

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044936**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.10.12

(51) Int. Cl. **B22F 7/06** (2006.01)
B22F 7/04 (2006.01)

(21) Номер заявки
202191576

(22) Дата подачи заявки
2021.07.05

(54) **СПОСОБ И СИСТЕМА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

(31) **63/049,401**

(32) **2020.07.08**

(33) **US**

(43) **2022.01.31**

(56) **US-A1-20200180083**
EP-A1-2233232
US-A-5948549
JP-A-2004300511

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТРАНСПОРТЕЙШН АйПи
ХОЛДИНГС, ЛЛС (US)

(72) Изобретатель:
Хэер Брэтт, Хосур Махантеш
Маллаппа, Вайдьянатан
Кришнамурти, Бэйли Кевин Пол,
Садананда Рао Судип Прадхан (US)

(74) Представитель:
Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В., Билык А.В., Дмитриев А.В.,
Бучака С.М., Бельтюкова М.В. (RU)

(57) Обеспечены способ или процесс, который включает формирование спекаемой первой части оборудования с использованием первого способа изготовления и формирование второй части оборудования с использованием второго способа изготовления. Спекаемую первую часть оборудования можно затем нагревать при скреплении первой части оборудования со второй частью оборудования с образованием монолитной конечной части оборудования.

B1

044936

044936

B1

Область техники

Изобретение относится к способам и процессам изготовления оборудования.

Уровень техники

Металлические детали и оборудование, полученные литьем под давлением, можно соединять в процессе спекания. Спекание представляет собой способ, при котором металлический порошок и клеящее вещество нагревают до температуры чуть ниже температуры плавления металла, чтобы скрепить порошкообразные частицы. Нагревание можно выполнять лазером, в печи и т.п. Металлические детали, полученные литьем под давлением, имеют производственные ограничения, присущие процессу литья металла под давлением.

Были разработаны процессы аддитивного производства, такие как трехмерная (3-D) печать. Во время процесса трехмерной печати последовательные слои детали наносят до тех пор, пока деталь не будет сформирована. Каждый слой в основном представляет собой тонкий срез поперечного сечения формируемой детали. Такое изготовление позволяет формировать сложные формы. Может быть желательным иметь системы и способ, отличные от тех, которые доступны в настоящее время.

Краткое описание изобретения

В одном или более воплощениях обеспечивают способ, который может включать нагревание спекаемой первой части оборудования с одновременным прикреплением первой части оборудования ко второй части оборудования с образованием монолитной конечной части оборудования.

В одном или более воплощениях обеспечивают способ, который может включать аддитивное производство проводящей заготовки детали и получение неспекаемой проводящей детали. Способ может включать нагревание как проводящей заготовки детали, так и неспекаемой проводящей детали для спекания проводящей заготовки детали и соединения проводящей заготовки детали с неспекаемой проводящей деталью.

В одном или более воплощениях обеспечивают способ, который может включать соединение спекаемой проводящей заготовки детали с неспекаемой деталью и спекание спекаемой проводящей заготовки детали и неспекаемой детали с образованием объединенной сборки спекаемой проводящей детали и неспекаемой детали.

Краткое описание чертежей

Сущность изобретения можно понять при чтении приведенного ниже описания неограничивающих воплощений со ссылками на приложенные чертежи, где:

- на фиг. 1 проиллюстрирована технологическая схема способа изготовления оборудования;
- на фиг. 2 проиллюстрирован вид в перспективе оборудования;
- на фиг. 3 проиллюстрирован вид в сечении оборудования;
- на фиг. 4 проиллюстрирован вид в перспективе оборудования;
- на фиг. 5 проиллюстрирован вид в сечении оборудования;
- на фиг. 6 проиллюстрирован вид в перспективе оборудования; и
- на фиг. 7 проиллюстрирован вид в сечении оборудования.

Подробное описание изобретения

Воплощения изобретения, описанного в документе, относятся к способам и процессам для формирования оборудования с использованием объединения частей оборудования. Первая часть оборудования может быть сформирована с использованием первого способа изготовления, а вторая часть - с использованием второго способа изготовления. В одном примере первая часть изготовлена из металла литьем под давлением, а вторая часть изготовлена с использованием процесса аддитивного производства. Одна из первой или второй частей может быть спекаемой, так что первую и вторую части затем можно нагреть для соединения частей с образованием единой монолитной единицы оборудования.

Используемый здесь термин "неспекаемый" относится к детали, части, участку и т.д., которые находятся в конечном состоянии, так что деталь не может быть спечена. В частности, деталь, часть, участок и т.д. уже затвердели, так что деталь, часть, участок и т.д. не могут быть спечены во время процесса или стадии объединения или соединения с другими деталью, частью, участком и т.д. Такие неспекаемые материалы включают материалы, которые нельзя спекать, и материалы, которые можно спекать, но которые уже прошли процесс спекания и, следовательно, не могут быть повторно спечены. В качестве примера, порошок металла может быть подвергнут спеканию в определенном интервале температур в течение определенного периода времени для соединения частиц металлического порошка друг с другом. Через определенный период времени соединенные частицы можно охладить с получением единых сформированных металлических детали, части, участка и т.д. Если единые сформированные металлические деталь, часть, участок и т.д. затем опять повторно нагревают до определенного интервала температур для спекания, частиц не остается, что предотвращает дополнительное спекание, хотя сформированные металлические деталь, часть, участок и т.п. находятся в пределах определенного интервала температур. При превращении частиц порошка в сформированные металлические деталь, часть, участок и т.п. сформированные металлические деталь, часть, участок и т.д. становятся материалом, который является неспекаемым, даже если материал в форме порошка был спекаемым.

Термин "спекаемый", используемый в документе, относится к детали, части, участку и т.д., которое

не находится в конечном состоянии, так что тело может быть подвержено спеканию. В частности, деталь, часть, участок и т.д. можно спекать в течение процесса или стадии объединения или соединения с другими деталью, частью, участком и т.д. Примером спекаемой детали, части, участка и т.д. является металлический порошок, часто с использованием клеящего связующего, который имеет частицы, которые можно соединить посредством процесса спекания.

На фиг. 1 проиллюстрирован способ или процесс 100 для формирования единой монолитной единицы оборудования. Процесс можно использовать для объединения или соединения деталей, частей, участков и т.п. для формирования оборудования. На стадии 102 формируют спекаемую первую часть оборудования. Спекаемая первая часть оборудования может включать металлический порошок, включая сталь, нержавеющую сталь, алюминий, титан, медь, железо, сплавы и т.д. В одном воплощении металлический порошок может включать связующее, которое удерживает частицы порошка вместе. В одном примере металлический порошок является частью заготовки детали, которая представляет собой слабо связанную смесь металлического порошка и связующего (связующего агента) перед проведением спекания. Таким образом, спекаемая первая часть оборудования может представлять собой трехмерную заготовку детали. Возможно, в течение процесса спекания связующее или связующий агент может испаряться. В частности, путем выбора связующего агента, который испаряется в интервале температур нагревания, только металл остается в составе части оборудования, упрочняя часть оборудования.

В другом примере только участок первой части оборудования может содержать металлический порошок, тогда как остальная первая часть оборудования не подвержена спеканию. Альтернативно можно наносить флюс на границу раздела между спекаемой первой частью оборудования и второй частью оборудования. Флюс может быть предназначен для соединения спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования во время нагревания. В еще одном примере при формировании спекаемой первой части оборудования она может включать одно или более углублений на границе раздела между спекаемой первой частью оборудования и второй частью оборудования. Такие углубления могут дополнительно облегчать соединение спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования.

При формировании спекаемой первой части оборудования отдельно от второй части оборудования спекаемая первая часть оборудования может быть выполнена из другого металла или образована в результате производственного процесса, который является более дешевым, чем процесс для второй части оборудования. В результате, при формировании единой монолитной единицы оборудования более простые участки, требующие меньшей сложности, гибкости, прочности или других отличительных характеристик, могут быть сформированы отдельно от второй части оборудования, которая является более дорогой, более сложной в производстве, требует большей гибкости или прочности, или т.п., и все же объединены, чтобы создать единую монолитную единицу оборудования.

На стадии 104 формируют вторую часть оборудования. Вторая часть оборудования может быть сформирована с использованием процесса аддитивного производства, такого как трехмерная печать. В частности, процессы аддитивного производства способны сформировать части оборудования более сложной геометрии по сравнению с другими технологическими процессами. Таким образом, путем формирования с помощью процесса аддитивного производства только деталей оборудования со сложной геометрией и формирования других деталей с помощью менее дорогостоящих процессов, преимущества процесса аддитивного производства реализуют при пониженных затратах. В одном примере вторую часть оборудования можно сформировать так, что она имеет нависающий выступ, который проходит дальше от второй части оборудования, чем любой выступ спекаемой первой части оборудования. Таким образом, может быть достигнута дополнительная гибкость конструкции второй части оборудования.

На стадии 106 возможно добавляют спекающую добавку в спекаемую первую часть оборудования для снижения температуры спекания спекаемой первой части оборудования. Подходящие спекающие добавки могут включать спекающие добавки из наночастиц, а также мезопористые материалы. Подходящие спекающие добавки могут включать переходный металл. Подходящие переходные металлы могут включать один или более металлов из меди, железа, никеля, палладия, кобальта и т.п. Спекающая добавка может находиться в жидкой или твердой форме при комнатной температуре и может быть выбрана исходя из области конечного применения, используемых материалов и используемого процесса аддитивного производства. В одном воплощении различное количество спекающей добавки можно добавлять в различные части спекаемой первой части оборудования. Таким способом участок первой части оборудования, где требуется соединение посредством процесса спекания, может соответственно получить спекающую добавку. В одном воплощении регулирование количества спекающей добавки, присутствующей в различных участках, позволяет регулировать спекание, так что некоторые участки спекают перед тем, как спекают другие части.

В одном примере спекаемую первую часть оборудования можно сформировать из металлических частиц, собранных вместе в заготовке детали посредством процесса аддитивного производства. Первая плотность металлических частиц в заготовке детали может быть по существу одинаковой по всей заготовке детали перед добавлением спекающей добавки. Спекаемая первая часть оборудования может иметь различную плотность в различных областях объема спекаемой первой части оборудования после нагрева спекаемой первой части оборудования. В некоторых воплощениях различное количество спекающей до-

бавки можно добавлять в различные участки спекаемой первой части оборудования. Например, имея большее количество спекающей добавки возле поверхности, можно обеспечить возможность спекания поверхностного участка раньше внутреннего участка. Напротив, имея большее количество спекающей добавки внутри (относительно оболочечного участка), можно обеспечить возможность внутренней опоры для компонента, когда заканчивают процесс его спекания, и можно, в некоторых случаях, уменьшить поверхностное растрескивание. В еще одном воплощении распределение спекающей добавки может быть однородным в первом участке формируемого компонента, но спекающая добавка может отсутствовать или присутствовать в другой концентрации в другом участке, удаленном от первого участка. Исходя, по меньшей мере частично, из конкретных параметров области применения, концентрацию спекающей добавки можно резко менять в пределах определенного объема или концентрацию может менять в пределах определенного и/или регулируемого градиента концентрации. Другой степени регулирования можно достигнуть путем использования различных составов спекающих добавок в различных участках части оборудования. Соответственно, процесс спекания можно регулировать в отношении скорости, расположения и очередности.

На стадии 108 спекаемую первую часть оборудования нагревают, в то время как первая часть оборудования прикреплена ко второй части оборудования, с образованием оборудования. Нагревание спекаемого материала первой части оборудования можно обеспечить с помощью лазера, печи или т.п. Температуру спекаемой первой части оборудования повышают до температуры чуть ниже температуры плавления металлического порошка, вызывая соединение металлического порошка вместе со соединением первой части оборудования и второй части оборудования.

В одном примере нагревание спекаемой первой части оборудования обеспечивает спекание первой части оборудования, в то время как в другом примере нагревание спекаемой первой части оборудования не обеспечивает спекание второй части оборудования. В одном примере и спекаемая первая часть оборудования, и вторая часть оборудования являются спекаемыми, и спекаемая первая часть оборудования имеет первую температуру спекания, а вторая часть оборудования имеет вторую температуру спекания, отличную от первой температуры спекания. В частности, материал первой части оборудования может отличаться от материала второй части оборудования, что приводит к различным интервалам температуры спекания для каждой части оборудования.

В одном воплощении нагревание спекаемой первой части оборудования происходит при температуре, которая по меньшей мере такая же высокая, как более высокая температура спекания из первой температуры спекания и второй температуры спекания. В частности, нагревание первой части оборудования и второй части оборудования может включать линейный рост температуры, при котором спекаемую первую часть оборудования и вторую часть оборудования нагревают до первой температуры спекания. Температуру нагревания спекаемой первой части оборудования и второй части оборудования можно затем поддерживать при одной или более из первой температуры спекания или температуры, которая выше первой температуры спекания, но ниже второй температуры спекания. Затем температуру нагревания первой части оборудования и второй части оборудования можно линейно увеличивать до второй температуры спекания. Таким путем проводят спекание как первой части оборудования, так и второй части оборудования. Следовательно, нагревание спекаемой первой части оборудования соединяет спекаемую первую часть оборудования со второй частью оборудования без сварки или пайки первой части оборудования со второй частью оборудования.

В еще одном воплощении нагревание спекаемой первой части оборудования приводит к усадке спекаемой первой части оборудования с образованием посадки с натягом на вторую часть оборудования без сварки или пайки спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования. В частности, металлический порошок и связующий материал спекаемой первой части оборудования могут иметь различные коэффициенты термического расширения, что приводит к изменениям в размере деталей оборудования в результате нагревания. Поэтому изменение в размере можно использовать для обеспечения дополнительных соединений между первой частью оборудования и второй частью оборудования. Альтернативно, спекаемая первая часть оборудования и вторая часть оборудования могут иметь по существу одинаковые коэффициенты термического расширения. Независимо от этого, когда части спекают в печи при регулируемой температуре, составе атмосферы (например, аргон, азот и т.д.) и давлении (например, приложенное давление, атмосферное давление, вакуум и т.д.), размер части оборудования можно изменять путем настройки этих трех параметров. Таким образом, усадку можно регулировать в течение процесса соответствующим образом. Альтернативно, отношение количества металлического порошка к количеству связующего материала в спекаемой первой части также можно настраивать и регулировать для контроля размера усадки.

На фиг. 2-3 проиллюстрирован пример единицы 200 оборудования, сформированной с использованием способа изготовления по фиг. 1. В частности, спекаемую первую часть 202 оборудования соединяют со второй частью 204 оборудования по соединительной поверхности 206 раздела. В примере спекаемая первая часть 202 оборудования представляет собой катаную трубу, которая может быть получена методом инъекционного формования металла или иначе. Между тем, вторая часть оборудования включает вход 208, содержащий соединительную поверхность, и выход 210, который имеет дугообразную

коническую поверхность. В частности, вторая часть оборудования имеет более сложную геометрию, и таким образом может быть сформирована посредством процесса аддитивного производства и затем спечена с катаной трубой. В одном примере спекаемая первая часть оборудования выполнена из того же материала, что и вторая часть оборудования. Альтернативно, спекаемая первая часть оборудования выполнена из материала, отличного от материала второй части оборудования. В таком воплощении спекаемую первую часть оборудования можно соединять со второй частью оборудования путем поддержания нагревания при первой температуре спекания, а затем линейно повышать температуру нагревания и поддерживать нагревание при второй температуре спекания. Альтернативно можно применять спекающую добавку для обеспечения согласованных температур спекания, даже если материалы спекаемой первой части оборудования и второй части оборудования различны.

На фиг. 4-5 проиллюстрирован пример единицы 400 оборудования, сформированной с использованием способа изготовления по фиг. 1. Спекаемую первую часть 402 оборудования можно соединить со второй частью 404 оборудования по первой соединительной поверхности 406 раздела, тогда как третья часть 405 оборудования можно также соединить со спекаемой первой частью оборудования по второй соединительной поверхности 407 раздела. В качестве примера, спекаемая первая часть оборудования представляет собой катаную трубу, которая может быть получена методом инъекционного формования металла или иначе. Между тем, вторая часть оборудования может включать вход 408, содержащий соединительную поверхность, и выход 410, который имеет дугообразную коническую поверхность. В частности, вторая часть оборудования имеет более сложную геометрию, и таким образом может быть сформирована посредством процесса аддитивного производства и затем спечена с катаной трубой. В одном примере спекаемая первая часть оборудования выполнена из того же материала, что и вторая часть оборудования. Аналогично, третья часть оборудования также имеет вход 412, который содержит третью соединительную поверхность раздела, и выход 414. В одном воплощении выход может иметь дугообразную коническую поверхность, в других воплощениях выход может иметь относительно более сложную геометрию. Следовательно, третья часть оборудования можно изготовить посредством процесса аддитивного производства.

Спекаемая первая часть оборудования может быть изготовлена из материала, отличного от материала второй части оборудования и/или третьей части оборудования. В этом отношении, первая, вторая и третья части оборудования могут быть изготовлены из различных материалов, одного и того же материала, или две части из трех могут быть изготовлены из одного и того же материала, а третья часть изготовлена из другого материала. Исходя из материалов, в течение процесса спекания температуру можно линейно повышать и поддерживать на уровне первой температуры спекания, второй температуры спекания и/или третьей температуры спекания. Альтернативно можно наносить спекающую добавку либо на одну, либо на обе из первой и второй соединительных поверхностей для обеспечения согласования температур спекания, даже когда материалы спекаемой первой части оборудования, второй части оборудования и/или третьей части оборудования являются различными.

На фиг. 6-7 показан еще один пример единицы 600 оборудования, которая может быть получена с использованием способа по фиг. 1. В воплощении по фиг. 6-7 можно сформировать множество спекаемых частей 602 оборудования посредством первого технологического процесса. В частности, в одном примере множество спекаемых частей оборудования представляют собой множество пластин, которые можно использовать как теплообменник или теплопоглотитель. Множество спекаемых частей оборудования можно соединить со второй частью 604 оборудования, которая включает множество канавок 606 или отверстий для приема соответствующей спекаемой части оборудования из множества частей оборудования. Таким образом, вторая часть оборудования включает сложную геометрию канавок, и она может быть сформирована посредством процесса аддитивного производства. Аналогично другим воплощениям, материалы множества спекаемых первых частей оборудования и второй части оборудования могут быть одинаковыми или различными. Также спекание может происходить при различных температурах соединения посредством использования спекающей добавки или добавок, или т.п. Таким образом, при скреплении первой части оборудования со второй частью оборудования, обе части нагревают с образованием монолитной конечной части оборудования. Снова, как и в других воплощениях, посредством использования различных способов изготовления для различных частей оборудования и спекания частей оборудования вместе, стоимость изготовления можно снизить, не снижая общую прочность единицы оборудования. В связи с этим, можно достичь сложной геометрии. Технический результат может заключаться в усовершенствовании технологического процесса.

В одном или более воплощениях можно обеспечить способ, который включает нагревание спекаемой первой части оборудования, при скреплении первой части оборудования со второй частью оборудования, с образованием монолитной конечной части оборудования. Возможно нагревание спекаемой первой части оборудования может обеспечить спекание первой части оборудования. Альтернативно, нагревание спекаемой первой части оборудования может не обеспечивать спекание второй части оборудования. В другом аспекте способ может также включать формирование спекаемой первой части оборудования в виде спекаемой трехмерной заготовки детали. Возможно и спекаемая первая часть оборудования, и вторая часть оборудования могут быть спекаемыми. Спекаемая первая часть оборудования может иметь

первую температуру спекания, а вторая часть оборудования может иметь вторую температуру спекания, которая отлична от первой температуры спекания. Способ может также включать нагревание спекаемой первой части оборудования при температуре, которая может быть по меньшей мере такой же высокой, как более высокая температура спекания из первой температуры спекания и второй температуры спекания. В другом аспекте нагревание первой части оборудования и второй части оборудования может включать линейное увеличение температуры, при котором спекаемую первую часть оборудования и вторую часть оборудования нагревают до первой температуры спекания, и поддержание температуры нагревания спекаемой первой части оборудования и второй части оборудования при одной или более из (a) первой температуры спекания или (b) температуры, которая выше первой температуры спекания, но ниже второй температуры спекания. Нагревание первой части оборудования и второй части оборудования может также включать линейное увеличение температуры нагревания спекаемой первой части оборудования и второй части оборудования до второй температуры спекания.

Возможно, нагревание спекаемой первой части оборудования может привести к соединению спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования без сварки или пайки спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования. В одном аспекте нагревание спекаемой первой части оборудования может привести к усадке спекаемой первой части оборудования с образованием посадки с натягом на вторую часть оборудования без сварки или пайки спекаемой первой части оборудования со второй частью оборудования. В другом примере спекаемая первая часть оборудования может представлять собой заготовку детали, содержащую связующий агент, и нагревание спекаемой первой части оборудования может привести к удалению связующего агента из заготовки детали. В другом аспекте спекаемая первая часть оборудования и вторая часть оборудования могут иметь по существу одинаковые коэффициенты термического расширения.

Возможно, способ может включать применение флюса на поверхности раздела между спекаемой первой частью оборудования и второй частью оборудования. Флюс может соединять спекаемую первую часть оборудования со второй частью оборудования в течение нагревания. В другом аспекте способ может также включать добавление спекающей добавки к спекаемой первой части оборудования для снижения температуры спекания спекаемой первой части оборудования. В другом аспекте различное количество спекающей добавки можно добавлять в различные области объема спекаемой первой части оборудования. В другом аспекте спекаемая первая часть оборудования может быть сформирована из металлических частиц, собранных вместе в заготовке детали посредством процесса аддитивного производства, причем первая плотность металлических частиц в заготовке детали является по существу одинаковой по всей заготовке детали перед добавлением спекающей добавки, и спекаемая первая часть оборудования имеет различные плотности в различных областях объема спекаемой первой части оборудования после нагревания спекаемой первой части оборудования.

Возможно, способ может также включать формирование спекаемой первой части оборудования с включением одного или более углублений на границе раздела между спекаемой первой частью оборудования и второй частью оборудования. В другом аспекте способ может также включать формирование второй части оборудования с нависающим выступом, который проходит дальше от второй части оборудования, чем любой выступ спекаемой первой части оборудования. В одном или более воплощениях обеспечивают способ, который может включать процесс аддитивного производства проводящей заготовки детали и получение неспекаемой проводящей детали. Способ может также включать нагревание как проводящей заготовки детали, так и неспекаемой проводящей детали совместно для спекания проводящей заготовки детали и соединения проводящей заготовки детали с неспекаемой проводящей деталью.

Возможно, проводящая заготовка детали и неспекаемая проводящая деталь могут быть сформированы из различных марок нержавеющей стали. В другом примере проводящая заготовка детали и неспекаемая проводящая деталь могут быть сформированы из различных переходных металлов. В другом аспекте неспекаемая проводящая деталь может быть сформирована из кермета или керамического материала. В еще одном аспекте получение проводящей заготовки детали включает печать трехмерной заготовки детали. В одном или более воплощениях обеспечивают способ, который может включать соединение спекаемой проводящей заготовки детали с неспекаемой деталью и спекание спекаемой проводящей заготовки детали и неспекаемой детали с образованием объединенной сборки спеченной проводящей детали и неспекаемой детали.

В одном воплощении можно использовать разницу температур спекания в связи с температурами плавления, отличающимися для двух материалов в единой части или компоненте. Можно использовать регулирование температуры для создания первой структуры или каркаса при первой температуре спекания, имеющие слегка более высокую температуру плавления, чем первая температура спекания. Затем нагревание можно усилить для создания второй структуры, производной от первой структуры. Например, поскольку первый спеченный материал плавится при второй, более высокой температуре спекания, теперь расплавленный первый материал может, например, течь, стекать (если существует канал), образовывать лужу внутри и т.п. То есть вместо того, чтобы формировать статическую спеченную деталь из одного материала, изготавливают первую и временную деталь, после чего получают вторую производную деталь, которую создают на основе структуры первой временной детали, в которой спекают второй

материал (создавая вторую структуру) в сочетании с течением расплава первого материала (затвердевание после охлаждения конечной детали).

Форма единственного числа включает ссылки во множественном числе, если контекст явно не диктует иное. "Возможный" или "возможно" означает, что описанное далее событие или обстоятельство может произойти, а может и не произойти, и что описание может включать случаи, когда событие происходит, и случаи, когда этого не происходит. Язык приближения, используемый здесь в описании и формуле изобретения, может применяться для изменения любого количественного представления, которое может изменяться допустимым образом, не приводя к изменению основной функции, с которой оно может быть связано. Соответственно, значение, используемое со словом или словами, такими как "примерно", "существенно" и "приблизительно", может не ограничиваться точным указанным значением. По меньшей мере, в некоторых случаях язык приближения может соответствовать точности прибора для измерения значения. Здесь и во всем описании и формуле изобретения ограничения диапазона могут быть объединены и/или взаимно заменены, такие диапазоны могут быть идентифицированы и включать все поддиапазоны, содержащиеся в них, если контекст или язык не указывают иное.

В этом описании используют примеры, чтобы раскрыть воплощения, включая лучший режим осуществления, и дать возможность специалисту в данной области техники применять воплощения на практике, включая создание и использование любых устройств или систем и выполнение любых включенных методов. Формула изобретения определяет объем защиты изобретения и включает другие примеры, к которым могут прийти специалисты в данной области техники. Предполагается, что такие другие примеры находятся в пределах объема защиты, определяемого формулой изобретения, если они имеют структурные элементы, которые не отличаются от буквального языка формулы изобретения, или если они включают эквивалентные структурные элементы с несущественными отличиями от буквального языка формулы изобретения.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ соединения частей устройства спеканием, включающий нагревание спекаемой первой части устройства при скреплении первой части устройства со второй частью устройства с образованием монолитной конечной части устройства, в котором спекаемую первую часть устройства формируют из металлических частиц, собранных вместе в заготовке детали, посредством процесса аддитивного производства, причем первая плотность металлических частиц в заготовке детали является по существу одинаковой по всей заготовке детали перед нагреванием спекаемой первой части устройства, и спекаемая первая часть устройства имеет различные плотности в различных областях объема спекаемой первой части устройства после нагревания спекаемой первой части устройства.

2. Способ по п.1, дополнительно включающий формирование спекаемой первой части устройства в качестве спекаемой трехмерной заготовки детали.

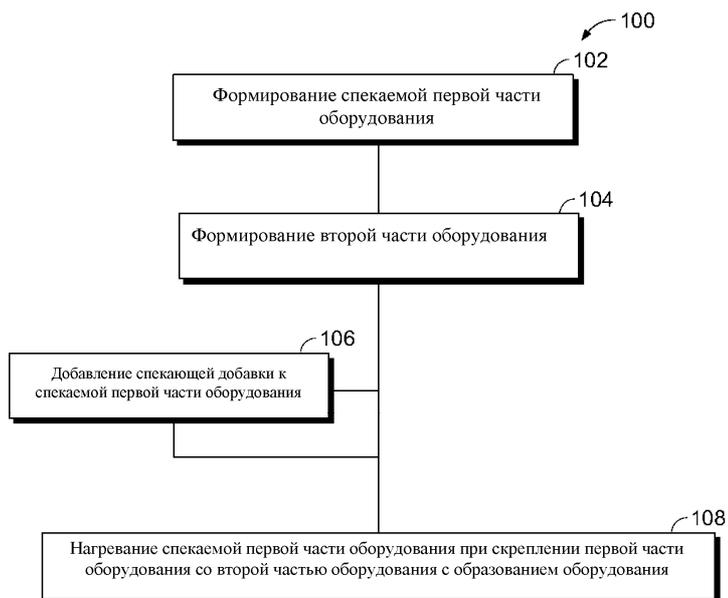
3. Способ по п.1, в котором как спекаемая первая часть устройства, так и вторая часть устройства являются спекаемыми, при этом спекаемая первая часть устройства имеет первую температуру спекания, а вторая часть устройства имеет вторую температуру спекания, отличную от первой температуры спекания, и нагревание спекаемой первой части устройства происходит при температуре, которая по меньшей мере равна или выше второй температуры спекания.

4. Способ по п.3, в котором нагревание первой части устройства и второй части устройства включает:

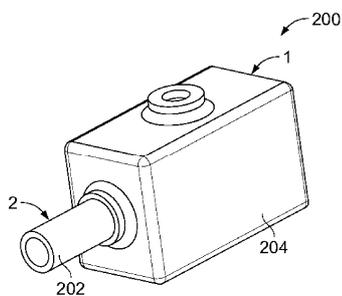
линейное повышение температуры, при котором спекаемую первую часть устройства и вторую часть устройства нагревают до первой температуры спекания;

выдержку при температуре нагревания спекаемой первой части устройства и второй части устройства при одной или более из (а) первой температуры спекания или (б) температуры, которая выше первой температуры спекания, но ниже второй температуры спекания; и

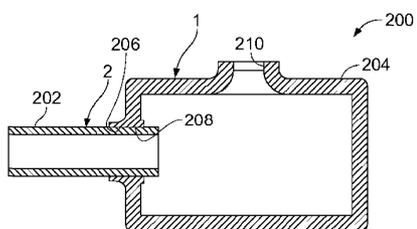
линейное повышение температуры нагревания первой части устройства и второй части устройства до второй температуры спекания.



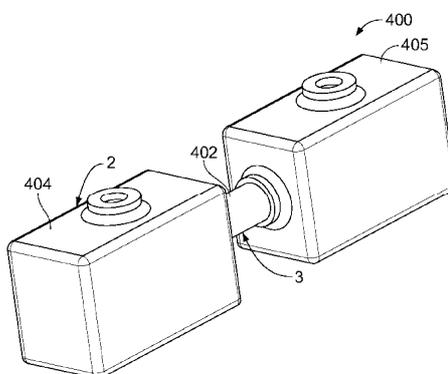
Фиг. 1



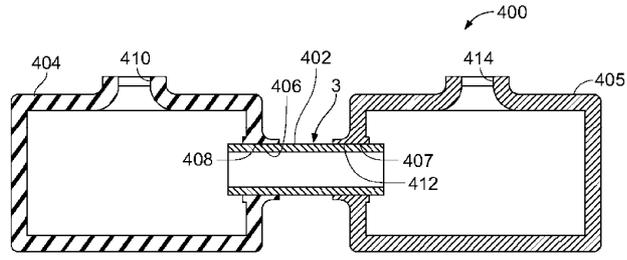
Фиг. 2



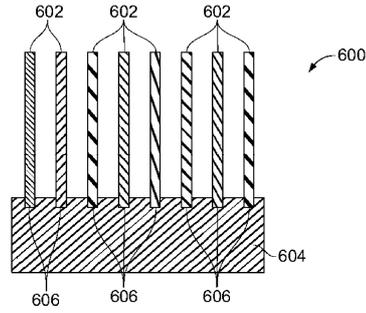
Фиг. 3



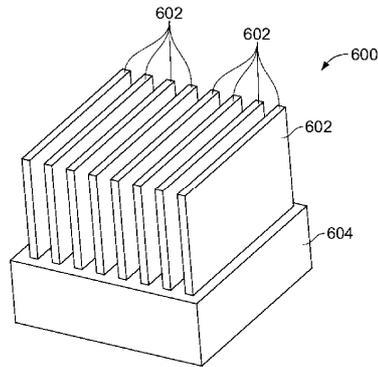
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7