

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **034489**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.02.13

(21) Номер заявки
201890240

(22) Дата подачи заявки
2016.07.07

(51) Int. Cl. **B29C 44/34** (2006.01)
B29C 44/58 (2006.01)
B29C 44/12 (2006.01)
B32B 5/20 (2006.01)
B29C 35/16 (2006.01)
B29K 75/00 (2006.01)

(54) **СПОСОБ ПРОИЗВОДСТВА СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЕЙ**

(31) **2015138**

(32) **2015.07.10**

(33) **NL**

(43) **2018.04.30**

(86) **PCT/NL2016/050488**

(87) **WO 2017/010871 2017.01.19**

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

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

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

(56) **US-A1-2010129584**
WO-A1-8604017
EP-A1-0636463
GB-A-1518847

(57) Изобретение относится к способу производства сэндвич-панели, содержащему следующие этапы: а) получение листообразной сборной конструкции первого покровного элемента и второго покровного элемента, а также сердцевинного элемента из термопластического материала, расположенного между этими покровными элементами и содержащего агент физического вспенивания; б) нагревание узла, полученного на этапе а) с приложением давления между пресс-формами в прессе до температуры вспенивания меньшей, чем температура стеклования термопластического материала в покровном элементе, что способствует сцеплению вспененного сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами; с) вспенивание термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания, когда расстояние между упомянутыми пресс-формами увеличено; d) этап охлаждения, заключающийся в охлаждении вспененной сэндвич-панели, полученной на этапе с) при удержании данной сэндвич-панели под давлением между пресс-формами; e) извлечение охлажденной таким образом сэндвич-панели из пресса; f) сушка сэндвич-панели, полученной таким образом; при котором этап охлаждения d) включает первый подэтап d1) охлаждения вспененной сборной конструкции от температуры вспенивания до промежуточной температуры в диапазоне 70-100°C с первой скоростью охлаждения и второй подэтап d2) охлаждения вспененной сборной конструкции от промежуточной температуры до температуры окружающей среды со второй скоростью охлаждения; при этом вторая скорость охлаждения меньше первой скорости охлаждения.

B1

034489

034489

B1

Настоящее изобретение относится к способу производства сэндвич-панелей, состоящих из сердцевинного элемента из пенонаполнителя, расположенного между двумя покровными элементами, и изготовляемых 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 WO 2006080833 A1 раскрывается, что в ходе этапа сушки остаточный агент физического вспенивания предпочтительно устраняется при повышенной температуре в процессе использования технологии вспенивания в изделии; вместе с тем вытекания остаточного агента за пределы краев пенопластового сердцевинного слоя не происходит.

Также в работе П. В. К. Клейта (P. W. C. Kluit) "The development of in-situ foamed sandwich panels" ("Разработка сэндвич-панелей, выполненных по технологии вспенивания в изделии", издательство Delft University Press, 1997 г.) на стр. 63 указаны следующие оптимизированные параметры механических свойств изделий из полиэфиримида при вспенивании с использованием ацетона в качестве агента физического вспенивания:

весовой процент ацетона:	11,5-12,5;
температура вспенивания:	180 °С;
исходное давление:	3 МПа;
время нагрева:	20 с;
скорость открытия пресса:	0,4–0,5 мм/с;
конечная высота:	10–11 мм;
скорость охлаждения:	100 °С/мин до 90 °С, а затем — 20 °С/мин до 20 °С.

Клейт указывает на тот факт, что эксперименты с сэндвич-панелями размером 25×25 см показали, что быстрое охлаждение со скоростью 100°С/мин от температуры вспенивания до температуры окружающей среды всегда приводило к плохому сцеплению. На основе результатов экспериментов было выбрано промежуточное значение температуры, 90°С, с целью снижения скорости охлаждения с учетом прочности сцепления между вспененным сердцевинным элементом и покровным элементом. Несмотря на то, что эти результаты были многообещающими, местами сцепление оказалось все еще слабым. Это стало более очевидным при увеличении габаритов сэндвич-панелей. При увеличении габаритов величины прочностей, указанные Клейтом, не были достигнуты.

В документе WO 86/04017 A1 раскрыт способ производства блоков полиуретана или другого пенопласта с открытыми порами посредством экзотермической реакции исходных материалов, в котором, как только реакция достигнет требуемого этапа выполнения, через блок пропускается охлаждающий газ для отвода тепла реакции до тех пор, пока не будет достигнута стабильная температура.

Следовательно, изобретение направлено на получение сэндвич-панели раскрытой сущности изобретения в соответствии с технологией вспенивания в изделии, при которой сцепление между вспененным сердцевинным элементом и покровными элементами улучшено.

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

- этап сборки, заключающийся в получении листообразной сборной конструкции с первым покровным элементом и вторым покровным элементом, а также сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего агент физического вспенивания;
- этап нагрева, заключающийся в нагреве сборной конструкции, полученной на этапе а), с приложением давления между пресс-формами в прессе до температуры вспенивания меньшей, чем температура стеклования термопластического материала в покровном элементе, что способствует сцеплению вспененного сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами;
- этап вспенивания, заключающийся во вспенивании термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания, при котором расстояние между упомянутыми пресс-формами увеличено;
- 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;

ф) этап сушки сэндвич-панели, полученной таким образом;

при котором этап охлаждения d) включает первый подэтап d1) охлаждения вспененной сборной конструкции от температуры вспенивания до промежуточной температуры в диапазоне 70-100°C с первой скоростью охлаждения и второй подэтап d2) охлаждения вспененной сборной конструкции от промежуточной температуры до температуры окружающей среды со второй скоростью охлаждения; при этом первая скорость охлаждения составляет как минимум 140°C/мин, а вторая скорость охлаждения меньше первой скорости охлаждения.

В способе в соответствии с настоящим изобретением изначально подготавливается листообразная сборная конструкция путем послойной укладки друг на друга первого покровного элемента, сердцевинного элемента из термопластического материала, содержащего достаточное количество агента вспенивания для вспенивания до требуемой конечной толщины, получаемой на последующих этапах, и второго покровного элемента. Как правило, эти элементы листовые или пленочные. Листообразная сборная конструкция, как правило, гибкая, что позволяет ей принять любую форму, соответствующую пресс-формам, которые в производстве плоских сэндвич-панелей могут представлять собой 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 панели боковой стенки интерьера летательного аппарата). Как правило, пресс-формы, такие как плоские прижимные пластины, устанавливаются в пресс с возможностью снятия.

Сборная конструкция нагревается до температуры вспенивания между нагреваемыми прижимными пластинами под давлением во избежание раннего расширения сердцевинного элемента и для одновременного сцепления вспениваемого сердцевинного элемента и покровных элементов. При температуре вспенивания осуществляется контролируемое открытие пресса, что обеспечивает вспенивание сердцевинного элемента. По достижении заранее установленной толщины панели, определенной высотой вспененного сердцевинного элемента, полученную таким образом сэндвич-панель охлаждают в соответствии с многоэтапным процессом. Тем не менее по сравнению с двухэтапным процессом известного уровня техники скорость охлаждения первого подэтапа от температуры вспенивания до промежуточной температуры намного выше. Второй подэтап может быть осуществлен при условиях, соответствующих предыдущему уровню техники.

Выяснилось, что за счет увеличения скорости охлаждения на первом подэтапе значительно увеличивается сцепление и менее вероятно наличие местных дефектов.

В соответствии с настоящим изобретением данный способ может быть реализован с помощью любого термопластического материала в сердцевинном элементе, термопластик которого может быть вспенен с использованием агента вспенивания. Примеры подходящих термопластических материалов включают полиэфиримид (PEI), полиэфирсульфон (PES), полисульфон (PSU), полифенилсульфид (PPS), полифенилсульфон (PPSU), поликетон, жидкокристаллические полимеры, поликарбонат (PC), пропилен и т.д. В качестве термопластического материала совместно с агентом физического вспенивания предпочтительно использовать полиэфиримид (PEI).

Сердцевинный элемент содержит агент физического вспенивания, количество которого достаточно для вспенивания термопластического материала до требуемой конечной толщины в сердцевинном элементе.

Данная толщина определяется конечным расстоянием между пресс-формами на этапе вспенивания с) и охлаждения d). Типовые примеры агентов физического вспенивания включают в себя низкикипящие органические соединения. Предпочтительным примером служит ацетон.

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).

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. 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 термопластических 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. 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 консолидированных слоев термопластика, армированного волокном.

В этой связи необходимо упомянуть, что если покровный элемент содержит несколько подслоев пластического материала (армированного волокном), то эти слои консолидируются (а именно подвергаются тепловой обработке при температуре выше температуры стеклования под давлением) 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 агент физического вспенивания не может попасть из сердцевинного элемента через прилегающий слой на поверхность соприкосновения между слоями покровного элемента.

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, рожежа, ткань и однонаправленные волокна представляют собой различные вариации подобного исполнения.

Этап нагрева, этап вспенивания и этап сушки проводятся при условиях, подобных условиям, которые были раскрыты в вышеуказанных документах существующего уровня техники, и зависят от исходных материалов и размеров. 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 нагрева b) сборная конструкция размещается в прессе предпочтительно с предварительным подогревом. При нагреве сборной конструкции между пресс-формами температура сборной конструкции достигает температуры вспенивания (например, 175-182°C для сердцевинного элемента из полиэфиримида), а затем расстояние между пресс-формами увеличивается до заранее установленного значения. На этапе охлаждения d) вспененная сборная конструкция, удерживаемая в прессе под давлением (как правило под тем же давлением, что и при вспенивании), охлаждается до температуры окружающей среды, как описано выше. На первом этапе охлаждения d1) сэндвич-панель охлаждают со скоростью как минимум 140°C/мин, предпочтительно - более 200°C/мин, еще более предпочтительно - 240°C/мин, до промежуточной температуры, например, 90°C. После этого выполняется вторая процедура охлаждения, при которой вспененная сэндвич-панель далее охлаждается от промежуточной температуры с намного более низкой средней скоростью охлаждения, предпочтительно составляющей менее половины первой скорости охлаждения и более предпочтительно составляющей 25°C/мин или ниже, например 20°C/мин. Если скорость охлаждения на первом этапе охлаждения ниже 140°C/мин, то сцепление окажется недостаточным. Высокие скорости охлаждения выше 200°C/мин, например, выше 240°C/мин, обеспечивают лучшие результаты.

После выгрузки из пресса сэндвич-панели, полученной таким образом, сэндвич-панель подвергается сушке. 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 e) начинается преимущественно по истечению 10-12 ч после окончания этапа вспенивания b). 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.

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, в частности, авиационно-космическая промышленность.

Для достижения высокой скорости охлаждения на первом подэтапе d1) прижимные пластины, изготовленные из инструментальной стали, обычно оснащаются параллельными отверстиями, в которых принудительная циркуляция охлаждающей воды осуществляется в противоположных направлениях через соседние отверстия. Также выяснилось, что в случае разницы температур в плоскости пресс-формы (неоднородного охлаждения) внешний вид полученной сэндвич-панели может быть непривлекательным: в частности, могут быть отражены положения отверстий для охлаждения, которые могут выделяться как обесцвеченные зоны. Кроме того, может быть неоднородным сцепление между покровным элементом и вспененным сердцевинным элементом, что приводит к риску местного нарушения целостности на данной поверхности соприкосновения, а не внутри вспененного сердцевинного элемента.

Таким образом, во время подэтапов d1) и d2) разница температур между прижимными пластинами предпочтительно должна составлять менее 2°C (при измерении на 4 мм ниже поверхности прижимных пластин).

В некоторых случаях в зависимости от таких факторов, как габариты сэндвич-панели, конструкционный материал пресса, охлаждающая способность и т.п., выяснилось, что равномерно снизить температуру пресс-формы сложно (т.е., по существу, на поверхности пресс-формы отсутствует разница температур). При таких условиях полезным оказалось обеспечение слоя материала с коэффициентом теплопроводности выше, чем у конструкционного материала пресса. Предпочтительным примером является слой меди или алюминия, например плетеного слоя из них. Такой плетеный слой или лист можно легко расположить с обеих сторон сборной конструкции на этапе а) процесса в соответствии с настоящим изобретением или вставить непосредственно в пресс. Данный слой материала с высоким коэффициентом теплопроводности способствует выравниванию температуры пресса во время охлаждения, снижая тем самым колебания температуры на поверхности пресс-формы и уменьшая разность температур между пресс-формами. Данный вариант осуществления изобретения обеспечивает равномерное охлаждение без видимых следов отверстий для охлаждения прижимных пластин на полученной сэндвич-панели.

Изобретение далее представлено следующими примерами.

Пример 1.

Первый и второй покровные элементы: каждый слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; 33 ± 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) минус (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, и использован в качестве сердцевинного элемента между идентичными первым и вторым покровными элементами, каждый из которых состоит из одного слоя или двух слоев стекловолокна, как указано выше. Данная сборная конструкция была помещена между нагревательными прижимными пластинами пресса. После закрывания пресса сборная конструкция подвергалась мгновенному нагреву до требуемой температуры вспенивания - 178-180°C. Центр устройства измерения температуры (элемент Pt типа K) располагался на 4 мм ниже поверхности прижимных пластин. Давление составляло 4 МПа. При достижении указанной температуры вспенивания пресс с поддержанием 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 25 с, а затем - до температуры окружающей среды со средней скоростью охлаждения 20°C/мин. Затем полученные сэндвич-панели проходили этап сушки по способу, описанному в документе WO 2006080833 A1, путем оклейки кромок для уменьшения периферийного вытекания ацетона и его распределения по покровным элементам с повышением температуры на 10°C между интервалами в 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 кг/м³ (с сердцевинным элементом, изготовленным из двух полиэфиримидных пленок, пропитанных ацетоном, толщиной 300 мкм), продемонстрировала прочность на отрыв от поверхности, равную 3,4 МПа. Термопластическая сэндвич-панель толщиной 7,5 мм, выполненная по технологии вспенивания в изделии с плотностью пены 90 кг/м³ (с сердцевинным элементом, изготовленным из двух полиэфиримидных пленок, пропитанных ацетоном, толщиной 250 мкм), продемонстрировала прочность на отрыв от поверхности, 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 надлежащей. Отделить вручную покровные элементы от вспененного сердцевинного элемента оказалось невозможным.

Пример 2.

Первый и второй покровные элементы: каждый слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; 33 ± 2 %) с толщиной покровного элемента 0,23 мм; или каждый второй слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; 33 ± 2 %) с толщиной покровного элемента 0,46 мм.

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

Из термопластического сердцевинного элемента была подготовлена сборная конструкция между первым и вторым покровными элементами. Данная сборная конструкция при аналогичных условиях под-

вергалась вспениванию в изделии, как описано в примере 1.

Были получены сэндвич-панели (25×25 см) толщиной 11,3 мм. У термопластической сэндвич-панели с покровными элементами, содержащими один слой стекловолокна с пропиткой полиэфиримидом, плотность пены была равна 87 кг/м³, а продемонстрированная прочность на отрыв оказалась равной 3,5 МПа. Термопластическая сэндвич-панель с покровными элементами, содержащими два консолидированных слоя стекловолокна с пропиткой полиэфиримидом, плотность пены была равна 91 кг/м³, а продемонстрированная прочность на отрыв оказалась равной 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 от вспененного сердцевинного элемента оказалось невозможным.

Такие же результаты испытаний были получены для сэндвич-панелей размером 50×30 см.

Пример 3 (сравнительный).

Первый и второй покровные элементы: каждый слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; 33±2%) с толщиной покровного элемента 0,23 мм; или каждый второй слой армированного и консолидированного волокнами полиэфиримида (типа US Style 7781; 33±2%) с толщиной покровного элемента 0,46 мм. Термопластический сердцевинный элемент: три пленки из полиэфиримида Ultem 1000 с пропиткой ацетоном 12,1-12,9 мас.%; толщина пленки - 250 мкм.

Из термопластического сердцевинного элемента была подготовлена сборная конструкция между первым и вторым покровным элементами. Данная сборная конструкция подвергалась вспениванию в изделии, как описано в примере 1, за исключением того, что полученные сэндвич-панели охлаждались от температуры вспенивания до 90°C за 40 с. Были получены сэндвич-панели (25×25 см) толщиной 11,3 мм. У термопластической сэндвич-панели с покровными элементами, содержащими один слой стекловолокна с пропиткой полиэфиримидом, плотность пены была равна 87 кг/м³, а продемонстрированная прочность на отрыв оказалась равной 1,8 МПа.

У термопластической сэндвич-панели с покровными элементами, содержащими два консолидированных слоя стекловолокна с пропиткой полиэфиримидом, плотность пены была равна 91 кг/м³, а продемонстрированная прочность на отрыв оказалась равной 2,3 МПа.

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

Такие же результаты были получены для панелей размером 50×30 см.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ производства сэндвич-панелей, содержащий 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 агент физического вспенивания;

б) этап нагрева, заключающийся в нагреве сборной конструкции, полученной на этапе а), с приложением давления между пресс-формами в прессе до температуры вспенивания меньшей, чем температура стеклования термопластического материала в покровном элементе, что способствует сцеплению вспененного сердцевинного элемента с первым и вторым покровными элементами;

в) этап вспенивания, заключающийся во вспенивании термопластического материала в сердцевинном элементе под давлением и при температуре вспенивания, при котором расстояние между упомянутыми пресс-формами увеличено;

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

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

ф) этап сушки сэндвич-панели, полученной таким образом;

при котором этап охлаждения г) проводится в два подэтапа, включающих первый подэтап d1) охлаждения вспененной сборной конструкции от температуры вспенивания до промежуточной температуры в диапазоне 70-100°C с первой скоростью охлаждения и второй подэтап d2) охлаждения вспененной сборной конструкции от промежуточной температуры до температуры окружающей среды со второй скоростью охлаждения; при этом первая скорость охлаждения составляет как минимум 140°C/мин, а вторая скорость охлаждения меньше первой скорости охлаждения.

2. Способ по п.1, в котором первая скорость охлаждения составляет более 200°C/мин.

3. Способ по п.1 или 2, в котором вторая скорость охлаждения составляет менее половины первой скорости охлаждения.

4. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором вторая скорость охлаждения составляет $25^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ или менее.

5. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором на подэтапах d1) и d2) разница температур между пресс-формами составляет менее 2°C .

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором поверхность пресс-форм оснащена слоем материала с коэффициентом теплопроводности большим, чем коэффициент теплопроводности конструкционного материала, из которого изготовлены пресс-формы.

7. Способ по п.6, в котором слой материала с высоким коэффициентом теплопроводности представляет собой слой из меди или алюминия.

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

9. Способ по п.8, в котором термопластик покровного элемента выбирается из группы материалов, включающей в себя полиэфиримид (PEI), полиэфирсульфон (PES), полифенилсульфон (PPSU) и полисульфон (PSU).

10. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором термопластик сердцевинного элемента является полиэфиримидом (PEI).

11. Способ по любому из предыдущих пунктов, в котором агентом физического вспенивания является ацетон.

