

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036431**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.10

(21) Номер заявки
201890248

(22) Дата подачи заявки
2016.07.07

(51) Int. Cl. **B29C 33/38** (2006.01)
B29C 44/12 (2006.01)
B29C 44/34 (2006.01)
B29C 44/58 (2006.01)
B29K 71/00 (2006.01)
B29K 79/00 (2006.01)
B29K 81/00 (2006.01)
B29L 9/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ С АСИММЕТРИЧНЫМ В ОТНОШЕНИИ ТЕПЛОЕМКОСТИ И/ИЛИ ТЕПЛОПРОВОДИМОСТИ ПО ТОЛЩИНЕ ПРОФИЛЕМ

(31) 2015137

(32) 2015.07.10

(33) NL

(43) 2018.09.28

(86) PCT/NL2016/050489

(87) WO 2017/010872 2017.01.19

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФИТС ХОЛДИНГ Б.В. (NL)

(72) Изобретатель:
Де Гроот Мартин Теодор (NL)

(74) Представитель:
Андрущак Г.Н. (RU)

(56) NL-C-2012710
DE-B-1267416
WO-A1-2015014371
JP-A-H0687124
JP-A-H1199559
US-A-3743463

(57) Изобретение относится к способу изготовления сэндвич-панели с асимметричным в отношении теплоемкости и/или теплопроводности по толщине профилем. Способ включает следующие этапы: а) получение листообразной сборной конструкции с первым покровным элементом и вторым покровным элементом и сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего между этими покровными элементами агент вспенивания, в котором второй покровный элемент не соответствует первому покровному элементу в отношении теплоемкости и/или теплопроводности; б) нагрев сборной конструкции с приложением давления между пресс-формами в прессе, что способствует сцеплению сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами; в) вспенивание термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания между пресс-формами в прессе с помощью контролируемого увеличения расстояния между пресс-формами; d) охлаждение вспененной сэндвич-панели под давлением между пресс-формами; e) извлечение охлажденной таким образом сэндвич-панели из пресса и f) необязательно этап сушки сэндвич-панели. Во время этапа а) первый компенсационный элемент, соответствующий по условиям теплопроводности второму покровному элементу, помещается со стороны первого покровного элемента, и/или компенсационный элемент, соответствующий по условиям теплопроводности первому покровному элементу, помещается со стороны второго покровного элемента, а во время и по завершении этапа e) первый и/или второй компенсационные элементы извлекаются из сэндвич-панели.

036431 B1

036431 B1

Настоящее изобретение относится к способу производства сэндвич-панелей с асимметричным по толщине профилем, состоящих из сердцевинного элемента из пенонаполнителя, расположенного между двумя покровными элементами, и изготавливаемых по так называемой технологии вспенивания в изделии.

В документе EP 636463 A1 раскрывается данная так называемая технология вспенивания в изделии. Данная известная технология включает в себя этапы изготовления листа из термопластического материала, содержащего определенное количество соответствующего агента физического вспенивания (агент, вызывающий набухание, или растворитель), помещения данного листа между двумя покровными слоями аналогичного термопластического материала, армированного волокном, помещения сборной конструкции из термопластичного сердцевинного слоя и термопластических покровных слоев между двумя нагревательными прижимными пластинами, подачи тепла и давления на сборную конструкцию, вспенивания термопластического сердцевинного слоя при достижении температуры вспенивания путем увеличения расстояния между прижимными пластинами, охлаждения прижимных пластин по достижению заданной толщины вспененного сердцевинного слоя при одновременном поддержании давления на полученной таким образом сэндвич-панели и последующий этап сушки для уменьшения остаточного количества агента физического вспенивания или растворителя.

В документе NL 2012710 раскрывается промежуточное изделие, включающее оболочку и вспениваемый слой и дополнительно включающее армирующий слой, который внедрен во вспениваемый слой или между вспениваемым слоем и оболочкой. При вспенивании этот армирующий слой внедряется во вспененный слой или между вспененным слоем и оболочкой.

Из документа DE 1267416 известна опорная форма для изготовления изоляционных корпусов или контейнеров, выполненных из жесткого пенопласта, в которой элементы формы, обращенные к изготавливаемому изоляционному корпусу, включают в себя, по крайней мере, частично два или более слоя, практически параллельных поверхности формы; при этом слои выполнены из разных материалов. Слои в опорной форме расположены с чередованием теплоаккумулирующих металлических слоев и слоев из теплоизоляционного пенопласта в направлении изнутри наружу.

В документе WO 2006080833 A1 раскрывается, что в ходе этапа сушки остаточный агент в процессе использования технологии вспенивания в изделии; вместе с тем вытекания остаточного агента за пределы краев пенопластового сердцевинного слоя не происходит.

Технология вспенивания в изделии также может использоваться для изготовления подобных многослойных изделий, начиная с сердцевинного элемента, который состоит из термопластического материала, содержащего агент химического вспенивания и расположенного между покровными элементами, согласно информации, раскрываемой, например, в документах WO 2015065175 A1 и WO 201506176 A1.

В многослойных изделиях с симметричной по толщине конструкцией, полученных посредством упомянутой технологии вспенивания в изделии, сцепление между покровным слоем (или покровными слоями) и вспененным сердцевинным слоем более прочное по сравнению со связью между порами пенопласта. Таким образом, при приложении избыточной механической нагрузки на поверхность соприкосновения сердцевинного и покровного слоев, нарушение целостности, как правило, происходит во вспененном сердцевинном слое.

Также выяснилось, что при использовании данной технологии вспенивания в изделии из известного уровня техники для производства многослойных изделий с асимметричным по толщине профилем (принимая сердцевинный слой в качестве центральной части) сцепление между покровным слоем (армированным волокном) и вспененным сердцевинным слоем может нарушиться и что прочность на отрыв от поверхности низка по сравнению с симметричной конструкцией вспененного сердцевинного слоя из термопластического материала с такой же плотностью. Такие асимметричные профили могут быть наиболее эффективными при использовании каждой из двух уплощенных поверхностей сэндвич-панели для разных целей, вследствие чего для данных поверхностей потребуются различные свойства.

Следовательно, целью изобретения является получение сэндвич-панели с асимметричным профилем, в которой бы отсутствовали или проявлялись в меньшей или минимальной степени вышеперечисленные недостатки. В частности, изобретение направлено на повышение сцепления между покровным слоем (покровными слоями) и вспененным сердцевинным слоем в сэндвич-панели с асимметричным профилем.

Следовательно, способ в соответствии с настоящим изобретением упомянутого производства сэндвич-панели с асимметричным по толщине профилем состоит из следующих этапов:

а) этап сборки, заключающийся в получении листообразной сборной конструкции с первым покровным элементом и вторым покровным элементом, а также сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего между этими покровными элементами агент вспенивания, в котором второй покровный элемент не соответствует первому покровному элементу в отношении теплоемкости и/или теплопроводности;

б) этап нагрева, заключающийся в нагреве сборной конструкции, полученной на этапе а), с приложением давления между пресс-формами в прессе, что способствует сцеплению сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами;

с) этап вспенивания, заключающийся во вспенивании термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания между пресс-формами в прессе с помощью увеличения расстояния между упомянутыми пресс-формами;

д) этап охлаждения, заключающийся в охлаждении вспененной сэндвич-панели, полученной на этапе с) при удержании данной сэндвич-панели под давлением между пресс-формами;

е) этап выгрузки, заключающийся в извлечении охлажденной таким образом сэндвич-панели из пресса.

Причем в этом способе на этапе а) первый компенсационный элемент, соответствующий параметрам теплоемкости и теплопроводности второго покровного элемента, размещается со стороны первого покровного элемента, и/или второй компенсационный элемент, соответствующий параметрам теплоемкости и теплопроводности первого покровного элемента, размещается со стороны второго покровного элемента, и при этом в процессе проведения или после проведения этапа е) первый и/или второй компенсационные элементы извлекаются из сэндвич-панели.

В способе в соответствии с настоящим изобретением изначально подготавливается листообразная сборная конструкция путем послыжной укладки друг на друга первого покровного элемента, сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего достаточное количество агента физического вспенивания для вспенивания до требуемой конечной толщины, получаемой на этапах с) и д), и второго покровного элемента. Как правило, эти элементы листовые или пленочные. Для непрерывного производства "бесконечной" сэндвич-панели используется листообразная сборная конструкция из сплетений термопластичного сердцевинного элемента и покровных элементов, которые, как правило, сматываются с катушек. Для такого непрерывного производства может использоваться непрерывный способ прессования, раскрытый в документах 2015065175 А1 и WO 201506176 А1. С целью исключения двусмысленного толкования данного описания изобретения первый покровный элемент иногда именуется "нижний покровный элемент", а второй - "верхний покровный элемент". Верхний и нижний покровные элементы отличаются друг от друга по параметрам теплопроводности и/или теплоемкости. Как правило, такое отличие возникает, когда различается общая толщина и/или тип используемых в соответствующих покровных элементах материалов, у которых, например, может отличаться коэффициент теплопроводности и/или теплоемкость. Например, первый покровный элемент может содержать один термопластический слой (армированный волокном) определенной толщины, а второй покровный элемент может состоять из двух таких термопластических слоев (армированных волокном). Другим примером является сборная конструкция, в которой в качестве одного покровного элемента используется листовая металл, такой как алюминий, а второй покровный элемент содержит термопластичный материал (армированный волокном). Листообразная сборная конструкция, как правило, гибкая, что позволяет ей принять любую форму, соответствующую пресс-формам, которые в производстве плоских сэндвич-панелей могут представлять из себя плоские (уплощенные) элементы. Также рассматривается более сложный вид пресс-форм, такой как пресс-формы с изгибом или двойным изгибом в разных направлениях (например, для изготовления крыши автомобиля или боковой стенки интерьера летательного аппарата). Как правило, пресс-формы, такие как плоские прижимные пластины, устанавливаются в пресс с возможностью снятия.

Как указано выше, если такая сборная конструкция проходит через этапы способа вспенивания в изделии, включая этап вспенивания, этап охлаждения, этап выгрузки и этап сушки, то механические свойства получаемой сэндвич-панели, в частности качество сцепления, не являются надлежащими.

Без соотнесения с какой-либо теорией полагается, что эти ненадлежащие и нестабильные свойства возникают в результате разных условий охлаждения по причине наличия асимметрического профиля. Таким образом, между соответствующими поверхностями соприкосновения покровных элементов и вспененным термопластическим сердцевинным элементом из пенопласта возникает перепад температур. Если во время этапа охлаждения, в частности на этапе быстрого охлаждения со скоростью 100°C/мин, используется агент физического вспенивания (агент, вызывающий набухание, или растворитель), то на данных поверхностях соприкосновения концентрация используемого агента будет выше, чем в центре термопластического сердцевинного элемента. В связи с перепадом температур в воздухе возникает поток агента физического вспенивания; как следствие, воздух всасывается из окружающей среды во время открытия пресса на этапе вспенивания, а поток вызывает локальное разрушение новообразованных пор пенопласта, в частности, в пределах поверхностей соприкосновения. В результате этого сцепление между покровными элементами и вспененным сердцевинным элементом может ослабляться. Также в процессе нагрева до температуры вспенивания может возникать перепад температур, при котором температурные и временные условия, воздействующие на поверхность соединения между сердцевинным элементом, содержащим агент физического вспенивания, и соответствующим покровным элементом, различаются для верхней и нижней сторон, что приводит к варьированию показателей сцепления на обеих сторонах.

Если используется агент химического вспенивания, который при превышении собственной температуры разложения разлагается на газообразные продукты, такие как азот, аммиак, кислород, углекислый газ и окись углерода, то быстрое охлаждение с температуры вспенивания (которая предусматривательно устанавливается на уровень температуры плавления соответствующего термопластического материала в

сердцевинном элементе), в частности неоднородное охлаждение, вызванное перепадом температуры по причине использования асимметричного профиля, может вызвать усадочные напряжения, в частности, на поверхностях соприкосновения покровного элемента и вспененного сердцевинного элемента, что оказывает локальное воздействие на качество сцепления.

Данное изобретение нейтрализует возникновение упомянутого перепада температур и последствия такого перепада путем внедрения одного или нескольких компенсационных элементов в сборную конструкцию, что позволяет повлиять на теплопроводность и теплоемкость, достичь большей симметрии профиля и добиться отсутствия объединения дополнительных компенсационных элементов с соответствующими покровными слоями во время указанного процесса. Другими словами, только вспененный сердцевинный элемент будет приклеен к покровным элементам на этапах b) и c). Предполагается, что такой тип компенсации или уравнивания свойств теплопередачи покровных элементов в сочетании с компенсационными элементами сократит перепад температур между поверхностями соприкосновения вспененного сердцевинного элемента и покровных элементов во время этапа охлаждения, тем самым сократив локальный поток агента физического вспенивания и образование внутреннего усадочного напряжения по причине сжатия при охлаждении с использованием агента химического вспенивания. Если используется агент физического вспенивания, то компенсационные элементы также обеспечивают более однородный прогрев, что способствует равномерному сцеплению с соответствующими нижним и верхним покровными элементами. Таким образом, в соответствии с настоящим изобретением на этапе a) первый компенсационный элемент и/или второй компенсационный элемент устанавливаются на соответствующих наружных поверхностях первого и второго покровных элементов.

В соответствии с настоящим изобретением данный способ может быть реализован с помощью любого термопластического материала в сердцевинном элементе, который может быть вспенен с использованием агента вспенивания. Примеры подходящих термопластических материалов включают полиэфиримид (PEI), полиэфирсульфон (PES), полисульфон (PSU), полифениленсульфид (PPS), полифенилсульфон (PPSU), поликетон, жидкокристаллические полимеры, поликарбонат (PC), пропилен и т.д. Для использования совместно с агентом физического вспенивания предпочтительно использовать в качестве термопластического материала полиэфиримид (PEI). Различные марки данного материала выпускаются под торговой маркой Ultem компанией Sabie JP. Для использования совместно с агентом химического вспенивания предпочтительно использовать полиолефины, в частности полиэтилен и полипропилен, а также кристаллические био- и термопластмассы.

Сердцевинный элемент содержит агент вспенивания, количество которого достаточно для вспенивания термопластического материала до требуемой толщины в сердцевинном элементе. Данная толщина определяется конечным расстоянием между пресс-формами на этапах вспенивания c) и охлаждения d). Типовые примеры агентов физического вспенивания включают в себя низкокипящие органические соединения. Предпочтительным примером служит ацетон.

Разложение агента химического вспенивания при высокой температуре, когда вязкость или прочность расплава термопластического материала сердцевинного элемента мала, дает преимущество, при котором газообразные продукты разложения равномерно распределяются в пределах всего сердцевинного элемента до вспенивания. Экструдированные пленки термопластического материала сердцевинного элемента с достаточным количеством агента химического вспенивания возможно экструдировать при температуре, немного превышающей температуру плавления (интервала плавления) рассматриваемого термопластического материала и не достигающей значения, при котором начинается разлагаться агент химического вспенивания. Данная температура, при которой начинается разлагаться агент химического вспенивания, часто находится в пределах 10-20% температуры плавления (интервала плавления) термопластического материала. Таким образом, эффективное разложение агента химического вспенивания в течение десятков секунд может проводиться при температуре на 25-35% выше температуры плавления (интервала плавления) первого термопластического материала.

К примеру, у имеющегося в продаже пропилена (изотактического) температура плавления (определенная по методике дифференциальной сканирующей калориметрии) находится в диапазоне 160-171°C в зависимости от количества имеющегося атактического полипропилена и степени кристалличности. Агент химического вспенивания азодикарбонамид в зависимости от размера частиц порошка, как правило, начинает разлагаться при температуре выше 170°C. При этом температурное разложение в настоящем изобретении, как указано выше, преимущественно проводится при значительно более высокой температуре, например при температуре превышающей 200°C.

Другими примерами агентов химического вспенивания являются азобисизобутиронитрил, диазоаминобензол, мононатрийцитрат и оксис-(п-бензолсульфонил)гидразид. Предпочтительно использовать азосоединения, гидразин и прочие агенты химического вспенивания на основе азота. В данной категории предпочтительным примером служит азодикарбонамид. Примерами также являются изоцианат для полиуретана и бикарбонат натрия.

Покровные элементы могут быть сделаны из листового термопластического материала, металлов и их сочетаний. При этом если существует термопластический материал покровного элемента, то он соответствует термопластическому материалу сердцевинного элемента. Для агентов физического вспенива-

ния в термопластическом сердцевинном элементе можно использовать следующие термопластические материалы: полиэфирсульфон (PES), полифенилсульфон (PPSU) и полисульфон (PSU), и, в частности, полиэфиримид (PEI) ввиду хороших огнезащитных свойств. Тем не менее рассматриваются также комбинации различных термопластичных материалов. Соответствующие примеры таких материалов включают, в частности, полиэфиримид для находящегося между покровными элементами сердцевинного элемента, полистирол или пропиленкарбонат как минимум для одного покровного элемента, полиэфирсульфон для сердцевинного элемента и пропиленкарбонат как минимум для одного покровного элемента. Если используется агент химического вспенивания в термопластическом сердцевинном элементе и термопластический материал в покровном элементе, то этот термопластический материал, как правило, аналогичен термопластическому материалу в сердцевинном элементе. Для покровного элемента предпочтительно использовать алюминий ввиду его веса. Ввиду веса и прочности в преимущественном варианте осуществления изобретения как минимум один из покровных элементов (первого и второго) содержит один или несколько слоев термопластика, армированного волокном.

В этой связи необходимо упомянуть, что в варианте осуществления изобретения с содержанием агента физического вспенивания в термопластическом сердцевинном элементе и покровного элемента, представляющего собой несколько подслоев термопластического материала (армированного волокном), как правило, эти слои консолидируются (а именно подвергаются тепловой обработке при температуре выше температуры стеклования под давлением) перед выполнением этапа а) таким образом, что подслои термопластического материала необратимо прилипают друг к другу, образуя единый составной покровный элемент. Данный этап консолидации является необходимым по причине того, что на этапе вспенивания между этими слоями не возникнет связи, так как изначально этап вспенивания осуществляется при температуре вспенивания ниже температуры стеклования термопластического материала в покровном элементе (покровных элементах); к тому же агент физического вспенивания не может попасть из сердцевинного элемента через прилегающий слой на поверхность соприкосновения между слоями покровного элемента.

Напротив, если у агента химического вспенивания температура разложения выше температуры плавления (интервала плавления) термопластического материала в сердцевинном элементе и термопластического материала в покровных элементах, то предварительная консолидация нескольких отдельных слоев для подготовки единого консолидированного покровного элемента не является обязательной. В таком случае на этапе нагрева б) температура повышается выше температуры разложения агента химического вспенивания таким образом, что происходит консолидирование нескольких термопластических слоев в покровном элементе.

Предпочтительным примером армирования является стекловолокно, если армирование происходит в покровном элементе. Кроме того, могут также применяться и другие неорганические волокна, такие как металловолокно, углеродное волокно и органические волокна, например арамидные волокна. В дополнение к вышеперечисленным синтетическим волокнам также могут применяться натуральные волокна. Волокнам армирования покровного элемента можно придать произвольное направление. При этом требования к длине и направлению волокон не предъявляются. Вязаные и тканые волокна, рогажа, ткань и однонаправленные волокна представляют собой различные вариации подобного исполнения.

Этап вспенивания, этап охлаждения и этап сушки проводятся при условиях, подобных условиям, которые были раскрыты в вышеуказанных документах существующего уровня техники, и зависят от исходных материалов, включая тип агента вспенивания и размеры самих материалов.

На этапе вспенивания производится вспенивание пенопласта с закрытыми порами: как правило, используется анизотропный пенопласт с удлиненными порами, ориентированными по высоте (т.е. наибольший размер пор наблюдается в направлении от одного покровного элемента к другому).

Как правило, в соответствии с настоящим изобретением данный процесс изменяется согласно типу используемого агента вспенивания.

При условии, что агент вспенивания в термопластическом материале сердцевинного элемента является агентом физического вспенивания, на этапе б) сборную конструкцию нагревают до температуры вспенивания, значение которой ниже температуры стеклования термопластического материала в сердцевинном элементе, и после этапа е) проводится этап сушки ф) полученных таким образом сэндвич-панелей.

При условии, что агент вспенивания в термопластическом материале сердцевинного элемента является агентом химического вспенивания с температурой разложения, превышающей температуру плавления (или интервал плавления) термопластического материала в сердцевинном элементе, на этапе б) сборную конструкцию нагревают до температуры, превышающей температуру разложения агента химического вспенивания, таким образом, что возникает разложение, а затем сборную конструкцию (по-прежнему находящуюся под давлением) предпочтительно охлаждают до температуры вспенивания, значение которой, как правило, выше или на уровне температуры плавления (интервала или точки плавления) термопластического материала в сердцевинном элементе. Затем проводится этап вспенивания и этап охлаждения, как описано выше. Возможно вспенивание при температуре разложения, которая гораздо выше температуры плавления (интервала плавления) рассматриваемого термопластического материала,

но в результате низкой вязкости может возникнуть относительное ослабление пор вспененного сердцевинного элемента.

Как правило, давление на этапе нагрева, этапе вспенивания и этапе охлаждения находится в диапазоне 3-5 МПа. Также рассматриваются более высокие значения давления. На этапе вспенивания с) сборная конструкция со включенным компенсационным элементом (элементами) размещается в прессе предпочтительно с предварительным подогревом. При нагреве пресса температура сборной конструкции (на основе агента физического вспенивания) и дополнительного компенсационного элемента (элементов) достигает температуры вспенивания (например, 175-182°C для сердцевинного элемента из полиэфиримида). Во время нагрева модуль удерживается между нагреваемыми пресс-формами под давлением во избежание раннего расширения сердцевинного элемента и для одновременного сцепления вспениваемого сердцевинного элемента и покровных элементов. После этого расстояние между пластинами пресса увеличивается. На этапе охлаждения с) вспененный модуль, удерживаемый в прессе под давлением (как правило под тем же давлением, что и при вспенивании), охлаждается до температуры окружающей среды. После выгрузки из пресса сэндвич-панели, полученной таким образом, и извлечения компенсационного элемента (компенсационных элементов) сэндвич-панель, изготовленная на основе агента физического вспенивания, должна пройти обработку посредством сушки для уменьшения количества агента физического вспенивания. Данная обработка посредством сушки преимущественно выполняется путем повышения температуры с определенным интервалом до значения порядка 150°C, т.е. приблизительно до температуры стеклования вспененного термопластичного сердцевинного материала. Для полиэфиримида значение T_g составляет 217°C. Интервал повышения температуры, как правило, составляет приблизительно 10°C. Сэндвич-панель удерживается при каждой промежуточной температуре на протяжении необходимого достаточного периода времени, например 2 ч. Этап сушки е) начинается преимущественно по истечению 10-12 ч после окончания этапа вспенивания б). Если как минимум один из покровных элементов включает в себя термопластический материал, то сушка преимущественно производится согласно способу, раскрытому в документе WO 2006/080833 A1. Если в качестве агента химического вспенивания используется термопластический олефин, такой как полиэтилен или полипропилен, то этап сушки не является обязательным.

Сэндвич-панели, полученные способом в соответствии с настоящим изобретением, могут подлежать дальнейшей обработке, например приданию окончательной формы посредством чистовой обработки кромок. Сэндвич-панели, выполненные в соответствии с настоящим изобретением, преимущественно используются в легковесных конструкциях, когда требуются огнестойкие свойства или достаточная прочность и жесткость. Предпочтительной сферой применения является транспортный сектор, включая автомобильную промышленность, а в частности, авиационно-космическую промышленность.

В простом варианте осуществления данного изобретения первый компенсационный элемент идентичен второму покровному элементу и/или второй компенсационный элемент идентичен первому покровному элементу. Вариант осуществления изобретения представляется особенно эффективным, если первый и второй покровные элементы модуля состоят из разных материалов, например, с одной стороны размещается металлический лист, а с противоположной стороны размещается один или несколько листов (консолидированных или неконсолидированных в зависимости от типа агента вспенивания, как описано выше) термопластического материала, армированного волокном. Затем в соответствии с данным предпочтительным вариантом осуществления изобретения аналогичное число листов термопластического материала, армированного волокном, размещается под металлическим покровным элементом в соответствующей пресс-форме, а над вторым покровным элементом устанавливается аналогичный металлический лист.

Если в варианте осуществления агента химического вспенивания предусматривается покровный элемент, включающий в себя аналогичный термопластичный материал в качестве сердцевинного материала, то существует риск, что выполненный из термопластического материала компенсационный элемент (компенсационные элементы) прилипнет к покровному элементу. Такое нежелательное сцепление можно предотвратить с помощью термостойкого разделительного листа или пленки, например тефлонового листа, расположенного между наружной поверхностью покровного элемента, который содержит покровный слой (армированный волокном), и компенсационным элементом. Как правило, для восстановления теплового баланса с другой стороны используется аналогичный разделительный лист или пленка.

В другом предпочтительном варианте осуществления первый покровный элемент содержит первое количество слоев, которые в случае применения агента физического вспенивания возможно консолидировать в составной элемент, из термопластического материала, преимущественно термопластического материала, армированного волокном, а второй покровный элемент содержит второе, но иное количество слоев, консолидируемое в составной элемент там, где это требуется, аналогичного термопластического материала (армированного волокном). Таким образом, общая толщина или общее количество армирующих слоев отличается. В ситуации, при которой отличается только толщина, как правило, достаточно иметь только компенсационный элемент на покровном элементе для получения одинаковой общей толщины с обеих сторон. Данный компенсационный элемент включает в себя исходные слои покровного

элемента, количественно отличающихся от слоев в покровном элементе.

В предпочтительном варианте осуществления способа в соответствии с настоящим изобретением при использовании агента физического вспенивания в термопластическом сердцевинном элементе начальной сборочной конструкции этап охлаждения d) состоит из двух подэтапов d1) и d2). На первом подэтапе d1) вспененный модуль с дополнительным компенсационным элементом (компенсационными элементами) подвергается первой процедуре охлаждения от температуры вспенивания до промежуточной температуры с первой скоростью охлаждения, а на втором подэтапе d2) вспененный модуль с дополнительным компенсационным элементом (компенсационными элементами) подвергается второй процедуре охлаждения до окружающей температуры со второй скоростью охлаждения; при этом вторая скорость охлаждения меньше первой скорости охлаждения. Как правило, промежуточная температура находится в диапазоне поделенной пополам температуры вспенивания ($\pm 10-20^{\circ}\text{C}$). Например, сэндвич-панель со вспененным сердцевинным элементом на основе полиэфиримида охлаждается на первом подэтапе от температуры вспенивания, приблизительно равной 180°C , до промежуточной температуры 90°C в течение 40 с; предпочтительно в течение 15-25 с. На втором подэтапе сэндвич-панель охлаждается до комнатной температуры со скоростью охлаждения, составляющей максимум половину от скорости охлаждения на первом подэтапе; предпочтительно менее $20^{\circ}\text{C}/\text{мин}$. Такое многоэтапное охлаждение оказалось наиболее эффективным ввиду прочности сцепления.

Если изначальная сборочная конструкция содержит агент химического вспенивания, то достаточно одной высокой скорости охлаждения.

Изобретение далее представлено следующими примерами.

Пример 1 (в соответствии с известным уровнем техники).

Первый и второй покровные элементы: каждый слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$); толщина слоя 0,23 мм.

Термопластический сердцевинный элемент: двойная пленка из полиэфиримида Ultem 1000 с пропиткой ацетоном 12,1-12,9 мас.%; толщина пленки - в диапазоне 250-300 мкм.

Процентное соотношение ацетона в пленке определяется как ((масса пленки+ацетон в граммах) - (масса чистой пленки в граммах)), деленная на (массу чистой пленки в граммах).

Было изготовлено несколько панелей по технологии FITS (плоскостной размер 50×30 см) в следующей конфигурации.

Симметричный набор слоев был собран с применением двух полиэфиримидных пленок, пропитанных ацетоном, используемый в качестве сердцевинного элемента между идентичными первым и вторым покровными элементами. Данный модуль был помещен между нагревательными прижимными пластинами пресса. После закрывания пресса модуль подвергался мгновенному нагреву до требуемой температуры вспенивания $-178-180^{\circ}\text{C}$. Центр устройства измерения температуры (элемент Pt типа K) располагался на 4 мм ниже поверхности прижимных пластин. Давление составляло 4 МПа. По достижении указанной температуры вспенивания пресс при поддержании давления практически на одном уровне открывался в соответствии с определенной кривой вспенивания на заданную толщину (как указано ниже) итоговой сэндвич-панели; после чего прижимные пластины и соответственно термопластическая сэндвич-панель охлаждались от температуры вспенивания до 90°C в течение 20 с, а затем - до температуры ниже 60°C со скоростью менее $10^{\circ}\text{C}/\text{с}$. После этого полученные сэндвич-панели проходили обработку посредством сушки по способу, описанному в документе WO 2006080833 A1: кромки были оклеены для уменьшения периферийного вытекания ацетона и его распределения по покровным элементам, а шаг температуры составлял 10°C с интервалами 2-4 ч при заданной температуре.

Таким образом, были изготовлены сэндвич-панели толщиной 9,5 и 7,5 мм. Сэндвич-панели были испытаны на предмет сцепления между термопластическими покровными элементами из полиэфиримида, армированными стекловолокном, и сердцевинным элементом, выполненным из полиэфиримида по технологии вспенивания в изделии, с помощью методики испытаний прочности на отрыв ASTM C297.

Термопластическая сэндвич-панель толщиной 9,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии с плотностью пены $85\text{ кг}/\text{м}^3$ (полученной из 2 полиэфиримидных пленок, пропитанных ацетоном, толщиной 300 мкм каждая), продемонстрировала прочность на отрыв, равную 3,4 МПа. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 7,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии с плотностью пены $90\text{ кг}/\text{м}^3$ (полученной из 2 полиэфиримидных пленок, пропитанных ацетоном, толщиной 250 мкм каждая), продемонстрировала прочность на отрыв, равную 3,9 МПа.

Как правило, разрушение испытательных образцов возникало в термопластическом элементе, что указало на то, что сцепляемость между сердцевинным элементом и покровным элементом является надежной. Отделить вручную покровные элементы со вспененного сердцевинного элемента оказалось невозможным.

Пример 2 (сравнительный).

Первый покровный элемент: один слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$); толщина слоя - 0,23 мм.

Второй покровный элемент: один составной элемент, изначально состоящий из двух слоев армиро-

ванного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$); общая толщина - 0,46 мм; термопластический сердцевинный элемент: двойная пленка из полиэфиримида Ultem 1000 с пропиткой ацетоном 12,9 мас.%; толщина пленки - в диапазоне 250-300 мкм.

Из термопластического сердцевинного элемента была подготовлена асимметричная сборочная конструкция между первым и вторым покровными элементами. Данный модуль при аналогичных условиях подвергался вспениванию на месте, как описано в примере 1.

Были получены сэндвич-панели (25×25 см) толщиной 9,75 мм, начинающиеся с двух пленок из полиэфиримида, пропитанных ацетоном, толщиной 300 мкм каждая, и соответственно сэндвич-панели толщиной 7,75 мм, начинающиеся с двух пленок из полиэфиримида, пропитанных ацетоном, толщиной 250 мкм каждая. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 9,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии, с плотностью пены 85 кг/м^3 продемонстрировала прочность на отрыв, равную 1,5 МПа. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 7,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии, с плотностью пены 90 кг/м^3 продемонстрировала прочность на отрыв, равную 2,0 МПа.

Разрушение испытательных образцов возникало на поверхности соприкосновения термопластического покровного элемента, армированного волокном, и сердцевинного элемента, выполненного по технологии вспенивания на месте, что указало на то, что сцепляемость на поверхностях соприкосновения меньше, чем прочность пенопласта. Также удалось легко отделить вручную покровные элементы от пены сердцевинного элемента.

Пример 3 (в соответствии с настоящим изобретением).

За основу брался пример 2, за исключением того, что компенсационный элемент, состоящий из одного дополнительного слоя, армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$; толщина слоя 0,23 мм), размещался на первом покровном элементе. Таким образом, симметричный набор слоев на основе асимметричной сборочной конструкции и компенсационного элемента подвергался вспениванию по технологии вспенивания в изделии.

Первый покровный элемент: один слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$); толщина слоя 0,23 мм.

Второй покровный элемент: один составной элемент, изначально состоящий из двух слоев армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781, $33\pm 2\%$); общая толщина 0,46 мм; термопластический сердцевинный элемент: двойная пленка из полиэфиримида (PEI) Ultem 1000 с пропиткой ацетоном 12,1-12,9 мас.%; толщина пленки - в диапазоне 250-300 мкм.

Первый компенсационный элемент: один слой из армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; $33\pm 2\%$); толщина слоя 0,23 мм

Были получены сэндвич-панели (25×25 см) толщиной 9,75 мм, начинающиеся с двух пленок из полиэфиримида, пропитанных ацетоном, толщиной 300 мкм каждая, и соответственно сэндвич-панели толщиной 7,75 мм, начинающиеся с двух пленок из полиэфиримида, пропитанных ацетоном, толщиной 250 мкм каждая. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 9,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии, с плотностью пены 85 кг/м^3 продемонстрировала прочность на отрыв, равную 3,4 МПа. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 7,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии, с плотностью пены 90 кг/м^3 продемонстрировала прочность на отрыв, равную 3,9 МПа.

Разрушение испытательных образцов возникало во вспененном сердцевинном элементе. Отделить вручную покровные элементы со вспененного сердцевинного элемента оказалось невозможным.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ изготовления сэндвич-панели с асимметричным в отношении теплоемкости и/или теплопроводности по толщине профилем, включающий следующие этапы:

а) этап сборки, заключающийся в получении листообразной сборной конструкции с первым покровным элементом и вторым покровным элементом, а также сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего между этими покровными элементами агент вспенивания, в котором второй покровный элемент не соответствует первому покровному элементу в отношении теплоемкости и/или теплопроводности;

б) этап нагрева, заключающийся в нагреве сборной конструкции, полученной на этапе а), с приложением давления между пресс-формами в прессе, что способствует сцеплению сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами;

с) этап вспенивания, заключающийся во вспенивании термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания между пресс-формами в прессе с помощью увеличения расстояния между упомянутыми пресс-формами;

д) этап охлаждения, заключающийся в охлаждении вспененной сэндвич-панели, полученной на этапе с) при удержании данной сэндвич-панели под давлением между пресс-формами;

е) этап выгрузки с извлечением из пресса сэндвич-панели охлажденной таким образом, в котором на этапе а) первый компенсационный элемент, соответствующий параметрам теплоемкости и теплопроводности второго покровного элемента, размещается со стороны первого покровного элемента, и/или

второй компенсационный элемент, соответствующий параметрам теплоемкости и теплопроводности первого покровного элемента, размещается со стороны второго покровного элемента, и причем в процессе проведения или после проведения этапа е) первый и/или второй компенсационные элементы извлекаются из сэндвич-панели.

2. Способ по п.1, в котором первый компенсационный элемент идентичен второму покровному элементу и/или второй компенсационный элемент идентичен первому покровному элементу.

3. Способ по п.1 или 2, в котором агент вспенивания в термопластическом материале сердцевинного элемента является агентом физического вспенивания; в котором на этапе b) сборную конструкцию нагревают до температуры вспенивания, значение которой ниже температуры стеклования термопластического материала в сердцевинного элемента; и в котором после этапа е) проводится этап сушки f) полученных таким образом сэндвич-панелей.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором как минимум один из покровных элементов (первого и второго) содержит слой термопластического материала, преимущественно термопластического материала, армированного волокном.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором термопластический материал покровного элемента аналогичен термопластическому материалу сердцевинного элемента.

6. Способ по п.4, в котором термопластический материал покровного элемента выбирается из группы материалов, включающей в себя полиэфиримид (PEI), полиэфирсульфон (PES), полифенилсульфон (PPSU) и полисульфон (PSU).

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором первый покровный элемент состоит из одного или нескольких консолидированных слоев из термопластического материала, армированного волокном, и в котором второй покровный элемент включает в себя металлический слой.

8. Способ по любому из пп.1-6, в котором первый покровный элемент состоит из одного или нескольких консолидированных слоев из термопластического материала, армированного волокном, и в котором второй покровный элемент включает в себя другое количество консолидированных слоев из аналогичного термопластического материала, армированного волокном.

9. Способ по любому из пп.3-8, в котором агентом физического вспенивания является ацетон.

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором на этапе с) охлаждение проводится в два подэтапа, включающий первый подэтап с1) охлаждения вспененной сборочной конструкции от температуры вспенивания до промежуточной температуры в диапазоне 70-100°C с первой скоростью охлаждения и второй подэтап с2) охлаждения вспененного модуля от промежуточной температуры до температуры окружающей среды со второй скоростью охлаждения; при этом вторая скорость охлаждения меньше первой скорости охлаждения.

11. Способ по п.1 или 2, в котором агент вспенивания в термопластическом материале сердцевинного элемента является агентом химического вспенивания с температурой разложения, превышающей температуру плавления или интервал плавления термопластического материала в сердцевинном элементе, и в котором на этапе b) производится нагревание до температуры, превышающей температуру разложения агента химического вспенивания, таким образом, что возникает разложение агента химического вспенивания, и затем производится охлаждение до температуры вспенивания, значение которой выше или на уровне температуры плавления термопластического материала в сердцевинном элементе.

12. Способ по п.11, в котором как минимум один из покровных элементов, первого и второго, содержит слой термопластического материала, преимущественно армированного волокном; в котором на этапе а) термостойкий разделительный слой помещается между каждым покровным элементом, включающим в себя термопластический материал, преимущественно армированный волокном, и соответствующий компенсационный элемент, и в котором с каждой стороны модуля присутствует такой разделительный слой.

13. Способ по любому из пп.11 и 12, в котором термопластический материал покровного элемента аналогичен термопластическому материалу сердцевинного элемента.

14. Способ по любому из пп.11-13, в котором термопластический материал сердцевинного элемента выбирается из кристаллических термопластических материалов.

15. Способ по любому из пп.11-14, в котором термопластический материал сердцевинного элемента выбирается из полиолефинов, в частности полиэтилена и полипропилена.

16. Способ по любому из пп.11-15, в котором первый покровный элемент включает в себя один или несколько консолидированных слоев из термопластического материала, армированного волокном, и в котором второй покровный элемент включает в себя металлический слой.

17. Способ по любому из пп.11-16, в котором первый покровный элемент состоит из одного или нескольких консолидированных слоев из термопластического материала, армированного волокном, и в котором второй покровный элемент включает в себя другое количество консолидированных слоев из аналогичного термопластического материала, армированного волокном.

18. Способ по п.4, в котором как минимум один из покровных элементов (первого и второго) содержит слой термопластического материала, армированного волокном.

19. Способ по п.12, в котором как минимум один из покровных элементов (первого и второго) со-

держит слой термопластического материала, армированного волокном.

20. Способ по п.19, в котором на этапе а) термостойкий разделительный слой размещается между каждым покровным элементом, который содержит в себе термопластический материал, армированный волокном.

21. Способ по п.15, в котором термопластическим материалом сердцевинного элемента является полиэтилен или полипропилен.

