫度的一曲線圖以及從試驗開始到試驗結束時感測器溫度的平均值的一曲線圖。圖 3 還示出了對於該元件加熱過的、暴露側面上的爐溫度所使用的 ASTM E 119 溫度曲線的一曲線圖。圖 4 係圖 4 中示出的最大單一感測器溫度以及平均傳感溫度數據的放大的曲線圖。該試驗由於

在約 46 分鐘時組件的荷載失敗效而終止。

如在圖 3 和 4 中指出的，在該試驗過程中該元件的未暴露表面上的最大單一感測器溫度以及平均感測器溫度二者相對於在該元件的被加熱側上的加熱爐溫度逐漸地增大。例如，在經過約 20 分鐘的時間時，該最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 175°F 和約 165°F 。在約 25 分鐘時，該最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 190°F 和約 180°F 。在約 30 分鐘時，該最大感測器溫度以及平均感測器溫度分別小於約 205°F 和約 190°F 。最大單一感測器溫度不超過 300°F ，直至在經過約 45 分鐘的時間之後，其中在約 35 分鐘時溫度是小於 225°F ；在約 40 分鐘時是小於約 245°F ；並且在約 45 分鐘時是小於約 275°F 。平均感測器溫度不超過 300°F 直到試驗結束，其中在約 35 分鐘時溫度係小於 205°F ；在約 40 分鐘時是小於約 230°F ；並且在約 45 分鐘時是小於約 250°F 。

本發明的面板還滿足了以下指標，例如確立了“30 分鐘”防火級的指標，這藉由圖 3 和 4 中示出的數據得到確認。如在實例 8 中所討論的，此類指標要求在該元件的未暴露表面上的平均感測器溫度係不大於試驗開始時的環境溫度加上 250°F 並且最大單一感測器溫度在試驗開始時是不大於環境溫度加 325°F （典型地，對於此類試驗，環境溫度係約 90°F 或更小）。以下指出了在該等指標下的 U305 試驗的溫度，其中“不超過”的結果表示在試驗由於荷載失敗而結束之前沒有達到對元件的未暴露側上的最大溫度

極限。

	平均	單獨
未暴露的表面 限制性溫度指標 環境溫度 61°F	311°F	386°F
未暴露的表面 達到的溫度極限	不超過 在 259°F	不超過 在 303°F

這個試驗進一步表明，本發明的面板具有提供實質性的耐火性以及防火的能力，儘管該等面板相對於面板厚度具有低的內芯密度以及低的面板重量。如在以上 U305 試驗中指出的，甚至在處於實質性的荷載下時，使用本發明的面板製造的元件將熱量穿過牆壁或天花板結構的傳輸實質上延緩了超過 30 分鐘並且在 U305 的條件下至少高達 45 分鐘。

實例 10

在本實例中，使實例 8 的面板經受一拔釘阻力試驗以便確定在這個常用指標下面板的強度特性。該拔釘阻力試驗係對一石膏面板的內芯、其蓋板、以及蓋板與石膏之間的結合性的組合的一種衡量。這個試驗測量了將釘子以一頭部穿過面板拔出直至出現面板的大部分開裂所要求的最大力。在本實例的試驗中，該等拔釘阻力試驗係根據 ASTM C 473-09 進行的。

簡言之，在試驗之前在約 70°F 和約 50%的相對濕度下將所測的試件調節 24 小時。使用一 7/64 英寸鑽頭尖來穿過試件的厚度鑽出導孔。然後將該等試件放在一在中心具有 3 英寸直徑孔的試件支撐板上，該孔與試驗用釘子的行進方向垂直。將該導孔與釘腳尖部（nail shank tip）對齊。以 1 英寸/分鐘的應變率施加荷載直到達到最大荷載。在超過峰值荷載之後在約 90%的峰值荷載下，終止試驗並將峰值荷載記錄為拔釘阻力。

拔釘阻力的結果歸納在以下表 7 中。

表 7

拔釘強度			
樣品	平均峰值荷載 (lb-f)	計算的面板重 量 (lb/msf)	板密度 (lb/ft 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
平均值	87.4	1596	30.7

本發明的低重量、低密度的面板的該等實驗的平均拔釘阻力值平均為 87.4 lb-f。這表明，儘管本發明的面板的密度低，但本發明的面板可以實現與遠遠更重且更緻密的

防火級石膏面板相當的拔釘阻力值。

實例 11

製造了實驗室樣品來評估在石膏漿料配方中加入矽氧烷、以及矽氧烷與預膠凝澱粉一起的影響、以及使用此種漿料製造的本發明的面板。本實驗中使用的配方在以下表 8 中列出。

表 8

本發明的具有矽氧烷和矽氧烷與預膠凝澱粉一起的配方的試驗結果（10#/msf）																					
灰泥	HRA	水	預膠凝的玉 米澱粉	矽氧烷 的(%)	STMP	分散劑	皂	W/S 比	板乾燥		矽氧烷	MgO	飛灰	板重量	立方體密度	吸水率	立方體強度	直徑 (%)	最高收縮	隔熱指數	
(g)	(g)	(cc)	(g)	(占灰泥 的%)	(g)	(濕的， g)	(滴)		(分鐘)	(小時)	(g)	(g)	(g)	(lb/msf)	(lb/cf)	(%)	(psi)			最小值 (平均 值)	
1000	15	1600	0	0	1.5	4	5	1.6	30	48	0	0	0	1525	n/a	n/a	n/a	5.62	21.8		
1000	15	1600	0	1.0	1.5	4	5	1.6	30	48	10	4	10	1526	28.87	22	378	3.02	21.0		
1000	15	1600	20	0.0	1.5	4	5	1.6	30	48	0	0	0	1921	n/a	n/a	n/a	7.29	21.6		
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	21.9		
1000	15	1600	40	0.0	1.5	4	5	1.6	30	48	0	0	0	2014	n/a	n/a	n/a	8.11	25.3		
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	23.1		

使用了一台以約 7500 RPM 運行 2.5 分鐘的高剪切混合器來製造矽氧烷乳液。將該矽氧烷乳液與灰泥和添加劑混合來製造一漿料，浸泡 10 秒加上韋林氏搗切器（Waring blender）在高速下混合 10 秒。為了評估由以上的內芯漿料配方提供的耐水性，使該漿料澆注多個 2 英寸 x 2 英寸 x 2 英寸的立方體並且在約 116°F 下乾燥過夜，以供吸水率試驗。該等內芯漿料配方還被用於藉由在紙蓋板之間進行實驗室澆注而形成約一英尺乘一英尺的面板（具有標稱的 5/8 英寸的厚度），用於在本實例中討論的高溫收縮以及隔熱試驗。

使用該等澆注的立方體，藉由將乾的立方體置於 70°F 的水中 2 小時並且測定重量增加的百分比來進行吸水率試驗方法 ASTM C1396。這個試驗展示了對於僅加入了矽氧烷的配方，吸水率水平係約 22%；對於 1%矽氧烷/2%預膠凝澱粉（20 克）以及 1%矽氧烷/4%預膠凝澱粉（40 克），吸水率水平顯著提高，分別為約 3.4%以及約 2.1%。

該高溫收縮試驗係根據在 ASTM Pub. WK25392 中進行的並且報告的程式進行以提供對於本發明的石膏面板在高溫條件下的收縮特徵的一定量的衡量。該隔熱試驗係使用在以上實例 7 中討論的程式進行的。對於該高溫收縮試驗以及隔熱試驗，使用一具有孔鋸片的鑽床從兩個以上提及的石膏面板樣品上切下十個 4 英寸（100 mm）直徑的圓盤。將六個圓盤用於高溫收縮試驗並且四個圓盤用於隔熱試驗。

該高溫收縮試驗程式反應了以下事實：石膏面板在火災條件下可能經歷的高溫收縮受到除煨燒反應之外可能在處於高溫條件下的面板石膏內芯中出現的多個因素的影響。因此該試驗計畫使用了一不通風的加熱爐，使得不存在可能冷卻該等試件的、來自該加熱爐外部的空氣流。該加熱爐溫度係約 1560°F (850°C) 以考慮到當暴露於高溫火災條件下時可能在石膏內芯結構的無水石膏相中出現的收縮、連同煨燒和其他高溫效應。

為了防止對試件的熱衝擊（這可能由於脹裂和破裂而產生無效的試驗結果），對該試驗計畫進行修改而在將加熱爐加熱至約 1560°F (850°C) 之前將試樣放入其中。在關閉加熱爐之前將該等試件在這個溫度下保持最少約 20 分鐘。在加熱爐冷卻過程中加熱爐的門保持是關閉的。直到溫度降低至接近室溫之後才將試件取出測量。

由於石膏面板係各向異性的，所以收縮的量值在長度與寬度方向上略有不同。因此，進行兩個正交的測量並進行平均以計算該圓盤的平均直徑。在該等試驗中，採用互相成 90 度的兩個測量，因為已經發現這種途徑提供了從試件到試件一致的平均直徑測量結果。典型地，如果一圓盤的這兩種測量結果相差大於 0.01 英寸 (0.25 mm)，則拒絕該圓盤，並將該等測量結果從所報告的結果中排除。收縮率係作為熱暴露之後平均直徑的百分比變化而計算的、並且表示為“S”，對於這組的六個試件而言典型地最接近 0.1%。

如從表 7 中可見，除了提供改進的耐水性之外，加入矽氧烷而不加入預膠凝澱粉出人意料地改進了面板樣品的收縮特性，從而將收縮從幾乎 6%減小到了約 3%。相對於沒有加入預膠凝澱粉的樣品以及僅加入矽氧烷的樣品，加入預膠凝澱粉增大了樣品的收縮率。這個收縮率隨著加入的預膠凝澱粉的量值的增大而增大。然而，添加的矽氧烷與添加的預膠凝澱粉的組合出人意料地顯著改進了試驗樣品的高溫收縮率。例如，矽氧烷的添加使具有 20 克預膠凝澱粉的樣品的收縮從高於 7%減小到低於 3.5%。類似地，將矽氧烷添加到具有 40 克預膠凝澱粉的樣品中使高溫收縮從高於 8%減小到高於 3%。因此，將矽氧烷添加到本發明的石膏面板中對高溫收縮率提供了額外的耐受性，這會進一步並且出人意料地改進本發明的面板的耐火特性。

除非在此另有說明或者與上下文明確地相矛盾，否則在描述本發明的上下文中（尤其是在以下申請專利範圍的上下文中）使用術語“一種/一個/一”（a/an）和“該”以及類似指代物應被解釋為既覆蓋單數也覆蓋複數。除非在此另外說明，否則在此提及的數值範圍僅旨在作為逐個指出落入該範圍內的每個單獨值的一簡化方法，並且每個單獨的值均被結合到本說明書中，猶如每個單獨值在此被單獨列出。在此描述的所有方法都能以任何適當的順序進行，除非在此另有說明或者另外明確地與上下文相矛盾。在此提供的任何的和所有的實例、或示例性語言（例如，“如”）的使用，僅旨在更好地闡明本發明，並且除非另

有聲明，不對本發明的範圍加以限制。本說明書中的語言不應被解釋為表示任何未提出申請專利範圍的元素對於本發明的實施是必不可少的。

在此描述了本發明的優選的方面以及實施方式，包括諸位發明人已知的用於進行本發明的最佳方式。應理解的是，所展示的該等實施方式僅是示例性的、並且不應視為對本發明範圍的限制。

【圖式簡單說明】

除非另外明確指出，否則以下列出並進一步討論的圖僅例示了在此揭露的發明而非進行限制。

圖 1 係利用了本發明的面板、經受了在 U419 條件下的火災試驗的一測試元件的未暴露、未加熱過的表面上的最大單一感測器溫度的曲線圖以及平均感測器溫度的曲線圖（如在此處的實例 8 中報告的），連同對於在該測試元件的暴露的、加熱過的側面上的爐溫度所使用的 ASTM 119 溫度曲線的一圖。

圖 2 係圖 1 中示出的最大單一感測器溫度以及平均傳感溫度數據的放大的曲線圖。

圖 3 係利用了本發明的面板、經受了在 U305 條件下的火災試驗的一測試元件的未暴露、未加熱過的表面上的最大單一感測器溫度曲線圖以及平均感測器溫度曲線圖（如在此處的實例 9 中報告的），連同對於在該測試元件的暴露的、加熱過的側面上的爐溫度所使用的 ASTM 119 溫度

曲線的曲線圖。

圖 4 係圖 3 中示出的最大單一感測器溫度以及平均傳感溫度數據的放大的曲線圖。

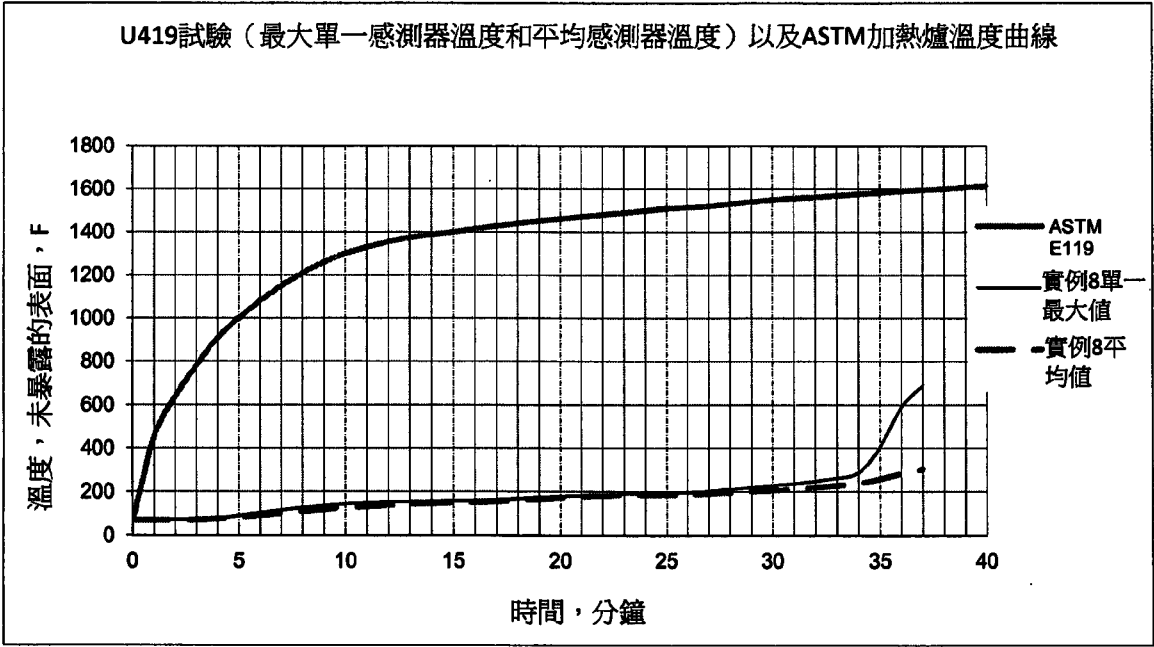


圖 1

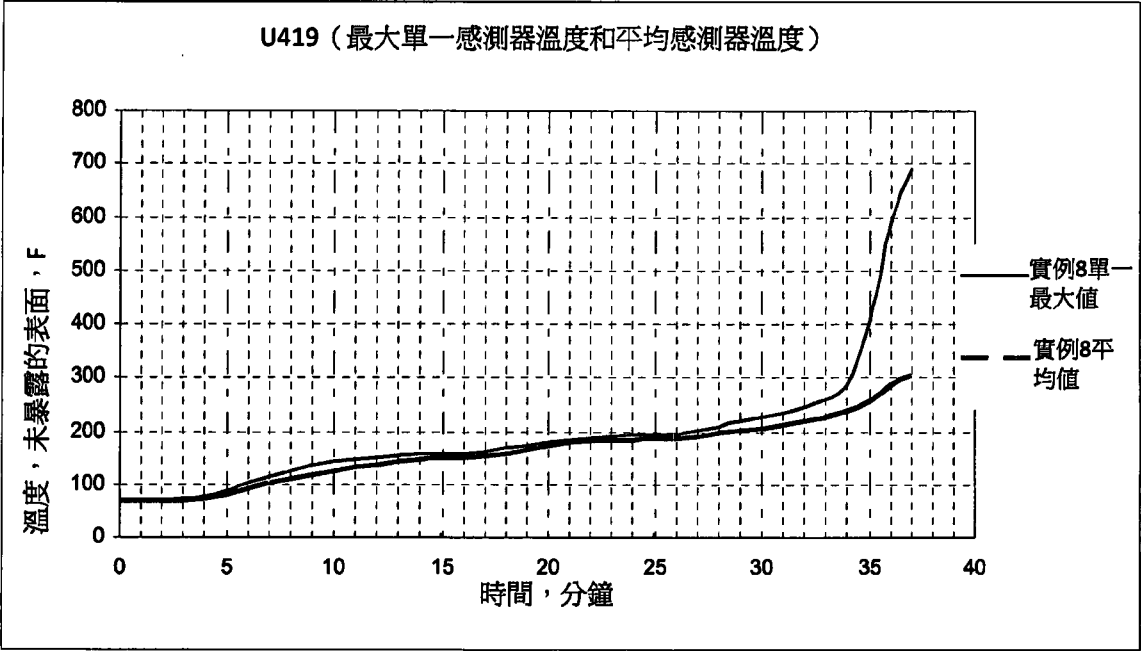


圖 2

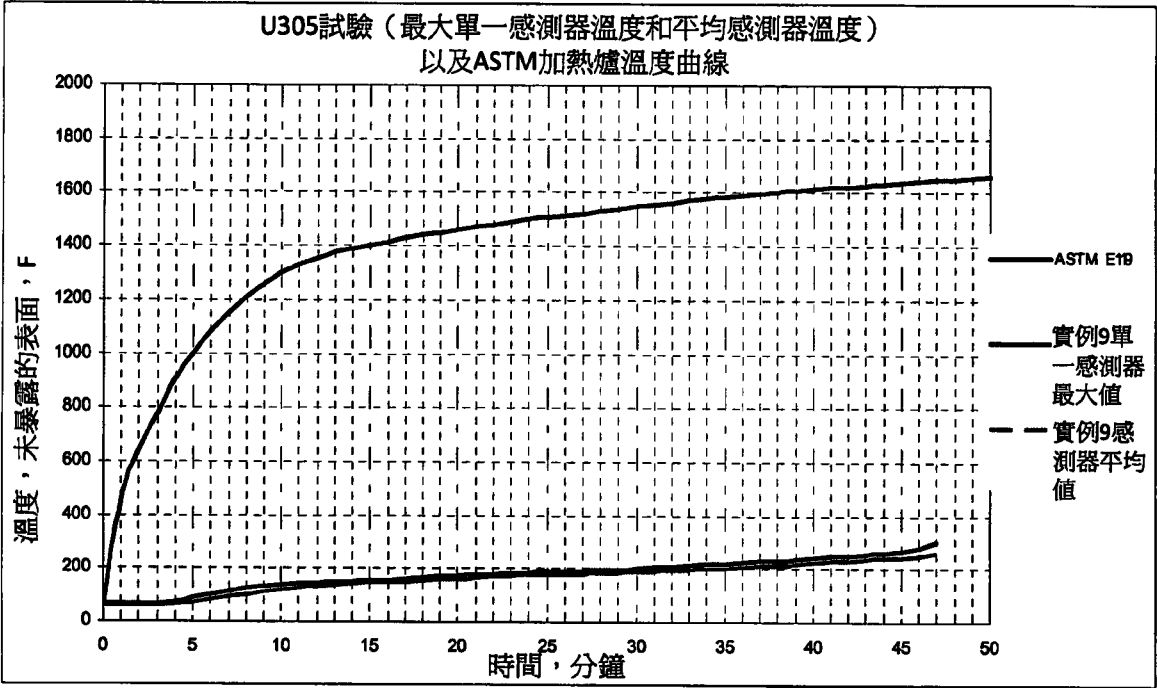


圖 3

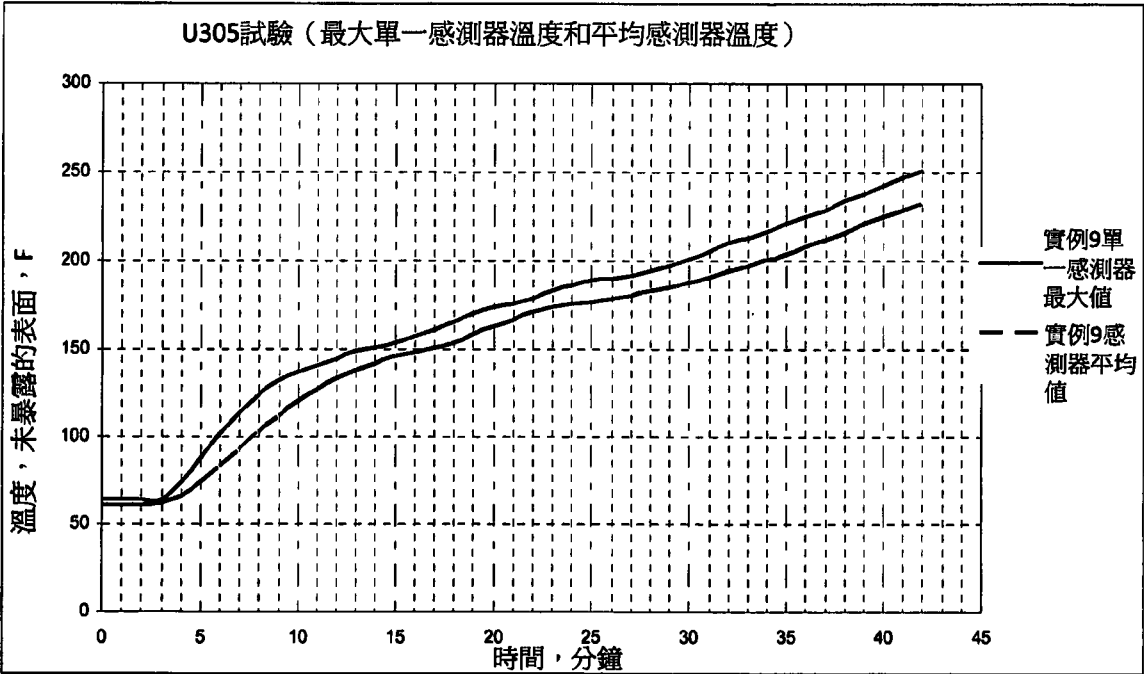


圖 4

其他的方面，當用在牆壁或其他元件中時，此類元件具有與使用更重、更緻密的商用防火級面板製成的元件相當的試驗性能。

在一優選的方面，本發明的配方以及方法提供了具有約 27 至約 37 pcf 的面板密度（內芯加蓋板）的 5/8 英寸厚石膏面板。在其他優選的方面，該等面板密度係從約 29 pcf 至約 34 pcf 或從約 30 至約 32 pcf。本發明的面板提供了與遠遠更重且更緻密的石膏面板相當的耐火特性。

在本發明的另一方面，提供了用於製造耐火石膏面板的一方法，係藉由製成備一具有以下討論的組分的含燒石膏的水性漿料，其中該燒石膏（也稱為灰泥）以及水被用來產生一處於優選的水/灰泥重量比的水性漿料，該比率在另一方面係約 0.6 至約 1.2、在另一方面係約 0.8 至約 1.0、並且在又一方面係約 0.9。將該漿料作為連續帶狀物沉積在紙、非織造的玻璃纖維、或其他纖維材料或纖維材料的組合的一連續蓋板薄片上。然後將第二個這樣的連續蓋板放在所沉積的漿料帶狀物之上以形成具有所希望的厚度和寬度的連續石膏面板。在該含燒石膏的漿料已經硬化到（藉由燒石膏的水合作用而形成凝固石膏的連續基質）足以進行切割時，將這個連續的石膏面板切割成所希望的長度，並且將所得的石膏面板進行乾燥。此外可以使乾燥過的面板經受進一步的切割、成型和剪裁步驟。

在本發明的其他方面，可以在該第一蓋板處或圍繞它和/或沿著該蓋板的外周邊緣形成一更高密度的石膏層。該

更高密度的層典型地對面板表面提供了有益特性，如增大的硬度、改進的拔釘強度等等。沿著蓋板的外周邊緣的更高密度典型地提供了改進的邊緣硬度以及其他有益特性。在其他方面，將一更高密度的層施加在任一蓋板上、或者施加在該內芯/蓋板構造的等效部分上。

典型地，該等更高密度的層可以使用常規技術來施加，例如在將內芯層沉積在第一蓋板上或者將第二蓋板施加在內芯漿料層上之前或極為鄰近時，將多個塗層施加到該等蓋板層之一或二者上。類似地，該外周的更高密度的層通常作為石膏漿料的條帶或窄的帶狀物（具有與內芯漿料不同的密度）在將內芯漿料沉積在第一蓋板上之前或極其鄰近時被施加到第一蓋板的外周邊緣上。在一些這樣方面，該等更高密度的層占板重的約 3% 至約 4%。

在一方面，本發明提供了一低重量且低密度的耐火的 5/8 英寸厚石膏面板，該石膏面板適合於用作牆板、天花板或用於其他建築應用中（例如外部覆蓋物、屋頂材料，等等）。該等蓋板還可以塗覆有耐水或耐濫用的塗層，或者在一些應用中是石膏、水泥膠結材料、丙烯酸類材料或其他適合於特定建築需要的塗層。該等面板還可以被形成為適合於標準的、非標準的、或常規的應用的多種尺寸。此類面板的實例係具有標稱的八、十以及十二英尺的長度的標稱四英尺寬面板，代表了被用於建築構造目的的那些。

相對於具有相似尺寸的常規面板，該等低重量的耐火面板的內芯密度和總密度顯著貢獻了面板的總重。因此，

I640674

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：**101106421**

※申請日：**101/02/24**

※IPC 分類：**E04B 1/94** (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

包含由包含水、灰泥、以及澱粉的漿料所形成的凝固的石膏內芯之石膏面板

GYPSUM PANEL COMPRISING A SET GYPSUM CORE FORMED
FROM A SLURRY COMPRISING WATER, STUCCO, AND STARCH

二、中文發明摘要：

在此揭露了具有耐火能力的 5/8 英寸至 3/4 英寸厚的低重量低密度石膏面板，其耐火能力足以提供至少 17.0 分鐘的隔熱指數，該石膏面板在經受 U419 試驗程式時在至少 30 分鐘內不失效並且在選定的實施方式中還具有優異的耐水特性。

三、英文發明摘要：

An about 5/8 inch to 3/4 inch thick low weight, low density gypsum panel with fire resistance capabilities sufficient to provide a Thermal Insulation Index of at least 17.0 minutes which when subjected to U419 test procedures will not fail for at least 30 minutes and, in selected embodiments, also has outstanding water resistance properties.

七、申請專利範圍：

1. 一種石膏面板，包括：

被置於兩個蓋板之間的一凝固的石膏內芯，該凝固的石膏內芯係由一漿料形成，該漿料至少包括水、灰泥、以及預膠凝澱粉；該預膠凝澱粉之量值係基於灰泥的重量，按重量計約 0.5%至約 10%；

該灰泥之量值係至少約 704 lb/MSF，且該灰泥與水之量值至少為能夠有效形成實質上為石膏二水合物的晶體基質的量值；該面板具有在從約 27 至 32 lb/ft³(約 430 至約 512 kg/m³)的範圍內的一密度，根據 ASTM 標準 C473-09 之平均內芯硬度係至少約 11 lb(約 5 kg)，以及在約 0.625 英寸(約 1.6 cm)的一面板厚度下具有至少約 17 分鐘的隔熱指數。

2. 一種石膏面板，包括：

被置於兩個蓋板之間的一凝固的石膏內芯，該凝固的石膏內芯係由一漿料形成，該漿料至少包括水、灰泥、以及預膠凝澱粉；該預膠凝澱粉之量值係基於灰泥的重量，按重量計約 0.5%至約 10%；

該灰泥之量值係至少約 704 lb/MSF，且該灰泥與水之量值至少為能夠有效形成實質上為石膏二水合物的晶體基質的量值；該面板具有在從約 27 至 32 lb/ft³(約 430 至約 512 kg/m³)的範圍內的密度，且根據 ASTM 標準 C473-09 之平均內芯硬度係至少約 11 lb(約 5 kg)；並且

該面板在約 0.625 英寸(約 1.6 cm)的一面板厚度下，對於抑制

熱量傳輸穿過根據 UL U419 程式所製造的所述面板的一元件而言是有效的，其中一表面被暴露於一熱源中並且一相反的未加熱的表面包括多個施加在其上的感測器，使得根據 UL U419 程式測量時，在該未加熱的表面的最大單一感測器溫度在經過約 30 分鐘的時間時是小於約 415°F(約 213°C)，該熱源遵循了根據 ASTM 標準 E119-09a 的一條時間-溫度曲線，並且該等感測器係根據 UL U419 程式進行排列。

3. 如申請專利範圍第 2 項所述之石膏面板，其中該面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得根據 UL U419 程式測量時，在該未加熱的表面的平均感測器溫度在經過約 30 分鐘的時間係小於約 340°F(約 171°C)。

4. 一種石膏面板，包括：

被置於兩個蓋板之間的一凝固的石膏內芯，該凝固的石膏內芯係由一漿料形成，該漿料至少包括水、灰泥、以及預膠凝澱粉；該預膠凝澱粉之量值係基於灰泥的重量，按重量計約 0.5%至約 10%；

該灰泥之量值係至少約 704 lb/MSF，且該灰泥與水之量值至少為能夠有效形成實質上為石膏二水合物的晶體基質的量值；該面板具有在從約 27 至 32 lb/ft³(約 430 至約 512 kg/m³)的範圍內的密度，且根據 ASTM 標準 C473-09 之平均內芯硬度係至少約 11 lb(約 5 kg)；並且

該面板在約 0.625 英寸(約 1.6 cm)的一面板厚度下，對於抑制熱量傳輸穿過根據 UL U305 程式所製造的所述面板的一元件

而言是有效的，其中一表面被暴露於一熱源中並且一相反的未加熱的表面包括多個施加在其上的感測器，使得根據 UL U305 程式測量時，在該未加熱的表面的最大單一感測器溫度在經過約 30 分鐘的時間時是小於約 415°F(約 213°C)，該熱源遵循了根據 ASTM 標準 E119-09a 的一條時間-溫度曲線，並且該等感測器係根據 UL U305 程式進行排列。

5. 如申請專利範圍第 4 項所述之石膏面板，其中該面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得根據 UL U305 程式測量時，在該未加熱的表面的最大單一感測器溫度在經過約 45 分鐘的時間係小於約 415°F(約 213°C)。
6. 如申請專利範圍第 4 項所述之石膏面板，其中該面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得根據 UL U305 程式測量時，在該未加熱的表面的最大單一感測器溫度在經過約 45 分鐘的時間係小於約 270°F(約 132°C)。
7. 如申請專利範圍第 4 項所述之石膏面板，其中該面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得根據 UL U305 程式測量時，在該未加熱的表面的平均感測器溫度在經過約 30 分鐘的時間係小於約 340°F(約 171°C)。
8. 如申請專利範圍第 7 項所述之石膏面板，其中該面板對於抑制熱量穿過該元件的傳輸是有效的，使得根據 UL U305 程式測量時，在該未加熱的表面的平均感測器溫度在經過約 45 分鐘的時間係小於約 245°F(約 118°C)。
9. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該面板具有至

少約 20 分鐘的隔熱指數。

10. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該面板展現了約 10%或更小的高溫收縮率。
11. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該面板具有至少約 5 重量%或更小的吸水率，該吸水率係根據 ASTM 標準 C473-09 確定的。
12. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該漿料進一步包括一分散劑，其量值係基於該灰泥的重量按重量計從約 0.1%至約 3.0%。
13. 如申請專利範圍第 12 項所述之石膏面板，其中該分散劑係苯磺酸鹽。
14. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該漿料更包括至少礦物、玻璃或碳纖維，或它們的組合，它們的量值為基於該灰泥的重量是按重量計從約 0.1%至約 0.3%。
15. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該漿料更包括一含磷酸鹽的組分，其量值係基於該灰泥的重量按重量計從約 0.1%至約 0.5%。
16. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該漿料進一步包括矽氧烷，其量值對於增加該面板的耐水性是有效的，使得該面板具有至少約 5 重量%或更小的吸水率，該吸水率係根據 ASTM 標準 C473-09 確定的。
17. 如申請專利範圍第 16 項所述之石膏面板，其中該漿料進一步包括矽氧烷，其量值對於增加該面板的高溫耐收縮性是有效

的，使得該面板展現出的高溫收縮率小於由具有不含該矽氧烷的漿料所形成的一凝固石膏內芯的一面板的高溫收縮率。

18. 如申請專利範圍第 17 項所述之石膏面板，其中該面板的高溫收縮率係由具有不含該矽氧烷的漿料所形成的一凝固石膏內芯的一面板的高溫收縮率的大約 50% 或更小。
19. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該凝固的石膏係由一漿料形成，該漿料中水／灰泥之重量比為約 0.6 至約 1.2。
20. 如申請專利範圍第 1 至 19 項中任一項所述之石膏面板，其中該面板具有至少約 85 lb(約 39 kg) 的的拔釘阻力，該拔釘阻力係根據 ASTM 標準 C473-09 確定的。
21. 一種製造石膏面板的方法，該方法包括：
 - (a) 製備一石膏漿料，其至少包括水、灰泥、以及預膠凝澱粉；

該預膠凝澱粉之量值係基於灰泥的重量，按重量計約 0.5% 至約 10%；

該灰泥之量值係至少約 704 lb/MSF，且該灰泥與水至少為能夠有效形成實質上為石膏二水合物的晶體基質的量值；
 - (b) 將該石膏漿料設置在一第一蓋板及一第二蓋板之間以形成一元件，該元件包括一凝固的石膏內芯；
 - (c) 切割該元件成為具有預定尺寸的一面板；
 - (d) 乾燥該面板；使得該面板具有在從約 27 至 32 lb/ft³(約 430 至約 512 kg/m³)

- 的範圍內的一密度，根據 ASTM 標準 C473-09 之平均內芯硬度係至少約 11 lb(約 5 kg)，以及在約 0.625 英寸(約 1.6 cm)的一面板厚度下具有至少約 17 分鐘的隔熱指數。
22. 如申請專利範圍第 21 項所述之方法，更包含(e) 以耐水或耐濫用的塗層塗覆至少一蓋板。
23. 一種包括至少一支撐結構與如申請專利範圍第 20 項所述之石膏面板的元件，其中該石膏面板係使用至少一緊固元件而附於該支撐結構上。
24. 如申請專利範圍第 23 項所述之元件，其形成一牆壁或一天花板系統。
25. 一種製備申請專利範圍第 23 或 24 項所述之元件的方法，包括
- (a)提供至少一支撐結構；以及
 - (b)使用至少一緊固元件將該石膏面板附於該支撐結構上，以形成建築元件。
26. 一種抑止熱量穿過如申請專利範圍第 23 或 24 項所述之元件的方法，包含將該元件的一表面暴露於一熱源中並且維持其相反的表面未暴露於一直接熱源中以提供一未加熱的表面，使得：
- (a) 該未加熱的表面的最大單一感測器溫度係小於
 - (i) 約 415°F(約 213°C)，在經過約 45 分鐘的時間時根據 UL U305 程式進行測量，或
 - (ii) 約 270°F(約 132°C)，在經過約 45 分鐘的時間時根

據 UL U305 程式進行測量；

(b) 該未加熱的表面的平均感測器溫度係小於

(i) 約 340°F(約 171°C)，在經過約 30 分鐘的時間時根據 UL U305 程式進行測量，或

(ii) 約 245°F(約 118°C)，在經過約 45 分鐘的時間時根據 UL U305 程式進行測量；或

(c) (a)和(b)的任何組合。

27. 如申請專利範圍第 1 項所述之石膏面板，其中該石膏面板具有在從約 27 至 30 lb/ft³(約 430 至約 480 kg/m³)的範圍內的一密度。

28. 如申請專利範圍第 2 項所述之石膏面板，其中該石膏面板具有在從約 27 至 30 lb/ft³(約 430 至約 480 kg/m³)的範圍內的一密度。

29. 如申請專利範圍第 4 項所述之石膏面板，其中該石膏面板具有在從約 27 至 30 lb/ft³(約 430 至約 480 kg/m³)的範圍內的一密度。

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

【無】

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

【無】