



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
B29C 44/12 (2020.08)

(21)(22) Заявка: 2017122391, 26.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.06.2017

Дата регистрации:
19.01.2021

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
13.09.2016 US 15/264,324

(43) Дата публикации заявки: 26.12.2018 Бюл. № 36

(45) Опубликовано: 19.01.2021 Бюл. № 2

Адрес для переписки:
190000, Санкт-Петербург, ВОХ-1125,
"ПАТЕНТИКА"

(72) Автор(ы):

ДЕОБАЛЬД Лайл Р. (US),
ДИЛЛИГАН Мэтью А. (US),
РИНН Аарон Н. (US),
РАМНАТХ Мадхавадас (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЗЕ БОИНГ КОМПАНИ (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2453436 C2, 20.06.2012. RU
2421336 C1, 20.06.2011. RU 2438920 C2,
10.01.2012. RU 2491203 C2, 27.08.2013. WO
2007023197 A1, 01.03.2007.

(54) ЭЛЕМЕНТ ЖЁСТКОСТИ С ОТКРЫТЫМ КАНАЛОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к элементу жесткости с открытым каналом для упрочнения панели, а также к способу упрочнения панели. Элемент жесткости с открытым каналом для упрочнения панели имеет связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, для образования силовой панели. Элемент жесткости с открытым каналом имеет форму поперечного сечения, которая обеспечивает выравнивание или по существу выравнивание центра сдвига элемента

жесткости с центром масс элемента жесткости и выравнивание центра сдвига вблизи края связующей полосы, а также устраняет необходимость в протяженном элементе для заполнения радиуса. Множество перфорационных отверстий может проходить через связующую полку для обеспечения прохождения адгезива в перфорационные отверстия и для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью. Изобретение обеспечивает повышение механических свойств изделий. 2 н. и 13 з.п. ф-лы, 14 ил.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
B29C 44/12 (2020.08)

(21)(22) Application: **2017122391, 26.06.2017**

(24) Effective date for property rights:
26.06.2017

Registration date:
19.01.2021

Priority:

(30) Convention priority:
13.09.2016 US 15/264,324

(43) Application published: **26.12.2018 Bull. № 36**

(45) Date of publication: **19.01.2021 Bull. № 2**

Mail address:
**190000, Sankt-Peterburg, BOX-1125,
"PATENTIKA"**

(72) Inventor(s):

**DEOBALD Lajl R. (US),
DILLIGAN Metyu A. (US),
RINN Aaron N. (US),
RAMNATKH Madkhavadas (US)**

(73) Proprietor(s):

ZE BOING KOMPANI (US)

(54) **RIGGING ELEMENT WITH AN OPEN CHANNEL**

(57) Abstract:

FIELD: furniture production.

SUBSTANCE: invention relates to stiffness element with open channel for hardening of panel, as well as to panel hardening method. Stiffness element with open channel for panel hardening has binding rack for binding stiffness element to panel by means of binding strip, formed between linking flange and panel, to form power panel. Stiffness element with open channel has cross-section shape, which provides alignment or substantially alignment of center of shift of stiffness

element with center of mass of stiffness element and alignment of shift center near edge of binding strip, and also eliminates need for extended element for filling radius. Plurality of perforations can pass through a tie-down flange to ensure passage of adhesive into perforated holes and to create mechanical adhesion between linking flange and panel.

EFFECT: invention improves mechanical properties of articles.

15 cl, 14 dwg

C 2
2 7 4 0 6 6 9
R U

R U
2 7 4 0 6 6 9
C 2

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение относится в целом к композитным усиливающим опорным конструкциям, а в частности, к недорогим конфигурациям элементов жесткости с открытым каналом и соответствующим способам упрочнения композитных панелей, используемых, например, в летательном аппарате.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Композитные материалы благодаря своей высокой прочности и жесткости, малому весу, сопротивлению коррозии и другим полезным свойствам используются для решения самых разных задач в самых разных отраслях промышленности. В авиакосмической промышленности композитные материалы широко используются для производства конструкций летательных аппаратов и частей компонентов для конструкций летательных аппаратов, таких как нервюры, лонжероны, панели, фюзеляжи, крылья, кессоны крыла, топливные баки и хвостовые узлы летательного аппарата, так как они имеют малый вес и являются прочными и, следовательно, обеспечивают экономию топлива и другие преимущества. Например, элементы обшивки крыла и стенки лонжеронов летательного аппарата, и другие в целом плоские компоненты могут быть образованы из композитных силовых панелей, содержащих панели, к которым могут быть прикреплены или с которыми могут быть связаны усиливающие элементы жесткости с использованием средств механического крепления, технологий совместного связывания или совместного отверждения для повышения прочности, жесткости, сопротивления прогибу и устойчивости композитных работающих на сжатие стенок или панелей обшивки. Совместное связывание в целом относится к процессам связывания, в которых предварительно отвержденный усиливающий элемент жесткости связывают с неотвержденной панелью. Совместное отверждение в целом относится к процессам связывания, в которых неотвержденный усиливающий элемент жесткости связывают с неотвержденной панелью и одновременно с этим обеспечивают их совместное отверждение. Вторичное связывание в целом относится к процессам связывания, в которых предварительно отвержденный усиливающий элемент жесткости связывают с предварительно отвержденной панелью.

Известные усиливающие элементы жесткости, используемые с такими композитными стенками или панелями обшивки, могут включать элементы жесткости в виде С-образной балки, I-образной балки или Т-образной балки (т.е. балки с С-образным, I-образным или Т-образным поперечным сечением) или элементы жесткости другой формы, такие как шляпкообразные или лопастные элементы жесткости. Однако композитные силовые панели, усиленные такими известными элементами жесткости являются дорогостоящими в производстве и могут испытывать высокие отрывающие нагрузки на заполняющих радиус частях, т.е. "лапшевидных", или протяженных, частях, элементов жесткости или на радиусах, которые являются общими с прикрепленной полкой усиливающего элемента жесткости в области протяженного элемента. В настоящем документе "отрывающая нагрузка" означает сдвиговую нагрузку и/или момент силы, приложенные к композитной части компонента, например, усиливающему элементу жесткости, в местах, где композитная часть компонента крепится к конструкции, например, композитной работающей на сжатие стенке или панели обшивки, или связана с ней таким образом, что сдвиговая нагрузка и/или момент силы могут вызывать отслоение или отделение композитной части компонента от прикрепленной конструкции. В настоящем документе термин "заполняющий радиус протяженный элемент" означает композитный материал или адгезивный/эпоксидный материал, имеющий в целом треугольное сечение, который используют для заполнения промежутка, оставленного

радиусом криволинейных деталей композитной части компонента, например, усиливающего элемента жесткости.

Для снижения вероятности отслаивания или отделения усиливающего элемента жесткости от композитных стенок или панелей обшивки вследствие высоких отрывающих нагрузок может потребоваться множество дополнительных заполняющих радиус элементов, крепежных элементов и/или угловых приспособлений в тех местоположениях или местах соединения, где усиливающий элемент жесткости прикреплен к композитной стенке или панели обшивки, или связан с ней. Такие заполняющие радиус элементы, крепежные элементы и/или угловые приспособления могут обеспечить дополнительное конструктивное усиление в местоположениях или местах соединения и распределить сдвиговую нагрузку и/или момент силы для снижения риска отслаивания на заполняющих радиус частях или протяженных частях усиливающего элемента жесткости. Однако использование такого множества дополнительных заполняющих радиус элементов, крепежных элементов и/или угловых приспособлений может привести к повышению времени производства, повышению количества деталей и стоимости, повышению трудозатрат и затрат на производство для установки и поддержания указанных деталей, а также в целом усложнить конструкцию. Более того, использование крепежных элементов или угловых приспособлений, которые требуют механического крепления к усиливающему элементу жесткости или композитной стенке, или панели обшивки, может потребовать выполнение отверстий подходящего размера в композитном материале или конструкции. Что, в свою очередь, может потребовать использования специализированного инструмента для выполнения таких отверстий в композитном материале или конструкциях. Такой специализированный материал может привести к большему повышению трудозатрат и стоимости производства.

Соответственно, в уровне техники существует необходимость в усовершенствованных композитных элементах жесткости и усовершенствованных композитных упрочненных конструкциях, а также в способах их выполнения, которые обеспечивают преимущества над известными конфигурациями, конструкциями и способами.

РАСКРЫТИЕ СУЩНОСТИ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Вышеизложенные задачи, а также другие задачи, решены посредством недорогих композитных элементов жесткости с открытым каналом, которые эффективны с конструктивной точки зрения и обладают конструктивными свойствами для сопротивления нарушению связи с панелью. Конфигурации элементов жесткости с открытым каналом обеспечивают расположение отрывающих усилий в местах, которые обеспечивают значительное снижение усилий, которые могут нарушить связь элементов жесткости и панелей, а также устраняют необходимость наличия заполняющего радиус протяженного элемента, таким образом в значительной степени снижая стоимость и обеспечивая эффективность производства.

В соответствии с одним вариантом реализации, элемент жесткости с открытым каналом содержит связующую полку для связывания элемента жесткости и панели посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью. Элемент жесткости с открытым каналом выполнен из термоотверждаемых или термопластичных композитных материалов и имеет форму сечения, выполненную с возможностью выравнивания, или по существу выравнивания, центра сдвига (места вертикального сдвигового усилия без вынужденного скручивания) элемента жесткости с центром масс (местом результирующего осевого усилия) элемента жесткости для предотвращения скручивания элемента жесткости по отношению к панели при

воздействии изгибания, и с возможностью выравнивания центра сдвига вблизи края связующей полосы. Центр сдвига может быть выровнен с краем связующей полосы или может находиться слегка за краем связующей полосы, или после него. Форма поперечного сечения также обеспечивает расположение момента нагрузки и точки приложения реакции элемента жесткости таким образом, что она находится не за связующей полосой, т.е. момент нагрузки и точка приложения реакции расположены за краями связующей полосы, или после них.

Одна конфигурация формы поперечного сечения открытого канала содержит пояс, расположенный по существу параллельно связующей полке, стенку, расположенную между поясом и связующей полкой и по существу перпендикулярную им, и криволинейные соединительные участки, расположенные между поясом и стенкой, а также между стенкой и связующей полкой. Стенка расположена над связующей полосой, а криволинейные соединительные участки элемента жесткости расположены так, чтобы проходить за край связующей полосы для получения в целом М-образного элемента жесткости с открытым каналом между поясом и связующей полкой. Другая конфигурация формы поперечного сечения элемента жесткости с открытым каналом, которая удовлетворяет приведенным выше требованиям, содержит пояс, расположенную по существу параллельно связующей полке, стенку, расположенную под острым углом относительно пояса и связующей полки и между ними, и криволинейные соединительные участки, расположенные между поясом и стенкой, а также между стенкой и связующей полкой для получения в целом Z-образного элемента жесткости с открытыми каналами на обеих сторонах расположенной под острым углом стенки. Стенка расположена над связующей полосой и по меньшей мере один из криволинейных соединительных участков расположен так, чтобы проходить за край связующей полосы. Еще в одной приведенной в качестве примера конфигурации формы поперечного сечения элемента жесткости с открытым каналом, форма поперечного сечения содержит криволинейную стенку, расположенную над связующей полосой, и криволинейный соединительный участок, имеющий радиус, меньший, чем радиус криволинейной стенки, расположенный между криволинейной стенкой и связующей полкой, причем криволинейный соединительный участок проходит за край связующей полосы для получения в целом S-образного элемента жесткости.

Согласно другой конфигурации элемент жесткости с открытым каналом также содержит множество перфорационных отверстий, проходящих через связующую полку, которые обеспечивают прохождение адгезива, используемого для связывания элемента жесткости с панелью, в перфорационные отверстия для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью. Перфорационные отверстия также обеспечивают возможность введения адгезива под давлением через них от верхней поверхности связующей полки и в промежуток между связующей полкой и панелью. Перфорационные отверстия создают текстуру с выступающими областями на поверхности связывания связующей полки, которая обеспечивает путь потока адгезива между связующей полкой и панелью. Выступающие области на поверхности связывания связующей полки могут также быть созданы отдельно от процесса перфорирования, или выступающие области могут быть образованы на панели в местах, где будет связан элемент жесткости с открытым каналом.

Другой аспект настоящего изобретения относится к композитной силовой панели, содержащей элемент жесткости с открытым каналом, раскрытый в настоящем документе, который связан с панелью, например, обшивкой крыла или стенкой лонжерона летательного аппарата. Элемент жесткости с открытым каналом содержит

связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, и форму поперечного сечения, выполненную с возможностью выравнивания, или по существу выравнивания, центра сдвига элемента жесткости с центром масс элемента жесткости, и с возможностью выравнивания центра сдвига вблизи края связующей полосы. Связующая полка может также содержать множество перфорационных отверстий, которые обеспечивают прохождение адгезива в перфорационные отверстия для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью.

Еще один аспект настоящего изобретения относится к способу выполнения композитной силовой панели, которая обеспечивает снижение вероятности отслаивания или отделения композитного элемента жесткости от панели. Способ включает образование элемента жесткости с открытым каналом с описанной выше формой поперечного сечения, который содержит связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, и который имеет конфигурацию, которая обеспечивает выравнивание, или по существу выравнивание, центра сдвига элемента жесткости с центром масс элемента жесткости, и выравнивание центра сдвига вблизи края связующей полосы. Способ также включает связывание связующей полки композитного элемента жесткости с открытым каналом с панелью для образования композитной силовой панели. Этап связывания включает нанесение адгезива на верхнюю поверхность связующей полки для обеспечения протекания адгезива через перфорационные отверстия, проходящие через связующую полку, в связующую полосу для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью.

Особенности, функции и преимущества, описанные выше, а также другие объекты, особенности, функции и преимущества элемента жесткости с открытым каналом могут быть достигнуты независимо в различных вариантах реализации настоящего изобретения или могут быть комбинированы в других вариантах реализации, подробности которых видны со ссылкой на приведенное ниже описание и чертежи.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

На фиг. 1 показано изображение кессона крыла летательного аппарата с передним и задним лонжеронами, упрочненными элементами жесткости с открытым каналом в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 1А показано изображение вида вблизи в перспективе элемента жесткости с открытым каналом на кессоне крыла летательного аппарата, показанного на фиг. 1;

на фиг. 2 показано изображение вида сверху композитной силовой панели с элементом жесткости с открытым каналом в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 3 показано изображение вида в разрезе композитной силовой панели с открытым каналом другой конфигурации в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 4 показано изображение вида в разрезе композитной силовой панели с открытым каналом другой конфигурации в соответствии с настоящим изобретением;

на фиг. 5А-5D показаны изображения композитной силовой панели по фиг. 2 с различными нагрузками, которые может испытывать элемент жесткости с открытым каналом;

на фиг. 6 показано изображение вида в перспективе с правой стороны, спереди и сверху элемента жесткости с открытым каналом, показывающее процесс нанесения адгезива;

на фиг. 7 показано изображение вида в перспективе с правой стороны, спереди и снизу элемента жесткости с открытым каналом;

на фиг. 8 показано изображение вида в разрезе элемента жесткости с открытым каналом с головкой для нанесения адгезива;

на фиг. 9 показано изображение вида вблизи связующей полосы, образованной между связующей полкой элемента жесткости с открытым каналом и панелью в композитной силовой панели;

на фиг. 10 показано изображение вида в перспективе с правой стороны, спереди и сверху элемента жесткости с открытым каналом, показывающее саморезные крепежные элементы для временного крепления элемента жесткости к панели во время процесса нанесения адгезива и связывания.

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

В приведенном ниже подробном описании раскрыты различные варианты реализации элементов жесткости с открытым каналом и композитных силовых панелей, которые снижают вероятность отслаивания и отделения элементов жесткости с открытым каналом от панелей, со ссылкой на конструкции авиакосмической промышленности, и в частности на элементы обшивки крыльев и стенки лонжеронов в летательных аппаратах, для иллюстрации основных принципов настоящего изобретения. На фиг. 1 и 1А показан приведенный в качестве примера кессон 10 крыла летательного аппарата, имеющий стенки 12 переднего и заднего лонжеронов, соединенные вместе множеством нервюр 13. Стенки 12 переднего и заднего лонжеронов являются композитными и упрочненными одним или более элементов 14 жесткости с открытым каналом, описанных в настоящем документе. Элементы 14 жесткости с открытым каналом связаны с внешними поверхностями стенок 12 переднего и заднего лонжеронов. В некоторых вариантах реализации элементы 14 жесткости с открытым каналом могут также быть связаны с внутренними поверхностями стенок 12 переднего и заднего лонжеронов. Обшивка крыла и другие закрывающие элементы крыла летательного аппарата не показаны. Специалисту в данной области техники понятно, что настоящее изобретение может быть реализовано в других аналогичных случаях применения или областях и/или в других аналогичных или эквивалентных примерах иллюстративных вариантов реализации. Например, хотя кессон 10 крыла летательного аппарата, показанный на фиг. 1 и 1А, в общем представляет кессоны крыла, используемые в коммерческих пассажирских летательных аппаратах, идеи настоящего изобретения могут быть применены к другим пассажирским летательным аппаратам, грузовым летательным аппаратам, военным летательным аппаратам, винтокрылым летательным аппаратам и другим типам летательных аппаратов или воздушных транспортных средств, а также к авиакосмическим транспортным средствам, спутникам, транспортным средствам для вывода в космос, ракетам и другим авиакосмическим транспортным средствам, а также к лодкам и другим водным транспортным средствам, поездам, автомобилям, грузовикам, автобусам и другим подходящим конструкциям, имеющим одну или более композитных силовых панелей. Следует отметить, что те способы, процедуры, компоненты или функции, известные специалистам в данной области техники, не описаны подробно в настоящем документе.

На фиг. 2 показано изображение вида в разрезе композитной силовой панели 16 с элементом 14 жесткости с открытым каналом, связанным с панелью 17.

Подразумевается, что панель 17, например, стенки 12 переднего и заднего лонжеронов, показанные на фиг. 1, представляет собой предварительно отвержденный композитный материал, содержащий армирующий материал, окруженный и поддерживаемый в материале матрицы, таком как, например, предварительно пропитанный материал. Армирующий материал может содержать высокопрочные волокна, например,

стеклянные или углеродные волокна, графит, волокно из ароматического полиамида, стекловолокно или другой подходящий армирующий материал. Материал матрицы может содержать различные полимерные или смоляные материалы, например, эпоксидную, полиэфирную, винилэфирную смолы, полиэфирэфиркетонный полимер (PEEK), полиэфиркетонкетонный полимер (PEKK), бисмалеимид или другой подходящий материал матрицы. В настоящем документе термин "предварительно пропитанный" относится к тканой или плетеной ткани или к материалу из тканеподобной ленты, например стекловолокну или углеродному волокну, который был пропитан неотвержденной или частично отвержденной смолой, которая является достаточно гибкой для образования необходимой формы, а затем "отвержден", например посредством приложения тепла в печи или автоклаве, для придания твердости смоле с образованием прочной, жесткой конструкции, армированной волокнами. Панель 17 может содержать ленту или тканую ткань из пластика, армированного углеродным волокном (CFRP), или другие подходящие композитную ленту, ткань или композитный материал, армированный волокном.

Элемент 14 жесткости с открытым каналом также представляет собой предварительно отвержденный композитный материал, содержащий один или более слоев армирующего материала, окруженных материалом матрицы и поддерживаемых в нем. Материал матрицы может представлять собой термопластичный или термоотверждаемый материал, оба из которых обычно используются в авиакосмической промышленности. Основной разницей с физической точки зрения между термопластичным и термоотверждаемым материалами является то, что термопластичные материалы могут быть повторно расплавлены в жидкость и повторно формованы под воздействием высоких температур после образования, в то время как термоотверждаемые пластиковые материалы всегда остаются в твердом состоянии. Термоотверждаемые материалы матрицы обычно содержат полимер на основе эпоксидной смолы, который принимает необратимую форму после отверждения.

Может быть использован любой способ выполнения предварительно отвержденного термопластичного и термоотверждаемого материалов. Например, в случае использования термопластичных композитных материалов, термопластичный композитный лист может быть укреплен в автоклаве или прессе с образованием термопластичного композитного листа в целом с плоской конфигурацией. Плоский термопластичный композитный лист затем может быть штампован в любую необходимую форму поперечного сечения, которая образует открытый элемент 14 жесткости с открытым каналом, раскрытый в настоящем документе, обеспечивая производство и экономическую эффективность по сравнению со штамповкой обычных элементов жесткости с I-образным профилем. Штампованный элемент 14 жесткости с открытым каналом затем может быть подрезан при механической обработке. При использовании термоотверждаемых композитных материалов, неотвержденные листы из термоотверждаемого композитного материала могут быть уложены на приспособление или оправку, имеющие поверхность с формой, соответствующей требуемым формам поперечного сечения элемента 14 жесткости с открытым каналом. Неотвержденные листы и приспособление или оправка могут быть размещены и отверждены в автоклаве с образованием элемента 14 жесткости с открытым каналом, извлечены и затем окончательно подрезаны при механической обработке.

На фиг. 2 показана одна конфигурация элемента 14 жесткости с открытым каналом, который образует в целом М-образную форму поперечного сечения, имеющую открытый канал 20. В данной конфигурации обеспечена связующая полка 18 для

связывания элемента 14 жесткости с открытым каналом с панелью 17 посредством связующей полосы 22, образованной с адгезивом, расположенным между связующей полкой 18 и панелью 17. В целом параллельно связующей полке 18 и на расстоянии от нее расположен пояс 24. Между поясом 24 и связующей полкой 18 расположена стенка 26 в целом перпендикулярно им. Между поясом 24 и стенкой 26 и между стенкой 26 и связующей полкой 18 расположены криволинейные соединительные участки 28. Стенка 26 расположена над связующей полосой 22 и криволинейные соединительные участки 28 элемента 14 жесткости с открытым каналом расположены так, чтобы проходить за край 30 связующей полосы 22. Толщина элемента 14 жесткости с открытым каналом и длина, а также конфигурация каждого элемента формы поперечного сечения может изменяться в зависимости от предполагаемого применения и использования. При использовании для упрочненной обшивки крыла или стенок лонжеронов в коммерческих летательных аппаратах высота элемента 14 жесткости с открытым каналом может находиться, например, в диапазоне приблизительно от 2 до 3 дюймов (от 5 до 7,6 см), длина связующей полки 18 может находиться в диапазоне приблизительно от 2 до 3,5 дюймов (от 5 до 8,9 см), длина пояса 24 может находиться в диапазоне приблизительно от 0,75 до 1,5 дюймов (от 1,9 до 3,8 см), а длина стенки 26 может находиться в диапазоне от 1 до 2 дюймов (от 2,5 до 5 см), в зависимости от радиусов кривизны изогнутых соединительных участков 28 и от того, как далеко от связующей полосы 22 расположена стенка 26. Каждый из криволинейных соединительных участков 28 может иметь радиус R1 в диапазоне приблизительно от 1/8 до 3/8 дюйма (от 0,3 до 0,95 см), и оба криволинейных соединительных участков 28 могут иметь одинаковый радиус R1. Элемент 14 жесткости с открытым каналом имеет толщину приблизительно от 0,1 до 0,3 дюйма (от 0,25 до 0,76 см). Элемент 14 жесткости с открытым каналом обычно будет иметь общую длину приблизительно равную длине панели 17; например, элемент 14 жесткости с открытым каналом, показанный на фиг. 1, проходит приблизительно от верхнего края до нижнего края стенок 12 переднего и заднего лонжеронов.

Другая конфигурация формы поперечного сечения элемента 14 жесткости с открытым каналом показана на фиг. 3. В данной конфигурации элемент 14 жесткости с открытым каналом содержит пояс 24, расположенную в целом параллельно связующей полке 18, наклонную стенку 32, расположенную между поясом 24 и связующей полкой 18 под острым углом 34 относительно пояса 24 и связующей полки 18. Криволинейные соединительные участки 28 расположены между поясом 24 и наклонной стенкой 32, а также между наклонной стенкой 32 и связующей полкой 18, под острым углом 34 для образования элемента жесткости в целом Z-образной формы. Наклонная стенка 32 расположена над связующей полосой 22 между связующей полкой 18 и композитной панелью 17. По меньшей мере один из криволинейных соединительных участков 28, нижний криволинейный соединительный участок 28 на фиг. 2, расположен так, чтобы проходить за край 30 связующей полосы 22. Конфигурация, показанная на фиг. 2, обеспечивает два открытых канала 20 на каждой стороне наклонной стенки 32.

Еще в одной конфигурации элемента 14 жесткости с открытым каналом, показанной на фиг. 4, элемент 14 жесткости с открытым каналом имеет форму поперечного сечения, содержащую криволинейную стенку 36, расположенную над связующей полосой 22, и криволинейный соединительный участок 28, имеющий радиус R2, который меньше, чем радиус R3 криволинейной стенки 36, и расположенный между криволинейной стенкой 36 и связующей полкой 18. Криволинейный соединительный участок 28 проходит за край 30 связующей полосы 22. Кривизна криволинейной стенки 36 и кривизна криволинейного соединительного участка 28 проходят в разных направлениях с

образованием элемента жесткости в целом с S-образной формой.

Раскрытые элементы 14 жесткости с открытым каналом представляют собой дешевые элементы жесткости, которые эффективны с конструктивной точки зрения и обладают конструктивными свойствами для сопротивления нарушению связи с панелью 17.

5 Конфигурации элементов 14 жесткости с открытым каналом обеспечивают
расположение отрывающих усилий в местах, которые обеспечивают значительное
снижение усилий, которые могут нарушить связь элементов 14 жесткости и панелей 17,
а также устраняют необходимость наличия заполняющего радиус протяженного
10 элемента, таким образом в значительной степени снижая стоимость и обеспечивая
эффективность производства. Более конкретно, конфигурация поперечного сечения
элементов 14 жесткости с открытым каналом выполнена с возможностью компенсации
множества видов возможных поломок, так что усилия месте 42 на плоскости сечения
в элементе 14 жесткости с открытым каналом, которое расположено рядом с концом
15 47 предполагаемой трещины 46 на краю 30 связующей полосы 22, не имеют начального
момента или крутящего усилия в таком направлении, что может произойти отрыв
элемента 14 жесткости от панели 17. Место 42 на плоскости сечения представляет собой
предполагаемое место, используемое для изучения внутренних усилий в элементе 14
жесткости с открытым каналом рядом с предполагаемой трещиной 46. Форма
поперечного сечения элемента 14 жесткости с открытым каналом также обеспечивает
20 улучшенную устойчивость вследствие изгибов криволинейных соединительных участков
28, а расположение криволинейного соединительного участка 28 вблизи связующей
полки 18 снижает пиковые отрывные усилия на концах элемента 14 жесткости с
открытым каналом. Связующая полоса 22 также видна для ультразвуковой
дефектоскопии теньевым методом или дефектоскопии инфракрасным излучением.

25 На фиг. 5A-5D показаны различные нагрузки, которые может испытывать
композитная силовая панель 16 и элемент 14 жесткости с открытым каналом, включая
отрывающие нагрузки от панели 17 (фиг. 5A), сдавливающие или сжимающие нагрузки
в направлении панели 17 (фиг. 5B), поперечные изгибающие влево нагрузки (фиг. 5C)
и поперечные изгибающие вправо нагрузки (фиг. 5D). Формы поперечного сечения
30 элемента 14 жесткости с открытым каналом выполнены с возможностью выравнивания,
или по существу выравнивания, центра 38 сдвига (место вертикального сдвигового
усилия без вынужденного скручивания) элемента 14 жесткости с центром масс 41 (местом
результатирующего осевого усилия 44) элемента 14 жесткости в вертикальном направлении
для предотвращения скручивания элемента 14 жесткости с открытым каналом по
35 отношению к панели 17 при воздействии изгибания. Центр 38 сдвига также выровнен
вблизи края 30 связующей полосы 22, либо выровнен с краем 30, либо расположен на
расстоянии приблизительно от 1/4 до 1/2 дюйма (от 0,64 до 1,25 см) по направлению
внутри от края 30, так что центр 38 сдвига расположен над связующей полосой 22, а
местный момент или осевое результирующее осевое усилие 44 вблизи края 30 являются
40 конечным моментом, как показано на фиг. 5A-5C. Данная конфигурация предотвращает
прохождение предполагаемой трещины 46, в той степени, в которой она существует,
за пределы вертикальной плоскости 39 (показанной штрих-пунктирной линией) центра
38 сдвига. Под воздействием отрывающих усилий, как показано на фиг. 5A, образование
предполагаемой трещины 46 сдерживается. Под воздействием сдавливающих нагрузок,
45 как показано на фиг. 5B, распространение предполагаемой трещины 46 останавливается
сразу после ее образования. Поперечные изгибающие усилия обычно составляют
значительно меньшую долю отрывающих или сдавливающих нагрузок. Если такие
нагрузки присутствуют в одном направлении (влево или вправо), конструктор может

5 сконфигурировать зеркальное изображение элемента 14 жесткости с открытым каналом в такой ориентации, чтобы создать конечные моменты в месте плоскости сечения для предотвращения отделения элемента 14 жесткости с открытым каналом от панели 17. Второй подход к сдерживанию отделения элемента жесткости с открытым каналом от панели 17 состоит в использовании материалов с большей прочностью, которые оказывают сопротивление отслаиванию в слоях ленты с малой прочностью. Например, один или более слоев композитного материала из ткани с высокой прочностью может быть размещен на панели 17 для предотвращения перемещения отслаивания в слое ленты с малой прочностью.

10 В других вариантах реализации настоящего изобретения, показанных на фиг. 6-9, элемент 14 жесткости с открытым каналом может при необходимости содержать множество перфорационных отверстий 48, проходящих через связующую полку 18, которые служат для обеспечения прохождения адгезива 50 в перфорационные отверстия 48 и для создания механического сцепления 52 между связующей полкой 18 и панелью 15 17. Количество перфорационных отверстий, их размер и частота выполнения будут определены исходя из вязкости и потока адгезива через перфорационные отверстия. В некоторых вариантах реализации перфорационные отверстия могут быть образованы с промежутками в диапазоне от 3/16 до 1/2 дюйма (от 0,48 до 1,25 см) и с диаметрами приблизительно от 1/16 до 1/8 дюйма (от 0,16 до 0,32 см). Перфорационные отверстия 20 могут быть выполнены слегка конической формы, имеющей меньший диаметр на поверхности 54 связывания и больший диаметр на верхней поверхности 60 связующей полки 18, как показано на фиг. 9, для улучшения сцепления. Для элементов 14 жесткости с открытым каналом, выполненных из термопластичных композитных материалов, перфорационные отверстия 48 выполнены проходящими через плоский термопластичный 25 лист после его отверждения в автоклаве или прессе. Любые из широкого разнообразия доступных оборудования и способов перфорации горячей иглой в промышленности пластмасс могут быть использованы для выполнения перфорационных отверстий 48 в области плоского термопластичного листа, который станет связующей полкой 18 после штамповки с получением необходимой конфигурации поперечного сечения. Для 30 элементов 14 жесткости с открытым каналом, выполненных из термоотверждаемых композитных материалов, перфорационные отверстия 48 выполняют посредством укладки неотвержденных листов из термоотверждаемого композитного материала на приспособление для перфорации, которое содержится в формованной укладочной оправке, которая образует элемент 14 жесткости.

35 На фиг. 7 показана поверхность 54 связывания связующей полки 18, перфорационные отверстия 48 могут образовывать множество выступающих областей 56 или выпуклостей, окружающих каждое перфорационное отверстие 48, что обеспечивает образование выступающей текстуры поверхности 54 связывания. В качестве альтернативы, выступающие области 56 могут быть выполнены на поверхности 54 40 связывания отдельно от процесса перфорации. В других вариантах реализации панель 17 может быть образована с выпуклостями, аналогичными выступающим областям 56, в области, где элемент 14 жесткости с открытым каналом будет связан с панелью 17. Выступающие области 56 удерживают поверхность 54 связывания связующей полки 18 отдельно от поверхности панели 17 на малом расстоянии для обеспечения пути 45 потока адгезива 50 между связующей полкой 18 и панелью 17 по всей связующей полосе 22, когда элемент 14 жесткости с открытым каналом расположен на панели 17. Выступающие области 56 имеют высоту приблизительно от 0,005 до 0,010 дюйма (от 0,13 до 0,25 мм) и диаметр в диапазоне от 0,030 до 0,100 дюйма (от 0,76 до 2,5 мм).

Выступающие области 56 могут также иметь шаг или промежуток, который зависит от толщины связующей полки 18. Отношение шага к толщине может составлять приблизительно 4:1, а шаг может находиться в диапазоне приблизительно от 0,25 до 0,5 дюйма (от 0,64 до 1,27 см).

5 Еще один аспект настоящего изобретения относится к способу выполнения композитной силовой панели 16, которая обеспечивает снижение вероятности отслаивания или отделения композитного элемента 14 жесткости от панели 17 и обеспечивает экономию средств и эффективность производства. Способ включает выполнение композитного элемента 14 жесткости с открытым каналом с формой
10 поперечного сечения, раскрытой выше, и связывание связующей полки 18 элемента 14 жесткости с открытым каналом с панелью 17 для образования композитной силовой панели 16. Этап связывания включает подготовку поверхности 54 связывания связующей полки 18 и поверхности панели 17, а также нанесение высокопрочного адгезива 50 комнатной температуры, который затем отверждают в печи для создания толстой
15 связующей полосы 22 для заполнения промежутков и каких-либо несоответствий в контуре поверхности 54 связывания и поверхности панели. Раскрытый процесс связывания также совместим с обычными шляпкообразными элементами жесткости.

Поверхность 54 связывания связующей полки 18, выполненного из термопластичных материалов, подготавливают для связывания при помощи известных способов
20 обработки поверхности, например, технологий плазменного травления, пескоструйной обработки или лазерной абляции. Поверхность 54 связывания связующей полки 18, выполненного из термоотверждаемых материалов, подготавливают при помощи известных способов обработки поверхности, например, плазменных технологий, технологий пескоструйной обработки или обработки песком. Функция указанной
25 подготовки поверхности заключается в 1) механическом удалении насыщенной смолой поверхности композитного материала для удаления соединений, которые препятствуют адгезии и 2) химической активации композитной поверхности для улучшения химической адгезии адгезива с предварительно отвержденными композитными поверхностями
30 элемента 14 жесткости с открытым каналом и панели 17. Прочность соединения, выполненного посредством связывания, имеет преимущества, обеспеченные как химической адгезией, так и механическим сцеплением перфорационных отверстий. Панель 17, которую необходимо упрочнить, обычно выполнена из термоотверждаемого материала, а ее поверхность подготавливают для связывания при помощи известных способов обработки поверхности, таких как технологии пескоструйной обработки,
35 обработки песком или отслаиваемого слоя.

После подготовки поверхности 54 связывания и поверхности панели 17 к связыванию, элемент 14 жесткости с открытым каналом располагают на подготовленной поверхности
панели 17 и удерживают на месте для поддержания его положения на протяжении
40 процесса связывания. Элемент 14 жесткости могут удерживать на месте при помощи механических зажимающих средств, или он может быть временно прикреплен в необходимом положении посредством точечных адгезивных сварных соединений, скоб или саморезных крепежных элементов. На фиг. 10 показан элемент 14 жесткости с открытым каналом, имеющий множество саморезных крепежных элементов 58
расположены вдоль длины элемента 14 жесткости с промежутками между ними. В
45 большинстве случаев 3-5 саморезных крепежных элементов 58 на элемент 14 жесткости будет достаточно. Для установки саморезных крепежных элементов 58 через связующую полку 18 и панель 17 должны быть просверлены направляющие отверстия. Адгезив может быть введен под давлением в направляющие отверстия или нанесен на саморезные

крепежные элементы 58, а затем саморезные крепежные элементы 58 вводят в направляющие отверстия. В некоторых вариантах реализации термоотверждаемая ткань 62 с более высокой прочностью (от 1 до 3 слоев) может быть помещена между элементом 14 жесткости с открытым каналом и панелью 17 до нанесения адгезива 50.

5 Ткань 62 приблизительно в два раза прочнее по сравнению со слоями ленты панели 17 (который обычно также выполнен из термоотверждаемого композитного материала) для предотвращения распространения отслаивания в более слабые слои ленты панели 17.

На фиг. 6, 8 и 9 адгезив 50 комнатной температуры наносят на верхнюю поверхность 60 связующей полки 18, так что адгезив 50 протекает через перфорационные отверстия 48, проходящие через связующую полку 18, в связующую полосу 22 для создания механического сцепления 52 по связующей полосе 22 между связующей полкой 18 и панелью 17. Перфорационные отверстия 48 могут иметь коническую форму, так что отверстие 74 большего диаметра расположено на верхней поверхности 60 связующей

15 полки 18, а отверстие 76 меньшего диаметра расположено на поверхности 54 связывания связующей полки (см. фиг. 9). Связующая полоса имеет толщину приблизительно от 0,005 до 0,1 дюйма (от 0,13 до 2,5 мм) для обеспечения возможности снижения количества слоев, что приводит к эффективности конструкции и снижению стоимости. Адгезив 50 может быть нанесен вручную или при помощи автоматического роботизированного

20 оборудования для нанесения, и может представлять собой адгезив с высокой прочностью, который является более прочным, чем термоотверждаемые композитные материалы со значениями G_{IC} приблизительно от 3,0 до 7,0 дюйм-фунт/дюйм² (от 525 до 1225 Дж/м²). Приведенное в качестве примера автоматизированное устройство 64

25 для нанесения адгезива имеет головку 66 для смешивания и нанесения адгезива, расположенную с возможностью скольжения вдоль верхней поверхности 60 связующей полки 18, и содержит смешивающее приспособление 68 с входными отверстиями 70 для смолы и катализатора, которые смешивают вместе для образования адгезива 50, и роботизированное конечное звено 72. Головка 66 для нанесения наносит адгезив 50 на

30 верхнюю поверхность 60 связующей полки 18 под достаточным давлением для введения или прохождения адгезива 50 через перфорационные отверстия 48 и в промежуток между связующей полкой 18 и панелью 17 до тех пор, пока адгезив 50 не станет видимым на краю связующей полки 18, или пока инфракрасная камера не обнаружит, что адгезив 50 полностью заполняет связующую полосу 22. Адгезив 50 выполнен таким образом,

35 что он имеет экзотермическую реакцию, которая является хорошим источником инфракрасного излучения для содействия проверке.

Весь процесс нанесения адгезива должен выполняться при комнатной температуре для обеспечения эффективного производства. Адгезив 50, который просачивается за край связующей полки 18 может быть стерт, или нет. Приведенный выше процесс

40 повторяют для связывания дополнительного элемента 14 жесткости с панелью 17. Адгезив 50 затвердеет приблизительно за время от 15 минут до 1 часа. Панель 17 с одним или более связанными элементами 14 жесткости с открытым каналом затем проходит через печь, нагретую приблизительно до 250°F (121°C) для дальнейшего отверждения адгезива 50 и поднятия температуры перехода в стеклообразное состояние

45 (T_g) до необходимой температуры для конкретного случая применения. Приведенный выше способ требует минимального количества инструментов для расположения, временного прикрепления и связывания элемента 14 жесткости с открытым каналом с панелью 17 для образования композитной силовой панели 16, что приводит к экономии

средств и другим положительным результатам при производстве.

Кроме того, настоящее раскрытие включает варианты реализации согласно следующим пунктам:

- 5 1. Элемент жесткости с открытым каналом для упрочнения панели, содержащий связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, и имеющий форму поперечного сечения, выполненную с возможностью по существу выравнивания центра сдвига элемента жесткости с центром масс элемента жесткости и с возможностью выравнивания центра сдвига вблизи края связующей полосы.
- 10 2. Элемент жесткости по пункту 1, также содержащий множество перфорационных отверстий, проходящих через связующую полку, которые обеспечивают возможность прохождения адгезива в перфорационные отверстия для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью.
- 15 3. Элемент жесткости по пункту 2, также содержащий множество выступающих областей, которые создают текстуру на поверхности связывания связующей полки для обеспечения пути потока адгезива между связующей полкой и панелью.
4. Элемент жесткости по пункту 2, в котором множество перфорационных отверстий имеют отверстие большего диаметра на верхней поверхности связующей полки и отверстие меньшего диаметра на поверхности связывания связующей полки.
- 20 5. Элемент жесткости по пункту 1, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит:
 - пояс, расположенный в целом параллельно связующей полке,
 - стенку, расположенную между поясом и связующей полкой, и в целом перпендикулярную им, и
 - 25 криволинейные соединительные участки, расположенные между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.
6. Элемент жесткости по пункту 5, в котором стенка расположена над связующей полосой, а криволинейные соединительные участки элемента жесткости
- 30 расположены так, чтобы проходить за край связующей полосы.
7. Элемент жесткости по пункту 1, который выполнен из термопластичного или термоотверждаемого материала.
8. Элемент жесткости по пункту 1, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит:
 - 35 пояс, расположенный по существу параллельно связующей полке,
 - стенку, расположенную между связующей полкой и поясом и под острым углом относительно них, и
 - криволинейные соединительные участки, расположенные между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.
- 40 9. Элемент жесткости по пункту 8, в котором стенка расположена над связующей полосой, а по меньшей мере один из криволинейных соединительных участков расположен так, чтобы проходить за край связующей полосы.
10. Элемент жесткости по пункту 1, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит:
 - 45 криволинейную стенку, расположенную над связующей полосой, и
 - криволинейный соединительный участок, имеющий радиус меньше, чем радиус криволинейной стенки, и расположенный между криволинейной стенкой и связующей

полкой,

причем криволинейный соединительный участок проходит за край связующей полосы.

11. Упрочненная панель, содержащая связанный с ней элемент жесткости с открытым каналом, содержащий связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью
5 посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, и имеющий форму поперечного сечения, выполненную с возможностью выравнивания центра сдвига элемента жесткости с центром масс элемента жесткости, и с возможностью выравнивания центра сдвига вблизи края связующей полосы.

12. Упрочненная панель по пункту 11, в которой связующая полка содержит
10 множество перфорационных отверстий, которые обеспечивают прохождение адгезива в перфорационные отверстия для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью.

13. Упрочненная панель по пункту 11, в которой форма поперечного сечения элемента жесткости содержит:

15 пояс, расположенный в целом параллельно связующей полке, стенку, расположенную между поясом и связующей полкой и в целом перпендикулярную им, и

криволинейные соединительные участки, расположенные между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.

14. Элемент жесткости по пункту 13, в котором стенка расположена над связующей
20 полосой и криволинейные соединительные участки элемента жесткости расположены так, чтобы проходить за край связующей полосы.

15. Способ упрочнения панели, включающий

- выполнение элемента жесткости с открытым каналом, имеющего форму поперечного
25 сечения, содержащую связующую полку для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы, образованной между связующей полкой и панелью, и

- конфигурирование формы поперечного сечения так, чтобы было обеспечено
30 выравнивание центра сдвига элемента жесткости с центром масс элемента жесткости и выравнивание центра сдвига вблизи края связующей полосы; и

- связывание связующей полки элемента жесткости с панелью.

16. Способ по пункту 15, также включающий выполнение множества перфорационных
отверстий, проходящих через связующую полку,

причем связывание включает нанесение адгезива на верхнюю поверхность связующей
35 полки таким образом, что адгезив протекает через перфорационные отверстия в связующую полосу для создания механического сцепления между связующей полкой и панелью.

17. Способ по пункту 15, также включающий выполнение множества выступающих
40 областей, которые создают текстуру на поверхности связывания связующей полки или панели для обеспечения пути потока адгезива между связующей полкой и панелью.

18. Способ по пункту 15, в котором выполнение элемента жесткости включает:

расположение пояса в целом параллельно связующей полке,
расположение стенки между поясом и связующей полкой, и в целом перпендикулярно
им, и

45 расположение криволинейных соединительных участков между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.

19. Способ по пункту 18, также включающий:

расположение стенки над связующей полосой и

расположение криволинейных соединительных участков элемента жесткости так, чтобы они проходили за край связующей полосы.

20. Способ по пункту 15, также включающий подготовку поверхности связывания связующей полки до выполнения связывания связующей полки с панелью посредством одного или более процессов обработки поверхности, выбранных из группы, состоящей из пескоструйной обработки, обработки песком, плазменного травления, лазерной абляции и с помощью снимаемого слоя ("peel ply").

Множество других модификаций и вариантов может быть разработано на основе приведенного выше описания для осуществления принципов настоящего изобретения. Например, без ограничения, конфигурации поперечного сечения могут включать изменяющиеся толщины на различных участках конфигурации, например, пояс может быть толще, чем стенка для обеспечения дополнительной прочности на изгиб и устойчивости с сохранением центра сдвига над связующей полосой. В предложенных формах поперечного сечения элемента 14 жесткости с открытым каналом могут быть изменены соотношение высота-ширина, степень симметричности и они могут быть отображены зеркально. Кроме того, элемент 14 жесткости с открытым каналом может быть связан с панелями различных конфигураций, включающих различные укладки и толщину, или представлять собой твердую слоистую или сэндвичевую конструкцию. Предполагается, что все такие модификации и варианты должны рассматриваться как соответствующие идее и попадающие в объем настоящего изобретения, определенного в прилагаемой формуле изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Элемент (14) жесткости с открытым каналом для упрочнения панели, содержащий связующую полку (18) для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы (22), образованной между связующей полкой и панелью, причем элемент жесткости имеет форму поперечного сечения, выполненную с возможностью по существу выравнивания центра (38) сдвига элемента жесткости с центром (41) масс элемента жесткости и с возможностью выравнивания центра сдвига вблизи края (30) связующей полосы.

2. Элемент (14) жесткости по п. 1, также содержащий множество перфорационных отверстий (48), проходящих через связующую полку (18), которые обеспечивают возможность прохождения адгезива (50) в перфорационные отверстия для создания механического сцепления (52) между связующей полкой и панелью.

3. Элемент (14) жесткости по п. 2, также содержащий множество выступающих областей (56), которые создают текстуру на поверхности (54) связывания связующей полки (18) для обеспечения пути потока адгезива (50) между связующей полкой и панелью.

4. Элемент (14) жесткости по п. 2, в котором множество перфорационных отверстий (48) имеют отверстие большего диаметра на верхней поверхности (60) связующей полки (18) и отверстие меньшего диаметра на поверхности (54) связывания связующей полки.

5. Элемент (14) жесткости по любому из пп. 1-4, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит пояс (24), расположенный в целом параллельно связующей полке (18), стенку (26), расположенную между поясом и связующей полкой и в целом перпендикулярную им, и криволинейные соединительные участки (28), расположенные между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.

6. Элемент (14) жесткости по п. 5, в котором стенка (26) расположена над связующей полосой (22), а криволинейные соединительные участки (28) элемента жесткости расположены так, чтобы проходить за край связующей полосы.

5 7. Элемент (14) жесткости по любому из пп. 1-4, который выполнен из термопластичного или термоотверждаемого материала.

8. Элемент (14) жесткости по любому из пп. 1-4, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит пояс (24), расположенный в целом параллельно связующей полке (18),
10 стенку (26), расположенную между связующей полкой и поясом и под острым углом (34) относительно них, и

криволинейные соединительные участки (28), расположенные между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой, причем стенка расположена над связующей полосой (22), и
15 по меньшей мере один из криволинейных соединительных участков расположен так, чтобы проходить за край (30) связующей полосы.

9. Элемент (14) жесткости по любому из пп. 1-4, в котором форма поперечного сечения элемента жесткости содержит криволинейную стенку (36), расположенную над связующей полосой (22), и
20 криволинейный соединительный участок (28), имеющий радиус меньше, чем радиус криволинейной стенки, и расположенный между криволинейной стенкой и связующей полкой (18),

причем криволинейный соединительный участок проходит за край (30) связующей полосы.

25 10. Способ упрочнения панели, включающий - выполнение элемента (14) жесткости с открытым каналом, имеющего форму поперечного сечения, содержащую связующую полку (18) для связывания элемента жесткости с панелью посредством связующей полосы (22), образованной между связующей полкой и панелью, и

30 - конфигурирование формы поперечного сечения так, чтобы было обеспечено выравнивание центра (38) сдвига элемента жесткости с центром (41) масс элемента жесткости и выравнивание центра сдвига вблизи края (30) связующей полосы, и - связывание связующей полки элемента жесткости с панелью.

11. Способ по п. 10, также включающий выполнение множества перфорационных
35 отверстий (48), проходящих через связующую полку (18), причем связывание включает нанесение адгезива (50) на верхнюю поверхность (60) связующей полки таким образом, что адгезив протекает через перфорационные отверстия в связующую полосу (22) для создания механического сцепления (52) между связующей полкой и панелью.

40 12. Способ по п. 10, также включающий выполнение множества выступающих областей (56), которые создают текстуру на поверхности (54) связывания связующей полки (18) или панели для обеспечения пути потока адгезива (50) между связующей полкой и панелью.

13. Способ по любому из пп. 10-12, в котором выполнение элемента (14) жесткости
45 включает расположение пояса (24) в целом параллельно связующей полке (18), расположение стенки (26) между поясом и связующей полкой и в целом перпендикулярно им и

расположение криволинейных соединительных участков (28) между поясом и стенкой и между стенкой и связующей полкой.

14. Способ по п. 13, также включающий

расположение стенки (26) над связующей полосой (22) и

5 расположение криволинейных соединительных участков (28) элемента (14) жесткости так, чтобы они проходили за край (30) связующей полосы.

15. Способ по любому из пп. 10-12, также включающий подготовку поверхности

(54) связывания связующей полки (18) до связывания связующей полки с панелью

10 посредством одного или более процессов обработки поверхности, выбранных из группы, состоящей из пескоструйной обработки, обработки песком, плазменного травления, лазерной абляции и с помощью снимаемого слоя.

15

20

25

30

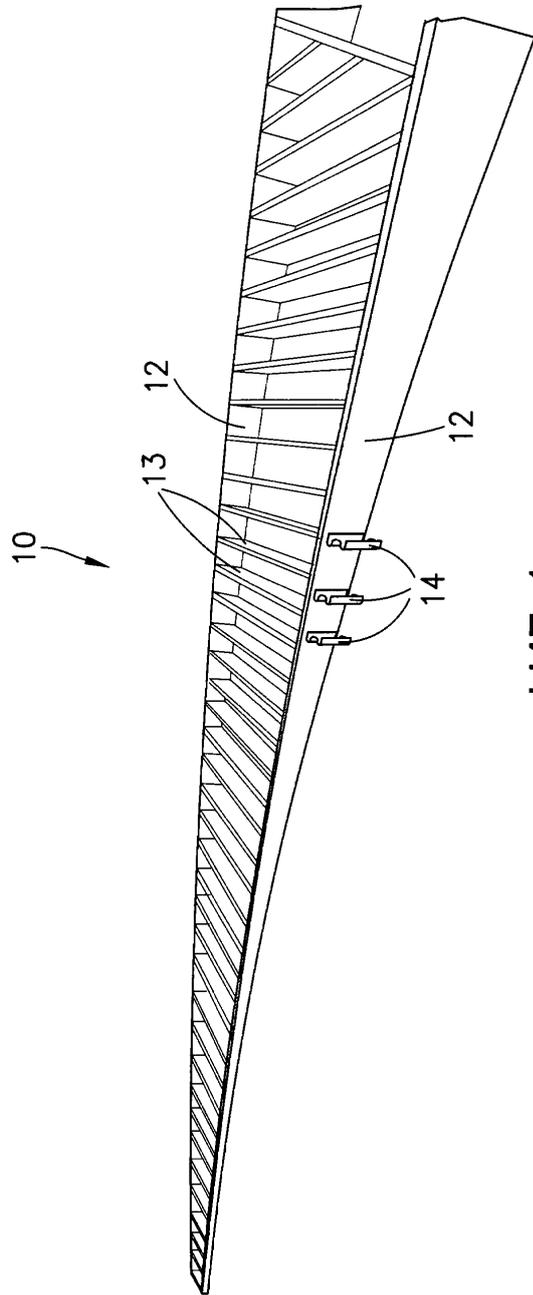
35

40

45

1

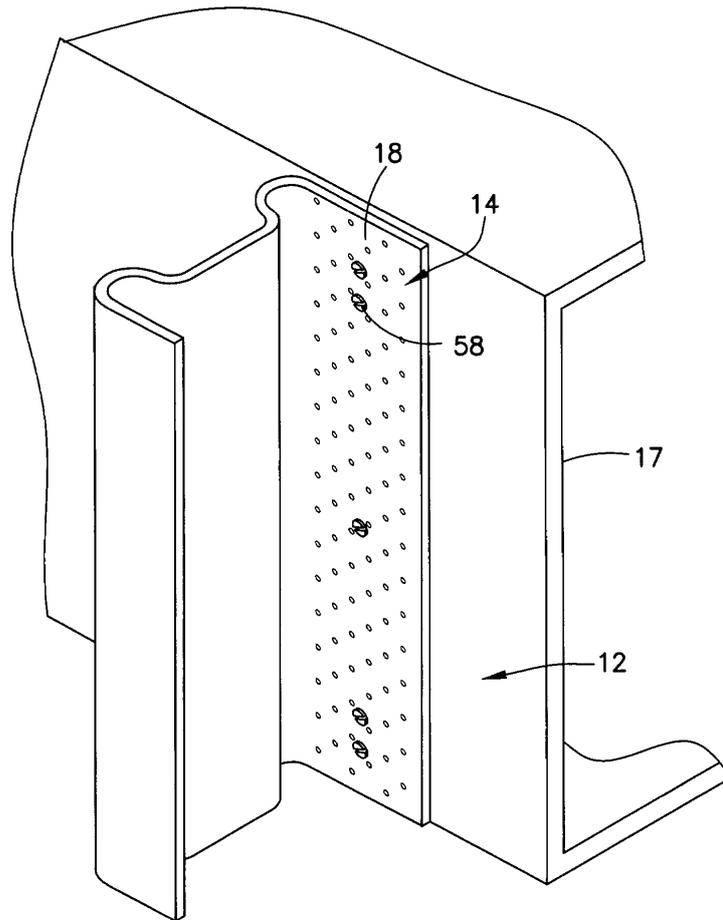
1/9



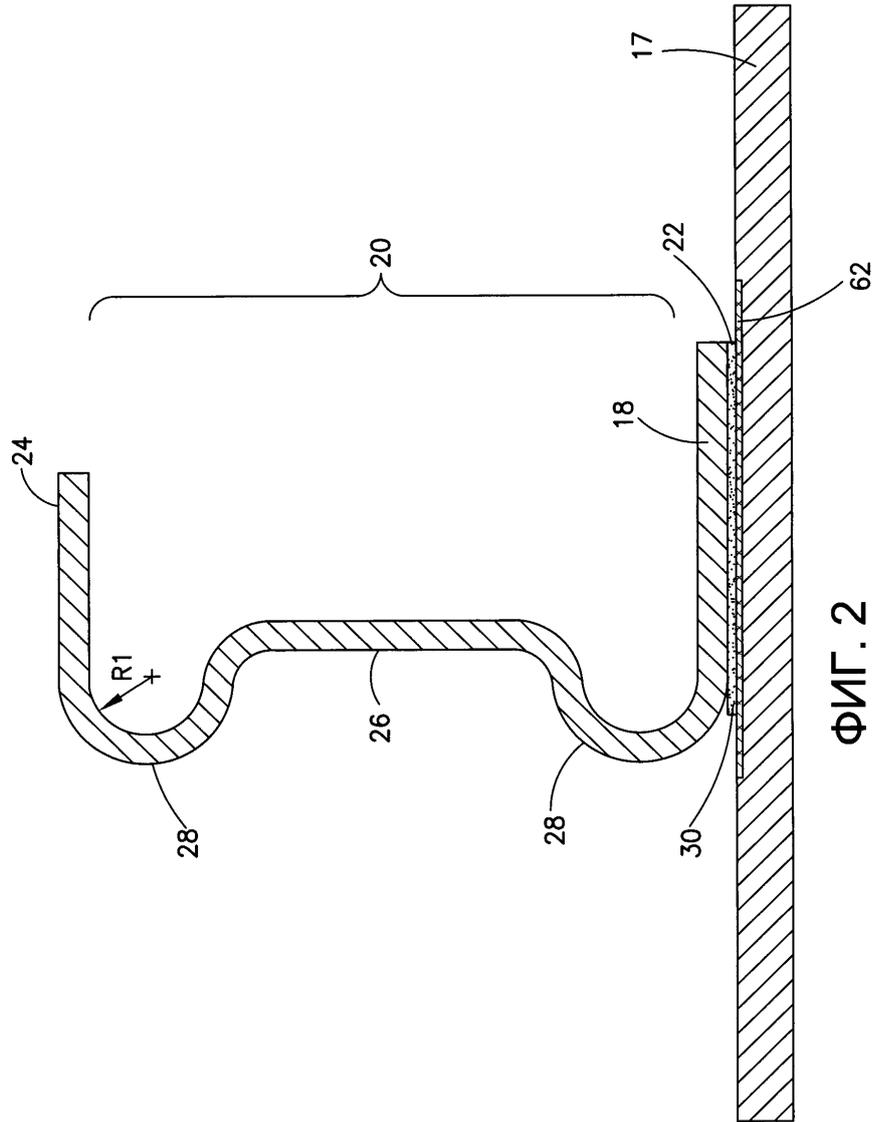
ФИГ. 1

2

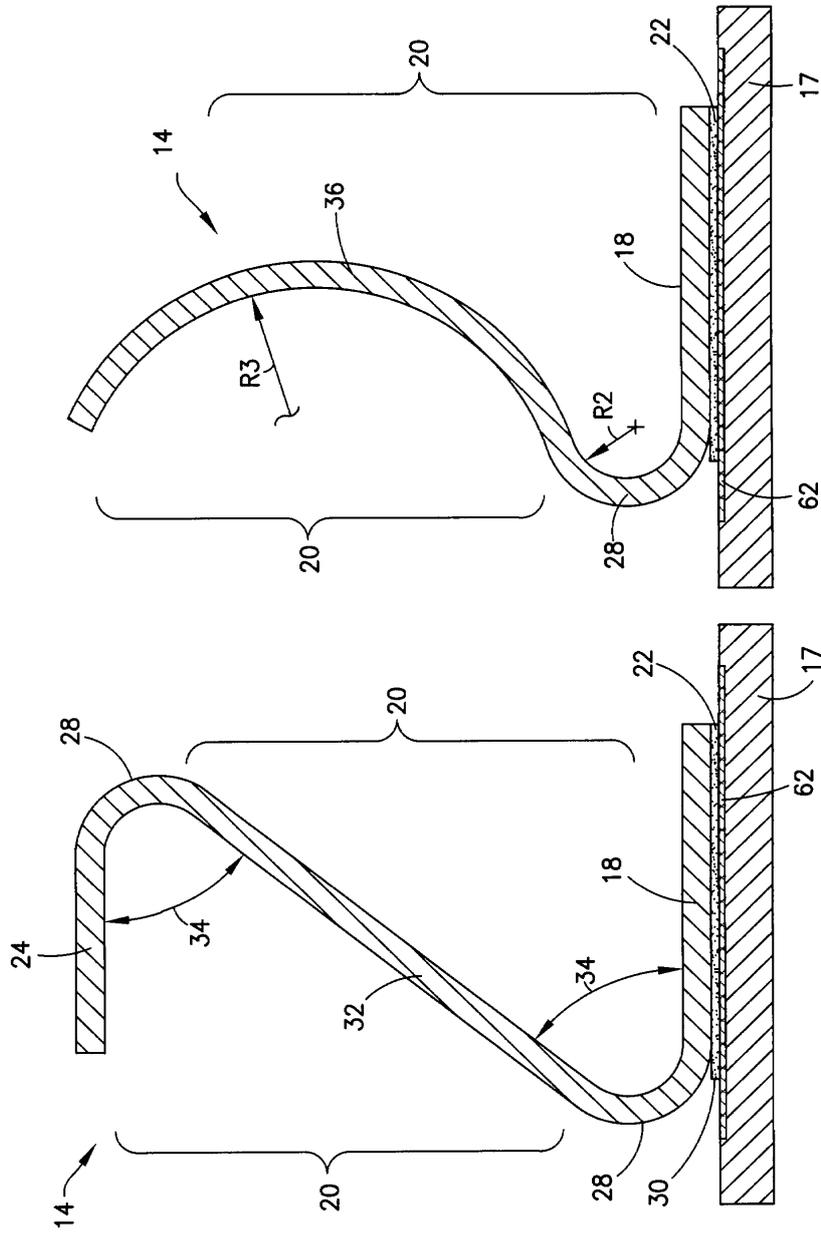
2/9



ФИГ. 1А

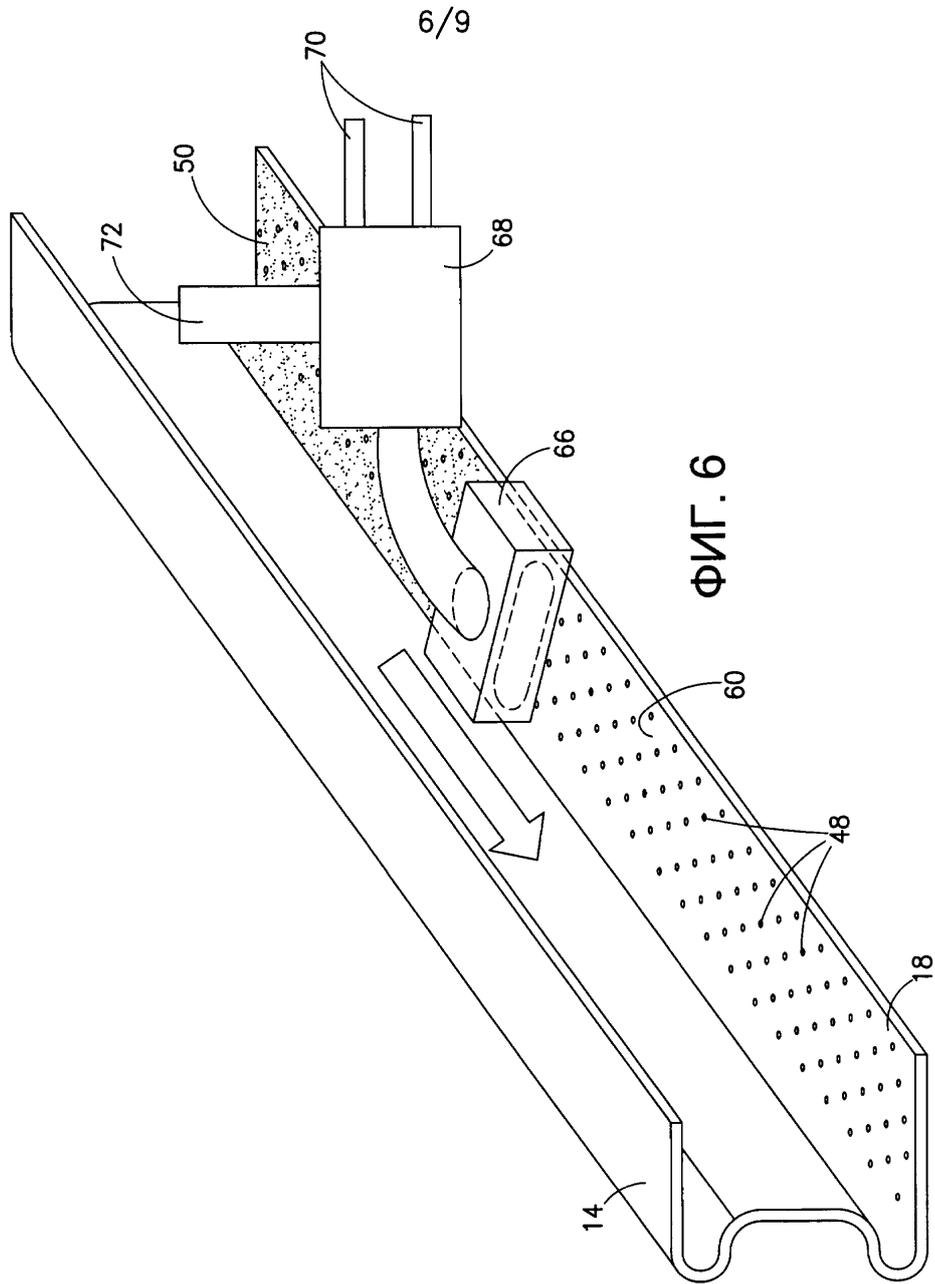


4/9

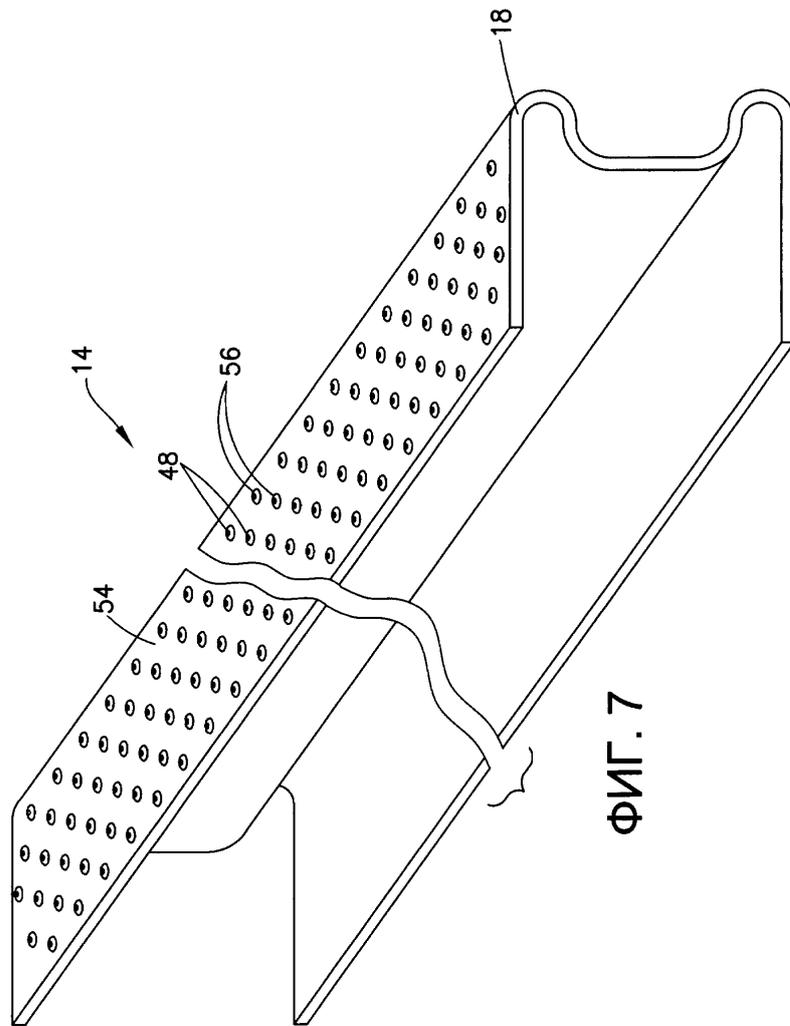


ФИГ. 4

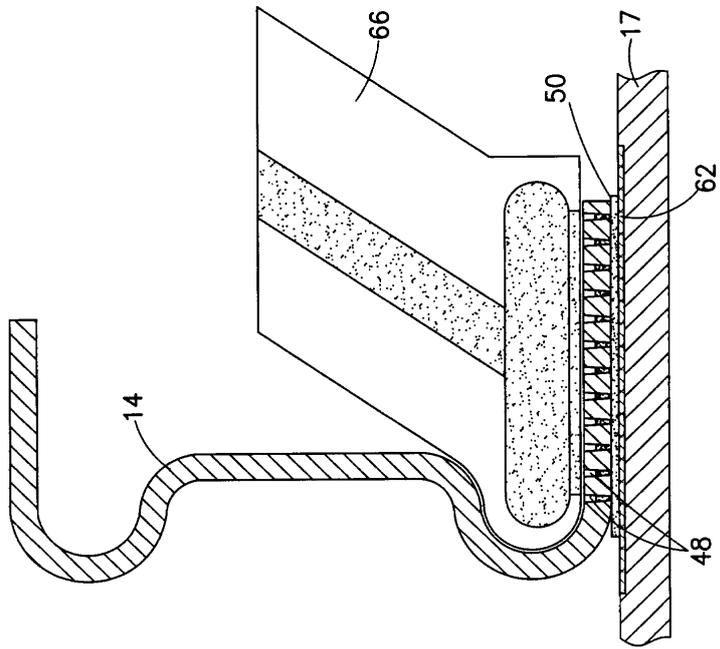
ФИГ. 3



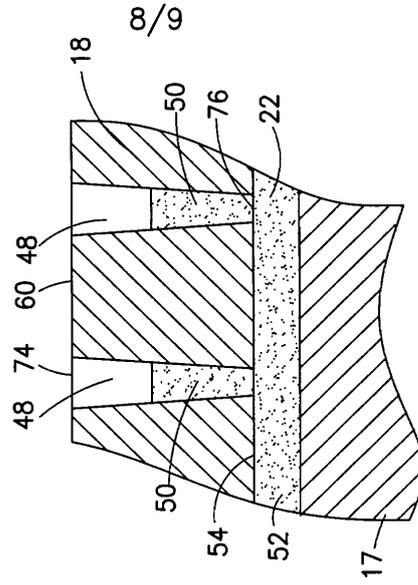
7/9



ФИГ. 7



ФИГ. 8



ФИГ. 9

