

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(21) 202091943 (13) A1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2020.11.05

(51) Int. Cl. B22C 9/02 (2006.01)
B33Y 80/00 (2015.01)
B22C 9/10 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2019.03.20

(54) СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ РАСПЛАВОМ И ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА

(31) 10 2018 106 725.9; 10 2018 115 087.3

(32) 2018.03.21; 2018.06.22

(33) DE

(86) PCT/EP2019/056987

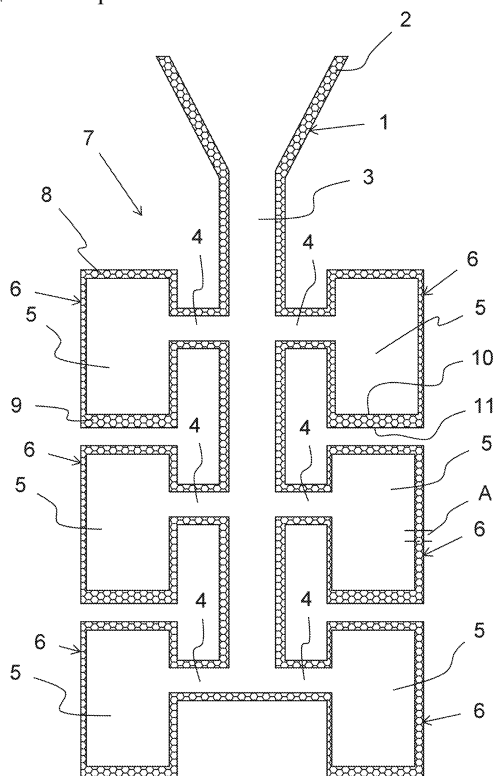
(87) WO 2019/180095 2019.09.26

(71) Заявитель:
ШУБЕРТ УНД ЗАЛЬЦЕР
ФАЙНГУСС ЛОБЕНШТАЙН ГМБХ
(DE); ЛИТХОЦ ГМБХ (AT)

(72) Изобретатель:
Хома Йоханнес, Шпицбарт Манфред,
Райхарцедер Доминик, Шнайдер
Петер (AT), Кавлат Бертрам, Рааб
Армин, Райхенбехер Хольгер (DE)

(74) Представитель:
Носырева Е.Л. (RU)

(57) Способ изготовления литейной формы (6), в частности оболочки (7) для заполнения расплавом и/или стержня для обеспечения пустоты в отливке, со стенкой (8) из жаростойкого и газопроницаемого материала, при этом литейную форму (6) получают генеративным способом изготовления. Согласно изобретению предусматривается, что стенка (8) литейной формы (6) выполнена с опорной конструкцией (9), которая соответствует литейной форме, которая получена с применением открытых и/или закрытых пустот и/или в которой предусмотрена разная толщина стенки, чтобы обеспечить полностью самостоятельное выдерживание литейной формой давления литья с сохранением формы, а также целенаправленно изолировать тепловую энергию в расплаве или отводить ее из расплава.



A1

202091943

202091943

A1

СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНОЙ ФОРМЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ РАСПЛАВОМ И ЛИТЕЙНАЯ ФОРМА

Настоящее изобретение относится к способу изготовления литейной формы, в частности оболочки для заполнения расплавом и/или стержня для обеспечения пустоты в отливке, со стенкой из жаростойкого и газопроницаемого материала, при этом литейную форму получают генеративным способом изготовления, а также к соответствующей литейной форме.

Из документа DE 103 17 473 B3 известна литейная форма для металлического литья или точного литья точных деталей, при этом существенная часть литейной формы состоит из пористой керамики, полученной генеративным способом быстрого прототипирования, в сыром или обожженном состоянии. При этом генеративным способом быстрого прототипирования получают элементы, соответствующие стержням формы, или элементы, обтекаемые металлом. Способом быстрого прототипирования можно таким же образом изготовить внешнюю форму литейной формы. Например, на внешней стороне литейной формы или в ней предусматривают каналы для охлаждения или выполняют выпоры либо размещают располагаемые снаружи ребра, которые служат в качестве каналов для охлаждения. Кроме того, раскрывается, что могут быть предусмотрены опорные ребра, которые расположены на обращенной от полости стороне. Чтобы литейная форма выдерживала давление, ее засыпают сыпучим материалом из сыпучей керамики. Сыпучий материал придает относительно тонкой литейной форме, полученной генеративным способом быстрого прототипирования, необходимую для литья механическую стойкость. В качестве альтернативы предусмотрена оболочка, в которую помещают литейную форму, чтобы она могла выдерживать давление при литье.

При этом недостатком является то, что для приема литейной формой сыпучего материала ее необходимо поместить в емкость, чтобы сыпучий материал с сыпучей керамикой мог создавать литейной форме достаточную опору. Наряду с дополнительным материалом это требует также выполнения операций вручную и, таким образом, делает процесс требующим большого расхода времени и больших

затрат. Подобное касается и альтернативного варианта осуществления с оболочкой. Кроме того, может отсутствовать влияние на отвод тепла недавно отлитой отливки, поскольку сыпучий материал и оболочка продолжают изолировать литейную форму.

Задача настоящего изобретения заключается в предоставлении литейной формы и способа изготовления литейной формы, с помощью которого можно полностью автоматически получить литейную форму, которая сама по себе и без каких-либо дополнительных действий может выдерживать давление литья и, таким образом, может быть быстро получена с малыми затратами, а также выполнена с возможностью целенаправленного отвода возникающего при литье тепла, то есть в зависимости от требуемой продолжительности охлаждения отдельных областей отливки, и тем самым также дополнительно повышает качество отливки.

Эта задача решается способом и литейной формой согласно независимым пунктам формулы изобретения.

В способе согласно изобретению для изготовления литейной формы, в частности оболочки для заполнения расплавом и/или стержня для обеспечения пустоты в отливке, изготавливают стенку из жаростойкого и газопроницаемого материала, например, керамики. Литейную форму получают генеративным способом изготовления. Подобные генеративные способы изготовления представляют собой, например, способы 3D-печати, в которых текучий материал наносят слоями, а затем отверждают. Согласно изобретению стенку литейной формы выполняют с опорной конструкцией, которая соответствует литейной форме, которая получена с применением открытых и/или закрытых пустот и/или в которой предусмотрена разная толщина стенки, чтобы обеспечить полностью самостоятельное выдерживание литейной формой давления литья с сохранением формы, а также целенаправленно изолировать тепловую энергию в расплаве или отводить ее из расплава. Благодаря опорной конструкции, которая предпочтительно неразъемно соединена со стенкой литейной формы, получают стойкую литейную форму, которая подходит для литья очень точных отливок. Кроме того, этим способом получения может быть обеспечена литейная форма, которая может быть получена полностью автоматически. Автоматизированное выполнение операций происходит непосредственно до вливания материала в литейную форму. Не требуется каких-либо дополнительных действий по обеспечению опоры, как, например, заполнение пустот песком или другими материалами, поскольку литейная форма уже

сама по себе является достаточно стойкой, чтобы быть в состоянии выдерживать давление литья. Кроме того, благодаря опорной конструкции обеспечивается возможность того, что возникающее при литье тепло расплава целенаправленно сохраняется или отводится для получения оптимально охлажденной отливки.

Литейная форма согласно изобретению предназначена, в частности, для металлического, промышленного точного литья. Кроме того, получают множество литейных форм, при этом является особенно экономически выгодным то, что эти литейные формы можно получить быстро и без выполнения операций вручную. Посредством опорной конструкции может обеспечиваться вся форма или только ее часть. Могут изготавливаться простые формы без стержня или более сложные формы с одним или несколькими стержнями (формы со стержнями и оболочками).

В отличие от традиционного способа точного литья, который обычно реализуется литьем по выплавляемым моделям, получение способом согласно изобретению является значительно более экономичным. В случае традиционного литья по выплавляемым моделям сначала изготавливают именно восковую модель, которую вместе с другими восковыми моделями объединяют в блок моделей. Затем этот блок моделей из воска погружают в жидкую керамику и посыпают песком. Этот процесс неоднократно повторяют до получения достаточно толстой и стойкой оболочковой формы. Затем воск из оболочковой формы выплавляют и оболочковую форму обжигают. Лишь затем можно приступить к литью детали.

В случае способа согласно изобретению, наоборот, отсутствует получение восковой модели, равно как и сборка блока моделей из воска, погружение и посыпка песком, для получения оболочковой формы. В случае способа согласно изобретению вместо этого оболочковую форму получают непосредственно генеративным способом изготовления. Так, получают либо только литейную форму, либо даже отдельную литейную форму вместе с литниковой системой и другими литейными формами, которые соединены с литниковой системой. Чтобы можно было получить толщину стенки, которая, тем не менее, позволяет обеспечить выдерживание ожидаемого давления литья, предусматривают опорные конструкции, которые в зависимости от необходимости могут более или менее стабильно обеспечивать полости опору и стабилизировать ее. Благодаря конструктивному устройству опорной конструкции является возможным, чтобы опорная конструкция в областях, в которых следует ожидать более высокое

давление литья, была выполнена более стойкой, а в областях, в которых давление литья будет менее сильным, она была спроектирована и выполнена более простой и менее стойкой. Таким образом, также очень экономично может осуществляться получение литейной формы, поскольку расход материалов — и в то же время продолжительность получения, которая ввиду генеративного способа в определенной степени зависит от количества получаемых стенок и опорных конструкций — можно целенаправленно привести в соответствие с имеющимися требованиями. Кроме того, опорная конструкция может влиять на охлаждение новой отливки. Больше пустот, в частности закрытых пустот, дольше изолирует отливку, а больше материала опорной конструкции может ускорять отвод тепла. Так, можно, например, получить равномерно охлаждающуюся деталь или отдельные области отливки могут дольше сохраняться теплыми. Таким образом, можно получить отливку без напряжений и усадочных раковин. Открытые конструкции способствуют отводу тепла. Являются возможными даже каналы для охлаждения, по которым вдувается воздух. Настоящее изобретение по сравнению с традиционными способами получения допускает большую свободу особенно в отношении выполнения каналов для охлаждения.

Еще одно преимущество настоящего изобретения по сравнению с засыпаемой формой, как в документе DE 103 17 473 B3, заключается в том, что потребление энергии для обжига засыпаемой формы во много раз выше, чем в случае формы с опорной конструкцией. В случае серийного процесса это прежде всего влияет на длительность производственных циклов и производственные расходы.

В качестве генеративного способа изготовления особенно предпочтительным является способ 3D-печати, в котором литейную форму получают наслаиванием. Для обеспечения возможности получения особенно точной литейной формы является предпочтительным, если отдельные слои как можно более неразрывно переходят друг в друга и, таким образом, делают возможной равномерную структуру. Это является особенно предпочтительным в области обращенной к полости внутренней стороны литейной формы.

Согласно одному предпочтительному варианту осуществления изобретения генеративный способ изготовления выполняют на основании шликерного литья, как, в частности, в стереолитографии, в технологии цифровой светодиодной проекции (DLP), как робокастинг (DIW), или с применением технологии, основанной на шликерном

литье, например с применением послойного осаждения шликера (LSD) или LIS. Тем самым литейную форму можно получить хорошего качества, в частности, с низкой шероховатостью, и достаточно быстро.

Если опорная конструкция расположена на обращенной от получаемой отливки или полости внешней стороне литейной формы, то опорная конструкция согласно изобретению не влияет на полость, в которой потом должна отливаться отливка. Способ получения согласно изобретению в принципе не влияет на определенное выполнение отливок и, таким образом, является универсально применимым. Опорная конструкция повторяет изготавливаемую отливку, и отливку не нужно приводить в соответствие с опорной конструкцией.

Если в одном предпочтительном варианте осуществления изобретения опорная конструкция от обращенной к получаемой отливке внутренней стороны к обращенной от получаемой отливки внешней стороне литейной формы выполнена более шероховатой, то может осуществляться оптимальное выполнение при как можно более низком расходе материалов для опорной конструкции. Выполнение опорной конструкции более шероховатой может быть реализовано, в частности, посредством открытых и/или закрытых пустот, которые изнутри наружу становятся более шероховатыми. В то время как возле полости предусмотрены меньшие пустоты, большие пустоты являются предпочтительными по мере удаления от полости. Таким образом, опорное действие оптимально обеспечивается при отсутствии необходимости в большом расходе материалов для опорной конструкции. Кроме того, таким выполнением можно целенаправленно влиять на отвод тепла.

Если посредством литниковой системы гроздеобразно соединяют несколько однотипных или разных литейных форм, то, как согласно традиционному способу с выплавлением воска, может обеспечиваться гроздеобразный блок моделей, посредством которого одним литьем получают множество деталей. Это также обеспечивает экономичный способ получения деталей.

Если на внутренней стороне стенки литейной формы выполнена структура поверхности с очень низкой шероховатостью, то обеспечивается возможность получения особенно гладкой детали. Очень низкая шероховатость R_z предпочтительно составляет менее 100

мкм, чего, как правило, достаточно для обеспечения соответствующего качества поверхности детали.

Способ согласно изобретению особенно предпочтительно подходит для технологии точного литья. В случае точного литья литейная форма может особенно экономично изготавливаться и применяться, поскольку технологии точного литья, как правило, применяются в промышленности, и за короткое время должно изготавливаться относительно большое количество отдельных отливок. Кроме того, эти промышленно изготавливаемые точные отливки также являются очень чувствительными в отношении цены, так что способом согласно изобретению необходимо производить очень малозатратные точные отливки.

Если литейная форма предпочтительно используется для монокристаллического литья, то можно очень эффективно производить, например, турбинные лопатки.

Предпочтительно форма опорной конструкции разработана оптимально в отношении механической и/или тепловой нагрузки, ожидаемой в процессе литья. Тем самым в зависимости от толщины стенки или пустот отливаемой отливки может обуславливаться то, что, например, затвердевание металла происходит равномерно. При этом необходимая толщина стенки, расположение и размер отдельных элементов, таких как, например, ребра, рассчитываются и приводятся в соответствие с требованиями.

Литейная форма согласно изобретению, в частности оболочка для заполнения расплавом и/или стержень для обеспечения пустоты в отливке, со стенкой из жаростойкого и газопроницаемого материала, в частности керамики, изготавливается генеративным способом изготовления. Согласно изобретению стенка литейной формы содержит опорную конструкцию, которая соответствует литейной форме и которая выполнена с применением открытых и/или закрытых пустот и/или разной толщины стенки. Для обеспечения полностью самостоятельного выдерживания литейной формой давления литья с сохранением формы, а также для целенаправленного изолирования тепловой энергии в расплаве или ее отведения из расплава предусмотрена опорная конструкция. Посредством опорной конструкции может быть обеспечена вся форма или ее часть. Могут изготавливаться простые формы без стержня или более сложные формы с одним или несколькими стержнями (формы со стержнями и оболочками).

Благодаря опорной конструкции теперь можно получить литейную форму, которая позволяет отливать очень точную деталь. Литейная форма не изменяет свою форму под действием давления литья расплава, поскольку опорная конструкция выполнена так, что литейной форме, в которую заливается расплав, она так создает опору, что та не может деформироваться. Таким образом, благодаря литейной форме согласно изобретению обеспечена возможность получения очень точной литейной формы и вместе с тем также изготовления очень точной отливки.

Кроме того, посредством опорной конструкции можно влиять на то, как тепловая энергия в расплаве может быть изолирована или может быть отведена из расплава. В случае высокоточной детали в целом решающим является то, чтобы тепловая энергия расплава отводилась целенаправленно. Таким образом, могут иметься области, в которых является предпочтительным, чтобы тепло сохранялось как можно дольше, тогда как, с другой стороны, это даст области, в которых является предпочтительным, чтобы тепло отводилось как можно быстрее. Благодаря соответствующему расположению опорной конструкции, которое подобрано под отдельную литейную форму, можно довольно целенаправленно влиять на сохранение или отвод тепла расплава. Таким образом, литейная форма согласно изобретению делает возможным не только получение точной детали, но и технически также значительное влияние на отвод тепла для получения точной и правильной отливки.

Предпочтительно литейная форма представляет собой форму для точного литья. Особенно в случае точного литья, которое выполняется в заводских условиях, требуется очень точное изготовление детали. Поэтому благодаря описанным выше преимуществам литейной формы согласно изобретению литейная форма особенно предпочтительно предназначена для точного литья.

Если литейная форма содержит обращенную к получаемой отливке внутреннюю сторону и обращенную от получаемой отливки внешнюю сторону, при этом на внутренней стороне литейной формы обеспечена негативная форма отливаемой детали в виде полости и опорная конструкция расположена на внешней стороне, то есть на обращенной от полости стороне стенки литейной формы, то может обеспечиваться литейная форма, которая делает возможным получение детали, которая не зависит от выполнения опорной конструкции литейной формы. После расположения опорной конструкции на внешней стороне, а не на внутренней стороне литейной формы, то есть

в области полости литейной формы, опорная конструкция может быть расположена независимо от полости. Тем самым обеспечивается особенно большая свобода при проектировании, которая делает опорную конструкцию оптимальной как для укрепления литейной формы в отношении давления литья, так и для целенаправленной передачи тепла.

Если несколько однотипных или разных литейных форм гроздеобразно соединены посредством литниковой системы, то можно одновременно отливать несколько деталей.

Является особенно предпочтительным, если литейная форма получена наслаиванием посредством 3D-печати. Тем самым делается возможной особенно большая свобода при проектировании литейной формы. Поднутрения опорной конструкции являются тем самым просто осуществляемыми. Таким образом, опорная конструкция или конструкция для отвода тепла или для сохранения тепла может выполняться отдельно и особенно эффективно для каждой литейной формы.

Предпочтительно опорная конструкция от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы выполнена более шероховатой. Это означает, что, в частности, от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы предусмотрены все более увеличивающиеся пустоты. Тогда как в области полости обеспечивать опору и передачу тепла могут предпочтительно небольшие пустоты или много материала, то, как правило, достаточно, если есть другие опорные конструкции, менее удаленные от полости, и, соответственно, предусмотрены большие пустоты. Это может как происходить само за счет соответствующего выполнения опорной конструкции, так и за счет уменьшения толщины стенки так, что рядом с полостью предусмотрена большая толщина стенки, а дальше от полости выполнена меньшая толщина стенки опорной конструкции.

Является особенно предпочтительным, если в зависимости от необходимости пустоты выполнены закругленными и/или угловатыми. Благодаря генеративному способу изготовления имеется очень большая свобода при проектировании. Так, пустоты могут быть выполнены закругленными, чтобы обеспечивалась особенно высокая стойкость опорных конструкций. Выполнение пустот угловатыми может предполагаться, если требуется простое устройство опорной конструкции. Пустоты могут быть выполнены, в

частности, в виде пор, то есть пустот сферической или неправильной формы, ячеек и/или кубических пустот. В зависимости от требований к опорной силе или теплопроводности подобная форма может оказаться особенно предпочтительной. Разумеется, другие формы пустот также являются возможными и могут предоставлять преимущества для соответствующей литейной формы.

Часто является предпочтительным, если опорная конструкция от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы выполнена с постепенно уменьшающейся толщиной стенки. Как правило, меньшая толщина стенки быстрее выполняется, так что за счет такой свободы при проектировании можно получить литейную форму, требующую еще меньших затрат.

Если на внутренней стороне литейной формы обеспечена структура поверхности с очень низкой шероховатостью, то посредством литейной формы можно отливать отливку с очень гладкой и чистой поверхностью. Очень низкая шероховатость представляет собой шероховатость R_z менее 100 мкм.

Толщина стенки литейной формы, то есть полная стенка с опорной конструкцией или отдельная опорная стенка опорной конструкции, может составлять от 0,1 мм до 75 мм. В частности, отдельная толщина стенки опорной стенки может быть очень тонкой, например, 0,1 мм, но также может содержать толщину стенки в несколько миллиметров. Общая толщина стенки литейной формы, включая опорную конструкцию, в зависимости от размера отливаемой детали также может составлять много миллиметров, до 75 мм. В частности, если толщина стенки должна подходить также для обеспечения возможности связывания посредством литниковой системы, будет необходима большая толщина стенки.

Согласно предпочтительному варианту осуществления изобретения литейная форма представляет собой форму для монокристаллического литья, предназначенную для литья монокристаллических отливок. Таким образом, можно очень эффективно изготавливать, например, турбинные лопатки.

Предпочтительно литейную форму получают основанным на шликерном литье генеративным способом изготовления. Тем самым литейную форму можно получить хорошего качества, в частности, с низкой шероховатостью, и достаточно быстро.

Другие преимущества изобретения описаны в нижеприведенном примере осуществления. На графических материалах показано:

- фигура 1 поперечный разрез системы с несколькими литейными формами;
- фигура 2 фрагмент стенки с ромбовидной опорной конструкцией;
- фигура 3 фрагмент стенки с кубической опорной конструкцией;
- фигура 4 фрагмент стенки с ячеистой опорной конструкцией;
- фигура 5 фрагмент стенки с опорной конструкцией с круглыми пустотами;
- фигура 6 фрагмент стенки с опорной конструкцией в виде ребер; и
- фигура 7 литейная форма со стержнем.

В приведенном ниже описании представленных альтернативных примеров осуществления в отношении элементов, которые по своему выполнению и/или действию являются идентичными и/или по меньшей мере сопоставимыми, применяются одинаковые ссылочные позиции. Если они подробно не рассмотрены еще раз, то их выполнение и/или действие соответствуют выполнению и действию элементов, которые уже были описаны выше.

На фиг. 1 схематически показан поперечный разрез литниковой системы 1. Литниковая система 1 содержит литниковую чашу 2, которая переходит в центральный литник 3. От центрального литника 3 проходят несколько литников 4, которые переходят в полость 5 отдельных литейных форм 6. Таким образом, расплав, который заливают в литниковую чашу 2, течет через центральный литник 3 и сквозь впускные отверстия 4 попадает в полость 5. Там расплав застывает и образует отливку, которая принимает форму полости 5.

Комбинация из литниковой системы 1 и литейных форм 6 называется оболочковой формой 7. В аналогах, известных из уровня техники, эту оболочковую форму 7 изготавливают посредством восковой модели, которую неоднократно погружают в жидкую керамику и в песок. Затем эту сырую оболочковую форму 7 высушивают и обжигают, в результате чего получается крепкая оболочковая форма 7, которая подходит для заливки расплавом.

Согласно настоящему изобретению литейные формы 6 содержат стенки 8 с опорной конструкцией 9, которые получают генеративным способом изготовления, например 3D-печатью. Опорная конструкция 9 на представленной фигуре 1 схематически показана ячеистой штриховкой. Опорные конструкции 9 проходят здесь не только по литейным формам 6, но и по литниковой системе 1 с литниковой чашей 2, центральному литнику 3, а также по литникам 4. В качестве альтернативы также является возможным, чтобы литниковая чаша 2 и/или центральный литник 3 были выполнены не с такой ячеистой конструкцией или опорной конструкцией 9, а были получены традиционным или другим простым способом.

Оболочковая форма 7 выполнена так, что в литниковой системе 1 гроздеобразно расположено несколько литейных форм 6, здесь шесть. Следовательно, можно одновременно получать литьем шесть отливок в шести полостях 5.

Каждая стенка 8 содержит внутреннюю сторону 10 и внешнюю сторону 11. Внутренняя сторона 10 направлена внутрь полости 5, тогда как внешняя сторона 11 одновременно образует и внешнюю сторону оболочковой формы 7. На фигурах 2–6 представлены увеличенные изображения разных вариантов выполнения стенок 8 с опорными конструкциями 9 в соответствии с фрагментом А.

На фигуре 2 показан фрагмент А стенки 8 литейной формы 6 с опорной конструкцией 9, в которой расположены закрытые пустоты 12. Опорная конструкция 9 выполнена со множеством опорных стенок 13. Опорные стенки 13 образуют квадратные в сечении пустоты 12 разного размера. Так, пустоты 12 рядом с внутренней стороной 10 получены меньшими, чем в области внешней стороны 11 стенки 8.

Опорные стенки 13 относительно внутренней стороны 10 проходят под наклоном, так что квадратные пустоты 12 ромбовидной вершиной направлены к внутренней стороне 10 или внешней стороне 11. Тем самым опорными стенками 13 обеспечивается особенно хорошее опорное действие в отношении стенок 8 литейной формы 6. В то время как опорная конструкция 9 в направлении внешней стороны 11 образует зубчатые, открытые пустоты 15, в области внутренней стороны 10 она ровно закрыта внутренней стенкой 14. Внутренняя стенка 14 затем будет образовывать поверхность детали, которую будут отливать в полости 5. Соответственно, является важным, чтобы внутренняя стенка 14 образовывала структуру поверхности с очень низкой

шероховатостью, чтобы обеспечивалась как можно более гладкая поверхность детали. Поэтому внутренняя сторона 10 или внутренняя стенка 14 предпочтительно выполнена с шероховатостью, составляющей менее 100 мкм. Кроме того, следует обратить внимание на то, что в случае получения стенки 8 наслаиванием с применением генеративного способа изготовления, в частности 3D-печати, не возникает каких-либо уступов и бороздчатых рисунков, которые могли бы привести к снижению качества отливки, или их количество незначительно.

На фиг. 3 показан еще один вариант осуществления стенки 8 литейной формы в соответствии с фрагментом А. Здесь опорная конструкция 9 стенки 8 в поперечном сечении образована посредством прямоугольных пустот 12 и 15. Большинство из пустот представляют собой закрытые пустоты 12. Но также предусмотрена открытая пустота 15. За счет комбинации закрытых и открытых пустот 12 или 15 в области опоры стенки 8 литейной формы 6 также должен обеспечиваться целенаправленный отвод тепла или целенаправленная аккумуляция тепла. Опорная конструкция 9 может быть предназначена для того, чтобы отвод тепла происходил как можно быстрее. Тем не менее ввиду соответствующего выполнения, в частности из-за закрытых пустот, отвод тепла замедляется, поскольку закрытые пустоты 12 по сравнению с открытыми пустотами 15 действуют больше как изоляция.

Из показанного на фигуре 3 примера осуществления также очевидно, что опорные стенки 13 имеют разную толщину стенки W . Опорные стенки 13, которые расположены ближе к внутренней стороне 10, имеют большую толщину стенки W , чем опорные стенки 13, которые находятся дальше от внутренней стороны 10 и расположены ближе к внешней стороне 11. На фиг. 3 это показано разной толщиной линий. Разная толщина стенки W делает возможным то, что опорная конструкция 9 выполнена полностью для обеспечения необходимого опорного действия и требуемого отвода тепла. Толщина стенки W опорных стенок 13 может варьироваться от предпочтительно 0,1 мм вплоть до нескольких миллиметров, например, до 5 или 6 мм. Вся стенка 8 может иметь много миллиметров толщины, например, до 75 мм. В частности, очень толстые стенки 8 являются предпочтительными, если стенка 8 должна оказывать особенно сильное опорное действие или если тепло необходимо поддерживать в полости 5 исключительно долго.

На фиг. 4 показан еще один возможный вариант опорной конструкции 9 в соответствии с фрагментом А по фигуре 1. Здесь опорная конструкция 9 содержит пустоты 12 и 15 в виде ячеек. Кроме закрытых пустот 12 также показаны открытые пустоты 15. Открытые пустоты 15 направлены к внешней стороне 11. Пустоты 12 в виде ячеек на внутренней стенке 14 внутренней стороны 10 закрыты внутренней стенкой 14, так что образуется гладкая поверхность внутренней стороны 10, чтобы обеспечивалась соответствующая поверхность отливки. Ячеистая опорная конструкция 9 является особенно стойкой и просто выполняется способом 3D-печати.

На фиг. 5 показан еще один вариант осуществления опорной конструкции 9 в соответствии с фрагментом А, в котором пустоты 12 выполнены с круглым поперечным сечением. Они могут быть выполнены сферическими или цилиндрическими. Опорная стенка 13 имеет неравномерную толщину. Она находится между круглыми пустотами 12. Диаметры круглых пустот 12 увеличиваются от внутренней стороны 10 к внешней стороне 11. Разумеется, такая компоновка также может быть другой, то есть пустоты 12 в области внутренней стороны 10 больше, чем в области внешней стороны. Это также касается всех остальных примеров осуществления.

Внутренняя сторона 10 закрыта внутренней стенкой 14. Внутренняя стенка 14 может обладать особенно низкой шероховатостью. В отношении опорных стенок 13 этого не требуется. Здесь может быть выбрана соответственно большая шероховатость, в частности, если за счет этого получение всей опорной конструкции 9 должно выполняться быстрее и проще.

На фиг. 6 показан еще один вариант осуществления в соответствии с фрагментом А с соответствующей опорной конструкцией 9. Опорная конструкция 9 содержит опорные стенки 13, которые в виде ребер выступают из внутренней стенки 14 в направлении внешней стороны 11. Опорные стенки 13 в этом примере осуществления имеют уменьшающуюся толщину стенки W , так что они в поперечном сечении выполнены клиновидными. Это может облегчать отвод тепла. Для обеспечения хорошей стойкости могут быть предусмотрены как закрытые пустоты 12, так и открытые пустоты 15. Показанная здесь закрытая пустота 12 является трапециевидной в поперечном сечении и содержит закругленные углы. Это улучшает стойкость опорных конструкций 9 и

показывает, что в зависимости от требований к прочности или требований к отводу тепла возможно абсолютно любое выполнение опорной конструкции 9.

На фигуре 7 показан вариант осуществления изобретения, в котором литейная форма 6, в свою очередь, содержит впускное отверстие 4 в полость 5. В полости 5 расположен стержень 16. Как показано здесь, стержень 16 может составлять часть литейной формы 6, то есть быть выполнен за одно целое с оболочкой 17 литейной формы 6. Но также он может быть изготовлен как отдельная часть и соединен с оболочкой 17 литейной формы 6. Так же с помощью способа согласно изобретению можно изготовить оболочку 17 или также стержень 16 или как оболочку 17, так и стержень 16.

Настоящее изобретение не ограничивается представленными и описанными примерами осуществления. Изменения в пределах формулы изобретения так же возможны, как и сочетание признаков, даже если они представлены и описаны в разных примерах осуществления.

Перечень ссылочных позиций

- 1 Литниковая система
- 2 Литниковая чаша
- 3 Центральный литник
- 4 Литник
- 5 Полость
- 6 Литейная форма
- 7 Оболочковая форма
- 8 Стенка
- 9 Опорная конструкция
- 10 Внутренняя сторона
- 12 Пустота

- 13 Опорная стенка
- 14 Внутренняя стенка
- 15 Пустота
- 16 Стержень
- 17 Оболочка
- A Фрагмент
- W Толщина стенки

Формула изобретения

1. Способ изготовления литейной формы (6), в частности оболочки (17) для заполнения расплавом и/или стержня (16) для обеспечения пустоты в отливке, со стенкой (8) из жаростойкого и газопроницаемого материала, при этом литейную форму (6) получают генеративным способом изготовления, отличающийся тем, что стенку (8) литейной формы (6) выполняют с опорной конструкцией (9), которая соответствует литейной форме (6), которую получают посредством открытых и/или закрытых пустот (12, 15), и/или в которой предусматривают разную толщину стенки (W), чтобы обеспечить полностью самостоятельное выдерживание литейной формой (6) давления литья с сохранением формы, а также целенаправленно изолировать тепловую энергию в расплаве или отводить ее из расплава.
2. Способ по предыдущему пункту, отличающийся тем, что в качестве генеративного способа изготовления применяют способ 3D-печати, в котором литейную форму (6) получают наслаиванием.
3. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что генеративный способ изготовления основан на применении шликера, в частности, как в стереолитографии, в технологии цифровой светодиодной проекции (DLP), как робокастинг (DIW), или его выполняют с применением технологии, основанной на шликерном литье, например, с применением послойного осаждения шликера (LSD) или LIS.
4. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что опорную конструкцию располагают на внешней стороне литейной формы (6), обращенной от получаемой отливки.
5. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что опорную конструкцию (9) от обращенной к получаемой отливке внутренней стороны к обращенной от получаемой отливки внешней стороне литейной формы (6) выполняют более шероховатой, в частности, с большими открытыми и/или закрытыми пустотами (12, 15).

6. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что посредством литниковой системы (1) гроздеобразно соединяют несколько однотипных или разных литейных форм (6).

7. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что на внутренней стороне стенки (8) литейной формы (6) получают структуру поверхности с очень низкой шероховатостью ($R_z < 100$ мкм).

8. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что литейную форму (6) изготавливают для процесса точного литья.

9. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что литейную форму (6) применяют для монокристаллического литья.

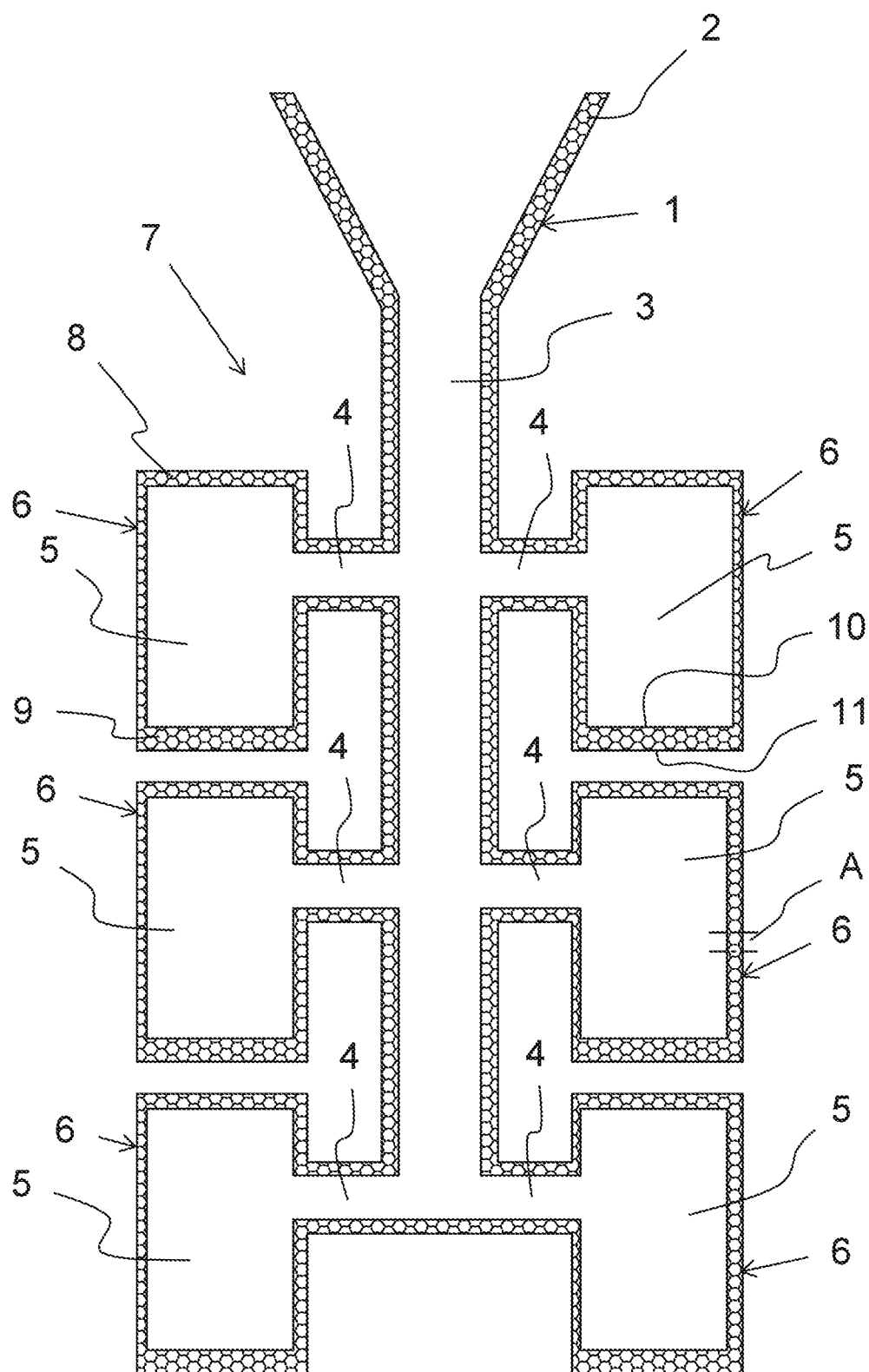
10. Способ по любому из предыдущих пунктов, отличающийся тем, что форму опорной конструкции (9) разрабатывают оптимальной в отношении механической и/или тепловой нагрузки, ожидаемой в процессе литья.

11. Литейная форма, в частности оболочка (7) для заполнения расплавом и/или стержень для обеспечения пустоты в отливке (6), со стенкой (8) из жаростойкого и газопроницаемого материала, при этом литейная форма получена генеративным способом изготовления, отличающаяся тем, что стенка литейной формы (6) содержит опорную конструкцию, которая соответствует литейной форме (6) и которая получена с применением открытых и/или закрытых пустот (12, 15) и/или разной толщины стенки (W), для обеспечения полностью самостоятельного выдерживания литейной формой (6) давления литья с сохранением формы, а также для целенаправленного изолирования тепловой энергии в расплаве или отведения ее из расплава.

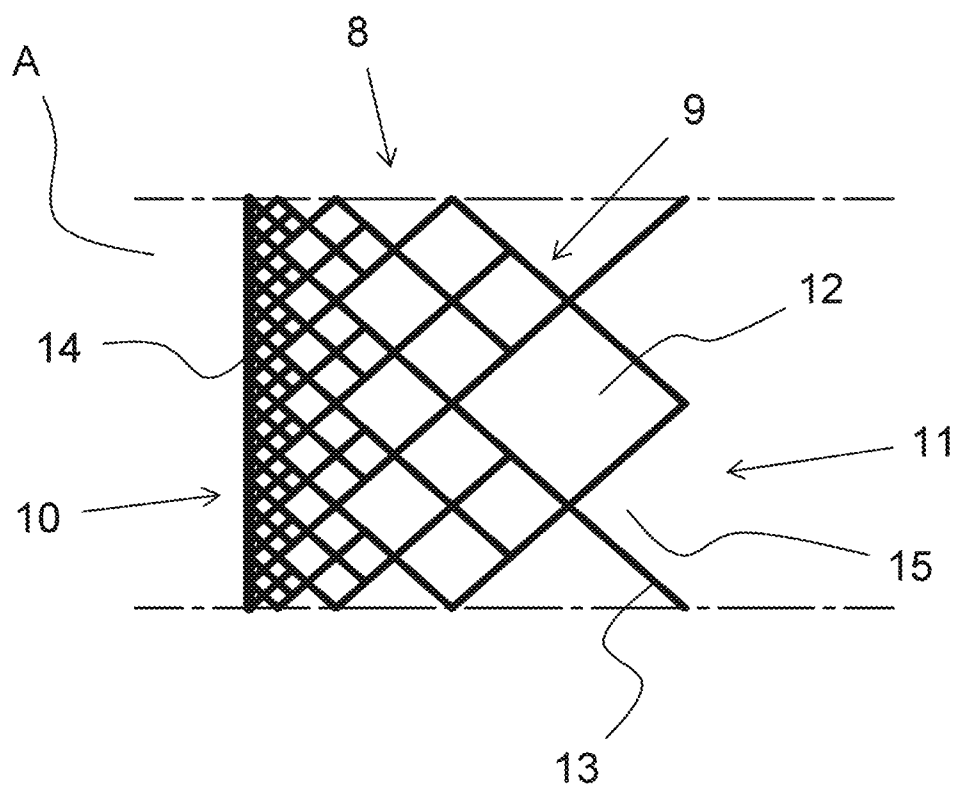
12. Литейная форма по предыдущему пункту, отличающаяся тем, что литейная форма (6) представляет собой форму для точного литья.

13. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что литейная форма (6) имеет обращенную к получаемой отливке внутреннюю сторону и обращенную от получаемой отливки внешнюю сторону, при этом на внутренней стороне литейной формы (6) образуется негативная форма получаемой отливки и опорная конструкция (9) расположена на внешней стороне литейной формы (6).

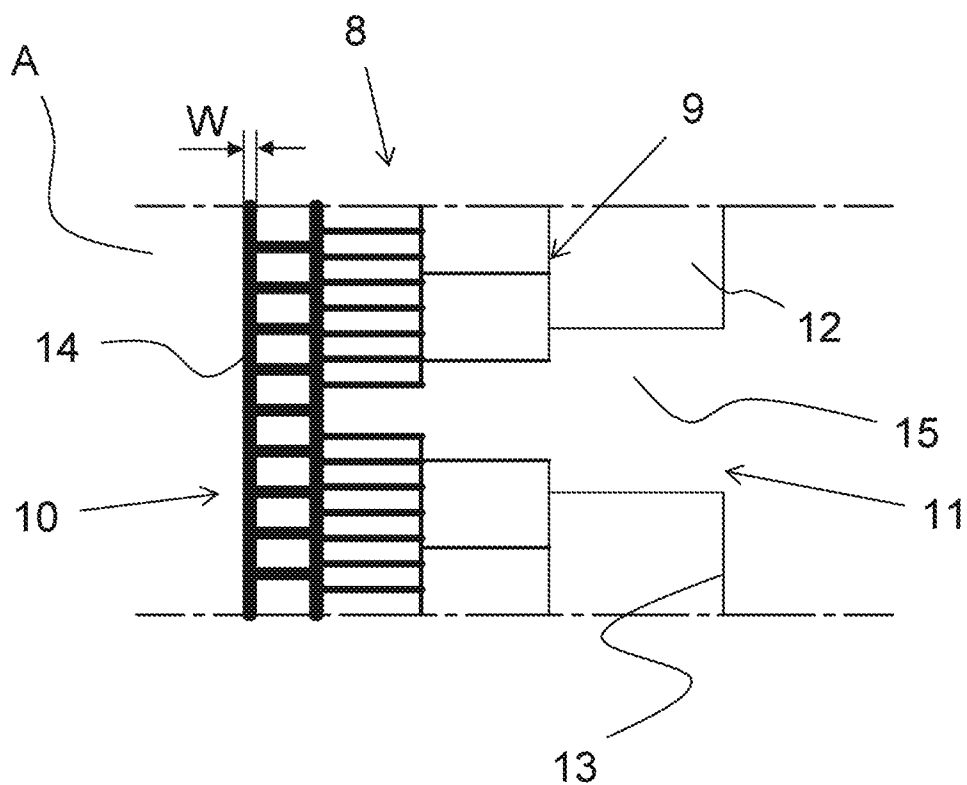
14. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что несколько однотипных или разных литейных форм (6) гроздеобразно связаны посредством литниковой системы (1).
15. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что литейная форма (6) получена наслаиванием посредством 3D-печати.
16. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что опорная конструкция (9) от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы (6) выполнена более шероховатой, в частности от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы (6) содержит все более увеличивающиеся пустоты (12, 15).
17. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что пустоты (12, 15) являются закругленными и/или угловатыми, в частности выполнены в виде пор, сот и/или кубоидов.
18. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что опорная конструкция (9) от внутренней стороны к внешней стороне литейной формы (6) выполнена с постепенно уменьшающейся толщиной стенки (W).
19. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что на внутренней стороне литейной формы (6) обеспечена структура поверхности с очень низкой шероховатостью ($R_z < 100$ мкм).
20. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что толщина стенки (W) опорной конструкции (9) и/или опорной стенки (13) опорной конструкции (9) составляет от 0,1 до 75 мм.
21. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что литейная форма (6) представляет собой форму для монокристаллического литья.
22. Литейная форма по любому из предыдущих пунктов, отличающаяся тем, что литейная форма (6) изготовлена генеративным способом изготовления, основанным на шликерном литье.



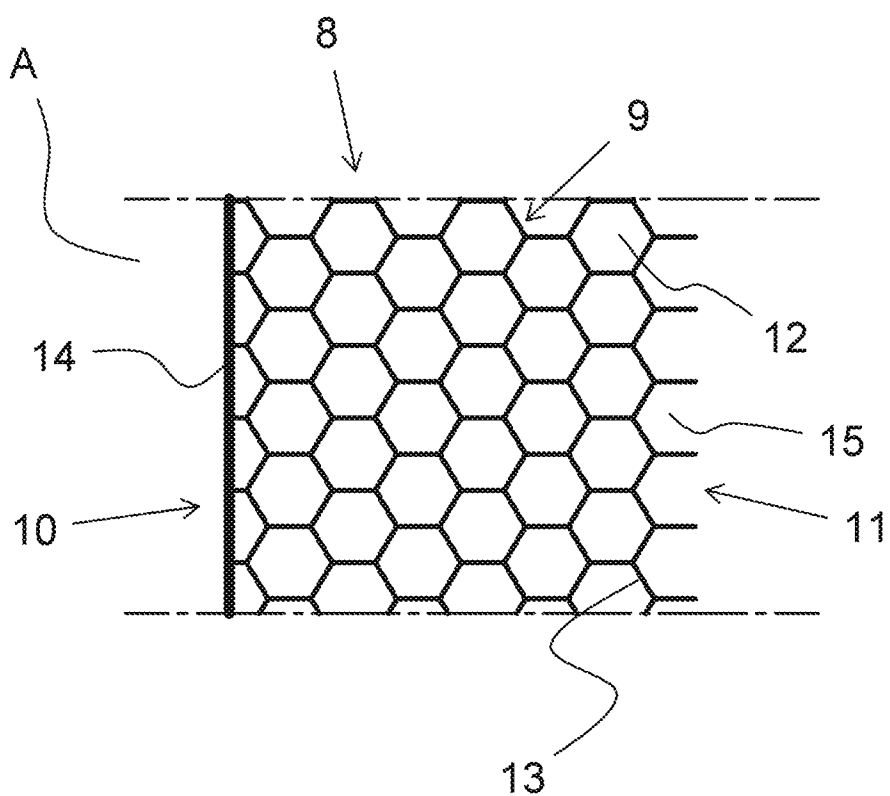
Фиг. 1



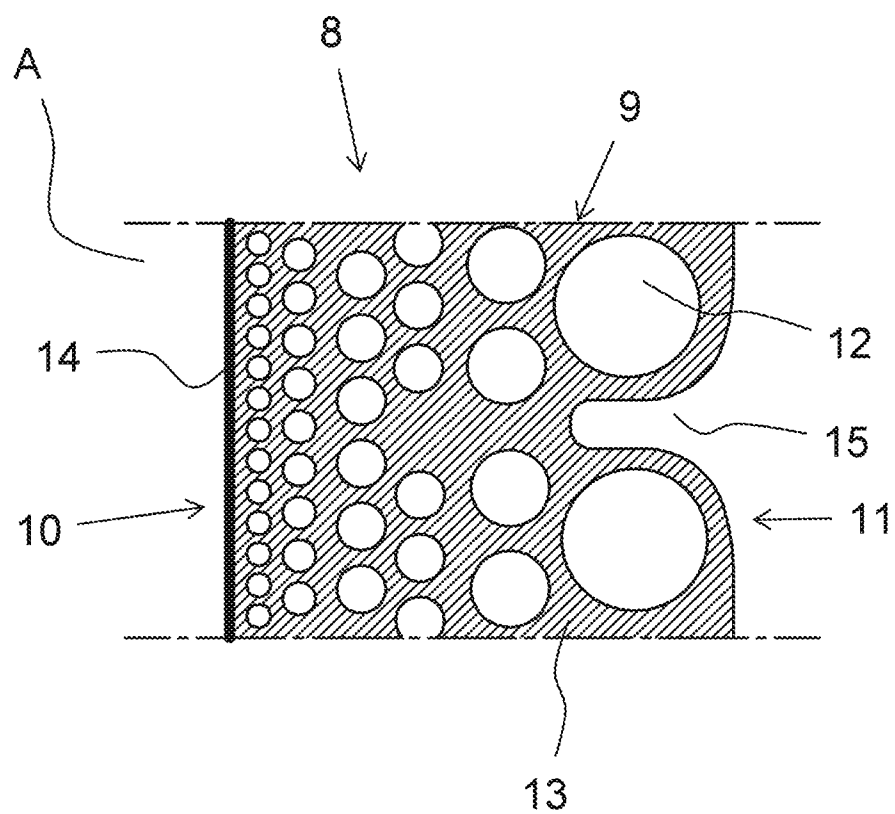
Фиг. 2



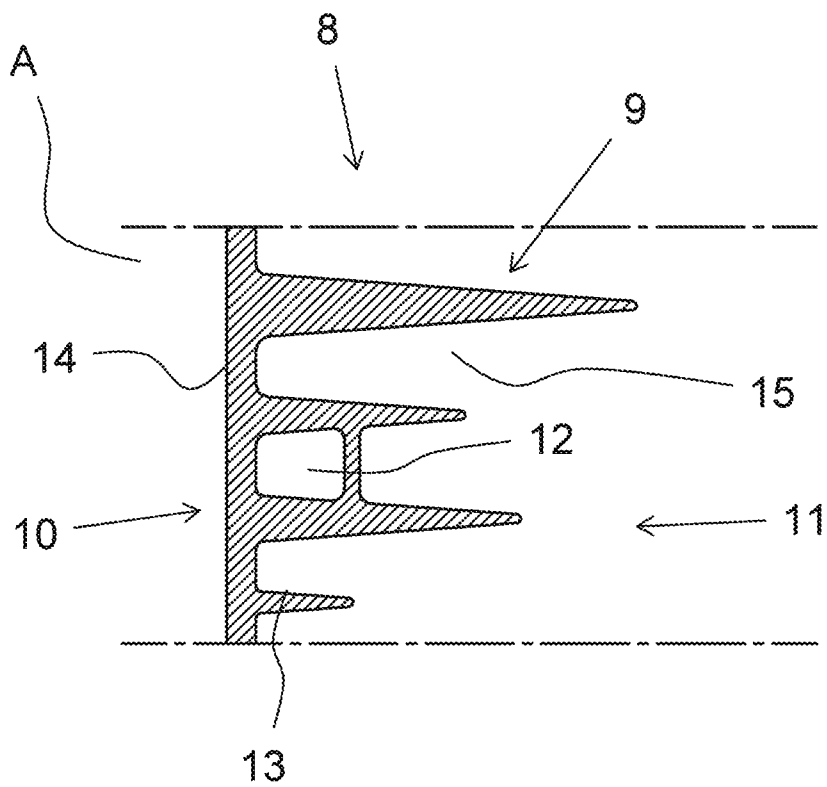
Фиг. 3



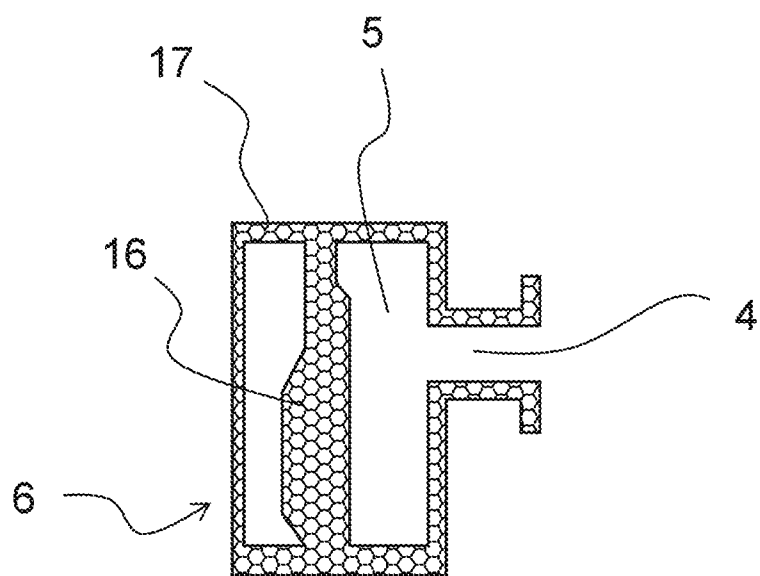
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7