

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **039703**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.01

(21) Номер заявки
201991155

(22) Дата подачи заявки
2010.12.15

(51) Int. Cl. **B32B 5/18** (2006.01)
B32B 5/32 (2006.01)
F41H 5/18 (2006.01)

(54) КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ

(31) 1012010.3

(32) 2010.07.16

(33) GB

(43) 2020.02.29

(62) 201300049; 2010.12.15

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
АСЕЛЛ ГРУП ЭЛТИДИ. (GB)

(72) Изобретатель:
**Альбертелли Альдино, Фрие Майкл
(GB)**

(74) Представитель:
**Строкова О.В., Глухарёва А.О., Лыгу
Т.Н., Угрюмов В.М., Христофоров
А.А., Гизатуллина Е.М., Гизатуллин
Ш.Ф., Костюшенкова М.Ю., Лебедев
В.В., Пармонова К.В., Николаева
О.А. (RU)**

(56) GB-A-2464541
US-A-3567568
US-A-5060291
GB-A-2451795
US-A-4488619
WO-A1-2007141488
WO-A1-9716697

(57) В изобретении предлагаются композиционные материалы и их использование в качестве стойких к воздействию энергии материалов, например в качестве взрывостойких материалов. В соответствии с предпочтительными аспектами настоящего изобретения предлагаются слоистые композиционные панели, содержащие твердые вспененные материалы, которые выполняют как функцию ослабления взрыва, так и антибаллистическую функцию. В соответствии с дополнительными аспектами настоящего изобретения предлагаются новые композиционные панели, которые подходят для использования в качестве взрывостойких и/или антибаллистических материалов. В некоторых описанных примерах слоистая композиционная панель содержит полимерный материал (10), сцепленный с первой панелью (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами, причем отвержденный полимерный материал проникает в поверхность первой панели (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами.

039703
B1

039703
B1

Настоящее изобретение имеет отношение к использованию композиционных материалов в качестве стойких к воздействию энергии (энергостойких) материалов, например, в качестве взрывостойких материалов. Предпочтительные аспекты настоящего изобретения связаны с созданием слоистых (многослойных) композиционных панелей (комбинированных плит), содержащих твердые вспененные материалы, которые способны снизить воздействия волн энергии от взрыва, например от взрыва бомбы, ниже уровней, которые могут наносить катастрофический вред людям или вызывать катастрофическое повреждение транспортных средств, зданий и других сооружений в непосредственной близости от места взрыва. В соответствии с предпочтительными аспектами, настоящее изобретение имеет отношение к использованию слоистых композиционных панелей для снижения воздействия как волн энергии, так и имеющих высокую скорость обломков, возникающих за счет взрывов. В соответствии с дополнительными предпочтительными аспектами, настоящее изобретение имеет отношение к использованию слоистых композиционных панелей, которые также обеспечивают защиту от снарядов и пуль. Таким образом, композиционные материалы, использованные в соответствии с настоящим изобретением, предпочтительно осуществляют как функцию ослабления взрыва, так и антибаллистическую функцию. В соответствии с дополнительными аспектами, в изобретении предлагаются новые композиционные панели, которые подходят для использования в качестве взрывостойких и/или антибаллистических материалов.

Защита транспортных средств, зданий и других сооружений от воздействия взрывов является важной в различных местах, например в районах военных действий, в регионах, где существует риск атак террористов, или в местах, где существует риск случайного взрыва, например в производственных зонах. Обычные строительные материалы, обломки которых могут наносить телесные повреждения людям в непосредственной близости от места взрыва, обеспечивают очень низкие уровни стойкости к воздействию волн энергии от взрывов. Например, скрепленная раствором кирпичная стена стандартного сооружения имеет очень низкую упругость и легко может быть разрушена бомбами, которые используют военные и террористы. Кроме того, даже тогда, когда скрепленная раствором кирпичная стена и само стандартное сооружение не будут разрушены взрывом, волна энергии может проходить через стену и куски кирпичей и/или раствора и/или штукатурки на противоположной стороне стены могут быть вырваны с высокой скоростью и могут создавать опасность для людей и/или для инфраструктуры позади стены, находящейся внутри сооружения.

По этим причинам, меры защиты от взрывов широко используют в военных и промышленных применениях, чтобы избежать потерь от несчастного случая и снизить повреждение инфраструктуры.

Традиционно, средства защиты от взрывов проектировали так, чтобы отражать волны энергии от мишени. Обычно такие средства содержат стальные, бетонные или железобетонные барьеры, и должны быть очень громоздкими, чтобы обеспечивать адекватную защиту. Например, бетонная конструкция защиты от взрыва должна иметь толщину по меньшей мере 30 см, чтобы обеспечивать адекватную защиту, и часто она имеет еще большую толщину, например, около 1,0 м или больше. Такие конструкции требуют много времени для их установки, и их трудно транспортировать в необходимое место, учитывая их вес и габариты. В частности, такие конструкции совершенно непригодны для быстрого развертывания, например, для перевозки воздушным транспортом, что требуется при проведении многих военных операций. Кроме того, учитывая их габариты и непривлекательный внешний вид, такие конструкции не подходят для установки в центральных частях городов, где важна экономия пространства и архитектурная привлекательность.

Принимая во внимание недостатки, связанные с известными отражающими взрыв конструкциями, существует необходимость создания материалов и конструкций защиты от взрыва, которые способны поглощать энергию волн энергии, связанных со взрывами.

Одним классом материалов, которые были разработаны для решения указанной проблемы, являются материалы, содержащие пористые сцепленные полимером наполнители. В этих материалах, частицы наполнителя, такие как обломки камня, керамики или стекла, соединены в матрицу с использованием клея или полимера, например полиуретана (см. WO 97/16697). Полученная матрица является весьма пористой, так что взрыв может быть поглощен за счет разрыва связей между частицами и за счет уплотнения матрицы, а также за счет дифракции волны энергии через пустоты в матрицы. В одной разработке, сыпучий материал может дробиться под действием импульса волны энергии взрыва, причем полые стеклянные сферы и пемза являются примерами таких материалов (см. WO 2007/141488). За счет пористости матрицы, эти композиционные материалы будут легче, чем стандартный железобетон, и требуют меньшей толщины за счет их свойств поглощения энергии. Однако, дробление наполнителя этих конструкций делает их непригодными для повторного использования, и поэтому неподходящими для использования в тех случаях, когда объект является целью множества атак. Более того, в настоящее время все еще существует необходимость в еще более легких материалах.

В другом известном подходе используют армированные волокнами цементные панели, которые содержат, например, стекловолокна или стальные волокна. Такие материалы имеют более высокую прочность на сжатие и прочность на растяжение, чем не армированные цементные панели, и хорошие антибаллистические и взрывостойкие свойства. Однако вес этих материалов все еще делает их неподходящими для ряда применений.

Настоящее изобретение позволяет дополнительно расширить диапазон материалов, подходящих для использования при обеспечении защиты от волн энергии, таких как волны энергии взрыва, и от летящих в воздухе снарядов и пуль.

В соответствии с первым аспектом настоящего изобретения предлагается использование слоистой композиционной панели в качестве взрывостойкого и/или антибаллистического экрана, причем указанная слоистая композиционная панель содержит: (i) первый поверхностный слой листового полимерного материала; и (ii) сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами (из твердого поропласта с открытыми порами), причем листовый полимерный материал содержит отвержденный (отверждаемый) полимерный материал, который проникает в поверхность панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, образуя связь между первым поверхностным слоем и сердечником.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами предпочтительно содержит полимерный вспененный материал или состоит из него. В качестве примеров твердых полимерных вспененных материалов с открытыми порами, которые могут быть использованы в соответствии с этим аспектом настоящего изобретения, можно привести вспененные материалы с использованием фенольного полимера, вспененные материалы с использованием полистирола, вспененные материалы с использованием полиуретана, вспененные материалы с использованием полиэтилена, вспененные материалы с использованием поливинилхлорида, вспененные материалы с использованием поливинилацетата, вспененные материалы с использованием сложного полиэфира, и пенорезину. Предпочтительно полимерный вспененный материал выбирают из вспененных материалов с использованием фенольного полимера.

Было обнаружено, что прочностные свойства вспененных фенольных полимеров делают их особенно подходящими для использования во взрывостойких и/или антибаллистических экранах. Кроме того, использование листового полимерного материала в сочетании со вспененными фенольными полимерами позволяет получать панели с очень высокой прочностью и высокой стойкостью к расслаиванию и фрагментации под ударом волны энергии взрыва. Таким образом, слоистые композиционные панели обеспечивают исключительную защиту от взрывов и баллистических материалов.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения, предлагается использование слоистой композиционной панели в качестве взрывостойкого и/или антибаллистического экрана, при этом слоистая композиционная панель содержит: (i) первый поверхностный слой листового полимерного материала; и (ii) сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного фенольного полимера с открытыми порами, причем листовый полимерный материал сцеплен с поверхностью сердечника.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первый поверхностный слой листового полимерного материала предпочтительно содержит отвержденный полимерный материал. Предпочтительнее отвержденный полимерный материал проникает в поверхность первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, так чтобы образовать связь между первым поверхностным слоем и сердечником.

В соответствии с другим аспектом настоящего изобретения, предлагается использование слоистой композиционной панели в качестве взрывостойкого и/или антибаллистического экрана, причем указанная слоистая композиционная панель содержит: (i) сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами и вторую панель из твердого вспененного материала, при этом панели из вспененного материала связаны вместе при помощи клея или другого связующего вещества, так чтобы образовать монолитную слоистую конструкцию; и (ii) первый поверхностный слой листового полимерного материала, причем листовый полимерный материал сцеплен с поверхностью сердечника.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами предпочтительно содержит указанный выше полимерный вспененный материал или состоит из него.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первый поверхностный слой листового полимерного материала, когда он есть, предпочтительно содержит отвержденный полимерный материал. Предпочтительнее, отвержденный полимерный материал проникает в поверхность первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, так чтобы образовать связь между первым поверхностным слоем и сердечником.

В соответствии с дополнительным аспектом настоящего изобретения предлагается слоистая композиционная панель, которая содержит: (i) сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами и вторую панель из твердого вспененного материала, причем панели из вспененного материала связаны вместе при помощи клея или другого связующего вещества, так чтобы образовать монолитную слоистую конструкцию; и, факультативно, (ii) первый поверхностный слой листового полимерного материала, причем листовый полимерный материал сцеплен с поверхностью сердечника, при условии, что клей или другое связующее вещество не образует воздухонепроницаемое уплотняющее покрытие вокруг панели из вспененного материала сердечника.

Новая слоистая композиционная панель в соответствии с этим аспектом настоящего изобретения

предпочтительно может быть использована как взрывостойкий экран.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами предпочтительно содержит указанный выше полимерный вспененный материал или состоит из него.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения первый поверхностный слой листового полимерного материала, когда он есть, предпочтительно содержит отвержденный полимерный материал. Предпочтительнее отвержденный полимерный материал проникает в поверхность первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, так чтобы образовать связь между первым поверхностным слоем и сердечником.

В соответствии с вышеприведенными аспектами настоящего изобретения первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами предпочтительно является не упруго деформируемой, когда приложено давление выше заданного предела. В некоторых примерах, первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами может деформироваться пластично, сохраняя сцепление как единственный (единый) объект. В других примерах первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами может быть хрупкой, т.е. может разрушаться на обломки, когда приложено давление.

Использованный здесь термин не упруго деформируемый относится к вспененному материалу с открытыми порами, который претерпевает необратимое изменение структуры вспененного материала, когда приложено давление выше заданного предела, т.е. претерпевает изменение за счет раздавливания, коллапсирования или фрагментации. Таким образом, вспененный материал должен поглощать энергию от волны энергии за счет не упругой деформации.

В предпочтительных примерах первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами является прогрессирующе деформируемой, так что ячейки вспененного материала, ближайшие к месту приложения силы, коллапсируют, фрагментируют или раздавливаются первыми, при этом ячейки, более удаленные от места приложения силы, первоначально остаются неповрежденными.

Первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами может содержать тонко диспергированный сыпучий упрочняющий материал. Подходящие сыпучие упрочняющие материалы предпочтительно являются инертными и нерастворимыми. Упрочняющий материал может присутствовать в количестве до 10 вес.%, в пересчете на полный вес вспененного материала, например, от 2 до 10 вес.%, или от 5 до 10 вес.%, в пересчете на полный вес вспененного материала. Подходящие упрочняющие материалы содержат органические или неорганические (в том числе металлические) сыпучие материалы, которые могут быть кристаллическими или аморфными. Даже волокнистые материалы могут быть эффективными, хотя и не являются предпочтительными.

В качестве не ограничительных примеров подходящих сыпучих материалов можно привести глину, глинистые минералы, тальк, вермикулит, оксиды металлов, огнеупорную керамику, сплошные или полые стеклянные микросферы, зольную пыль, каменноугольную пыль, древесную муку, обычную муку, муку из ореховой скорлупы, кремнезем, минеральные волокна, такие как мелко рубленые стекловолокна и тонко диспергированный асбест, рубленые волокна, мелко рубленые природные или синтетические волокна, измельченные пластмассы и полимеры в виде порошка или волокна, например, рекуперированные отходы пластмассы и полимеров, пигменты, такие как порошкообразная краска и углеродная сажа, и крахмалы.

В некоторых примерах, первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами может дополнительно содержать обломки камня, керамики, стекла или заполнителей, впессованных в матрицу вспененного материала с открытыми порами. Предпочтительно обломки имеют размер от 2 до 50 мм в каждом измерении, а предпочтительнее от 2 до 20 мм в каждом измерении. Было обнаружено, что эти материалы улучшают антибаллистические свойства композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением, например предотвращают проникновение пуль через панели.

Предпочтительно первая панель из твердого вспененного материала имеет плотность в диапазоне от 100 до 500 кг/м³, предпочтительнее от 120 до 400 кг/м³ и наиболее предпочтительно от 120 до 250 кг/м³, за исключением любых обломков заполнителя, которые могут быть впессованы во вспененный материал.

Можно полагать, что физические свойства таких вспененных материалов, а в особенности прочность на сжатие и прогиб под нагрузкой, связаны (среди прочего) с толщиной стенки ячейки и со средним диаметром ячейки. Предпочтительно средний диаметр ячейки твердого вспененного материала с открытыми порами лежит в диапазоне ориентировочно от 0,5 до 5 мм, а предпочтительнее от 0,5 или 1 мм до 2 или 3 мм.

Ячейки или поры первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами предпочтительно открыты на поверхности сердечника, на которую укладывают листовый полимерный материал, и предпочтительно они открыты (расширяются) снизу от поверхности на большую ширину, чем на поверхности, за счет чего образуется поднутрение, которое улучшает связь листового полимерного материала со вспененным материалом с открытыми порами.

В соответствии с некоторыми аспектами настоящего изобретения первый поверхностный слой листового полимерного материала образован из листового отверждаемого полимерного материала, например из термоотверждающегося полимерного материала.

Листовой полимерный материал предпочтительно содержит матрицу, содержащую термоотверждающийся полимер, например термоотверждающийся полимер, выбранный из группы, в которую входят сложный полиэфир, виниловый эфир, эпоксидная смола, фенольный полимер, бисмалеимид и полиимид. Наиболее предпочтительный листовой полимерный материал содержит матрицу термоотверждающегося полимера в виде сложного полиэфира. Листовой полимерный материал также может содержать меламин, который используют как антипирен. Листовой полимерный материал может дополнительно содержать добавки, выбранные из группы, в которую входят отвердители, ускорители, наполнители, пигменты и/или любые другие необходимые компоненты.

В некоторых примерах листовой полимерный материал может быть отвержден в контакте с панелью из твердого вспененного материала сердечника, так что образуется связь без необходимости в слое клея. Например, связь может быть создана за счет совместного прессования (сжатия) листового отверждаемого полимерного материала и панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, и отверждения листового отверждаемого полимерного материала за счет нагревания. При этом, по меньшей мере, часть материала от листового отверждаемого полимерного материала может затекать в ячейки и междоузлия вспененного материала с открытыми порами, чтобы образовывать связь между сердечником и листовым полимерным материалом, после его отверждения.

В некоторых примерах, отвержденный полимерный материал может проникать в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину, которая, по меньшей мере, равна среднему диаметру ячейки вспененного материала, а предпочтительнее на глубину, которая, по меньшей мере, равна удвоенному среднему диаметру ячейки вспененного материала. Альтернативно, отвержденный полимерный материал может проникать в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину по меньшей мере 0,5 мм, а предпочтительнее по меньшей мере 1,0 мм и еще предпочтительнее по меньшей мере 2,0 мм, например 2,5 мм или 3,0 мм.

Указанным образом, листовой полимерный материал образует оболочку на панели из твердого вспененного материала, которая механически закреплена в поверхности панели из твердого вспененного материала. Термин механически закреплена означает, что, по меньшей мере, часть листового полимерного материала проникает по меньшей мере в часть панели из твердого вспененного материала и образует область механического взаимодействия с панелью из твердого вспененного материала. Таким образом, по меньшей мере, часть листового полимерного материала будет эффективно захвачена во внешних ячейках панели из твердого вспененного материала, чтобы создать прочное механическое сцепление. За счет этого получают прочную монолитную слоистую композиционную конструкцию, без необходимости в нанесении клея между слоями.

Было обнаружено, что в некоторых случаях сцепление, достигнутое на поверхности раздела оболочки и панели из твердого вспененного материала, является более сильным, чем в самом материале панели из вспененного материала. В результате, в соответствии с настоящим изобретением получают слоистые композиционные панели, которые являются очень прочными, стойкими к отслаиванию листового материала от сердечника и стойкими к фрагментации сердечника под ударом волны взрывной энергии. В частности, было обнаружено, что листовой полимерный материал действует как гибкий удерживающий слой, который позволяет сохранять целостность панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, даже если она деформирована/раздавлена волной взрывной энергии. Было обнаружено, что такие конструкции обеспечивают исключительную защиту от взрывов и баллистических материалов.

В других вариантах осуществления изобретения, слой клея может быть нанесен между первым поверхностным слоем листового полимерного материала и панелью из твердого вспененного материала с открытыми порами. В принципе, может быть использован любой тип клея или другого связующего вещества, который позволяет образовать прочное сцепление между двумя слоями.

Листовой полимерный материал предпочтительно содержит средство армирования, например, содержит армирующие волокна. Волокна могут содержать один или несколько материалов. Например, один или несколько типов волокна могут быть выбраны из группы, в которую входят углеродные волокна, стекловолокна, арамидные волокна и/или полиэтиленовые волокна, такие как волокна из полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы (UHMWPE). В одном предпочтительном варианте осуществления, средство армирования содержит стекловолокна или состоит из них, например, содержит E-стекловолокна или S-стекловолокна.

Армирующие волокна могут быть короткими волокнами, например, имеющими длину 5,0 см или меньше, или могут быть более длинными волокнами. Волокна могут быть свободными, например волокна могут идти в одном или нескольких направлениях. Волокна могут быть частью сети, например могут быть связаны или сплетены вместе любым подходящим образом. Схема расположения волокон может быть случайной или регулярной и может содержать ткань, мат, войлок, или это может быть другая тканая или иная схема расположения. Волокна могут образовывать непрерывную обмотку. Факультативно, могут быть использованы несколько слоев волокон.

Предпочтительно листовой полимерный материал содержит SMC (листовой формовочный состав). SMC предпочтительно содержит указанную выше матрицу термореактивного полимера и указанные выше армирующие волокна. Например, SMC может содержать термореактивный полимер, например слож-

ный полиэфир, вместе с армирующими волокнами, например, со стекловолокнами. Термореактивный полимер может дополнительно содержать добавки, например минералы, инертные наполнители, пигменты, стабилизаторы, ингибиторы, разделительные составы, катализаторы, загустители, добавки гидратирования и/или другие подходящие материалы.

Выгодно использовать SMC как первый поверхностный слой. Например, SMC имеет низкую плотность, но лучшие прочностные свойства, чем другие листовые полимерные материалы. В частности, было обнаружено, что очень высокие прочность на сжатие, прочность на растяжение, изгибная прочность и ударная вязкость SMC делают его особенно подходящим для использования во взрывостойких и/или антибаллистических панелях, например, для предотвращения расслаивания поверхностного слоя и поддержания целостности слоистой композиционной панели при воздействии волны взрывной энергии. SMC также имеет хорошие свойства и хорошую стойкость к химическому воздействию. SMC также имеет хорошую огнестойкость, что особенно важно в контексте настоящего изобретения. Таким образом, панели в соответствии с настоящим изобретением также имеют некоторую степень защиты от риска воспламенения, связанного с воздействием взрывов и некоторых типов баллистических материалов.

Листовой полимерный материал предпочтительно имеет толщину в диапазоне от 0,5 до 25 мм, предпочтительнее от 0,5 до 15 мм, еще предпочтительнее от 0,5 до 10 мм и наиболее предпочтительно от 0,5 до 5 мм. Например, листовой полимерный материал может иметь толщину 1, 2, 3 или 4 мм.

Предпочтительно первый поверхностный слой листового полимерного материала покрывает всю поверхность первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения первый поверхностный слой листового полимерного материала при использовании ориентирован желательным образом в направлении потенциального взрыва или баллистического снаряда.

В некоторых аспектах изобретения сердечник может содержать одну первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами. В других аспектах изобретения, сердечник может содержать несколько панелей из вспененного материала. В частности, в некоторых вышеприведенных аспектах изобретения сердечник содержит вторую панель из вспененного материала, сцепленную с первой панелью из твердого вспененного материала при помощи клея или связующего вещества.

Когда она есть, вторая панель из твердого вспененного материала может быть такой же, как и первая панель из твердого вспененного материала, или другой. Таким образом, вторая панель из твердого вспененного материала может содержать вспененный материал с открытыми порами или состоять из него, или может содержать вспененный материал с закрытыми порами. Предпочтительно вторая панель из твердого вспененного материала содержит вспененный материал с открытыми порами, а предпочтительнее, полимерный вспененный материал с открытыми порами, например описанный здесь выше полимерный вспененный материал с открытыми порами.

Клей или связующее вещество, использованные для связи первого и второго слоев вспененного материала, предпочтительно содержат один или несколько эластомеров или состоит из них. Предпочтительно клей или связующее вещество содержат по меньшей мере один эластомер, выбранный из группы, в которую входят натуральный каучук, синтетический полиизопрен, бутилкаучук, галогенизированный бутилкаучук, полибутадиен, сополимер бутадиена и стирола, нитриловый каучук, галогенизированный нитриловый каучук, хлоропеновый каучук, кремнийорганический каучук и галогенизированный кремнийорганический каучук.

Когда клей или связующее вещество содержат один или несколько эластомеров, тогда эластомер предпочтительно проникает, по меньшей мере, в часть первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами. Например, эластомер может проникать в первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами на глубину, которая, по меньшей мере, равна среднему диаметру ячейки вспененного материала, а предпочтительнее на глубину, которая, по меньшей мере, равна удвоенному среднему диаметру ячейки вспененного материала.

Альтернативно, эластомер может проникать в первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами на глубину по меньшей мере 0,5 мм, предпочтительнее по меньшей мере 1,0 мм, и еще предпочтительнее по меньшей мере 2,0 мм, например 2,5 или 3,0 мм.

Предпочтительнее, когда вторая панель из твердого вспененного материала содержит вспененный материал с открытыми порами, тогда эластомер предпочтительно проникает, по меньшей мере, в часть каждой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами. Например, эластомер может проникать в первую и/или вторую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами на глубину, которая, по меньшей мере, равна среднему диаметру ячейки вспененного материала, а предпочтительнее на глубину, которая, по меньшей мере, равна удвоенному среднему диаметру ячейки вспененного материала. Альтернативно, эластомер может проникать в первую и/или вторую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами на глубину по меньшей мере 0,5 мм, предпочтительнее по меньшей мере 1,0 мм, и еще предпочтительнее по меньшей мере 2,0 мм, например 2,5 или 3,0 мм.

Если это требуется, то свойства (характеристики) каждой из панелей из твердого вспененного материала могут быть выбраны так, чтобы оптимизировать стойкость к взрыву и антибаллистические свойства слоистых композиционных панелей. Например, первая панель из твердого вспененного материала с

открытыми порами может иметь сопротивление деформации (например, сопротивление раздавливанию, коллапсированию или фрагментации) ниже, чем вторая панель из твердого вспененного материала. За счет этого, слоистая композиционная панель может иметь прогрессирующее сопротивление деформации, которое возрастает от одной панели из твердого вспененного материала к следующей. Различие сопротивлений деформации между панелями из твердого вспененного материала может быть вызвано различием плотностей. Само собой разумеется, что возможны и другие варианты осуществления, понятные специалистам в данной области.

Было обнаружено, что эти конструктивные решения позволяют создавать взрывостойкие и антибаллистические панели, которые являются очень прочными и стойкими к расслаиванию и фрагментации слоев сердечника под ударом волны взрывной энергии, и которые обеспечивают исключительную защиту от взрывов и баллистических материалов (снарядов).

В дополнительных аспектах настоящего изобретения сердечник может содержать один или несколько дополнительных слоев сердечников. Таким образом, сердечник может быть образован из множества слоев, причем это множество слоев предпочтительно связаны вместе, так чтобы образовать монолитную слоистую конструкцию.

Предпочтительно, множество слоев имеют одинаковые объемы. Однако в некоторых вариантах осуществления изобретения различные слои могут отличаться по размерам. Например, один или несколько дополнительных слоев сердечника могут быть использованы только в областях, особенно подверженных взрывному воздействию, или могут создавать конструктивное усиление в областях панели, подверженных повышенным механическим напряжениям (например, у стыков или вокруг них).

В некоторых вариантах осуществления сердечник содержит одну или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала, которые могут быть такими же, как первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами и/или вторая панель из твердого вспененного материала (когда она есть), или другими. Таким образом, одна или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала могут содержать вспененный материал с открытыми порами или с закрытыми порами, или состоять из него. Предпочтительно одна или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала содержат вспененный материал с открытыми порами, а предпочтительнее, полимерный вспененный материал с открытыми порами, например, описанный здесь выше полимерный вспененный материал с открытыми порами.

В соответствии с этим аспектом настоящего изобретения, свойства каждой из панелей из твердого вспененного материала могут быть выбраны так, чтобы оптимизировать стойкость к взрыву и антибаллистические свойства слоистых композиционных панелей. Например, первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами может иметь сопротивление деформации (например, сопротивление раздавливанию, коллапсированию или фрагментации) ниже, чем вторая панель из твердого вспененного материала. За счет этого слоистая композиционная панель может иметь прогрессирующее сопротивление деформации, которое возрастает от одной панели из твердого вспененного материала к следующей. Само собой разумеется, что возможны и другие варианты осуществления, понятные специалистам в данной области.

В варианте осуществления, композиционная панель содержит три панели из твердого вспененного материала. Предпочтительно внутренняя панель зажата между двумя другими панелями. Предпочтительно внутренняя панель имеет более низкое сопротивление деформации, чем другие панели, например, за счет того, что она имеет более низкую плотность. Предпочтительно внутренняя панель из твердого вспененного материала может иметь плотность от 100 до 140 кг/м³, а внешние панели из твердого вспененного материала могут иметь плотность от 130 до 170 кг/м³. Предпочтительнее внутренняя панель из твердого вспененного материала имеет плотность от 115 до 125 кг/м³, а внешние панели из твердого вспененного материала могут иметь плотность от 145 до 155 кг/м³. Можно полагать, что, под воздействием сильных или повторяющихся ударов внутренняя панель будет поглощать, по меньшей мере, часть ударной энергии и при этом будет деформироваться, например, за счет того, что она является хрупкой, в то время как внешние панели будут оставаться, по существу, неповрежденными.

В другом варианте осуществления композиционный материал может содержать больше трех панелей из твердого вспененного материала, образующих многослойную конструкцию. Предпочтительно одна или несколько внутренних панелей из твердого вспененного материала имеют более низкое сопротивление деформации, чем соответствующие внешние панели. Предпочтительно одна или несколько внутренних панелей из твердого вспененного материала могут иметь плотность от 100 до 140 кг/м³, а внешние панели из твердого вспененного материала могут иметь плотность от 130 до 170 кг/м³. Предпочтительнее одна или несколько внутренних панелей из твердого вспененного могут иметь плотность от 115 до 125 кг/м³, а внешние панели из твердого вспененного материала могут иметь плотность от 145 до 155 кг/м³. Во всех вариантах осуществления, в которых композиционный материал содержит множество слоев, внешние панели могут быть одинаковыми или могут отличаться друг от друга.

Одна или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала могут быть непосредственно связаны друг с другом, так чтобы образовывать монолитную конструкцию сердечника, или могут быть связаны вместе через один или несколько промежуточных слоев.

Когда сердечник содержит одну или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала, например одну или несколько дополнительных панелей из твердого вспененного материала с открытыми порами, тогда любые две панели могут быть связаны вместе при помощи клея или другого связующего вещества. Клей или связующее вещество предпочтительно содержит один или несколько описанных здесь выше эластомеров или состоит из них. Эластомер может проникать в одну или несколько панелей из вспененного материала, как уже было указано здесь выше.

Таким образом, в одном особенно предпочтительном варианте осуществления, сердечник содержит первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами и вторую панель из твердого вспененного материала, которая может быть такой же или может отличаться от первой панели, причем панели соединены вместе при помощи клея или связующего вещества, которые содержат один или несколько эластомеров, при этом эластомер проникает в панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, как уже было указано здесь выше.

В другом особенно предпочтительном варианте осуществления, сердечник содержит первую, вторую и третью панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, которые могут быть одинаковыми или могут отличаться друг от друга, причем панели соединены вместе при помощи клея или связующего вещества, которые содержат один или несколько эластомеров, при этом эластомер проникает в панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, как уже было указано здесь выше.

В некоторых вариантах осуществления сердечник может дополнительно содержать один или несколько упрочняющих слоев.

Один тип упрочняющего слоя, подходящий для описанных здесь выше слоистых композиционных панелей, содержит армирующие волокна. Волокна могут содержать один или несколько материалов. Например, волокна могут содержать один или несколько типов волокон, выбранных из группы, в которую входят углеродные волокна, стекловолокна, арамидные волокна и/или полиэтиленовые волокна, такие как волокна из полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы (UHMWPE). В одном предпочтительном варианте осуществления, средство армирования содержит стекловолокна или состоит из них, например содержит E-стекловолокна или S-стекловолокна.

Предпочтительно армирующие волокна, использованные в одном или нескольких упрочняющих слоях, имеют форму тканого или ориентированного материала, войлока, мата или полотна, которые могут быть образованы любым подходящим образом, что известно само по себе. В упрочняющий слой, содержащий армирующие волокна в виде тканого или ориентированного материала, войлока, мата или полотна, предпочтительно проникает отверждаемый материал или клей. Таким образом, упрочняющий слой может быть использован как промежуточный слой между первым поверхностным слоем листового отвержденного полимерного материала и первой панелью из твердого вспененного материала с открытыми порами, так что отвержденный полимерный материал предпочтительно проникает в упрочняющий слой и в поверхность панели из вспененного материала с открытыми порами, образуя связь между первым поверхностным слоем и сердечником, с упрочняющим слоем, впрессованным в отвержденный полимерный материал.

В другом примере, упрочняющий слой может быть использован как промежуточный слой между двумя смежными панелями из вспененного материала в сердечнике, причем упрочняющий слой впрессован в клей или связующее вещество (например, содержащее эластомер), которые использованы для сцепления вместе панелей из вспененного материала, как уже было указано здесь выше.

Сердечник может дополнительно содержать один или несколько слоев листового полимерного материала, таких как описанные здесь выше. В предпочтительном варианте осуществления, листовый полимерный материал может содержать отвержденный полимерный материал, который проникает в поверхность по меньшей мере одной смежной панели из твердого вспененного материала. Предпочтительнее листовый полимерный материал может содержать отвержденный полимерный материал, который проникает в поверхность двух смежных панелей из твердого вспененного материала с открытыми порами, так чтобы связать панели вместе.

Сердечник может дополнительно содержать один или несколько других типов взрывостойких и/или антибаллистических материалов. Уже известен диапазон подходящих стандартных материалов, которые легко могут быть введены в описанные здесь выше слоистые композиционные материалы. Например, подходящие дополнительные слои могут быть выбраны из группы, в которую входят панели из стеклопластика, керамические панели, армированные керамикой пластмассовые панели, стальные панели, или другие аналогичные панели.

Сердечник может дополнительно содержать один или несколько огнезащитных слоев. В качестве примеров материалов, которые могут быть введены в один или несколько огнезащитных слоев, можно привести минеральную шерсть, гипс, перлит, вермикулит, глинозем, гидроксид алюминия, гидроксид магния и силикат кальция.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения сердечник предпочтительно имеет толщину в диапазоне от 20 до 500 мм, предпочтительнее от 20 до 250 мм, еще предпочтительнее от 20 до 200 мм, еще предпочтительнее от 20 до 150 мм, еще предпочтительнее от 20 до 100 мм, и наиболее предпочтительно, от 50 до 100 мм. Например, сердечник может иметь толщину по меньшей мере 25 мм, по меньшей мере 40 мм или по меньшей мере 50 мм.

В соответствии с предпочтительными аспектами настоящего изобретения слоистая композиционная панель дополнительно содержит: (iii) второй поверхностный слой листового полимерного материала, причем сердечник расположен между первым и вторым поверхностными слоями листового полимерного материала, так что результирующая слоистая композиционная панель имеет конструкцию типа "сэндвич", в которой сердечник зажат между первым и вторым поверхностными слоями листового полимерного материала.

Первый и второй поверхностные слои листового полимерного материала могут быть одинаковыми или разными. Предпочтительно, второй поверхностный слой листового полимерного материала содержит описанную здесь выше матрицу термореактивного полимера и/или предпочтительно содержит описанное здесь выше средство упрочнения. В предпочтительном варианте осуществления первый и второй поверхностные слои листового полимерного материала содержат описанный здесь выше SMC. Когда второй слой листового полимерного материала содержит отвержденный полимерный материал, тогда часть отверждаемого материала предпочтительно проникает в поверхность панели из вспененного материала с открытыми порами, образуя связь между вторым поверхностным слоем и сердечником.

Когда сердечник содержит первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами, тогда второй поверхностный слой листового полимерного материала сцеплен с поверхностью панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, противоположной первому поверхностному слою листового полимерного материала.

Когда сердечник содержит два или несколько слоев и/или панелей, тогда второй поверхностный слой листового полимерного материала сцеплен с поверхностью сердечника, противоположной первому поверхностному слою листового полимерного материала. Предпочтительно сердечник содержит слой твердого вспененного материала рядом со вторым поверхностным слоем листового полимерного материала. Предпочтительнее сердечник содержит слой твердого вспененного материала с открытыми порами рядом со вторым поверхностным слоем листового полимерного материала.

Альтернативно, второй поверхностный слой листового полимерного материала может быть сцеплен с сердечником при помощи клея или другого связующего вещества. Упрочняющий слой, который содержит армирующие волокна, например, в виде тканого или ориентированного материала, войлока, мата или полотна, факультативно может быть расположен между вторым поверхностным слоем листового материала и сердечником.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения слоистая композиционная панель предпочтительно имеет толщину в диапазоне от 21 до 550 мм, предпочтительнее от 21 до 275 мм, еще предпочтительнее от 21 до 220 мм, еще предпочтительнее от 21 до 165 мм, еще предпочтительнее от 21 до 110 мм, и наиболее предпочтительно от 51 до 110 мм. Например, слоистая композиционная панель может иметь толщину по меньшей мере 26 мм, по меньшей мере 41 мм или по меньшей мере 51 мм.

В соответствии с аспектами настоящего изобретения слоистая композиционная панель предпочтительно может выдерживать волну энергии, имеющую импульс по меньшей мере $20 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$ (20 фунтов на квадратный дюйм - ms^{-1}). В некоторых вариантах осуществления изобретения, слоистая композиционная панель может выдерживать волну энергии, имеющую импульс по меньшей мере $50 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$, предпочтительнее по меньшей мере $100 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$, предпочтительнее по меньшей мере $150 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$, еще предпочтительнее по меньшей мере $200 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$, и наиболее предпочтительно $250 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$. Под термином "может выдерживать" понимают, что слоистая композиционная панель остается неповрежденной, без фрагментации и/или расслаивания поверхностного слоя листового полимерного материала, и что импульс, прошедший через слоистый композиционный материал, будет уменьшен до величины не более 20% импульса волны энергии до панели, предпочтительно до величины не более 10%, еще предпочтительнее не более 5%, и наиболее предпочтительно не более 2% импульса волны энергии до панели.

Следует иметь в виду, что и другие схемы расположения слоев возможны в рамках настоящего изобретения. Например, слоистый композиционный материал может содержать один или несколько дополнительных слоев листового полимерного материала, один или несколько дополнительных упрочняющих слоев, один или несколько дополнительных слоев вспененного материала, и/или один или несколько дополнительных огнезащитных слоев.

Составляющие слои или панели слоистой композиционной панели могут быть собраны различным образом, например слои могут быть соединены вместе одновременно или последовательно. Когда слои соединяют вместе последовательно, порядок соединения слоев может быть любым.

В предпочтительном примере слоистая композиционная панель может быть образована при помощи способа, который содержит операции укладки в пресс слоев листового отверждаемого материала (например, SMC) и, по меньшей мере, первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, и приложения теплоты и/или давления к слоям, чтобы произвести отверждение листового материала и за счет этого образовать связь с твердым вспененным материалом с открытыми порами. Предпочтительно, по меньшей мере, часть листового отверждаемого материала затекает в ячейки или междоузлия первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами во время операции отверждения.

Результирующий композиционный материал факультативно может быть связан с одним или не-

сколькими дополнительными слоями сердечника и/или со вторым поверхностным слоем листового полимерного материала, в одной или нескольких последующих операциях изготовления. Альтернативно или дополнительно, панель из твердого вспененного материала может быть соединена с одним или несколькими дополнительными слоями или панелями сердечника ранее операции отверждения.

В дополнительном примере способ может содержать операции укладки в пресс слоя листового отверждаемого полимерного материала, сердечника (например, содержащего первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами или множество панелей/слоев сердечника) и второго слоя листового отверждаемого полимерного материала, и приложения теплоты и/или давления к слоям. За счет этого, первый и второй поверхностные слои листового полимерного материала могут быть сцеплены с сердечником в одной операции.

В предпочтительном варианте осуществления, одна или обе стороны слоистой композиционной панели могут иметь профилированную поверхность. Например, одна или обе стороны слоистой композиционной панели могут иметь профилированную поверхность, образованную при помощи технологии формовки. Когда используют профилированную поверхность, ее предпочтительно образуют так, что она является видимой (наружной) при использовании слоистой композиционной панели. Например, профиль может быть образован на первом поверхностном слое. Это позволяет улучшить эстетическую привлекательность слоистых композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением, причем реальные функции панелей могут быть замаскированы по эстетическим соображениям и соображениям безопасности.

В предпочтительном варианте осуществления профилированная поверхность может быть образована по описанному здесь выше способу, в котором пресс снабжен поверхностью прессформы, имеющей негативный отпечаток желательного профиля.

В частности, способ предпочтительно включает в себя следующие операции: (i) использование поверхности прессформы, имеющей негативный отпечаток желательного профиля; (ii) укладка листового отверждаемого полимерного материала (например, SMC) на поверхность прессформы; (iii) установка сердечника (например, содержащего первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами или множество панелей/слоев сердечника) поверх листового отверждаемого полимерного материала; (iv) факультативно, укладка второго поверхностного слоя листового полимерного материала (например, SMC) поверх сердечника; и (v) прессование слоев в прессформе, факультативно, с использованием нагрева.

За счет прессования (сжатия) слоев в прессформе воздух выталкивается из первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, и некоторые ячейки вспененного материала предпочтительно раздавливаются, что позволяет вспененному материалу получать конфигурацию прессформы и за счет этого позволяет впрессовывать листовой полимерный материал в прессформу.

Первая панель из твердого вспененного материала факультативно может быть сцеплена с одним или несколькими дополнительными слоями/панелями сердечника, ранее операции формовки. Альтернативно, сцепление между первой панелью из твердого вспененного материала с открытыми порами и одним или несколькими дополнительными слоями/панелями сердечника и/или вторыми поверхностными слоями листового полимерного материала может быть осуществлено в одной или нескольких последующих операциях. Кроме того, один или несколько дополнительных слоев сердечника и/или вторых поверхностных слоев листового полимерного материала также могут быть сцеплены вместе в операции прессования (например, когда второй поверхностный слой листового полимерного материала содержит отверждаемый материал).

Факультативно, вторая (профилированная) поверхность прессформы может воздействовать на второй слой листового полимерного материала, так что получают слоистую композиционную панель, имеющую профилированные поверхности на обеих сторонах.

Когда слоистая композиционная панель имеет профилированную поверхность, образованную за счет формовки, тогда первый и/или второй слои листового полимерного материала предпочтительно могут быть образованы из листового отверждаемого полимерного материала, такого как SMC. Предпочтительно листовой полимерный материал слой является смежным с панелью из твердого вспененного материала, такой как панель из твердого вспененного фенольного полимера с открытыми порами.

В некоторых примерах, внешняя поверхность листового полимерного материала факультативно может быть сцеплена с материалом с поверхностным эффектом (с материалом, создающим поверхностный эффект). Материал с поверхностным эффектом может быть выбран так, чтобы слоистая композиционная панель имела, например, поверхность, имитирующую камень, поверхность, имитирующую кирпич, поверхность, имитирующую дерево, поверхность древесно-слоистого пластика, материал с высокой теплопроводностью (поверхность "холодного касания") или отражательную поверхность. Например, гранулированный материал, такой как песок или металлические гранулы, облицовочный элемент, такой как древесный облицовочный элемент, кирпичный облицовочный элемент, каменный облицовочный элемент, или металлическая фольга/металлические частицы могут быть сцеплены с поверхностью или частично впрессованы в поверхность листового полимерного материала. Различные поверхностные эффекты могут быть получены за счет выбора типов использованных материалов с поверхностным эффектом.

Чтобы улучшить жесткость слоистых композиционных панелей, использованных в соответствии с настоящим изобретением, слоистые композиционные панели могут быть установлены в раму или в рамные элементы, такие как брусы вертикальной обвязки, брусы горизонтальной обвязки и/или средники. Рамные элементы могут быть изготовлены из дерева, металла (например, из алюминия) или из пластмассы (например, такой как непластифицированный поливинилхлорид UPVC), или из их комбинаций.

В одном варианте осуществления, слоистые композиционные панели в соответствии с настоящим изобретением могут занимать, по существу, весь объем или объем внутри рамы, так что рамные элементы упираются в кромки слоистой композиционной панели. В другом варианте осуществления, по существу, весь объем или объем внутри рамы занят сердечником, при этом первый и/или второй поверхностные слои листового полимерного материала лежат, по существу, на всей поверхности рамы и находящихся в ней слоев. Следует иметь в виду, что использование рамных элементов, в особенности металлических рамных элементов, может ухудшать сопротивление взрыву слоистых композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением. Таким образом, использование рамных элементов должно быть только минимально необходимым, чтобы получить требующуюся конструктивную жесткость слоистых композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением.

Слоистые композиционные панели в соответствии с настоящим изобретением могут быть образованы с большой площадью поверхности или с непрерывной конфигурацией, и затем разрезаны на требуемые размеры. Альтернативно, слоистые композиционные панели могут быть изготовлены по заказу с требуемыми размерами для конкретного применения.

В одном варианте осуществления, композиционные материалы в соответствии с настоящим изобретением могут быть изготовлены в виде модульных панелей, при этом каждая панель снабжена средством соединения, позволяющим соединять друг с другом группы панелей. В предпочтительном варианте осуществления средство соединения представляет собой средство соединения в шип (шпунт и канавку).

Когда сердечник содержит больше трех слоев или панелей, тогда соединение в шип может быть получено за счет смещения одного или нескольких центральных слоев (или панелей) относительно двух или нескольких других слоев. Смещение может быть линейным или диагональным. Когда смещение является линейным, тогда слоистые композиционные панели могут быть соединены в двумерный массив (в плоскую матрицу). Когда смещение является диагональным, тогда слоистые композиционные панели могут быть соединены в трехмерную матрицу.

Альтернативно, или когда сердечник содержит меньше трех слоев, тогда соединение в шип может быть получено за счет профилирования кромок индивидуальных слоев сердечника. Когда соединение в шип предусмотрено на двух противоположных кромках слоистых композиционных панелей, тогда панели могут быть соединены в плоскую матрицу. Когда соединение в шип предусмотрено на всех кромках слоистых композиционных панелей, тогда панели могут быть соединены в трехмерную матрицу.

Когда используют соединение в шип, тогда участки шпунта и/или канавки могут содержать средство поддержания целостности (работоспособности) соединения в шип. Например, участки шпунта и/или канавки могут быть снабжены поверхностью захвата, такой как обрезающее покрытие. Альтернативно, участки шпунта и/или канавки могут быть снабжены клеем, ранее соединения панелей.

В некоторых аспектах настоящего изобретения, слоистая композиционная панель может быть использована в сочетании с армированным тканым материалом, таким как полиарамидный или UHMWPE тканый материал. Такие тканые материалы уже хорошо известны и их используют, например, для предотвращения фрагментации и/или для выпуска летящих с большой скоростью фрагментов с задней поверхности стены при воздействии волны энергии от взрыва.

Такие тканые материалы позволяют дополнительно ослаблять воздействия взрыва. Предпочтительно, тканые материалы связаны с задней поверхностью слоистой композиционной панели или установлены поперек этой задней поверхности, то есть поверхности, противоположной поверхности, обращенной к потенциальному источнику взрыва или баллистического материала.

В соответствии с настоящим изобретением панели из композиционного материала могут быть использованы для образования взрывостойкой и/или антибаллистической оболочки вокруг людей или инфраструктуры, которые могут получать травмы или повреждения от взрыва или летящих с высокой скоростью фрагментов. Так, например, панели из композиционного материала могут быть использованы для усиления существующих транспортных средств и сооружений, таких как здания, например, за счет облицовки. В некоторых примерах, панели из композиционного материала могут быть установлены с зазором от существующих транспортных средств и сооружений, или могут быть непосредственно закреплены на них.

В других примерах панели из композиционного материала могут быть использованы как строительные материалы без какой-либо внутренней ранее существующей конструкции. В особенно предпочтительном варианте осуществления композиционные материалы могут быть установлены в раму, например в стальную раму, чтобы образовать стенку или здание.

Например, композиционные материалы могут быть предварительно изготовлены в модульном виде, что позволяет быстро возводить стенки и/или здания в заданном месте. В одном предпочтительном варианте осуществления, панели из композиционного материала могут быть установлены с использованием

известных расширяющихся зажимов. Эти зажимы могут расширяться под воздействием волны взрывной энергии и входить в контакт с панелями из композиционного материала, так чтобы дополнительно содействовать поглощению энергии взрыва.

Как уже было указано здесь выше, в соответствии с аспектами настоящего изобретения, особенно подходящим твердым вспененным материалом с открытыми порами является твердый вспененный фенольный полимер с открытыми порами. Например, подходящий вспененный материал может быть получен за счет реакции отверждения между:

а) жидким фенольным резолом, имеющим реакционное число (определенное здесь ниже) по меньшей мере 1; и

б) сильным кислотным отвердителем резолы; факультативно, в присутствии:

с) тонко диспергированного инертного и нерастворимого сыпучего твердого материала, который, когда он есть, используют в количестве по меньшей мере 5% в пересчете на вес жидкого резолы и затем равномерно диспергируют в объеме смеси, содержащей резол и отвердитель,

причем температуру смеси, содержащей резол и отвердитель, полученную за счет приложенной теплоты, поддерживают на уровне не выше 85°C, при этом указанная температура и концентрация кислотного отвердителя таковы, что соединения, возникающие как побочные продукты реакции отверждения, улетучиваются из смеси до ее отверждения, при котором получают готовый вспененный фенольный полимер.

Под фенольным резолом понимают раствор в подходящем растворителе отверждаемой кислотой композиции форполимера, приготовленной за счет конденсации по меньшей мере одного фенольного соединения по меньшей мере с одним альдегидом, обычно в присутствии щелочного катализатора, такого как гидроксид натрия.

В качестве примеров фенолов, которые могут быть использованы, можно привести собственно фенол и замещенные, обычно замещенные алкилом, его производные, при условии, что, из трех позиций в фенольном бензольном кольце, ortho- и para- позиции для фенольной гидроксильной группы остаются незамещенными. Также могут быть использованы смеси таких фенолов. Смеси одного или нескольких таких фенолов с замещенными фенолами, в которых одна из ortho- или para- позиций была замещена, также могут быть использованы, когда требуется улучшение характеристик течения резолы. Однако в этом случае необходимо снижать степень сшивания отвержденного вспененного фенольного полимера. Собственно фенол обычно является предпочтительным для использования в качестве фенольного компонента, по экономическим соображениям.

Альдегидом обычно является формальдегид, хотя использование альдегидов с более высокой молекулярной массой не исключено.

Компонент резолы, образованный как продукт конденсации фенола/альдегида, обычно получают за счет реакции фенола по меньшей мере с одним 1 молем формальдегида на моль фенола, причем формальдегид обычно используют в виде раствора в воде, например, в виде формалина. Предпочтительно используют молярное отношение формальдегида к фенолу по меньшей мере 1,25 к 1, но отношений выше 2,5 к 1 предпочтительно избегают. Наиболее предпочтительный диапазон составляет 1,4-2,0 к 1.

Смесь также может содержать соединение, имеющее два активных атома водорода (двухосновное соединение), которое будет реагировать с продуктом реакции фенола/альдегида резолы во время операции отверждения, чтобы понизить плотность сшивания. Предпочтительными двухосновными соединениями являются диолы, в особенности алкилен диолы или диолы, в которых цепь атомов между гидроксильными группами содержит не только метилен и/или замещенные алкилом метиленовые группы, но также один или несколько гетероатомов, в особенности атомов кислорода. Подходящими диолами являются этиленгликоль, пропиленгликоль, пропан-1,3-диол, бутан-1,4-диол и неопентил гликоль. Особенно предпочтительными диолами являются поли-, особенно ди-(алкилен эфир) диолы, например, диэтиленгликоль, особенно дипропиленгликоль.

Предпочтительно двухосновное соединение присутствует в количестве от 0 до 35% по весу, предпочтительнее от 0 до 25% по весу, в пересчете на вес продукта конденсации фенола/альдегида. Наиболее предпочтительно двухосновное соединение, когда его используют, присутствует в количестве от 5 до 15% по весу, в пересчете на вес продукта конденсации фенола/альдегида. Когда такие резолы, содержащие двухосновные соединения, используют в способе в соответствии с настоящим изобретением, тогда могут быть получены изделия, имеющие особенно хорошую комбинацию физических свойств, особенно высокую прочность.

Двухосновное соединение обычно добавляют в образованный резол и оно предпочтительно имеет от 2 до 6 атомов между гидроксильными группами.

Резол может содержать раствор продукта реакции фенола/альдегида в воде или в любом другом подходящем растворителе или в смеси растворителей, которая может содержать или не содержать воду.

Когда воду используют как единственный растворитель, она предпочтительно присутствует в количестве от 15 до 35% по весу резолы, а предпочтительно от 20 до 30%. Само собой разумеется, что содержание воды может быть существенно меньше, если ее используют в сочетании с соразтворителем, например со спиртом или с одним из упомянутых выше двухосновных соединений, когда их используют.

Как уже было указано здесь выше, жидкий резол (т.е. раствор продукта реакции фенола/альдегида, факультативно содержащий двухосновное соединение) должен иметь число реактивности по меньшей мере 1. Число реактивности равно $10/x$ где x - время в минутах, которое требуется для отверждения резолла, при использовании 10% по весу резолла в 66-67% водном растворе *p*-толуолсульфокислоты при 60°C. Тест предусматривает перемешивание около 5 мл резолла с указанным количеством раствора *p*-толуолсульфокислоты в пробирке, погружение пробирки в водяную баню, нагретую до 60°C, и измерение времени, которое требуется для того, чтобы смесь стала твердой на ощупь. Резол должен иметь число реактивности по меньшей мере 1 для получения годных для использования вспененных материалов, а предпочтительно число реактивности по меньшей мере 5, предпочтительнее по меньшей мере 10.

pH резолла, которое обычно является щелочным, предпочтительно поддерживают около 7, если это необходимо для использования в процессе, обычно за счет добавления слабой органической кислоты, такой как молочная кислота.

Примерами сильных кислотных отвердителей являются неорганические кислоты, такие как соляная кислота, серная кислота и ортофосфорная кислота, и сильные органические кислоты, такие как ароматические сульфоновые кислоты, например, толуолсульфокислоты, и трихлороуксусная кислота. Слабые кислоты, такие как уксусная кислота и пропионовая кислота, обычно не годятся. Предпочтительными отвердителями в способе в соответствии с настоящим изобретением являются ароматические сульфоновые кислоты, в особенности толуолсульфокислоты. Кислота может быть использована как раствор в подходящем растворителе, таком как вода.

Когда смесь резолла, отвердителя и твердого вещества заливают, например, в прессформу для проведения формовки, то количество инертного твердого вещества, которое может быть добавлено в резол и отвердитель, определяют с учетом вязкости смеси резолла и отвердителя в отсутствие твердого вещества. В таких применениях, отвердитель предпочтительно используют, например, в виде раствора, так что при его перемешивании с резолом в требуемом количестве получают жидкость с кажущейся вязкостью не выше ориентировочно 50 пуаз при температуре использования смеси, а предпочтительно в диапазоне от 5 до 20 пуаз. При кажущейся вязкости раствора ниже 5 пуаз возникают трудности при осуществлении реакции отверждения.

Реакция отверждения является экзотермической и поэтому сама вызывает повышение температуры смеси, содержащей резол и кислотный отвердитель. Температуру смеси также можно повышать за счет приложения теплоты, однако повышение температуры смеси (в дополнение к любому экзотермическому повышению) предпочтительно не должно превышать 85°C. Если температура смеси превышает 85°C до добавления отвердителя, то тогда обычно трудно или невозможно после этого диспергировать отвердитель в объеме смеси из-за начала отверждения. С другой стороны, трудно или невозможно равномерно нагреть смесь выше 85°C после добавки отвердителя.

Повышение температуры до 85°C может приводить к получению грубой и неоднородной текстуры вспененного материала, однако этого можно избежать, по меньшей мере, частично при умеренных температурах за счет снижения концентрации отвердителя. Однако при температурах выше 75°C даже минимальное количество отвердителя, которое требуется для отверждения композиции, обычно слишком велико, чтобы избежать этих недостатков. Таким образом, предпочтительно исключают температуры выше 75°C, так что предпочтительными температурами для большинства применений являются температуры от температуры окружающей среды до 75°C. Предпочтительный диапазон температур обычно зависит в некоторой степени от природы сыпучего твердого вещества, когда его используют.

Для большинства твердых веществ, предпочтительный диапазон температур составляет от 25 до 65°C, однако для некоторых твердых веществ, в частности для древесной муки и обычной муки, предпочтительный диапазон температур составляет от 25 до 75°C. Наиболее предпочтительный диапазон температур составляет от 30 до 50°C. По желанию могут быть использованы температуры ниже температуры окружающей среды, например, ниже 10°C, однако это обычно не дает никаких преимуществ. Обычно, при повышении температуры до 75°C, повышение температуры ведет к снижению плотности вспененного материала, и наоборот.

Количество присутствующего отвердителя также влияет на природу продукта и на скорость отверждения. Таким образом, увеличение количества отвердителя не только влияет на снижение времени, которое требуется для отверждения композиции, но и при увеличении количества выше некоторого предела, зависящего от температуры и природы резолла, также может приводить к получению менее однородной структуры ячеек материала. Это также может повышать плотность вспененного материала за счет повышения скорости отверждения. В самом деле, если использована очень высокая концентрация отвердителя, то скорость отверждения может стать слишком высокой, так что вспенивание не происходит в одинаковых условиях и реакция может стать взрывной за счет накопления газа внутри отвержденной полимерной оболочки. Необходимое количество отвердителя зависит, в первую очередь, от температуры смеси резолла и отвердителя ранее начала экзотермической реакции отверждения и от числа реактивности резолла, и должно изменяться обратно пропорционально выбранной температуре и числу реактивности. Предпочтительный диапазон концентраций отвердителя эквивалентен от 2 до 20 частей по весу *p*-толуолсульфокислоты на 100 частей по весу продукта реакции фенол/альдегид в резолле, при условии,

что резол имеет, по существу, нейтральную реакцию, то есть рН около 7. Под эквивалентом р-толуолсульфокислоты следует понимать количество отвердителя, которое требуется для того, чтобы получить, по существу, такое же время отверждения, как и в случае указанного количества р-толуолсульфокислоты. Наиболее подходящее количество для любой заданной температуры и комбинации резола и тонко диспергированного твердого вещества легко может быть определено при помощи простого эксперимента. Когда предпочтительный диапазон температур составляет от 25 до 75°C и резол имеет число реактивности по меньшей мере 10, наилучшие результаты обычно получают при использовании отвердителя в количестве от 3 до 10 частей р-толуолсульфокислоты на 100 частей по весу продукта реакции фенол/альдегид. Для использования при температурах ниже 25°C или с резолами, имеющими число реактивности ниже 10, может потребоваться большее количество отвердителя.

За счет соответствующей регулировки температуры и концентрации отвердителя временной промежуток от момента добавки отвердителя в резол и до момента отверждения композиции (называемый здесь временем отверждения) можно изменять от нескольких секунд до одного часа или даже больше, без существенного влияния на плотность и структуру ячеек изделия.

Другим фактором, который может влиять на количество требуемого отвердителя, может быть природа инертного твердого вещества, когда оно есть. Очень немногие твердые вещества являются точно инертными, и если твердое вещество имеет щелочную реакцию, даже если она является очень слабой, то может потребоваться больше отвердителя, так как наполнитель его нейтрализует. Поэтому следует иметь в виду, что приведенные здесь выше предпочтительные значения концентрации отвердителя не учитывают указанное воздействие твердого вещества. Любая подстройка, которая может потребоваться с учетом природы твердого вещества, зависит от количества использованного твердого вещества и может быть определена за счет простого эксперимента.

Экзотермическая реакция отверждения резола и кислотного отвердителя ведет к образованию побочных продуктов, особенно альдегида и воды, которые, по меньшей мере, частично улетучиваются.

Реакцию отверждения осуществляют в присутствии тонко диспергированного инертного и нерастворимого сыпучего твердого вещества, которое, по существу, однородно диспергировано по объему смеси резола и отвердителя. Инертное твердое вещество используют в таких количествах, что оно не препятствует протеканию реакции отверждения.

Можно полагать, что тонко диспергированное сыпучее твердое вещество создает зародыши для образования газовых пузырьков за счет испарения небольших молекул, в первую очередь формальдегида и/или воды, присутствующих в резоле и/или генерируемых за счет реакции отверждения, и создает места, в которых активируется образование пузырьков, что способствует образованию пор одинакового размера. Наличие тонко диспергированного твердого вещества может также способствовать стабилизации индивидуальных пузырьков и снижать тенденцию к агломерированию пузырьков и в конечном счете к разрушению пузырьков ранее отверждения. Чтобы достичь желательного эффекта, твердое вещество должно присутствовать в количестве не менее 5% по весу, в пересчете на вес резола.

Может быть использовано любое тонко диспергированное сыпучее твердое вещество, нерастворимое в реакционной смеси, при условии, что оно является инертным. Примеры подходящих сыпучих твердых веществ приведены здесь выше.

Твердые вещества, которые имеют более сильную щелочную реакцию, например, силикаты и карбонаты щелочных металлов, предпочтительно не используют, по причине их возможной реакции с кислотным отвердителем. Однако такие твердые вещества, как тальк, которые имеют очень слабую щелочную реакцию в некоторых случаях за счет загрязнения более сильными щелочными материалами, такими как магнезит, являются приемлемыми.

Некоторые материалы, особенно волокнистые материалы, такие как древесная мука, могут быть абсорбентами и поэтому может быть необходимо использовать большие количества этих материалов, чем не волокнистых материалов, чтобы получать желательные готовые вспененные материалы.

Твердые вещества предпочтительно имеют размеры частиц в диапазоне от 0,5 до 800 мкм. Если размер частиц слишком велик, то ячеистая структура вспененного материала может становиться слишком грубой. С другой стороны, при очень малом размере частиц, полученные вспененные материалы могут становиться слишком плотными. Предпочтительный размер составляет от 1 до 100 мкм, а предпочтительнее, от 2 до 40 мкм. Представляется, что однородность ячеистой структуры улучшается при использовании частиц близких размеров. При желании может быть использована смесь твердых веществ.

При желании могут быть использованы такие твердые вещества, как тонко диспергированные металлические порошки, которые способствуют образованию объема газа или пара во время процесса. Однако следует иметь в виду, что если их используют изолированно, то их остаток после разложения или химической реакции, должен удовлетворять требованиям, предъявляемым к инертному и нерастворимому тонко диспергированному сыпучему твердому веществу, требующемуся для осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением.

Предпочтительно тонко диспергированное твердое вещество имеет плотность, которая не сильно отличается от плотности резола, что снижает вероятность накопления тонко диспергированного твердого вещества на дне смеси после перемешивания. Одним предпочтительным классом твердых материалов

являются гидравлические цементы, например, гипс и штукатурка, но не портланд-цемент, учитывая его щелочность. Эти твердые материалы вступают в реакцию с водой, присутствующей в реакционной смеси, при этом получают жесткую скелетную структуру в отвержденном полимере. Более того, реакция с водой также является экзотермической и содействует реакции вспенивания и отверждения. Полученные с использованием таких материалов вспененные материалы имеют особенно ценные физические свойства. Более того, при воздействии огня, даже в течение длительных периодов времени, они обжигаются до консистенции кирпича, которая является еще более прочной и может выдерживать большие нагрузки. Полученные вспененные материалы также имеют отличные теплоизоляционные свойства и свойства поглощения энергии. Предпочтительное количество инертного сыпучего твердого вещества (материала) составляет от 20 до 200 частей по весу на 100 частей по весу резолы.

Другим классом твердых материалов, которые также являются предпочтительными, так как при их использовании получают изделия, имеющие свойства, аналогичные получаемым при использовании гидравлических цементов, являются тальк и летучая зола. Предпочтительные количества этих твердых материалов также составляют от 20 до 200 частей по весу на 100 частей по весу резолы.

Для указанных выше классов твердых материалов наиболее предпочтительным диапазоном является диапазон от 50 до 150 частей по весу на 100 частей по весу резолы.

Обычно максимальное количество твердых материалов, которое может быть использовано, определяется только физическими возможностями их ввода в смесь и обработки смеси. Обычно желательнее, чтобы смесь была жидкой, но даже при достаточно высоких концентрациях твердых материалов, когда получают смесь в виде теста или пасты и ее нельзя разливать, могут быть получены вспененные материалы с ценными свойствами.

Другие добавки также могут быть введены в смесь, образующую вспененный материал. Они могут содержать: (i) поверхностно-активные вещества, такие как анионоактивные материалы, например, соли натрия алкил бензол сульфоновых кислот с длинной цепью, не ионные материалы, такие как материалы на базе поли(этиленоксида) или его сополимеров, и катионные материалы, такие как четвертичные соединения аммония с длинной цепью или материалы на базе полиакриламидов; (ii) модификаторы вязкости, такие как алкил целлюлоза, в особенности метил целлюлоза; и (iii) красители, такие как красящее вещество или пигменты. Также могут быть включены пластификаторы для фенольных полимеров, при условии, они не подавляют реакции отверждения и вспенивания; и полифункциональные соединения, другие чем указанные выше двухосновные соединения, которые принимают участие в реакции сшивания, которая происходит при отверждении, например, ди- или полиамины, ди- или полиизоцианаты, ди- или поликарбоновые кислоты и аминокислоты. Также могут быть включены полимеризуемые ненасыщенные соединения, возможно, вместе со свободно радикальными инициаторами полимеризации, которые активируются во время реакции отверждения, например акриловые мономеры, так называемые уретан акрилаты, стирол, малеиновая кислота и ее производные, и их смеси. Образующие вспененный материал композиции также могут содержать осушители, если это желательно.

Также могут быть включены и другие полимеры, например, такие как форполимеры, которые отверждаются при реакции вспенивания и отверждения, или такие как порошки, эмульсии или дисперсии. Примерами являются полиацетали, такие как поливинил ацетали, винильные полимеры, олефиновые полимеры, полиэфирные, полиакрилаты и стироловые полимеры, полиуретаны и их форполимеры, и полиэфирные форполимеры, а также такие как меламины, фенольные новолаксы и т.п. Также могут быть включены обычные вспениватели, чтобы усиливать реакцию вспенивания, например, органическое соединения с низкой температурой кипения или соединения, которые разлагаются или реагируют с образованием газов.

SMC (листовой формовочный состав) может быть приготовлен за счет наложения слоя полимерной пасты, например полиэфирной пасты, содержащей соответствующие добавки, на дно ленточного носителя. Затем наносят стекловолокна в качестве армирующего средства на верхнюю поверхность полимерной пасты на ленточном носителе. Затем наносят дополнительный слой полимерной пасты, чтобы зажать волокна между слоями матрицы. Верхнюю пленку наносят на верхний слой матрицы. Полученную слоистую композицию затем сжимают с использованием групп валиков, чтобы образовать лист SMC между ленточными носителями. Материал прокатывают на валиках и выдерживают по меньшей мере 3 дня при регулируемой температуре, например, от 23 до 27°C. Полученный SMC может быть подвергнут формовке с использованием теплоты. Срок хранения SMC до использования обычно составляет несколько недель.

Указанные ранее и другие предпочтительные характеристики изобретения будут более ясны из следующего детального описания, приведенного исключительно в качестве примера со ссылкой на сопроводительные чертежи.

На фиг. 1-5 схематично показаны поперечные сечения различных вариантов осуществления слоистых композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением (не в реальном масштабе).

На фиг. 6А схематично показано поперечное сечение с пространственным разделением деталей слоистой композиционной панели в соответствии с настоящим изобретением в процессе формовки, имеющей профилированную поверхность (не в реальном масштабе).

На фиг. 6В схематично показано поперечное сечение слоистой композиционной панели в соответствии с настоящим изобретением в процессе формовки, имеющей профилированную поверхность (не в реальном масштабе).

На фиг. 6С схематично показано поперечное сечение отформованной слоистой композиционной панели в соответствии с настоящим изобретением, имеющей профилированную поверхность (не в реальном масштабе).

На фиг. 7А схематично показано поперечное сечение слоистой композиционной панели в соответствии с настоящим изобретением до приложения удара (не в реальном масштабе).

На фиг. 7В схематично показано поперечное сечение слоистой композиционной панели в соответствии с настоящим изобретением после приложения удара (не в реальном масштабе).

На фиг. 1 показана слоистая композиционная панель, имеющая первый поверхностный слой (10) листового полимерного материала, сцепленный с первой панелью (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами, причем отвержденный полимерный материал (14) проникает в поверхность первой панели (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами.

На фиг. 2 показан второй поверхностный слой (16) листового полимерного материала, тоже сцепленный с первой панелью из твердого вспененного материала с открытыми порами. И в этом случае отвержденный полимерный материал (18) проникает в поверхность первой панели (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами.

На фиг. 3 показан сердечник, который содержит первую и вторую панели (12, 20) из твердого вспененного материала с открытыми порами, соответственно сцепленные с первым и вторым поверхностными слоями (10, 16) листового полимерного материала. Отвержденный полимерный материал (14, 18) проникает в поверхность каждой первой и второй панелей (12, 20) из твердого вспененного материала с открытыми порами, а резиновый клей (22) соединяет вместе первую и вторую панели из твердого вспененного материала с открытыми порами. Можно видеть, что резиновый клей проникает в часть каждой первой и второй панелей из твердого вспененного материала с открытыми порами.

На фиг. 4 показано, что третья панель (26) из твердого вспененного материала введена между первой и второй панелями (12, 20) из твердого вспененного материала с открытыми порами. Резиновый клей (22, 24) соединяет вместе первую, вторую и третью панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, и проникает в часть каждой панели из твердого вспененного материала. Можно видеть, что третья панель из твердого вспененного материала содержит обломки (28) камня, керамики, стекла или других наполнителей, впрессованных в матрицу твердого вспененного материала с открытыми порами.

На фиг. 5 показано, что упрочняющая панель (30), например, из армированной стеклом пластмассы, установлена между первой и второй панелями (12, 20) из твердого вспененного материала с открытыми порами.

Как это показано на фиг. 6А-6С, профилированные поверхности слоистых композиционных панелей в соответствии с настоящим изобретением могут быть образованы при помощи процесса формовки.

В этом процессе, слой (10) листового полимерного материала, предпочтительно SMC, укладывают на верхнюю поверхность прессформы (32). Листовой полимерный материал (10) предпочтительно имеет такие размеры, что он может закрывать всю поверхность прессформы. На листовой полимерный материал (10) укладывают панель (12) из твердого вспененного материала. Используемый вспененный материал предпочтительно:

- является структурным и имеет свойства поддержки нагрузки;
- является хрупким и может быть отформован под давлением;
- является неэластичным, так что он, по существу, сохраняет свою форму после сжатия; и
- имеет открытые поры, так что газы могут улетучиваться из матрицы вспененного материала во время прессования, и так что отверждаемые материалы в листовом полимерном материале могут мигрировать в открытые поры вспененного материала, так чтобы образовывать сильную связь между листовым полимерным материалом и вспененным материалом.

Направленное вниз давление прикладывают к компонентам, как это показано на фиг. 6В, с использованием нажимной плиты (34). Предпочтительно, слои также нагревают. Слой (12) вспененного материала прижимают к поверхности расположенной внизу прессформы (32), так что вспененный материал раздавливается и нижняя поверхность вспененного материала (12) формируется в соответствии с конфигурацией поверхности прессформы (32). Листовой полимерный материал (10) также сжимают между поверхностью прессформы (32) и слоем (12) вспененного материала. Предпочтительно листовой полимерный материал нагревают, чтобы отверждать полимерный материал.

Воздух и другие газы, захваченные между листовым полимерным материалом (10) и слоем (12) вспененного материала, проходят через открытую ячеистую структуру (структуру открытых пор) вспененного материала. Компоненты удерживаются в прессформе за счет приложения давления и теплоты в течение времени, достаточного для образования связи (сцепления) между слоями, например в течение времени отверждения SMC. Поученное изделие затем вынимают из прессформы, как это показано на фиг. 6С, и затем оно может быть связано с первым изолирующим слоем, как уже было описано здесь выше.

На фиг. 7А и 7В показана слоистая композиционная панель, имеющая две первые панели (12) из твердого вспененного материала с открытыми порами, между которыми зажата имеющая более низкую плотность вторая панель (20) из твердого вспененного материала с открытыми порами. На фиг. 7А показана волна (36) энергии, приближающаяся к композиционной панели, и соударяющаяся с композиционной панелью на фиг. 7В. Как это показано на фиг. 7В, удар сжимает имеющую более низкую плотность вторую панель из твердого вспененного материала. Первая панель из твердого вспененного материала остается неповрежденной.

Примеры

Пример 1.

Была сконструирована стойкая к взрыву панель, которая содержит сердечник, содержащий единственную панель из вспененного твердого фенольного полимера с открытыми порами (82 мм толщиной), первый поверхностный слой SMC (1,5 мм) и второй поверхностный слой SMC (1,5 мм). Слой ткани из ориентированных стекловолокон (1 мм) был установлен между панелью из вспененного твердого фенольного полимера и первым поверхностным слоем SMC. Образующие слои взрывостойкой панели были собраны, нагреты и отпрессованы, чтобы отвердить SMC, так что отверждаемый материал из первого поверхностного слоя SMC проникает в ткань из ориентированных стекловолокон и в поверхность панели из вспененного фенольного полимера, а отверждаемый материал из второго поверхностного слоя SMC проникает в противоположную поверхность панели из вспененного фенольного полимера. Результирующая панель имеет толщину 85 мм. Слой тканой ленты из кевлара (полиарамидной тканой ленты) был прикреплен ко второму поверхностному слою SMC.

Четыре такие панели, имеющие высоту 2,0 м и толщину 0,80 м, были собраны рядом друг с другом в стальной раме, с использованием расширяющихся скоб, так чтобы образовать стенку высотой около 2,4 м и шириной 4,0 м.

Заряд взрывчатого вещества (1800 кг смеси нитрата аммония с топочным мазутом) подрывали на расстоянии 70 м от стены, чтобы создать ударную взрывную волну, имеющую импульс $150 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$.

Датчик давления, установленный позади стены, во время взрыва не показывает изменения давления за счет взрыва. Кроме того, не наблюдали повреждение панелей.

Пример 2.

Была сконструирована стойкая к взрыву панель, которая содержит сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного фенольного полимера с открытыми порами (40 мм толщиной), сцепленную с упрочняющим слоем армированного стекловолокном пластика (13 мм толщиной), который сам был сцеплен со второй панелью из твердого вспененного фенольного полимера с открытыми порами (40 мм толщиной). Таким образом, сердечник содержит армированный стекловолокном пластик, зажатый между двумя панелями из вспененного фенольного полимера. Первый поверхностный слой SMC (1,5 мм) и второй поверхностный слой SMC (1,5 мм) были сцеплены соответственно с первой и второй панелями из твердого вспененного материала с открытыми порами. Слой ткани из ориентированных стекловолокон (1 мм) был установлен между первой панелью из вспененного твердого фенольного полимера с открытыми порами и первым поверхностным слоем SMC. Образующие слои взрывостойкой панели были собраны, нагреты и отпрессованы, чтобы отвердить SMC, так что отверждаемый материал из первого поверхностного слоя SMC проникает в ткань из ориентированных стекловолокон и в поверхность первой панели из вспененного твердого фенольного полимера с открытыми порами, а отверждаемый материал из второго поверхностного слоя SMC проникает в противоположную поверхность панели из вспененного твердого фенольного полимера с открытыми порами. Результирующая панель имеет толщину 85 мм. Слой тканой ленты из кевлара (полиарамидной тканой ленты) был прикреплен ко второму поверхностному слою SMC.

Как и ранее, четыре такие панели, имеющие высоту 2,0 м и толщину 0,80 м, были собраны рядом друг с другом в стальной раме, с использованием расширяющихся скоб, так чтобы образовать стенку высотой около 2,4 м и шириной 4,0 м.

Заряд взрывчатого вещества (1800 кг смеси нитрата аммония с топочным мазутом) подрывали на расстоянии 70 м от стены, чтобы создать ударную взрывную волну, имеющую импульс $150 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$.

Датчик давления, установленный позади стены, во время взрыва не показывает изменения давления за счет взрыва. Кроме того, не наблюдали повреждение панелей.

Сравнительный пример 3.

Стена с высотой 2,4 м, шириной 4,0 м и толщиной 0,20 м (ориентировочные размеры) была сконструирована из бетонных блоков с высотой 15 см, длиной 30 см и толщиной 20 см (ориентировочные размеры), с использованием стандартного строительного раствора.

Заряд взрывчатого вещества (1800 кг смеси аммиачной селитры с топочным мазутом) был взорван на расстоянии 70 м от стены, чтобы создать ударную волну, имеющую импульс $150 \text{ psi}\cdot\text{ms}^{-1}$ (50 фунтов на квадратный дюйм $\cdot \text{ms}^{-1}$). Стена была полностью разрушена, так что ни один шов с заполнением строительным раствором не остался целым и большинство бетонных блоков были превращены в обломки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Слоистая композиционная панель в качестве взрывостойкого экрана, причем слоистая композиционная панель содержит: (i) первый поверхностный слой листового полимерного материала; и (ii) сердечник, содержащий первую панель из твердого вспененного материала с открытыми порами или состоящий из нее, причем первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами является прогрессирующе неупруго деформируемой, так что ячейки вспененного материала, ближайšie к месту приложения силы, коллапсируют, фрагментируют или раздавливаются первыми, при этом ячейки, более удаленные от места приложения силы, первоначально остаются неповрежденными, и при этом листовый полимерный материал содержит отвержденный полимерный материал, проникший в поверхность первой панели из твердого вспененного материала с открытыми порами, образуя связь между первым поверхностным слоем и сердечником.

2. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой листовый полимерный материал содержит матрицу, содержащую термоотверждающуюся полимерную смолу или состоящую из нее.

3. Слоистая композиционная панель по п.2, в которой термоотверждающаяся полимерная смола выбрана из: сложнополиэфирные смолы, виниловые сложноэфирные смолы, эпоксидные смолы, фенольные смолы, бисмалеимидные смолы и полиимидные смолы.

4. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой листовый полимерный материал дополнительно содержит армирующие волокна.

5. Слоистая композиционная панель по п.4, в которой армирующие волокна содержат один или несколько типов из углеродных волокон, стекловолокон, арамидных волокон и/или полиэтиленовых волокон.

6. Слоистая композиционная панель по п.5, в которой листовый полимерный материал содержит листовой формовочный состав (SMC).

7. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой листовый полимерный материал имеет толщину в диапазоне от 0,5 до 25 мм.

8. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами выбрана из вспененных материалов с использованием фенольного полимера, вспененных материалов с использованием полистирола, вспененных материалов с использованием полиуретана, вспененных материалов с использованием полиэтилена, вспененных материалов с использованием поливинилхлорида, вспененных материалов с использованием поливинилацетата, вспененных материалов с использованием сложного полиэфира, вспененных материалов с использованием простого полиэфира и пенорезины.

9. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами содержит тонко диспергированный сыпучий упрочняющий материал.

10. Слоистая композиционная панель по п.9, в которой тонко диспергированный сыпучий упрочняющий материал представляет собой металлический сыпучий материал.

11. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами дополнительно содержит обломки камня, керамики, стекла или других заполнителей, впрессованных в матрицу вспененного материала с открытыми порами.

12. Слоистая композиционная панель по п.11, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами имеет плотность в диапазоне от 100 до 500 кг·м⁻³, за исключением любых обломков, которые впрессованы в матрицу вспененного материала с открытыми порами.

13. Слоистая композиционная панель по п.11, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами имеет плотность в диапазоне от 120 до 250 кг·м⁻³ за исключением любых обломков, которые впрессованы в матрицу вспененного материала с открытыми порами.

14. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами содержит вспененный материал, имеющий средний диаметр пор в диапазоне от 0,5 до 5 мм.

15. Слоистая композиционная панель по п.14, в которой первая панель из твердого вспененного материала с открытыми порами содержит вспененный материал, имеющий средний диаметр пор в диапазоне от 1 до 2 мм.

16. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой листовый полимерный материал проник в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину, которая, по меньшей мере, равна среднему диаметру пор вспененного материала.

17. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой листовый полимерный материал проник в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину по меньшей мере 0,5 мм.

18. Слоистая композиционная панель по п.17, в которой листовый полимерный материал проник в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину по меньшей мере 2,0 мм.

19. Слоистая композиционная панель по п.17, в которой листовый полимерный материал проник в твердый вспененный материал с открытыми порами на глубину 3,0 мм.

20. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой сердечник содержит один или несколько армирующих слоев.

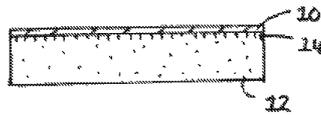
21. Слоистая композиционная панель по п.1, причем слоистая композиционная панель дополнительно содержит (iii) второй поверхностный слой листового полимерного материала, причем сердечник расположен между первым и вторым поверхностными слоями листового полимерного материала.

22. Слоистая композиционная панель по п.1, причем слоистая композиционная панель имеет профилированную поверхность.

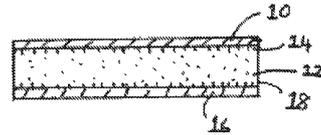
23. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой первый поверхностный слой листового полимерного материала сцеплен с материалом с поверхностным эффектом, выбранным из поверхности, имитирующей камень, поверхности, имитирующей кирпич, поверхности, имитирующей дерево, поверхности древесно-слоистого пластика, материала с высокой теплопроводностью или отражательной поверхности.

24. Слоистая композиционная панель по п.1, в которой сердечник имеет толщину в диапазоне от 20 до 500 мм.

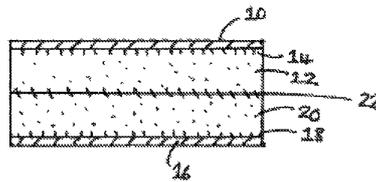
25. Слоистая композиционная панель по п.1, причем слоистая композиционная панель дополнительно содержит армированный тканый материал, выбранный из полиарамидного тканого материала или тканого материала на основе полиэтилена сверхвысокой молекулярной массы (UHMWPE), связанного с или расположенного на задней поверхности слоистой композиционной панели.



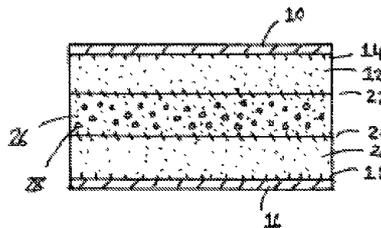
Фиг. 1



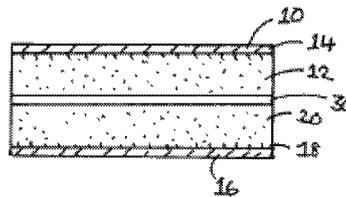
Фиг. 2



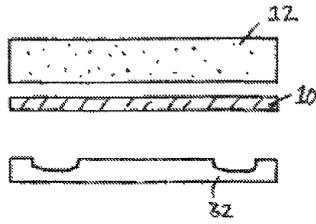
Фиг. 3



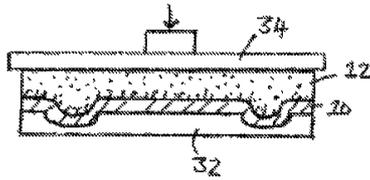
Фиг. 4



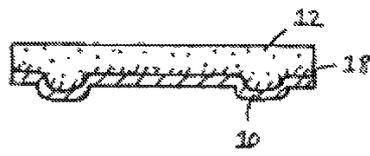
Фиг. 5



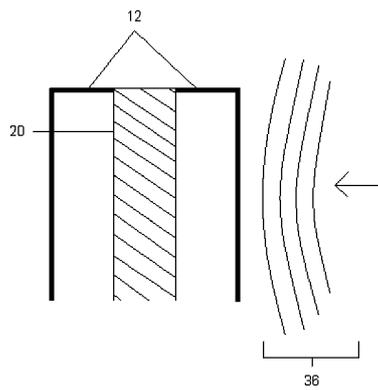
Фиг. 6А



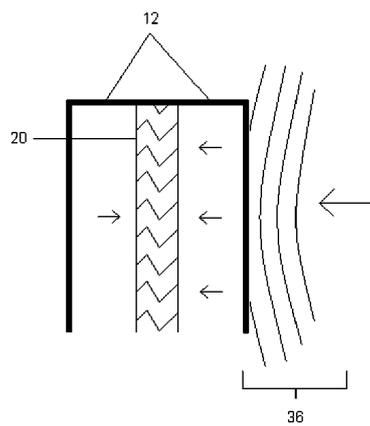
Фиг. 6В



Фиг. 6С



Фиг. 7А



Фиг. 7В

