



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

B01J 19/02 (2006.01)

F28F 11/00 (2006.01)

F28F 19/06 (2006.01)

F28F 9/18 (2006.01)

C07C 273/04 (2006.01)

B23P 6/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2007107805/15, 26.07.2005

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.07.2005(30) Конвенционный приоритет:
02.08.2004 US 60/598,228
18.02.2005 US 11/061,355

(43) Дата публикации заявки: 10.09.2008

(45) Опубликовано: 20.05.2010 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: RU 2142869 C1, 20.12.1999. WO 03095060
A1, 20.11.2003. US 4028785 A, 14.06.1977. EP
1164180 A2, 19.12.2001.(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную
фазу: 02.03.2007(86) Заявка РСТ:
US 2005/026463 (26.07.2005)(87) Публикация РСТ:
WO 2006/020381 (23.02.2006)Адрес для переписки:
129090, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. Е.И.Емельянову

(72) Автор(ы):

САТЕРЛИН Ричард К. (US),
ХЕРБ Бретт Дж. (US),
ГРЭХЭМ Роналд А. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ЭЙ ТИ АЙ ПРОПЕРТИЗ, ИНК. (US)

(54) **КОРРОЗИОННО-СТОЙКИЕ, ПРОВОДЯЩИЕ ЖИДКИЙ ПОТОК ЧАСТИ И СПОСОБЫ
ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ И ЧАСТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОРРОЗИОННО-СТОЙКИХ,
ПРОВОДЯЩИХ ЖИДКИЙ ПОТОК ЧАСТЕЙ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к устойчивым к коррозии, проводящим жидкий поток частям оборудования и оборудованию, включающему в себя одну или более таких частей. Часть оборудования включает в себя проводящий жидкий поток первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и проводящий жидкий поток второй участок, включающий в себя второй материал. Первый участок и второй участок также прямо или

опосредованно соединены конец к концу сваркой в твердом состоянии с образованием единой проводящей жидкий поток части. Также предложен способ замены, по меньшей мере, одной проводящей жидкий поток части оборудования, в котором предлагается замещающая часть, которая включает в себя проводящий жидкий поток первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и проводящий жидкий поток второй участок, включающий в себя второй

материал. Второй материал, по существу, идентичен материалу участка оборудования, на котором устанавливается запасная часть. Первый участок и второй участок также прямо или опосредованно соединены сваркой в твердом состоянии с образованием единой проводящей жидкий поток замещающей части. Замещающая часть крепится к оборудованию сваркой плавлением второго материала

второго участка замещающей части с, по существу, идентичным материалом участка крепления оборудования. Замена одной или более частей оборудования на улучшенные, устойчивые к коррозии, части является экономически выгодным в отличие от замены оборудования с новой конструкцией. 13 н. и 88 з.п. ф-лы, 4 табл., 14 ил.

RU 2 3 8 9 5 4 3 C 2

RU 2 3 8 9 5 4 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(51) Int. Cl.

B01J 19/02 (2006.01)**F28F 11/00** (2006.01)**F28F 19/06** (2006.01)**F28F 9/18** (2006.01)**C07C 273/04** (2006.01)**B23P 6/00** (2006.01)**(12) ABSTRACT OF INVENTION**(21), (22) Application: **2007107805/15, 26.07.2005**(24) Effective date for property rights:
26.07.2005(30) Priority:
02.08.2004 US 60/598,228
18.02.2005 US 11/061,355(43) Application published: **10.09.2008**(45) Date of publication: **20.05.2010 Bull. 14**(85) Commencement of national phase: **02.03.2007**(86) PCT application:
US 2005/026463 (26.07.2005)(87) PCT publication:
WO 2006/020381 (23.02.2006)Mail address:
129090, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. E.I.Emel'janovu

(72) Inventor(s):

SATERLIN Richard K. (US),**KhERB Brett Dzh. (US),****GREhKhEhM Ronald A. (US)**

(73) Proprietor(s):

EhJ TI AJ PROPERTIZ, INK. (US)**(54) CORROSIONPROOF FLUID FLOW CONDUCTING PARTS AND METHOD TO REPLACE EQUIPMENT AND PARTS USING CORROSIONPROOF FLUID FLOW CONDUCTING PARTS**

(57) Abstract:

FIELD: process engineering.

SUBSTANCE: invention relates to corrosionproof fluid flow conducting parts and equipment comprising one or more such parts. Equipment component comprises first fluid corrosionproof flow conducting section that comprises first corrosionproof material and second fluid flow conducting section that comprises second material. First and second sections are, directly or indirectly, have their ends welded together in solid state to make integral fluid flow conducting part. Invention covers also the method of replacing at least one fluid flow conducting equipment part that proposes replacement component comprising first

fluid flow conducting section that includes first material and second fluid flow conducting section that includes second material. Second material is, in fact, identical to that of equipment section whereat spare part is to be mounted. First and second sections are, directly or indirectly, have their ends welded together in solid state to make integral fluid flow conducting part. Space part is secured to equipment by flush butt welding of second material of second space part with material being, in fact identical, to that of equipment attachment section.

EFFECT: higher efficiency due to replacement with parts that feature improved corrosion resistance properties.

101 cl, 2 ex, 4 tbl, 14 dwg

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ

Настоящее изобретение касается устойчивых к коррозии, проводящих жидкий поток частей оборудования, и оборудования, включающего в себя одну или более таких частей. Настоящее изобретение также касается способов замещения одной или более проводящих жидкий поток частей элемента оборудования на улучшенные, устойчивые к коррозии, проводящие жидкий поток части. Настоящее изобретение дополнительно касается подвергаемых холодной обработке, многослойных элементов, которые могут создавать устойчивые к коррозии, проводящие жидкий поток части.

ОПИСАНИЕ УРОВНЯ ТЕХНИКИ

Различные промышленные способы и оборудование работают при очень высоких давлениях и температурах. Например, по всему миру промышленный способ синтеза мочевины включает в себя реакцию аммиака и диоксида углерода в больших реакторах высокого давления, при температурах более чем 150°C (302°F) и давлениях приблизительно 150 бар (15,0 МПа). Данный способ хорошо известен и описан, например, в патентах США №4210600, 4899813, 6010669 и 6412684. В данном способе аммиак, который обычно присутствует в избытке, и диоксид углерода реагируют в одном или больше реакторе, давая в качестве конечных продуктов водный раствор, содержащий мочевину, карбамат аммония, не превратившийся в мочевину, и избыток аммиака, применяемый в данном синтезе.

Наиболее агрессивные условия во время синтеза мочевины существуют, когда карбамат аммония находится при своей наивысшей концентрации и температуре. Хотя данные условия существуют на большинстве критических этапов данного способа, только относительно небольшое число материалов может выдерживать данные условия, не подвергаясь заметной коррозии, которая может приводить к повреждению оборудования. Материалы, из которых может быть изготовлено оборудование для синтеза мочевины, включают в себя частично, на протяжении некоторого времени, нержавеющую сталь AlSi316L, нержавеющую сталь INOX 25/22/2 Cr/Ni/Mo, свинец, титан, нержавеющую сталь Safurex® и цирконий.

Когда способ синтеза мочевины разработали впервые, использовали аустенитно-ферритные нержавеющие стали "сорта мочевины" и другие патентованные сорта нержавеющей стали. Оборудование данного синтеза включает в себя десорбер, имеющий пучок вертикальных трубок, в которых среда способа синтеза мочевины распадается и конденсируется. Среда способа синтеза мочевины течет по внутреннему объему трубок, тогда как насыщенный пар циркулирует и конденсируется на внешней стороне трубок. Конденсирующийся пар обеспечивает необходимую энергию для разложения избытка аммиака и карбамата аммония в трубках на мочевину и воду. Зазоры между трубками в десорбере поддерживаются перегородками для крепления трубок, которые включают в себя круглые отверстия, через которые проходят трубки, и отдельные трубки также присоединены к поверхности перегородок для крепления трубок прочной сваркой.

Немногие материалы могут выдерживать внутренние и внешние условия, которым подвергаются трубки десорбера, не подвергаясь заметной коррозии и/или эрозии со временем. Устойчивость к коррозии нержавеющих сталей сильно зависит от того, является ли раствор мочевины в трубках однородным и равномерно распределенным по поверхностям трубок, чтобы пассивировать нержавеющую сталь (данный раствор обеспечивает часть пассивирующего кислорода). Если внутренние поверхности трубок

не полностью и не непрерывно смачиваются, нержавеющая сталь будет корродировать. Таким образом, если рабочий узел функционирует в стационарных условиях и при относительно высокой производительности, трубки из нержавеющей стали будут функционировать адекватно. Однако если данный узел работает при
 5 меньшей мощности, распределение среды способа синтеза мочевины в трубках десорбера может быть неравномерным или трубки могут включать в себя несмоченные внутренние поверхности, которые не полностью пассивируются, что приводит к коррозии. Таким образом, доступные в настоящее время нержавеющие
 10 стали не представляют собой надежный материал для трубок десорбера при использовании в способе синтеза мочевины.

Обращая внимание на проблемы коррозии, возникающие с нержавеющими сталями, на протяжении последних 30 лет было разработано оборудование для синтеза мочевины, изготавливаемое из титана. В данной конструкции плакированный
 15 титаном десорбер включает в себя сплошные титановые трубки, соединенные с плакированной титаном перегородкой для крепления трубок. Когда данную конструкцию использовали в работе, вертикально расположенные трубки десорбера подвергались коррозии и эрозии вблизи прочных сварных швов, соединяющих трубки
 20 с перегородками десорбера для крепления трубок. Эрозия и коррозия также замечались на первом 1 метре (39,4 дюймов) длины трубок. Карбамат аммония присутствует при очень высокой концентрации и температуре и распадается и конденсируется в данной области, и считается, что эрозия/коррозия происходит из-за
 25 внезапного изменения направления течения, столкновения течений или внезапного испарения в данной области. После обнаружения склонности титанового десорбера к коррозии/эрозии данное оборудование было изменено таким образом, что узлы десорбера могли быть перевернуты впритык, позволяя эрозии/коррозии протекать на
 30 обоих концах трубок десорбера перед тем, как становилось необходимым замещение трубок. Хотя это почти удваивало срок службы трубок десорбера, это не было постоянным решением проблемы коррозии данных узлов, и многие из узлов в способе синтеза мочевины, изготовленные с титановыми трубками десорбера, испытывали в
 некоторой степени проблемы эрозии/коррозии.

Дополнительно обращаясь к проблемам эрозии и коррозии, возникающим в
 35 десорберах синтеза мочевины, вводили трубки десорбера, изготовленные с использованием циркония, как описано в патенте США №4899813. Так как цирконий дороже титана и нержавеющей стали, первые оборудованные цирконием трубки десорбера были разработаны с включением внешней трубки из нержавеющей стали
 40 (обычно 2 мм (0,8 дюйма) минимальной толщины) и относительно тонкого трубчатого вкладыша из циркония (обычно 0,7 мм (0,03 дюйма) минимальной толщины), механически соединенного (посаженного) с трубкой из нержавеющей стали. Механическое соединение, необходимое для удерживания циркониевого
 45 вкладыша на месте, достигалось расширением внутреннего диаметра циркониевого вкладыша так, чтобы аккуратно подогнать во внешней трубке из нержавеющей стали. Внешняя трубка из нержавеющей стали полученной подогнанной двухслойной трубки обеспечивает механическую прочность, а также пониженную стоимость данной трубы
 50 относительно сплошной циркониевой трубки. Относительно тонкий циркониевый вкладыш обеспечивает улучшенную устойчивость к коррозии. Цирконий был выбран для данного применения, так как он демонстрирует прекрасную устойчивость к
 коррозии в высокоагрессивных средах при высоком давлении и высокой температуре.

Упомянутые двухслойные трубки для десорбера с прилеганием нержавеющей

сталь/цирконий изготавливали со строгими требованиями, чтобы гарантировать очень плотное механическое прилегание. Тем не менее, механическое соединение данных слоев служило источником неприятностей в трубках, предназначенных для

5 вкладышем из устойчивого к коррозии циркония и внешней трубкой из нержавеющей стали существовал небольшой зазор между внутренним циркониевым вкладышем и внешней трубкой из нержавеющей стали. Данный зазор отчасти возникал из-за различных механических и физических свойств циркония и нержавеющей сталей.

10 Например, данные материалы имеют очень различные коэффициенты теплового расширения, и, когда нагревается, нержавеющая сталь расширяется в большей степени, чем цирконий. Также из-за различных свойств данных материалов, они не могут быть сварены плавлением вместе, и становится необходимым удалять часть

15 циркониевого вкладыша с конца трубки десорбера для сварки плавлением трубки с перегородками из нержавеющей стали для крепления трубок. Безотносительно к тому, как хорошо изготавливали трубки из нержавеющей стали и циркониевые вкладыши и как плотно компоненты трубки механически подгоняли вместе, было обнаружено, что со временем коррозионная среда синтеза мочевины способна проникать в

20 небольшой зазор между нержавеющей сталью и цирконием, вызывая щелевую коррозию и, в конце, образование отверстий во внешней трубке из нержавеющей стали. В некоторых десорберах синтеза мочевины, имеющих такую конструкцию, трубки начинали повреждаться по данной причине, вызывая отключение

25 оборудования для синтеза мочевины для исправления данной проблемы и вызывая существенные затраты на техническое обслуживание.

Другое недавнее усовершенствование представляет собой разработку пучков трубок десорбера синтеза мочевины, включающих в себя сплошные циркониевые трубки десорбера, плакированные цирконием перегородки для крепления трубок и

30 присоединенная взрывом циркониевая оболочка на всех внутренних смачиваемых поверхностях. Однако с точки зрения стоимости оборудования синтеза мочевины обычно дешевле восстанавливать коррелированные части существующего оборудования, чем замещать оборудование с данной новой, устойчивой к коррозии конструкцией. Хотя замещение частей может быть экономически выгодным

35 вариантом для оборудования десорбера, включая в себя сплошные циркониевые трубки десорбера, плакированные цирконием перегородки для крепления трубок и плакирование цирконием на смачиваемых поверхностях, было бы выгоднее, если бы плакированные титаном узлы десорбера могли изготавливаться с трубками десорбера,

40 имеющими улучшенную устойчивость к коррозии. Причина этого в том, что плакированные титаном узлы десорбера имеют тенденцию быть существенно дешевле для производства, чем плакированные цирконием узлы.

Соответственно, было бы предпочтительно предложить улучшенную конструкцию трубок десорбера оборудования для синтеза мочевины. Также было бы

45 предпочтительно предложить способ модифицирования существующих десорберов оборудования для синтеза мочевины некоторой формой замещающих, устойчивых к коррозии трубок десорбера, в то же время используя существующие перегородки десорберов для крепления трубок.

50 Вообще было бы предпочтительно предложить улучшенную конструкцию для устойчивых к коррозии проточных частей элементов оборудования, работающих при условиях, вызывающих коррозию. В дополнение к узлам десорбера оборудования для синтеза мочевины такие элементы оборудования включают в себя, например, другое

химическое производственное оборудование, узлы конденсаторов и теплообменное оборудование. Также было бы предпочтительно предложить способ модифицирования существующих изношенных и/или подверженных коррозии частей оборудования устойчивыми к коррозии замещающими частями, где замещающие части изготавливают из устойчивых к коррозии материалов, таких как, например, цирконий, циркониевые сплавы, титан, титановые сплавы и нержавеющие стали.

СУЩНОСТЬ ИЗОБРЕТЕНИЯ

Чтобы обеспечить указанные выше преимущества, согласно одному аспекту настоящего изобретения предлагается первый способ для замещения, по меньшей мере, одной проводящей жидкий поток части элемента оборудования, имеющей участок крепления. Первый способ включает в себя обеспечение замещающей части, содержащей проводящий жидкий поток, первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал и проводящий жидкий поток, второй участок, включающий в себя второй материал, который идентичен или в основном идентичен материалу участка крепления. Первый участок и второй участок прямо и опосредованно соединяются твердой сваркой, образуя единую, проводящую жидкий поток, замещающую часть. Замещающая часть прикрепляется к элементу оборудования способом, содержащим прикрепление второго материала второго участка замещающей части к участку крепления элемента оборудования.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа замещающая часть выбирается из части цилиндрической формы, трубки, трубы, сопла, обрезанного конца, соединителя трубок, соединителя труб, трубки десорбера, трубки теплообменника и проводящей жидкий поток части.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины, замещающая часть представляет собой трубку десорбера, и участок крепления представляет собой участок перегородки десорбера для крепления трубок.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа замещающая часть прикрепляется к элементу оборудования способом, включающим в себя приварку второго материала второго участка замещающей части к участку крепления элемента оборудования. В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа прикрепление второго материала второго участка к участку крепления осуществляется с использованием, например, технологии сварки, выбранной из автогенной сварки и сварки плавлением с использованием сварочного металла.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа сварка в твердом состоянии первого участка прямо и опосредованно ко второму участку включает в себя технологию сварки в твердом состоянии, выбранную из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, инерционной сварки, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа первый участок изготовлен из одного материала, и второй участок изготовлен из одного материала. В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа, устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из циркония, сплавов циркония, титана, сплавов титана, ниобия и сплавов ниобия. В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа второй материал выбирают из группы,

состоящей из титана, сплавов титана и нержавеющей стали.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа второй участок включает в себя внутренний слой из устойчивого к коррозии материала и внешний слой из второго материала. В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа способ, содержащий сплавление внутреннего слоя и внешнего слоя, формирует данный второй участок. Один неограничивающий пример технологии, которая может быть использована для сплавления внутреннего и внешнего слоев, представляет собой соединение экструзией.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первого способа металлургическое связывание внутреннего слоя и внешнего слоя второго участка образует данный второй участок. Такой способ металлургического связывания может включать в себя, например, выполнение, по меньшей мере, одной технологии металлургического связывания, выбранной из связывания экструзией, связывания взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья. В определенных неограничивающих вариантах осуществления внутренний слой изготавливается из материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и сплавов циркония, и внешний слой изготавливается из материала, выбранного из группы, состоящей из титана и сплавов титана.

Согласно еще одному неограничивающему варианту осуществления первого способа элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины, замещающая часть представляет собой трубку десорбера, участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок, первый участок замещающей части представляет собой цирконий, и второй участок замещающей части содержит внутренний слой из материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и сплавов циркония, и внешний слой из материала, выбранного из группы, состоящей из титана и сплавов титана.

В определенных вариантах осуществления первого способа элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины; замещающая часть представляет собой трубку десорбера; участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок; первый участок замещающей части представляет собой цирконий; и второй участок замещающей части содержит внутренний слой из материала, выбранного из циркония и сплавов циркония, и внешний слой из материала, выбранного из титана и сплавов титана. В некоторых из указанных вариантов осуществления внутренний слой металлургически связан с внешним слоем посредством способа, который может включать в себя, например, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из связывания экструзией, связывания взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья. В некоторых из указанных вариантов осуществления участок сварки, образованный сваркой в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком, по существу, свободен от сплавов, объединяющих первый материал и второй материал. В вариантах осуществления, в которых первый участок представляет собой твердое тело, опосредованно приваренное ко второму участку, по меньшей мере, один третий материал может располагаться между первым участком и вторым участком. Такой, по меньшей мере, один третий материал может быть выбран из, например, титана, сплавов титана, ванадия, сплавов ванадия, тантала, сплавов тантала, гафния, сплавов гафния, ниобия и сплавов ниобия.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предлагается второй способ. Второй способ предназначен для замены трубки десорбера в узле десорбера для

синтеза мочевины на замещающую трубку десорбера. Второй способ включает в себя предложение замещающей трубки десорбера, содержащей проводящий жидкий поток первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и проводящий жидкий поток второй участок, включающий в себя второй материал, который представляет собой материал, идентичный или в основном идентичный материалу, из которого сконструирована перегородка десорбера для крепления трубок. Первый участок и второй участок прямо или опосредованно соединяются сваркой в твердом состоянии, образуя единую, проводящую жидкий поток, замещающую часть. Чтобы присоединить замещающую трубку десорбера к десорберу, второй материал второго участка приваривается к идентичному или в основном идентичному материалу перегородки для крепления трубок. Такой способ сварки может быть, например, технологией сварки сплавлением, выбранной из автогенной сварки и сварки с использованием сварочного металла.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и сплавов циркония. Неограничивающие примеры возможных сплавов циркония включают в себя Zr700 (UNS R60700), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys. В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа второй материал выбирают из группы, состоящей из титана и сплавов титана.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа сварка в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком осуществляется по технологии сварки в твердом состоянии, выбранной из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, включая в себя инерционную сварку, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки. В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа участок сварки, образованный сваркой в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком, по существу, свободен от сплавов устойчивого к коррозии первого материала и второго материала.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа первый участок замещающей трубки десорбера изготовлен из одного материала, и второй участок изготовлен из одного материала. Альтернативно, в определенных вариантах осуществления второго способа второй участок содержит внутренний слой из устойчивого к коррозии материала и внешний слой из второго материала. В определенных вариантах осуществления альтернативного второго способа второй участок образуется связыванием экструзией так, что внутренний слой и внешний слой второго участка сплавляются. В определенных вариантах осуществления альтернативного второго способа второй участок содержит внутренний слой из материала, выбранного из циркония и сплавов циркония, и внешний участок из материала, выбранного из титана и сплавов титана.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второго способа первый участок опосредованно приварен в твердом состоянии ко второму участку, так что, по меньшей мере, один третий материал располагается между первым участком и вторым участком. Неограничивающие примеры данного, по меньшей мере, одного третьего материала, расположенного между первым участком и вторым участком, в таких неограничивающих вариантах осуществления включают в себя ванадий, сплавы ванадия, тантал, сплавы тантала, гафний, сплавы гафния, ниобий и

сплавы ниобия.

Согласно еще одному аспекту настоящего изобретения предлагается первая часть элемента оборудования. Данная первая часть включает в себя первый участок, проводящий жидкий поток, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и второй участок, проводящий жидкий поток, включающий в себя второй материал. Первый участок и второй участок прямо или опосредованно соединяются сваркой в твердом состоянии, образуя единую, проводящую жидкий поток часть. Первая часть может быть, например, замещающей частью или исходной частью элемента оборудования. Неограничивающие примеры возможных форм, в которых может обеспечиваться первая часть, включают в себя часть цилиндрической формы, трубку, трубу, сопло, обрезанный конец, соединитель трубок, соединитель, труб, трубку десорбера, трубку теплообменника и проводящую жидкий поток часть. Неограничивающие примеры элемента оборудования включают в себя химическое производственное оборудование, узел десорбера, узел конденсатора и теплообменник.

Неограничивающие примеры технологий сварки в твердом состоянии, которые могут быть использованы для прямой или опосредованной сварки в твердом состоянии первого участка со вторым участком первой части, включают в себя холодную сварку, диффузионную сварку, сварку взрывом, кузнечную сварку, сварку трением, инерционную сварку, сварку горячим прессованием, сварку прокаткой и ультразвуковую сварку. В определенных неограничивающих вариантах осуществления первой части устойчивый к коррозии первый материал представляет собой материал, выбранный из сплавов циркония, титана, сплавов титана, ниобия и сплавов ниобия. Неограничивающие примеры возможных сплавов циркония представляют собой Zr700 (UNS R60700), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys (сорта циркония для ядерного применения). Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления первой части второй материал выбирают из группы, состоящей из титана, сплавов титана и нержавеющей стали.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления первой части первый участок опосредованно приваривают в твердом состоянии ко второму участку так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком. Неограничивающие примеры данного, по меньшей мере, одного третьего материала, расположенного между первым участком и вторым участком, в таких неограничивающих вариантах осуществления включают в себя ванадий, сплавы ванадия, тантал, сплавы тантала, гафний, сплавы гафния, ниобий и сплавы ниобия.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второй участок первой части включает в себя внутренний слой из устойчивого к коррозии материала и внешний слой из второго материала. В определенных неограничивающих вариантах осуществления второй участок первой части включает в себя внутренний слой из материала, выбранного из циркония и сплавов циркония, и внешний слой из материала, выбранного из титана и сплавов титана. Внутренний и внешний слой второго участка могут быть, например, прямо или опосредованно металлургически связаны вместе. В одном варианте осуществления внутренний и внешний слои прямо металлургически связаны с помощью способа, выбранного из связывания экструзией (соэкструзия), связывания взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья. В определенных вариантах осуществления отсутствие какого-либо существенного междиффузионного слоя, образованного между прямо металлургически связанными внутренним и внешним слоями, позволяет элементу легко обрабатываться холодным способом во время процесса изготовления

проводящей жидкий поток части.

Согласно дополнительному аспекту настоящего изобретения предлагается третий способ. Третий способ предназначен для замены трубки десорбера в десорбере узла синтеза мочевины на замещающую трубку десорбера. Третий способ включает в себя
5 замену существующей трубки десорбера узла синтеза мочевины на устойчивую к коррозии трубку десорбера, имеющую конструкцию вышеописанной первой части.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предлагается первый элемент оборудования. Данный элемент оборудования включает в себя часть, имеющую
10 конструкцию первой части. Согласно определенным неограничивающим вариантам осуществления первый элемент оборудования представляет собой элемент химического производственного оборудования, узел десорбера, узел конденсатора и теплообменник. Также согласно определенным, неограничивающим вариантам осуществления, первая часть, включенная в первый элемент оборудования,
15 представляет собой часть, выбранную из части цилиндрической формы, трубки, трубы, сопла, обрезанного конца, соединителя трубок, соединителя труб, трубки десорбера, трубки теплообменника и проводящей жидкий поток части.

Согласно дополнительному аспекту настоящего изобретения обеспечивается четвертый способ. Четвертый способ предназначен для приготовления проводящей жидкий поток части, содержащей внутренний слой из устойчивого к коррозии материала, окружающий проводящий жидкий поток проход, и внешний слой из
20 другого материала. В определенных вариантах осуществления четвертого способа проводящая жидкий поток часть образуется из элемента, включающего первый слой циркония или сплава циркония, который прямо металлургически связан со слоем титана или сплава титана, и в котором нет существенного диффузионного промежуточного слоя между связанными первым и вторым слоями.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предлагается пятый способ.
30 Пятый способ предназначен для замены, по меньшей мере, одной проводящей жидкий поток части элемента оборудования, имеющего участок крепления. Пятый способ включает в себя обеспечение замены проводящей жидкий поток части, содержащей внутренний слой из устойчивого к коррозии первого материала, окружающий проводящий жидкий поток проход сквозь данную проводящую жидкий поток часть, и
35 внешний слой из второго материала. Внутренний слой представляет собой слой, прямо или опосредованно металлургически связанный с внешним слоем. Неограничивающие примеры технологий, которые могут быть использованы, чтобы прямо или опосредованно металлургически связывать слои в пятом способе, включают в себя связывание экструзией, связывание взрывом, горячее изостатическое прессование и
40 центробежное литье.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа замещающая часть прикрепляется к элементу оборудования посредством способа, содержащего крепление внешнего слоя замещающей части к участку крепления
45 элемента оборудования. Неограничивающие примеры способов, пригодных для крепления внешнего слоя к участку крепления в пятом способе, включают в себя сварку, сварку плавлением, автогенную сварку и сварку плавлением с применением присадочного металла. В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа участок крепления включает в себя третий материал, который
50 представляет собой материал, идентичный или в основном идентичный второму материалу замещающей части, и крепление замещающей части к элементу оборудования включает в себя крепление участка внешнего слоя к третьему

материалу участка крепления.

Проводящая жидкий поток часть упомянутого пятого способа может быть выбрана из, например, части цилиндрической формы, трубки, трубки десорбера, трубки теплообменника, трубы и сопла. Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа устойчивый к коррозии первый материал выбирают из циркония и сплавов циркония (таких как, например, Zr700 (UNS R60700), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys). Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа второй материал выбирают из группы, состоящей из титана и сплавов титана.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа внутренний слой и внешний слой представляют собой слои, прямо или опосредованно металлургически связанные посредством способа, включающего, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из связывания экструзией, связывания взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья. Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа не возникает никакого существенного междиффузионного слоя во время прямого или опосредованного металлургического связывания внутреннего и внешнего слоев. В таком случае полученная часть может легко подвергаться холодной обработке, такой как использование холодного волочения или холодного обжатия трубок.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления упомянутого пятого способа элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины, замещающая часть представляет собой трубку десорбера, и участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок. Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины; замещающая часть представляет собой трубку десорбера; участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок; внутренний слой замещающей части выбирают из циркония и сплавов циркония; и внешний слой замещения выбирают из титана и сплавов титана.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа крепление замещающей части к элементу оборудования включает в себя сварку плавлением участка второго материала внешнего слоя к третьему материалу участка крепления, так что образованный участок сварки существенно свободен от сплавов, имеющих, по существу, пониженную устойчивость к коррозии относительно первого материала и второго материала.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа внутренний слой прямо металлургически связан с внешним слоем. В определенных неограничивающих вариантах осуществления пятого способа внутренний слой опосредованно металлургически связан с внешним слоем, так что, по меньшей мере, один слой, содержащий третий материал, который отличается от первого материала и второго материала, расположен между внутренним слоем и внешним слоем.

Согласно еще одному дополнительному аспекту настоящего изобретения предлагается шестой способ. Шестой способ предназначен для замены трубки десорбера в десорбере узла синтеза мочевины на замещающую трубку десорбера. Шестой способ включает в себя обеспечение замещающей трубки десорбера, включающей в себя внутренний слой из устойчивого к коррозии первого материала, окружающий проводящий жидкий поток проход сквозь трубку десорбера, и внешний слой из второго материала, в котором внутренний слой прямо или опосредованно

металлургически связан с внешним слоем и в котором второй материал идентичен или существенно идентичен материалу, из которого изготовлена перегородка десорбера для крепления трубок. Второй материал внешнего слоя крепится к идентичному или существенно идентичному материалу перегородки для крепления трубок.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления шестого способа устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из циркония и сплавов циркония (таких как, например, Zr700 (UNS R60700), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys). В определенных неограничивающих вариантах осуществления шестого способа второй материал выбирают из титана и сплавов титана.

Согласно определенным неограничивающим вариантам осуществления шестого способа крепление второго материала внешнего слоя к идентичному или, по существу, идентичному материалу перегородки для крепления трубок содержит сварку второго материала внешнего слоя с по существу идентичным материалом перегородки для крепления трубок. Неограничивающие примеры технологий сварки, которые могут быть использованы, включают в себя автогенную сварку и сварку плавлением с использованием сварочного металла. В определенных вариантах осуществления шестого способа участок сварки, образованный сваркой второго материала внешнего слоя с идентичным или по существу идентичным материалом перегородки для крепления трубок, по существу, свободен от сплавов, имеющих значительно пониженную устойчивость к коррозии относительно второго материала.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления шестого способа внутренний слой и внешний слой трубки десорбера прямо или опосредованно металлургически связаны посредством способа, включающего в себя, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из связывания экструзией, связывания взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья. Также в определенных неограничивающих вариантах осуществления шестого способа внутренний слой прямо металлургически связан с внешним слоем и в определенных вариантах осуществления не возникает, по существу, междиффузионного слоя, когда внутренний слой металлургически связывается с внешним слоем. В других определенных неограничивающих вариантах осуществления шестого способа внутренний слой опосредованно металлургически связан с внешним слоем, так что, по меньшей мере, один слой, содержащий материал, который отличается от первого материала и второго материала, расположен между внутренним слоем и внешним слоем.

Согласно еще одному дополнительному аспекту настоящего изобретения предлагается вторая часть элемента оборудования. Вторая часть выбирается из трубки десорбера и трубки теплообменника и включает в себя внутренний слой из устойчивого к коррозии первого материала, окружающий проводящий жидкий поток проход через проводящую жидкий поток часть, и внешний слой из второго материала, и при этом внутренний слой прямо или опосредованно металлургически связан с внешним слоем. Вторая часть может быть замещающей частью или исходной частью элемента оборудования. В случае когда вторая часть представляет собой трубку десорбера, элемент оборудования может быть, например, узлом десорбера оборудования для синтеза мочевины.

Как описано, во второй части внутренний слой прямо или опосредованно металлургически связан с внешним слоем. Неограничивающие примеры технологий, которые могут быть использованы, чтобы прямо или опосредованно металлургически связывать слои, включают в себя связывание экструзией, связывание взрывом, горячее

изостатическое прессование и центробежное литье.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления второй части внутренний слой второй части прямо металлургически связан с внешним слоем. В некоторых из таких вариантов осуществления не возникает, по существу, междиффузионного слоя между прямо металлургически связанными внутренним и внешним слоями, что позволяет полученной части легко подвергаться холодной обработке, такой как, например, холодное волочение или холодное обжатие трубок. В других неограничивающих вариантах осуществления второй части внутренний слой опосредованно металлургически связан с внешним слоем, так что, по меньшей мере, один слой, включающий в себя третий материал, который отличается от первого материала и второго материала, располагается между внутренним слоем и внешним слоем.

Согласно другому аспекту настоящего изобретения предлагается седьмой способ. Седьмой способ предназначен для изготовления проводящей жидкий поток части, содержащей внутренний слой из устойчивого к коррозии первого материала, окружающий проводящий жидкий поток проход, и внешний слой из второго материала. Седьмой способ включает в себя металлургическое связывание внутреннего слоя и внешнего слоя без образования какого-либо существенного междиффузионного слоя между внутренним слоем и внешним слоем.

В определенных вариантах осуществления седьмого способа часть, получаемая путем металлургического связывания внутреннего слоя и внешнего слоя, может легко подвергаться холодной обработке, и в таких случаях данный способ может дополнительно включать в себя холодную обработку промежуточной части. Неограничивающие примеры возможных технологий, которые могут быть использованы для холодной обработки данной части, включают в себя холодное волочение, холодное обжатие трубок, трубопрокатку с внутренними и внешними валками и поточное формирование.

В определенных неограничивающих вариантах осуществления седьмого способа устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и сплавов циркония (таких как, например, Zr700 (UNS R607.00), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys). Также в определенных вариантах осуществления седьмого способа второй материал выбирается из титана и сплавов титана.

Согласно другому дополнительному аспекту настоящего изобретения предлагается восьмой способ. Восьмой способ предназначен для замены трубки десорбера в десорбере узла синтеза мочевины на замещающую трубку десорбера. Восьмой способ включает в себя замену существующей трубки десорбера узла синтеза мочевины на устойчивую к коррозии трубку десорбера, имеющую конструкцию второй части.

Согласно дополнительному аспекту настоящего изобретения предлагается элемент оборудования, при этом элемент оборудования включает в себя вторую часть. Возможные неограничивающие примеры элемента оборудования включают в себя химическое производственное оборудование, узел десорбера, узел конденсатора и теплообменник.

Предпочтительно уменьшение чужеродных загрязнений на, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит чистку, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра с использованием способов очистки, при которых остатки очищающих агентов не остаются на очищаемой

поверхности.

Предпочтительно ледяная продувка включает в себя движение кристаллической воды против поверхности, таким образом механически очищая и промывая жидкостью поверхность.

Читатель примет во внимание упомянутые детали и преимущества, а также и другие, при рассмотрении последующего подробного описания определенных неограничивающих вариантов осуществления данных способов, элементов и частей настоящего изобретения. Читатель может также понять определенные дополнительные преимущества и подробности осуществления или использования описанных здесь способов, элементов и частей.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ЧЕРТЕЖЕЙ

Признаки и преимущества данных способов могут быть лучше поняты со ссылкой на сопровождающие чертежи.

Фиг.1 иллюстрирует один вариант осуществления трубки десорбера по настоящему изобретению, в которой трубка включает в себя первый проводящий жидкий поток участок, изготовленный из циркония и присоединенный технологией инерционной сварки или другой сварки в твердом состоянии ко второму проводящему жидкий поток участку, изготовленному из титана.

Фиг.2 иллюстрирует расположение для крепления трубки десорбера фиг.1 к плакированной титаном поверхности перегородки для крепления трубок десорбера, которая включает в себя использование многослойного, проводящего жидкий поток обрезка трубы.

Фиг.3 схематически иллюстрирует вариант осуществления способа изготовления многослойной, проводящей жидкий поток части.

Фиг.4 схематически иллюстрирует конец сваренной двухслойной заготовки, изготовленной в качестве промежуточного элемента в способе фиг.3.

Фиг.5 иллюстрирует расположение для крепления варианта осуществления трубки десорбера, включающей в себя многослойный конец трубы по настоящему изобретению, к плакированной титаном поверхности перегородки для крепления трубок десорбера.

Фиг.6 изображает неразрезанный и разрезанный образцы секции циркониевой трубки, которая была сварена инерционной сваркой с секцией титановой трубки.

Фиг.7 изображает два образца секции циркониевой трубки, сваренной инерционной сваркой с секцией титановой трубки, и в которой полученная цирконий/титановая проводящая жидкий поток трубка была обработана для удаления ребер.

Фиг.8 представляет собой фотографию сечения поверхности раздела сварного шва циркония с титаном в стенке трубки сваренного инерцией образца.

Фиг.9 представляет собой вид с большим увеличением поверхности раздела сварного шва, показанного на фиг.8.

Фиг.10 представляет собой изображение с большим увеличением части участка поверхности раздела сварного шва, показанного на фиг.9.

Фиг.11 и 12 представляют собой схематические изображения этапов варианта осуществления способа по настоящему изобретению для изготовления многослойной, проводящей жидкий поток части или части секции.

Фиг.13 иллюстрирует вид с конца сваренной двухслойной заготовки, изготовленной в качестве промежуточного элемента в одном из этапов способа, включенного в фиг.12.

Фиг.14 представляет собой микрофотографию металлургически связанного участка

термообработанной многослойной трубки, изготовленной по варианту осуществления способа по настоящему изобретению.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ ОПРЕДЕЛЕННЫХ ВАРИАНТОВ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

5 Определенные варианты осуществления, предлагаемые в настоящем изобретении, включают в себя новые, устойчивые к коррозии, проводящие жидкий поток части, оборудование, включающее в себя одну или больше таких частей, и способы замены проводящих жидкий поток частей оборудования, подвергнутого коррелирующим
10 и/или эродирующим условиям, на устойчивые к коррозии, проводящие жидкий поток, замещающие части. Неограничивающие варианты осуществления новых частей включают в себя, например, части, имеющие цилиндрическую или другую форму, трубки, трубы, сопла, обрезанные концы, соединители трубок, соединители труб и другие проводящие жидкий поток части. Определенные неограничивающие варианты
15 осуществления проводящих жидкий поток частей включают в себя, по меньшей мере, один первый проводящий жидкий поток участок, изготовленный из, по меньшей мере, одного устойчивого к коррозии материала, такого как, например, цирконий, титан, тантал, ниобий, сплавы любого из указанных металлов или другого устойчивого к
20 коррозии металла или сплава. Данные части также включают в себя, по меньшей мере, один второй проводящий жидкий поток участок, включающий в себя материал, который композиционно идентичен или композиционно по существу идентичен материалу, из которого образован существующий участок крепления оборудования, к которому данная часть должна прикрепляться. Устойчивый к коррозии первый
25 участок прямо или опосредованно соединен со вторым участком сваркой в твердом состоянии с образованием единой проводящей жидкий поток части, такой как, например, трубка или труба. Такая часть может прикрепляться к элементу оборудования сваркой с подобными материалами второго участка и части крепления
30 оборудования. Подобные материалы могут свариваться плавлением, например, автогенной сваркой или использованием сварки со сварочным металлом, без возникновения условий в окрестности сварки плавлением, которые будут существенно способствовать коррозии.

Части и способы, описанные в настоящем изобретении, могут быть адаптированы
35 для использования с различными типами химического производственного и другого оборудования. Неограничивающие варианты осуществления такого оборудования и особых проводящих жидкий поток частей такого оборудования, которые могут быть сконструированы по настоящему изобретению, включают в себя трубки для
40 десорберов мочевины, конденсаторы карбамата и биметаллические десорберы, и трубки теплообменников, и трубы для химических и нефтехимических процессов.

Особый неограничивающий описанный здесь вариант осуществления представляет собой способ замены коррелированных и/или эродированных титановых трубок десорбера в оборудовании синтеза мочевины на замещающие трубки, содержащие
45 участок устойчивого к коррозии металла или сплава, такого как участок циркония или сплава циркония, который был бы очень устойчивым к эффектам коррозии/эрозии среды процесса синтеза мочевины в трубках. Данный способ позволяет повторно использовать существующие плакированные титаном перегородки для крепления
50 трубок десорбера и головки обменника, так что нет необходимости заменять весь узел десорбера. Данный способ включает в себя обеспечение замещающих трубок десорбера, имеющих (i) трубчатый, устойчивый к коррозии участок, изготовленный из, например, циркония или устойчивого к коррозии сплава циркония, и (ii), по меньшей

мере, один трубчатый участок крепления, изготовленный из, например, титана или другого металла или сплава, который может свариваться плавлением с плакированной титаном перегородкой для крепления трубок десорбера без возникновения условий в окрестностях сварки плавлением, которые существенно способствуют коррозии или эрозии. Устойчивый к коррозии участок и участок крепления соединяются прямо или опосредованно технологией сварки в твердом состоянии с образованием проводящей жидкий поток замещающей части.

Фиг.1 представляет собой вид в разрезе одного неограничивающего варианта осуществления трубки 10 десорбера, сконструированной по настоящему изобретению. Трубка 10, например, может быть предложена как исходная часть узла десорбера или, как описано выше, может использоваться как замещающая трубка десорбера для модифицирования существующего узла десорбера. Трубка 10 десорбера включает в себя цилиндрический проход 12, определяемый непрерывной стенкой 13. Центральная часть непрерывной стенки 13 трубки 10 представляет собой устойчивую к коррозии циркониевую трубку 14. Некоторая длина титановой трубки 16 приварена инерционной сваркой на каждом конце циркониевой трубки 14. Концы титановой трубки 16 могут быть приварены плавлением к существующей плакированной титаном перегородке для крепления трубок в узле десорбера, не создавая разнородный сварной шов плавления цирконий-титан. Фиг.2 показывает одно возможное расположение сварки трубка-перегородка для крепления трубок, чтобы закрепить трубку 10 десорбера в трубном отверстии в перегородке 20 для крепления трубок. Понятно, что конфигурация крепления, показанная на фиг.2, может использоваться при исходном изготовлении десорбера или может использоваться при замене трубок десорбера в существующем десорбере, то есть при обслуживании. Трубка 10, которая включает в себя кусок титановой трубки 16, приваренный инерционной сваркой на участке 17 к участку 14 циркониевой трубки, располагается в отверстии плакированной титаном пластины 24 перегородки 20 для крепления трубок. Участки 26 представляют собой участки из углеродистой стали или нержавеющей стали перегородки 20 для крепления трубок. Трубка 10 крепится к перегородке 20 для крепления трубок прочным титановым сварным швом 28 при соединении отрезка титановой трубки 16 и плакированной титаном пластины 24. Таким образом, участок сварки плавлением полностью представляет собой титан, и в участке сварки плавлением не возникает сплавов, объединяющих титан и цирконий.

Как обсуждается ниже, считается, что сплавы, образующиеся в участке сварки, когда сваривают плавлением несхожие металлы, такие как сплавы цирконий-титан, образующиеся, когда сваривают плавлением цирконий и титан, имеют склонность к коррозии, когда подвергаются коррелирующим веществам и/или условиям. Сварка в твердом состоянии, однако, не генерирует сплавы в каких-либо существенных количествах. Соответственно, обеспечивая проводящие жидкий поток части, имеющие высокоустойчивый к коррозии участок, приваренный в твердом состоянии к участку, включающему в себя материал, который идентичен части крепления оборудования или который иным образом не дает сплавов, склонных к коррозии, когда приваривается плавлением к части крепления, настоящий способ позволяет изготавливать или модифицировать оборудование с устойчивыми к коррозии частями, не вызывая условий, способствующих коррозии.

Используемая здесь сварка в твердом состоянии обозначает группу способов сварки, которая производит сращивание при температурах, по существу, ниже точки плавления основных соединяемых материалов без добавления твердого припоя.

Давление может использоваться или нет во время различных способов сварки в твердом состоянии. Неограничивающие примеры технологий сварки в твердом состоянии, которые могут использоваться в вариантах осуществления описанных здесь способов, включают в себя, например, холодную сварку, диффузионную сварку, сварку взрывом, кузнечную сварку, сварку трением (включая в себя инерционную сварку), сварку горячим прессованием, сварку прокаткой и ультразвуковую сварку. Данные технологии использовались в течение многих лет в других применениях и хорошо известны специалистам в данной области техники. Как таковое, расширенное обсуждение таких технологий соединения не должно представляться здесь, чтобы позволить специалистам в данной области техники использовать настоящие способы.

Сварка в твердом состоянии принципиально отличается от сварки плавлением, в которой соединяемые материалы плавятся во время процесса соединения. В случае когда сваренные плавлением материалы неидентичны, участок сварки плавлением обязательно включает в себя сплавы соединяемых материалов. Сварка плавлением циркония прямо с титаном, например, создает сплавы, которые усиливают скорости коррозии/эрозии в окрестностях участка сварки. Сварка плавлением циркония и титана также вызывает упрочнение твердого раствора в получаемом сварном шве, которое, в свою очередь, снижает вязкость сварного шва и существенно увеличивает твердость сварного шва. Полученная сплавная смесь сварного соединения от циркония к титану включает в себя диапазон смесей сплавов цирконий-титан (от 100% титана до 100% циркония и все комбинации между ними). Композиции сплавов, обнаруживаемые в неоднородном сварном шве циркония с титаном, будут иметь разные механические свойства и коррозионные свойства, которые невозможно точно регулировать во время процесса сварки. Механически сплавы циркония и титана имеют очень высокую прочность и могут иметь очень высокую твердость, которая может быть выше до двух раз по сравнению с твердостью чистых металлов. Другие механические свойства, на которые может влиять сварка плавлением, представляют собой чувствительность к надрезу и формуемость. Таким образом, определенные участки шва сварки плавлением цирконий/титан демонстрируют механические свойства, которые неприемлемы, если в оборудовании генерируются существенные давления. Определенные композиции сплавов (участки смеси сварного шва) будут обладать очень высокими скоростями окисления и коррозии.

Обычно полученная устойчивость к коррозии металла, сваренного с несходным металлом, будет иметь гораздо меньшую устойчивость к коррозии, чем устойчивость к коррозии чистого металла, и это так, в случае сварки плавлением циркония и титана. Даже если используется сварочный металл из чистого циркония или титана, будет существовать область в сварном шве, в которой существует сплав цирконий-титан, имеющий низкую устойчивость к коррозии по сравнению с чистым металлом. Испытание коррозии по Хьюи представляет собой стандартное испытание коррозии для материалов, используемых в применениях, где материалы контактируют с азотной кислотой и/или мочевиной. Установлено, что в испытании коррозии по Хьюи, например, шов сварки плавлением цирконий-титан демонстрирует высокую скорость коррозии, тогда как сварные швы титан-титан или цирконий-цирконий демонстрируют очень низкую скорость коррозии.

Таким образом, сваркой в твердом состоянии циркониевого и титанового проводящих жидкий поток участков и сваркой плавлением одного или больше участков титановой трубки с плакированной титаном перегородки для крепления трубок упомянутый, неограничивающий, описанный здесь вариант осуществления

позволяет избежать сварки плавлением разнородных материалов. Это, в свою очередь, позволяет избежать образования сплавов в участках сварного шва, имеющих относительно высокие скорости коррозии/эрозии при контакте со средой процесса синтеза мочевины и в других способствующих коррозии условиях в десорбере оборудования для синтеза мочевины. Должно возникать значительное увеличение срока службы по-новому изготовленного или модифицированного десорбера.

Принимая во внимание ее воспроизводимость и легкую адаптацию к сплавлению трубчатых и цилиндрических элементов, инерционная сварка может легко применяться для образования вариантов осуществления новых описанных здесь частей. Как известно в технике, инерционная сварка представляет собой технологию сварки в твердом состоянии, которая представляет собой тип сварки трением, когда соединяемые материалы сковывают вместе без плавления данных материалов. В инерционной сварке энергия, требуемая для образования сварного шва, подается, главным образом, путем запасенной вращательной кинетической энергии сварочной машины. Одна из двух заготовок удерживается на способном вращаться валу, приставленном к маховику с определенной массой. Другая заготовка захватывается в зажимном патроне и удерживается от вращения. Маховик ускоряется до заданной скорости вращения и затем освобождается, так что вращающиеся компоненты могут вращаться с определенной кинетической энергией. В это время мотор двигателя маховика выключается, заготовки сжимаются вместе аксиально прилагаемым давлением, которое в некоторых технологиях может усиливаться во время цикла сварки. Кинетическая энергия, запасенная во вращающемся маховике, превращается в тепло посредством трения между заготовками на поверхности раздела сварки, и эта огромная локализованная энергия связывает заготовки. Аксиальное давление поддерживается до тех пор, пока вся энергия вращающейся массы не истратится в сварке, тем самым останавливая вращение. Во время цикла сварки материал, который находится на поверхности раздела, становится пластичным в результате рассеиваемого тепла трения и выходит из сварного шва. Оставшийся пластичный материал претерпевает совместную горячую обработку, образуя сварной шов. Полученная потеря в длине заготовок в результате приложения силы и вытеснения пластичного материала из области контакта называется "высадка". При инерционной сварке трубчатых элементов с образованием некоторой длины трубы и внутренний, и внешний диаметры полученной трубы будут иметь выступ, возникающий из-за высадки. Данный выступ можно удалить, используя технологии чистовой обработки. Так как материалы, соединенные инерционной сваркой, не плавятся во время данного процесса, не происходит заметного сплавления, тем самым исключается вредное воздействие образования сплавов на механические и коррозионные свойства в зоне сварного шва.

Инерционная сварка может использоваться для соединения металлических комбинаций, обычно не рассматриваемых как совместимые, таких как, например, алюминий и сталь, медь и алюминий, титан и медь и сплавы никеля и сталь. Обычно любые металлические материалы, которые являются ковкими, могут свариваться трением, таким как инерционная сварка, включая в себя мартенситно-стареющую сталь, инструментальную сталь, легированные стали и тантал. Процесс сварки трением обычно происходит гораздо быстрее, чем сварка плавлением, и данный процесс в основном регулируется машиной, устраняя человеческую ошибку, так что полученный сварной шов не зависит от искусства оператора. Также нет необходимости в существенной подготовке сварного соединения, и не требуется

сварная проволока или расходные предметы сварки.

Сварка взрывом представляет собой хорошо известную технологию сварки в твердом состоянии для соединения разнородных материалов, и данная технология, в целом, описана в литературе. Примеры таких описаний включают в себя "Explosion Welding", Volume 6, ASM Handbook, Welding, Brazing and Soldering (ASM Intern. 1993), pages 705-718; и A.Nobili, et al., "Recent Developments in Characterization of Titanium-Steel Explosion Bond Interface", 1999 Reactive Metals in Corrosive Applications Conference Proceedings, September 12-16, 1999 (Sunriver, Oregon), pages 89-98. При сварке взрывом регулируемая энергия детонирующего взрыва используется для создания металлургической связи между двумя или больше однородными или разнородными металлическими материалами. Во время высокоскоростного столкновения материалов при соответствующих условиях образуется струя между материалами, которая сносит прочь загрязняющие поверхностные пленки. Материалы, очищенные от поверхностных пленок воздействием струи, соединяются во внутренней точке под действием очень высокого давления, которое получается вблизи точки столкновения.

Как здесь используется, термин "металлургическая связь" относится к связи между сцепленными металлическими поверхностями, достигнутой посредством применения давления и/или температуры. Диффузия материалов не протекает во время сварки взрывом, поэтому проблемные сплавы не образуются. Данная технология представляет собой способ холодной сварки, в котором поверхностные пленки загрязнений удаляются с основных материалов в результате столкновения материалов при высоком давлении.

В описанном варианте осуществления для изготовления трубок десорбера синтеза мочевины плакированное взрывом сварное соединение может образовываться между сегментами титана и циркония замещающей трубки десорбера. В одном варианте осуществления такого способа, например, цирконий и титан связываются взрывом вместе, и небольшая трубка производится из пластины. Данная трубка состоит из циркониевой стороны и титановой стороны. Цирконий затем приваривается плавлением к участку циркониевой трубки, а титан приваривается плавлением к участку титановой трубки. Плакированные взрывом трубные переходные соединения производятся в настоящее время, хотя изобретатель не осведомлен о таких трубках, имеющих комбинацию металлов цирконий-титан.

Хотя упомянутые конкретные варианты осуществления направлены на использование трубок десорбера в узле синтеза мочевины, при этом трубки десорбера включают в себя циркониевый участок и один или больше титановых участков, понятно, что описанные здесь части и способы не так ограничены. Например, способы по настоящему изобретению могут быть приспособлены для обеспечения исходных или замещающих, проводящих жидкий поток частей для других типов химического производственного оборудования, а также других типов оборудования, в которых части содержат первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии материал, прямо или опосредованно соединенный со вторым участком с помощью технологии сварки в твердом состоянии, так что полученный участок сварки не страдает от значительно сниженных механических и/или коррозионных свойств относительно первого и второго материалов. Материал во втором участке может быть выбран так, что он может прикрепляться сваркой плавлением к участку химического производственного или другого оборудования, то есть изготавливаться из совместимого материала. Под "совместимым" подразумевается, что способ сварки плавлением не вызывает сплавов в области сварного шва, имеющих значительно

ухудшенные механические и коррозионные свойства. Один пример представляет собой исходную или замещающую трубку для теплообменника, в котором трубка изготавливается из устойчивого к коррозии участка и второго участка, как только что описано.

Кроме того, хотя вышеприведенные, неограничивающие, конкретные варианты осуществления включают в себя сваренные в твердом состоянии, проводящие жидкий поток части, которые имеют отдельные участки, включающие в себя цирконий и титан, настоящий способ также может применяться в случаях, когда устойчивый к коррозии участок включает в себя один или больше циркониевых сплавов или других устойчивых к коррозии материалов, и/или где второй участок включает в себя титановые сплавы или другие материалы. Неограничивающие примеры возможных сплавов циркония включают в себя, например, Zr700 (UNS R60700), Zr702 (UNS R60702), Zr705 (UNS R60705) и Zircalloys (включая в себя, например, Zr-4, Zr-2 и Zr2, 5Nb). В качестве неограничивающего примера рассматривается, что части, изготовленные по настоящему изобретению, могут быть использованы в оборудовании, в котором существующая структура, с которой сплавляется проводящая жидкий поток часть, представляет собой титановый сплав или нержавеющую сталь, и в данном случае соответствующий участок данной части может быть изготовлен из подобного или по существу подобного титановому сплаву или нержавеющей стали, соответственно. При изготовлении такой части участок, включающий в себя титановый сплав или нержавеющую сталь, прямо или опосредованно приваривается в твердом состоянии к другому участку из циркония, сплава циркония и/или другого металла или сплава, обеспечивающего желаемые механические, коррозионные и/или другие свойства.

Другая возможная модификация указанного выше варианта осуществления способа настоящего изобретения предназначена для обеспечения многослойного, проводящего жидкий поток конца или участка, включающего в себя устойчивый к коррозии внутренний слой, окружающий проход жидкого потока, и внешний слой из другого материала. Как здесь используется, термин "многослойный" означает присутствие двух или больше слоев из разных материалов, металлургически связанных в обозначаемой структуре. Устойчивый к коррозии материал внутреннего слоя может быть, например, цирконием, сплавом циркония или другим устойчивым к коррозии металлом или сплавом. Многослойный конец или участок могут быть образованы любым подходящим способом, таким как, например, соэкструзия, также известного как связывание экструзией, который представляет собой способ образования труб, хорошо известный специалистам в данной области техники, и который также дополнительно обсуждается здесь. Многослойный проводящий жидкий поток конец или участок может быть приварен в твердом состоянии, например инерционной сваркой, к устойчивому к коррозии, проводящему жидкий поток участку, образованному из циркония или другого устойчивого к коррозии материала. Таким образом, высокоустойчивый к коррозии металл или сплав обеспечивается на протяжении всей внутренней длины проводящей жидкий поток части. Если внешний слой многослойного конца или участка образован из титана, например, он может привариваться плавлением к плакированной титаном перегородке для крепления трубок узла десорбера без значительного ухудшения механических и коррозионных свойств материала в окрестности сварного шва.

Конструкции многослойных труб известны для ядерного плакирования, чтобы содержать топливные таблетки. Патентная литература включает в себя известные

способы металлургического связывания слоев из сплавов на основе циркония для данного особого применения. Например, тонкий внутренний вкладыш из чистого циркония для ядерной плакированной трубки описывается в патенте США №4200492. Указанный циркониевый вкладыш ингибирует зарождение и распространение трещин из-за коррозионного трещинообразования от напряжения. Гораздо более толстый внешний слой из сплава циркония составляет материал основы плакирования и обеспечивает подходящую устойчивость к коррозии и механические свойства. Дополнительные патенты, такие как, например, патенты США №№5383228, 5524032 и 5517540, описывают изменения вариантов химии, наслоения и обработки для многослойного плакирования таблеток ядерного топлива. В одном расположении использовался для плакирования топливных таблеток тонкий внешний вкладыш, чтобы улучшить устойчивость плакирования к водной коррозии. Настоящие изобретатели задумывали приспособление определенных аспектов многослойного плакирования ядерного топлива к вариантам осуществления проводящих жидкий поток частей настоящего изобретения, содержащего компоновку многослойных, проводящих жидкий поток частей. Однако в противоположность определенным вариантам осуществления настоящих проводящих жидкий поток частей упомянутые патенты направлены на плакирование ядерного топлива и на связывание слоев из сплавов, подобных сплавам на основе циркония, и, например, не предполагают или не предлагают металлургическое связывание разнородных реагирующих металлов, таких как титан и цирконий.

Как здесь отмечается, разнородные реагирующие металлы, такие как сплавы титана и циркония, трудно соединять из-за, например, разности в их свойствах теплового расширения, различиях размера кристаллической решетки и недостатка целостности сварного шва, когда данные материалы связываются. Сварка взрывом используется для металлургического связывания разнородных сплавов, но данная технология страдает от известных недостатков. Например, локализованная деформация или истончение связанных слоев могут происходить из-за изменения взрывной силы. По указанной причине используется обработка после связывания, но может быть трудно во время обработки точно регулировать толщину внутреннего вкладыша. Также силы давления, возникающие во время сварки взрывом, заставляют металл вести себя подобно вязкой жидкости, что может давать волнистую краевую линию между связываемыми материалами. Волнистый характер краевой линии делает трудным или невозможным поддержание точной толщины вкладыша, так как протяженность краевой линии может существенно меняться. В некоторых известных связанных взрывом конструкциях, например, волнистая краевая линия между связанными материалами варьируется в диапазоне от 0,5 мм до 1 мм (от 0,0197 дюйма до 0,0394 дюйма). Геометрия связываемых частей также представляет собой ограничивающий фактор, когда используется сварка взрывом. В определенных технологиях сварки взрывом внешний компонент окружается взрывчатым веществом, чтобы взрываться на внутренний вкладыш из разнородного материала, который поддерживается стержнем, чтобы предотвратить коллапс внутрь после некоторой точки. В такой технологии толщина стенки и прочность внешних компонентов представляют собой ограничивающий фактор. В альтернативной технологии взрывчатое вещество помещается внутри внутреннего диаметра компонента вкладыша, и взрывная сила расширяет внутренний вкладыш на внутреннюю поверхность внешнего компонента. В таком случае внутренний диаметр должен быть достаточно большим, чтобы содержать достаточное количество взрывчатого

вещества, что может препятствовать применению данной технологии в изготовлении толстостенных трубок с небольшим внутренним диаметром и других проводящих жидкий поток частей, таких как используются в теплообменниках высокого давления.

5 Известно несколько альтернативных способов для металлургического связывания разнородных металлов и сплавов. Например, патент США №4518111 предлагает двухэтапный способ для связывания компонентов из циркония и стали. На начальном этапе сварка взрывом используется для металлургического связывания двух компонентов в заготовку. На втором этапе стальной третий слой металлургически
10 связывается соэкструзией заготовки, тем самым обеспечивая три связанных слоя. Конечно, применение сварки взрывом имеет обсуждаемые выше ограничения, и данное применение двухэтапного способа связывания слоев увеличивает стоимость конечного продукта. Патент США №5259547 также описывает двухэтапный способ, включающий в себя этап сварки взрывом с последующим распространением
15 связанной заготовки по профилированной оправке, чтобы надежно металлургически связать слои. Хотя многослойные, проводящие жидкий поток части в настоящем изобретении могут производиться с использованием многоэтапных способов изготовления, они могут иметь значительное преимущество в стоимости благодаря
20 одноэтапным способам связывания, таким как подробно описанные здесь способы.

Другой известный подход к металлургическому связыванию разнородных металлов или сплавов заключается в использовании горячего изостатического прессования (ГИП) предварительно связанных цилиндрических компонентов перед связыванием в
25 твердом состоянии экструзией. Патент США №6691397 использует ГИП с давлением свыше 15000 psig и температурой свыше 2000°F в течение, по меньшей мере, от 2 часов до 24 часов. ГИП создает металлургическую связь между разнородными металлами, давая возможность материалам с различными напряжениями пластического течения поддерживать целостность во время горячей экструзии в трубку. Конечно, как
30 описано выше, двухэтапный способ связывания может добавлять стоимость относительно одноэтапного способа. Также исходное образование металлургической связи между материалами посредством ГИП требует значительного времени в условиях давления и температуры. Разнородные материалы могут образовывать хрупкий диффузионный слой на их поверхности раздела или могут вызывать
35 избыточный рост зерен во время нагрева в течение протяженных периодов. Ни одно из указанных свойств нежелательно, если экструдированная трубка затем подвергается холодной обработке.

Еще один подход к образованию металлургической связи между разнородными
40 металлами или сплавами описан в патенте США №5558150, в котором внешний слой сплава центробежно отливается на внутренний слой. Слои составного литья металлургически связываются при охлаждении. Способ данного патента разработан для связывания сталей и реакционноспособного металла, который требует, чтобы
литье проводилось в вакууме, чтобы предотвратить загрязнение кислородом и азотом
45 из атмосферы. Кроме того, зернистая структура литых материалов является грубой, мешая последующей холодной обработке.

Один неограничивающий вариант осуществления способа, по которому цилиндрические многослойные цирконий/титановые, проводящие жидкий поток части
50 или участки частей, применимые в настоящем изобретении, включают в себя этапы, в целом показанные на фиг.3, как дополнительно описано ниже.

На первом этапе способа фиг.3 отдельные, полые, цилиндрические титановые и циркониевые, соединяемые вместе компоненты обеспечиваются в подходящих формах,

причем цилиндрический циркониевый вкладываемый компонент имеет размер, соответствующий внутреннему диаметру цилиндрического титанового основного компонента. В качестве примера основная часть может быть из титана 3 класса (обозначение ASTM), а циркониевая вкладываемая часть может быть из сплава Zircadyne 702™ (Zr702). Поверхности указанных связываемых вместе частей готовят соответствующим образом, чтобы лучше гарантировать достаточную металлургическую связь между компонентами. Предпочтительно обрабатывать, готовить поверхности и очищать связываемые вместе поверхности. Например, изобретатели определили, что при приготовлении титана и циркония перед металлургическим связыванием, предпочтительно готовить связываемые поверхности так, чтобы каждая имела шероховатость поверхности не больше, чем примерно 63 микродюйма (0,0016 мм) RA. Считается, что обеспечение поверхности с такой отделкой поверхности лучше гарантирует адекватную очистку в выступах и впадинах профиля шероховатости поверхности. Также считается, что отсутствие глубоких выемок и царапин, например, помогает поддерживать непрерывную металлургическую связь между поверхностями без расслаивания.

Также предпочтительно чистить связываемые поверхности от посторонних загрязнений, таких как, например, грязь и масло, что дает металлургическую связь высокого качества. Пример одного способа, который может использоваться, чтобы очищать поверхности реакционноспособных металлов, представляет собой ледяную струйную очистку, которая описана в патенте США №5483563. Технология ледяной струйной очистки включает в себя интенсивную подачу кристаллической воды на очищаемую поверхность металла или сплава, чтобы получить одновременно механическую очистку и поливку жидкостью. Ледяная струйная очистка может давать улучшенную целостность металлургической связи между поверхностями по сравнению с обычными способами очистки поверхности, так как ледяная струйная очистка не оставляет остатков чистящего агента на очищенной поверхности. Пример такого остатка представляет собой остаточный фторид, который может оставаться на поверхности, травленной плавиковой-азотной кислотой. Неограничивающие примеры альтернативных технологий очистки поверхности включают в себя механическую обработку, травление кислотой и применение растворителей и щелочных очистителей. Другие подходящие технологии очистки поверхности известны специалистам в данной области техники.

На втором этапе способа на фиг.3 компоненты собирают таким образом, что циркониевый, вкладываемый компонент подходяще располагается внутри титанового основного компонента, и торцевые соединения между компонентами сваривают так, чтобы обеспечить многослойную заготовку, пригодную для экструзии. Вид с торца многослойной заготовки 110 показан на фиг.4, в которой 114 обозначает цилиндрический титановый внешний основной материал, 116 обозначает цилиндрический циркониевый внутренний вкладыш, и 118 обозначает сваренный торец между основным материалом и вкладышем. Сварка может быть, например, автогенной сваркой плавлением, и в данном случае сварной шов содержит смесь титана/циркония. Как описано выше, сварка плавлением разнородных реакционноспособных металлов дает сплав в зоне сварки, который обычно имеет меньшую прочность и вязкость относительно индивидуальных металлов. Целостность сварного соединения торцов заготовки, однако является критичной для предохранения атмосферы от загрязнения поверхностей раздела компонентов во время предварительного нагрева заготовки перед экструзией заготовки на

последующем этапе. Нарушение сварного шва во время экструзии может приводить к атмосферному загрязнению или неравномерному сокращению основного и вложенного компонентов во время экструзии.

В одном варианте осуществления способа на фиг.3 альтернативная технология, сварка электронным пучком, используется для сварки торцевых соединений между основным и вложенным компонентами, обеспечивая заготовку. Обнаружено, что сварка электронным пучком обеспечивает приемлемую глубину сварки и ширину сварки и обеспечивает адекватную защиту от атмосферного загрязнения между поверхностями раздела. Предпочтительно, сварной шов проникает в торцевое соединение на от 5 до 50 мм (от 0,197 до 1,97 дюйма) (измеряется в плоскостях сваренных поверхностей) и с шириной, адекватной, чтобы изолировать противоположные поверхности основного и вложенного компонентов от атмосферы. Подходящие альтернативные технологии обеспечения автогенной или присадочной сварки известны специалистам в области сварки реакционноспособных металлов.

На третьем этапе способа, показанного на фиг.3, заготовку, полученную на предыдущем этапе, нагревают и экструдировывают с образованием металлургически связанной, бесшовной трубки из разнородных металлов, имеющую достаточную толщину равномерного вкладыша. В одном варианте осуществления данного способа титановую/циркониевую заготовку индукционно нагревают до температуры в диапазоне от 550 до 900°C (от 1022 до 1652°F). Альтернативно, например, автогенная или электрическая печь может использоваться для нагрева заготовки перед экструзией, но такие технологии нагрева требуют значительно больше времени и создают большее поверхностное загрязнение на заготовке по сравнению с индукционным нагревом.

Нагретую заготовку загружают в пресс экструзии при помощи подходящего оборудования, чтобы получить концентрическую трубку из заготовки. В одном варианте осуществления данного способа плунжер экструзии движется, по существу, постоянно от 50 до 900 мм/мин (от 1,969 до 35,4 дюймов/минуту) во время цикла экструзии, чтобы избежать недопустимых отклонений толщины вкладыша экструдированной трубки. Факторы, влияющие на качество металлургической связи, получаемой вследствие экструзии, включают в себя температуру, время при температуре, давление и чистоту поверхности. В настоящем неограничивающем варианте осуществления, например, отношение экструзии может меняться от 3:1 до 30:1, чтобы лучше гарантировать адекватное давление на металлургическую связь основного и вкладываемого компонентов.

Значительное преимущество индукционного нагрева заготовки и затем экструдирования заготовки, чтобы металлургически связать слои, заключается в том, что период времени, когда заготовка нагревается и поддерживается при температуре экструзии, может быть очень ограниченным. Когда время при температуре экструзии мало, небольшая или нулевая взаимная диффузия происходит между слоями титана и циркония, когда металлургическая связь образуется во время экструзии. Слой взаимной диффузии или просто "диффузионный" слой обычно существует между слоями разнородных металлов, которые связаны металлургически. Диффузионный слой может включать в себя интерметаллические соединения или композиционные градиенты, которые более твердые и более хрупкие, чем индивидуальные сплавы. Так как существует дефицит значительной взаимной диффузии при индукционном нагреве заготовки и последующем экструдировании заготовки, чтобы металлургически связать слои, материал, который является хрупким и имеет высокую прочность

относительно слоев циркония и титана, не образуется в значительных количествах. Это дает возможность легко подвергать холодной обработке экструдированную многослойную часть, например, холодным волочением или холодным обжатием трубки, если необходимо изготовить конечную проводящую жидкий поток часть.

Соответственно, один значительный аспект некоторых вариантов осуществления описанных здесь способов заключается в изготовлении части, включающей в себя разнородные, металлургически связанные слои, без образования какого-либо существенного слоя взаимной диффузии между слоями. Можно заключить, что существенный слой взаимной диффузии не образуется во время термической обработки при экструзии, отжиге или процессах альтернативного связывания, если полученная, металлургически связанная, многослойная структура может легко подвергаться холодной обработке, такой как холодное волочение или холодное обжатие трубок.

На возможном четвертом этапе способа, показанного на фиг.3, экструдированная многослойная труба подвергается термической обработке, чтобы освободить напряжения в материале и/или рекристаллизовать материал перед применением холодной обработки. Предпочтительно, технология тепловой обработки минимизирует развитие слоя взаимной диффузии между реакционноспособными, металлургически связанными слоями. Чтобы лучше ингибировать развитие слоя взаимной диффузии, тепловую обработку предпочтительно приспособливают, чтобы достичь желаемого снятия напряжений и/или рекристаллизации в составляющих материалах многослойной трубы, используя минимальную необходимую температуру и время. Так, например, титан/цирконий многослойная труба, изготовленная по настоящему варианту осуществления, может отжигаться при температуре в диапазоне от 500 до 750°C (от 932 до 1382°F) в течение от 1 до 12 часов, чтобы ограничить развитие слоя взаимной диффузии. Специалисты в области тепловой обработки могут легко подобрать подходящий режим тепловой обработки для конкретной многослойной проводящей жидкий поток части, изготовленной по настоящему изобретению.

На пятом этапе способа фиг.3 многослойная труба подвергается холодной обработке. Холодная обработка реакционноспособных металлов может обеспечить дополнительные свойства, такие как улучшенная зернистая структура, механические свойства, размеры и отделка поверхности. Как отмечено выше, предпочтителен способ изготовления трубы, который ограничивает образование хрупкого слоя взаимной диффузии. Возможные технологии холодной обработки, подходящие для многослойной трубы, изготовленной по настоящему изобретению, включают в себя, например, холодное волочение, холодное обжатие трубки и трубопрокатку внутренними и внешними валками, такую как поточное образование. Другие технологии подходящей холодной обработки многослойного проводящего жидкий поток элемента, изготовленного по настоящему изобретению, будут очевидны специалистам в области, соответствующей настоящему изобретению.

Обнаружено, что холодное обжатие трубки (также известное как "пильгерирование") представляет собой особенно выгодную технологию холодной обработки в связи с настоящим вариантом осуществления способа настоящего изобретения. При холодном обжатии трубки применяют рифленые ленточные штампы, которые катятся вдоль трубки, прессуя материал на ленточную оправку. Постепенно уменьшение площади сечения вырезов сжимает стенки трубки на соответствующую ленточную оправку. Трубка подается продольно в штампы и

вращается вокруг своей продольной оси, так что полная окружность равномерно уменьшается в размере. Обычные уменьшения, достигаемые при холодном обжатии трубчатых элементов из реакционноспособных металлов, находятся в диапазоне от 20 до 90%.

Понятно, что, хотя вариант осуществления способа, показанный на фиг.3 и описанный выше, использует титановый основной компонент и циркониевый вкладыш, альтернативные материалы могут использоваться для основного и вкладываемого компонентов. Например, и без намерения ограничить область
данного изобретения каким-либо образом, специалист может применить титановую
внешнюю основу и ниобиевый внутренний вкладыш или танталовый внешний
вкладыш и титановую внутреннюю основу. Другие комбинации материалов могут
быть выбраны, основываясь на применении, для которого адаптируется данная труба,
и такие комбинации будут очевидны рядовым специалистам в области, касающейся
настоящего изобретения.

Также понятно, что многослойные проводящие жидкий поток части или участки
частей по настоящему изобретению необязательно должны изготавливаться с
применением способа, указанного на фиг.3. Например, здесь описаны альтернативные
способы. Также рядовые специалисты после прочтения настоящего изобретения могут
легко разработать альтернативные способы для обеспечения таких многослойных
частей или участков частей.

Кроме того, поскольку настоящее изобретение касается многослойных частей и
участков частей, больше чем два слоя могут обеспечиваться в таких частях и участках
частей. Например, часть может включать в себя три или больше слоев, по желанию,
которые могут быть скомпонованы в заготовку и превращены в проводящую жидкий
поток часть, как обычно описывается выше в отношении части с двумя слоями.
Поэтому будет понятно, что область настоящего изобретения включает в себя
проводящие жидкий поток части, включающие в себя три или больше слоев, включая
в себя устойчивый к коррозии внутренний слой или вкладыш, окружающий
проводящий жидкий поток проход сквозь данную часть, внешний слой и один или
больше промежуточных слоев, промежуточных между внутренним и внешним слоями.
В таком случае внутренний и внешний слои называют здесь "опосредованно"
связанными, что противостоит случаю, когда внутренний и внешний слои прямо
связаны друг с другом. В каждом случае, однако, непосредственно соседствующие
слои в многослойной структуре металлургически связываются вместе. Как отмечается,
такие многослойные проводящие жидкий поток части и участки частей могут
изготавливаться с использованием приведенных здесь идей вместе со знанием
специалистов в данной области техники.

Одно расположение для прикрепления исходной или замещающей
циркониевой/титановой трубки десорбера, имеющей монослойную секцию трубки,
приваренную в твердом состоянии к многослойному концу трубки, к перегородке для
крепления трубок показано в сечении на фиг.5. Двухслойный конец трубки,
показанный на фиг.5, может быть изготовлен, например, соэкструзией, обеспечивая
внешнюю трубку из титана и устойчивый к коррозии циркониевый внутренний
вкладыш. Как показано на фиг.5, трубка 210 десорбера включает в себя центральный
цилиндрический проход 212, определяемый трубчатой стенкой 213. Трубчатый
циркониевый участок 214 приварен в твердом состоянии к двухслойному трубчатому
участку 216 конца в участке 217 сварки. Участок 216 двухслойного конца включает в
себя трубчатый титановый внешний участок 219а, металлургически связанный с

трубчатый циркониевым внутренним вкладышем 219b. Перегородка 220 для крепления трубок включает в себя плакированную титаном пластину 224, связанную с участком 226 из углеродистой или нержавеющей стали. Прочный титановый сварной шов 228 образован сваркой плавлением титанового внешнего участка 219a с

5 плакированной титаном пластиной 224. Понятно, что, так как подобные материалы свариваются плавлением, чтобы прикрепить трубку 210 десорбера к перегородке 220 для крепления трубок, проблематичные сплавы, имеющие пониженную устойчивость к коррозии, не возникают, и механические свойства материалов вблизи зоны сварки не

10 портятся существенно.

В качестве модификации описанного выше, данные трубки могут включать в себя устойчивый к коррозии трубчатый участок из циркония, сплава циркония или другого устойчивого к коррозии материала, и трубчатый участок, включающий в себя

15 нержавеющую сталь, и указанные два участка прямо или опосредованно соединяются инерционной сваркой или другой технологией сварки в твердом состоянии, образуя единую трубку. Трубки десорбера, изготовленные таким образом, могут использоваться в качестве исходного оборудования в заново изготавливаемых десорберах, включающих в себя перегородки для крепления трубок из нержавеющей

20 стали, или могут использоваться в качестве замещающих трубок, чтобы модифицировать десорберы, включающие в себя перегородки для крепления трубок из нержавеющей стали. Нержавеющую сталь трубок десорбера выбирают, по существу, идентичной нержавеющей стали перегородки для крепления трубок, с которой данные трубки сплавляются. Прочный сварной шов образуется при соединении нержавеющей

25 стали трубки и нержавеющей стали перегородки для крепления трубок, прикрепляя трубки к узлу десорбера. Конечно, любые возможные описанные здесь комбинации материалов и конструкции трубок десорбера также применимы в качестве исходных или замещающих трубок десорбера в конкретных конструкциях десорбера.

Еще одна возможная модификация описанных здесь частей и способов должна

30 включать в себя промежуточные участки одного или больше материалов данной части, которые соединяются сваркой в твердом состоянии. Участки, соединенные такими промежуточными материалами, называются здесь "опосредованно" соединенными сваркой в твердом состоянии. В случае сварки в твердом состоянии

35 первого участка, из циркония или сплава циркония со вторым участком из титана или сплава титана, например, возможные материалы, расположенные между первым и вторым участками, включают в себя, например, один или больше из низкоокислородного титана, ванадия, тантала, гафния, ниобия и сплавов указанных

40 материалов. Указанные промежуточные материалы были бы проблематичными в случае использования сварки плавлением, но могут подходяще соединяться с другими материалами инерционной сваркой.

Следующие примеры дополнительно иллюстрируют характеристики вариантов осуществления описанных здесь частей и способов.

45 Пример 1 - Сравнительное изучение соединений сваркой в твердом состоянии и сваркой плавлением

В связи с описанными здесь способами, механические и коррозионные характеристики соединений цирконий-титан сваркой плавлением оценивали

50 относительно сварных соединений, полученных сваркой в твердом состоянии. Хорошо известно, что цирконий и титан можно сваривать плавлением, используя такие технологии, как, например, сварка вольфрамовым электродом в автогенной среде, сварка металлическим электродом в автогенной среде, плазменная сварка и

сварка сопротивлением, получая высокопрочные сварные соединения. Как отмечалось выше, однако, сварочный шов, полученный при соединении разнородных материалов плавлением, может подвергаться коррозии и подвергается упрочнению твердыми растворами, которые могут значительно увеличивать твердость и прочность зоны сварки. При автогенной (то есть без использования присадочного металла) сварке плавлением циркония с титаном сплавы цирконий-титан, получаемые в зоне сварки, варьируют от 100% циркония до 100% титана. Данный эффект сплавления может быть отчасти уменьшен использованием циркониевого или титанового присадочного металла. Даже с использованием присадочного металла участок сплава будет состоять из различных композиций сплава цирконий-титан, и такой участок сплава может существенно ухудшать устойчивость к коррозии и механические свойства.

Сварка в твердом состоянии трубчатых секций была изучена в качестве средства, чтобы избежать плавления соединяемых материалов во время сварки и образования проблематичных сплавов в зоне сварки.

Экспериментальная методика

Несколько образцов сварных швов готовили инерционной сваркой секции циркониевой трубки с секцией титановой трубки, получая единую трубку. Фиг.6 изображает целый сваренный инерционной сваркой образец и рассеченный сваренный инерционной сваркой образец, в котором секцию циркониевой трубки (более темноокрашенный материал) сваривали инерционной сваркой с секцией титановой трубки, получая выступ на внутреннем диаметре и внешнем диаметре. Выступ выдавливался из области сварки посредством осадки, протекающей во время цикла сварки. Так как процесс сварки может вызывать термические нагрузки в конечном сваренном соединении, некоторые из сваренных инерционной сваркой образцов освобождали от напряжений прогревом при 550°C (1022°F) в течение около 1/2 часа для удаления напряжений сварного шва. В сваренных образцах, где использовали удаляющую напряжения тепловую обработку, образцы оценивали до и после тепловой обработки. Фиг.7 показывает два полностью изготовленных, сваренных инерционной сваркой образца, в которых выступ удален.

С целью сравнения готовили и оценивали несколько образцов секции циркониевой пластины, сваренных плавлением с секцией титановой пластины. Готовили образцы, сваренные автогенной сваркой плавлением, и образцы, сваренные плавлением с использованием присадочного металла. Механическое испытание, испытание твердости, металлографию, сканирующую электронную микроскопию и испытание коррозии использовали, чтобы оценить и сравнить сваренные образцы.

Результаты механического испытания и испытания твердости

Малоразмерные образцы испытывали при комнатной температуре, используя стандартное испытание на растяжение, чтобы определить механическую прочность сваренных соединений. Образцы растяжения обрабатывали с центром зоны сварки в середине образца датчика растяжения. Образцы тестировали согласно ASTM E-8. Табл. 1 демонстрирует результаты тестов растяжения для нескольких разных сварных швов образцов. Результаты показывают, что сваренные инерционной сваркой образцы имели более высокий предел прочности и немного меньший предел текучести, чем сваренные плавлением образцы. Применение вышеописанного снимающего напряжения отжига к сваренным инерционной сваркой образцам только слегка снижало механическую прочность образцов. При наблюдении действительной процедуры испытания растяжением было видно, что все сваренные образцы (сваренные и инерционной сваркой, и плавлением) разрушались в титановом

исходном металле, а не в области сварки.

	Таблица 1			
	Тип сварного соединения	ПП	ПТ	
5		ksi (МПа)	ksi (МПа)	%, мин.
	Zr/Ti автогенная (без сварочного металла)	71,8 (495)	57,1 (394)	17
		70,4 (485)	55,1 (380)	12
10	Zr/Ti сварка плавлением (Zr присадка)	61,1 (421)	44,0 (313)	22
		60,9 (420)	46,1 (318)	20
	Zr/Ti сварка плавлением (Ti присадка)	70,1 (483)	53,1 (366)	16
70,6 (487)		56,1 (387)	16	
15				
	Zr/Ti инерционная сварка (как сварено)	75,2 (519)	51,8 (357)	20
		76,4 (527)	52,8 (364)	15
		71,5 (493)	50,8 (350)	5
20	Zr/Ti/ инерционная сварка (снятые напряжения)	74,6 (514)	47,8 (330)	16
		74,9 (517)	48,3 (333)	28
		74,5 (514)	49,1 (339)	19
25	Кованое (не сварное)			
	Титан сорта 2 ASTM	50 (345) мин	40 (275) мин	20
	Кованое (не сварное)	65 (450) мин	55 (380) мин	18
	Титан сорта 3 ASTM			
	Кованое (не сварное)	55 (379) мин	30 (207) мин	16
	Цирконий сорта 702™ ASTM			

Табл. 1 также указывает требования ASTM для титана сорта 2, титана сорта 3 и Zr702. В тестированных образцах сварных швов механические свойства каждой из сваренных инерционной сваркой трубок (условия снятия напряжений) удовлетворяли требованиям для сорта Zr702.

Твердость сваренных образцов оценивали, начиная от циркониевого исходного металла и через сварной шов к титановому исходному металлу. Испытание твердости проводили, чтобы определить степень упрочнения твердого раствора в сварных швах циркония и титана, полученных плавлением и инерционной сваркой. Табл. 2 демонстрирует результаты теста твердости. Установлено, что во время инерционной сварки не образуется сплавленный металл сварного шва, "N/A" указывается в качестве твердости сваренного металла для таких образцов. Результаты показывают, что в сваренных плавлением образцах твердость металла сварного шва была больше, чем двойная твердость любого из исходных металлов. Это может вносить вклад в очень плохую пластичность при изгибе сварных швов плавления и может приводить к преждевременному повреждению сварного шва. Напротив, твердость зоны теплового воздействия тестированных, сваренных инерционной сваркой образцов была только слегка повышена относительно непосредственно соседствующего исходного металла. Это различие демонстрирует механический недостаток, возникающий от неизбежного возникновения сплавов в зоне сварки плавлением.

Таблица 2	
Результаты теста коррозии	

	Тип сварного соединения	Циркониевый исходный металл	Зона теплового воздействия	Металл сварного шва	Зона теплового воздействия	Титановый исходный металл
		Твердость по Виккерсу (нагрузка 1 кг)				
5	Zr/Ti автогенная сварка без сварочного металла	159	174	339	173	165
		158	163	339	180	160
		164	174	348	168	167
10	Zr/Ti сварка	156	165	326	165	160
	плавлением с Zr сварочным металлом	149	163	330	176	159
		153	172	339	168	161
15	Zr/Ti сварка плавлением с Ti сварочным металлом	160	173	264	177	159
		163	174	279	167	154
		166	178	254	174	166
20	Zr/Ti инерционная сварка (как сварено)	170	217	N/A	211	184
		173	217	N/A	199	181
		175	209	N/A	197	185
25	Zr/Ti инерционная сварка (снятые напряжения)	171	202	N/A	171	161
		177	200	N/A	161	171
		165	206	N/A	165	170

Сварные швы образцов испытывали на устойчивость к коррозии в условиях стандартного испытания по Хьюи (65% азотная кислота при температуре кипения 118°C (224°F)) согласно инструкции ASTM A-262. Испытание Хьюи обычно используют, чтобы оценить устойчивость к коррозии материалов, которые подвергаются воздействию азотной кислоты или мочевины. Было пять периодов испытания по 48 часов, и после каждого периода испытания использовали новую азотную кислоту. Азотную кислоту заменяли, так как выщелачивание и растворение ионов Ti^{+4} в тестовом растворе кислоты будет уменьшать видимую скорость коррозии титана в тестируемых образцах. Кроме того, замена кислотного раствора лучше моделирует динамические условия, существующие в таком оборудовании, как теплообменники, где кислота непрерывно пополняется. Скорость коррозии циркония, однако, не зависит от присутствия ионов титана или циркония в растворе азотной кислоты.

Образцы сварных швов подвергали действию тестового раствора в течение предварительно заданного времени, и затем оценивали потерю массы, используя стандартные вычисления скорости коррозии. Коррелированные образцы визуально и металлографически изучали, чтобы определить, подвергалась ли область сварки предпочтительной атаке. Табл. 3 демонстрирует результаты тестов коррозии. Как показано, скорость коррозии сваренных плавлением образцов превышала 15 мил/год (mpy) (0,39 мм/год) для образцов автогенной сварки и образцов, приготовленных с титановым присадочным металлом. Сваренные плавлением образцы, приготовленные с циркониевым присадочным металлом, показали значительно меньшую 5,7 mpy (0,15 мм/год) среднюю скорость коррозии, но испытание поверхности раздела сварного шва показало предпочтительную атаку в области, близкой к границе наружной поверхности сварного шва.

Таблица 3					
Период испытания	Автогенная сварка	Сварка плавлением с циркониевым сварочным металлом	Сварка плавлением с титановым сварочным металлом	Инерционная сварка	
				Как получено	Снятые напряжения
Скорость коррозии тпру (мм/г)					
#1	15,4 (0,39)	3,3 (0,08)	19,6 (0,50)	6,3 (0,16)	6,2 (0,15)
	17 (0,43)	4,7 (0,12)	35 (0,89)		
#2	16,9 (0,43)	4,7 (0,12)	7,6 (0,19)	0,6 (0,015)	4 (0,01)
	19,4 (0,49)	5,7 (0,15)	25 (0,63)		
#3	19,5 (0,49)	6,1 (0,15)	9,2 (0,23)	0	GW
	22,2 (0,56)	7,1 (0,18)	21,5 (0,55)		
#4	17,7 (0,45)	5,4 (0,14)	9,2 (0,23)	0,9 (0,023)	0,8 (0,021)
	18 (0,46)	6,5 (0,16)	19,7 (0,50)		
#5	18,4 (0,47)	5,6 (0,14)	8,1 (0,21)	GW	0
	16 (0,41)	8,2 (0,21)	19,3 (0,49)		
Среды	18 (0,46)	5,7 (0,15)	17,4 (0,44)	1,6 (0,04)	1,5 (0,038)
GW = прирост массы					

В общем, результаты в табл. 3 показывают, что образцы, сваренные плавлением, могут быть менее пригодны, чем образцы, сваренные инерционной сваркой в условиях высокая температура/высокое давление, поскольку у образцов, сваренных плавлением, относительно высокие скорости коррозии. Визуальное рассмотрение сваренных плавлением коррелированных образцов с автогенными сварными швами показало присутствие коррозионной пленки на титановом исходном металле, которая была легко удалена. Тяжелый белый оксид также был замечен на титановой стороне сварного шва, который вначале легко удалялся, но становился более прочным при увеличении продолжительности теста. Общая коррозия была обнаружена вблизи участков в области автогенного сварного шва, где белый оксид не был обнаружен. Визуальное рассмотрение сваренных плавлением коррелированных образцов, образованных циркониевым присадочным металлом, показало, что сварные швы явно не были затронуты бесцветной оксидной пленкой. Титановая сторона была темно-серой с тонкой белой полосой на полосе плавления сварного шва. Более сильная коррозия была найдена на полосе плавления на циркониевой стороне сварного шва. Визуальный осмотр коррелированных образцов, сваренных плавлением с использованием титанового присадочного металла, показал, что область сварного шва была полностью покрыта слоем (окисла) твердого белого отложения. Титановая сторона отложения сварного шва была серого цвета, но светлей по цвету, чем циркониевая сторона. Титан образовывал легко удаляемую светлую серо-белую пленку на образцах во время каждого из периодов теста. Рассчитанная средняя скорость коррозии значительно различалась во время двух тестовых испытаний.

Значительное различие результатов коррозионных тестов для цирконий-титановых образцов, сваренных плавлением с использованием циркониевого присадочного металла, относительно цирконий-титановых образцов, сваренных плавлением с использованием титанового присадочного металла (или образцов с автогенной сваркой), как полагается, в значительной мере обусловлено более высокой коррозионной устойчивостью циркониевых сплавов относительно коррозионной устойчивости титановых сплавов. Также циркониевый присадочный металл покрывает большую часть свариваемой области. Поэтому 5,7 тпру (0,15 мм/год) скорость коррозии была, по меньшей мере, частично обусловлена площадью границы наружной поверхности сварочного шва, на котором имело место образование сплава

на участке сварки.

Трудно оценить характеристики эрозии в лаборатории. В общем, однако, известно, что титан имеет меньшее сопротивление эрозии, чем цирконий. По существу, обеспечение оборудования исходными или замещающими проводящими жидкий поток частями, полученными, главным образом, из циркония, а не из титана, или включающими в себя внутренний слой циркония в добавление к другим слоям по одному аспекту настоящего изобретения, должно ингибировать эрозию. Кроме того, обеспечение соэкструдированной многослойной трубки, включающей в себя внутренний вкладыш циркония, как описано выше, в котором конец трубки приварен в твердом состоянии к циркониевой части трубки, будет предохранять всю длину трубки десорбера как от эрозии, так и от коррозии.

Металлографическое и микроскопическое исследование

Металлографию использовали для изучения характеристик поверхности раздела сварного шва цирконий-титан. Фиг.8 представляет собой поперечное сечение поверхности раздела цирконий-титанового сварного шва в стенке трубки образца, сваренного инерционной сваркой. Внешний материал удален с места сварки, но поверхность раздела между разнородными металлами яркая и отчетливая. Фиг.9 представляет собой сильно увеличенный вид той же самой поверхности раздела сварного шва. Затемненная зона каждого из металлов, расположенная рядом с местом сварки, представляет собой зону воздействия тепла. Потемнение вызвано вводом тепла в месте соединения поверхности раздела и не связано со сплавлением. Даже при сильном увеличении поверхность раздела между цирконием и титаном видна ярко и отчетливо и не обнаруживает доказательства сплавления.

Чтобы лучше характеризовать поверхность раздела сварки при инерционной сварке, использовали сканирующий электронный микроскоп (СЭМ). СЭМ использовали, чтобы лучше исследовать, протекает ли сплавление в любом масштабе на участке поверхности раздела, и оценить, присутствуют ли какие-либо области, на которых два металла не были бы полностью соединены. Фиг.10 представляет собой сильно увеличенное изображение СЭМ участка поверхности раздела, который был предварительно исследован металлографически. Участков сплавления не видно на изображении. Энергорассеивающий рентгеновский анализ поверхности раздела того же образца подтвердил отсутствие участков сплавления внутри поверхности раздела при инерционной сварке. Вместо этого, участок соединения двух металлов включал в себя механическую смесь или спиральный след чистого циркония и чистого титана.

Общие наблюдения по результатам тестирования

Таким образом, вышеупомянутые результаты тестов показали, что цирконий-титановые образцы, сваренные инерционной сваркой, проявляют себя намного лучше, чем образцы, сваренные плавлением, в терминах механических свойств и коррозионной устойчивости, и сваренные инерционной сваркой образцы оказываются, по существу, свободными от участков сплавления в пределах зоны сварки. Очевидного увеличения коррозии не было замечено в сваренных инерционной сваркой образцах, что наблюдалось в образцах, сваренных плавлением. Образцы, сваренные плавлением, имеют высокую скорость коррозии, превышающую 15 мпу (0,38 мм/год), в то время как инерционная сварка показала скорость коррозии меньшую, чем 2 мпу (0,05 мм/год) в тестировании, проведенном для оценки скорости коррозии в азотной кислоте и мочеvine.

Пример 2 - изготовление многослойной трубки

Один вариант осуществления металлургического соединения разнородных

реакционноспособных металлов, таких как, например, титан и цирконий, для образования многослойного трубчатого проводящего жидкий поток элемента включает в себя три отдельных пути способа. Первый путь способа направлен на изготовление внешней заготовки или основного компонента. Второй путь способа направлен на изготовление компонента внутреннего вкладыша. На третьем пути основной компонент и компонент внутреннего вкладыша объединяют в комплексную заготовку, и заготовку потом экструдировать, подвергают холодной обработке и тепловой обработке для обеспечения многослойной трубки. В следующих параграфах три пути способа описаны с подробными деталями для специального применения в производстве многослойных трубок, включающего в себя титан Марки 3 (UNS R50550)

для основного компонента и Zircadyne 702™ (Zr702) (UNS R60702) для внутреннего вкладыша. Сплав Zr702 доступен у ATI Wah Chang, Albany, Oregon, и имеет следующий химический состав (в массовых процентах от суммарной массы сплава): 99,2 мин цирконий + гафний; 4,5 макс. гафний; 0,2 макс. железо + хром; 0,005 макс. водород; 0,25 макс. азот; 0,05 макс. углерод; и 0,16 макс. кислород.

Стадии, включенные в первый путь способа, схематически показаны с левой стороны фиг.11. Титан Марки 3 (TiGr3) был отлит по слиткам с использованием обычной методики с расходными электродами вакуумно-дугового плавления. Слиток нагревали в области бета-фазы и выковывали до промежуточного диаметра с последующими последовательными восстановлениями в областях альфа и альфа+бета фаз для обеспечения цилиндрической штамповки с диаметром, приблизительно, 210 мм (8,27 дюймов). Штамповки распиливали на индивидуальные заготовки. Каждую заготовку обрабатывали на станке для получения пустотелой цилиндрической заготовки, имеющей приблизительно размеры 201 мм (7,91 дюйма) внешнего диаметра и 108 мм (4,26 дюйма) внутреннего диаметра. Для лучшей гарантии приемлемого металлургического соединения между цилиндрической TiGr₃ заготовкой и циркониевым внутренним вкладышем внутренний диаметр TiGr₃ заготовки обрабатывали на станке до шероховатости поверхности 63 микродюйма (0,0016 мм) RA максимум. Относительная гладкость поверхностной полировки лучше гарантирует адекватную зачистку пиков и канавок профиля шероховатости поверхности. Отсутствие значительных канавок и царапин на поверхности лучше гарантирует образование непрерывного металлургического соединения между основным и внутренним компонентами, которые не страдают от расслаивания.

Этапы второго пути способа схематически показаны на правой стороне фиг.11. Данный путь связан с изготовлением Zr702 сплава внутреннего вкладыша многослойной трубки. Zr702 сплав был отлит в слитки и выкован способом, аналогичным для сплава TiGr3 выше. Вкладыш был обработан на станке из 115 мм (4,53 дюйма) цилиндрических штамповок (в одной неограничивающей альтернативной методике вкладыши могли быть образованы экструзией трубки большего размера и затем распилены на индивидуальные вкладыши для последовательной обработки на станке). Обработанный на станке вкладыш из сплава Zr702 имел приблизительно 108 мм (4,26 дюйма) внешний диаметр × 54 мм (2,13 дюйма) внутренний диаметр с шероховатостью поверхности внешнего диаметра 63 микродюйма (0,0016 мм) RA максимум.

Шероховатость поверхности внешнего диаметра поддерживалась с такими пределами для целей, упомянутых выше относительно шероховатости поверхности внутреннего диаметра TiGr₃ цилиндрической заготовки. Вкладыш был подогнан на станке с точным допуском для скольжения внутри TiGr₃ заготовки.

Предпочтительный допуск для зазора между внутренним диаметром основы и внешним диаметром вкладыша составляет примерно 0,25 мм (примерно 0,010 дюйма).

В третьем пути способа, показанном схематически на фиг.12, TiGr₃ внешний компонент и Zr702 сплав компонента вкладыша были смонтированы в заготовку и затем металлургически соединены и уменьшены до меньшего диаметра многослойной трубки. Перед сборкой внешний компонент и компонент вкладыша чистили ледяной продувкой для удаления чужеродных загрязнений, таких как грязь и масло. Чистота поверхностей важна для получения высококачественного металлургического соединения.

Чистые и сухие компоненты заготовки и вкладыша соединяли вместе в сборную заготовку. Соединения концов заготовки сваривали в вакууме, равном, по меньшей мере, 1×10^{-3} торр (0,133 Па), с использованием электронной лучевой пушки. Электронный луч фокусировали на соединениях концов для получения сварного шва с проникновением на 10-40 мм в заготовку и с шириной сварного шва, по меньшей мере, равной 5 мм. Целостность сварки важна для предохранения атмосферы от загрязнений и ингибирующих образований в металлургическом соединении во время экструзии сборной заготовки. Фиг.13 схематически показывает вид конца сваренной сборной заготовки 310, в котором 312 представляет собой внешний основной компонент из TiGr₃, 314 представляет собой компонент внутреннего вкладыша из сплава Zr702, 316 представляет собой зону сварного шва, включающую в себя смесь, содержащую титан и цирконий, и 318 представляет собой цилиндрическую проводящую жидкий поток полость, проходящую через заготовку.

Любые брызги сварки были удалены со сваренной собранной заготовки. Заготовку затем индукционно нагревали в цилиндрической спирали до 650-775°C (1202-1427°F) с намеченной температурой 700°C (1292°F) и переносили в 3500-тонный Lombard гидравлический пресс для экструзии. Заготовку помещали в цилиндрический контейнер с сердечником, вставленным во внутренний диаметр компонентов вкладыша для установки размера экструдированного внутреннего диаметра. Шток прессы для экструзии проталкивал заготовку через коническую пресс-форму с использованием давления осадки примерно 1500 тонн ($8,896 \times 10^3$ N), чтобы экструдировать заготовку в бесшовную многослойную трубку. Соотношение удлинения экструзии составляло приблизительно 11:1, и цель представляла собой получение экструдированной трубки, имеющей внешний диаметр $3,100 \pm 0,010$ дюймов ($78,74 \pm 0,254$ мм) и толщину стенки примерно 0,525 дюйма (13,4 мм). Взаимодействовали разнородные металлы и были металлургически соединены при экструзии в результате условий, включающих в себя температуру способа, время при температуре, давление, чистоту соединяемых поверхностей. Несколько дюймов начала и конца металлургически соединенных многослойной экструзией были удалены отпиливанием, чтобы гарантировать одинаковую толщину вкладыша в оставшейся части.

Экструдированную трубку протравливали в HF/азотной кислоте в течение времени, достаточном для удаления 0,001-0,002 дюйма (0,0254-0,508 мм) со стенки. Трубку затем подвергали холодной обработке на пилигримовом прокатном стане для дальнейшего уменьшения диаметра трубки и толщины стенки. На пилигримовом прокатном стане данная трубка продольно крутилась в желобчатой, суженной к концу матрице, которая прессовала материал над аналогично суженным сердечником. Трубка поступала в матрицу и вращалась вокруг продольной оси для, по существу, одинакового уменьшения длины окружности трубки во время каждого хода

прокатного стана. Многослойную трубку уменьшали с использованием первого прохода прокатного стана до промежуточного размера 44,5 мм (1,75 дюйма) внешнего диаметра и 6,3 мм (0,25 дюйма) толщины стенки. Обработанную трубку чистили с использованием щелочного очистителя, промывали водой и раствором 70% азотной кислоты и затем подвергали термообработке отжигом в вакууме для перекристаллизации и смягчения материала. Термообработка включала в себя отжиг трубки при температуре $621 \pm 28^\circ\text{C}$ ($1150 \pm 50^\circ\text{F}$) в течение 1-2 часов. Другие возможные режимы отжига включают в себя нагрев при других температурах в интервале от 500°C (932°F) до 750°C (1382°F) в течение 1-12 часов. Термообработка должна быть адаптирована, чтобы минимизировать рост интерметаллических частиц или градиентов композиций, которые более твердые и более хрупкие, чем сплавы основы или вкладыша. Хрупкость и/или широкая зона диффузии может приводить к расслаиванию слоев трубки.

Последовательно с отжигом трубку протравливали в 70% уксусной кислоте для удаления любых пятен при вакуумном отжиге и затем выпрямляли при вращении. Трубку затем еще раз прогревали и подвергали вторичному прохождению прокатного стана для уменьшения трубки до конечных размеров 27,0 мм (1,06 дюйма) внешнего диаметра и 3,5 мм (0,138 дюйма) толщины стенки. Конечная толщина циркониевого вкладыша составляла приблизительно 0,9 мм (0,035 дюйма). Фиг.14 представляет собой микроснимок участка металлургического соединения одной из многослойных трубок, изготовленных данным способом. Снимок показывает мелкозернистую структуру (которая обеспечивает, по существу, одинаковые механические свойства) и непрерывное металлургическое соединение между титановым и циркониевым слоями. Металлургическое соединение препятствует щелевой коррозии, наблюдаемой в известных конструкциях трубок с механическим соединением (скользящая посадка).

Механическую прочность сплава TiGr3/Zr702 многослойных трубок, изготовленных с использованием способа, в данном примере оценивали и сравнивали со свойствами TiGr3 монотрубки. Свойства образцов каждого типа с внешним диаметром 27,0 мм × 3,5 мм внутренним диаметром показаны в табл. 4 ниже. Механические свойства, являющиеся аналогичными, показывают, что Zircadine 702 вкладыш незначительно ухудшает оцененные механические свойства TiGr3 основного материала.

Таблица 4				
Тип трубки	Образец	ПП (МПа)	ПТ (МПа)	Удлинение (%), мин)
Ti-Gr3/Zircadyne 702™	1	77,9 (537)	59,5 (410)	32
Многослойная трубка	2	81,6 (562)	59,6 (411)	35
TiGr3 Монотрубка	1	80,1 (552)	63,3 (436)	37
	2	81 (558)	61,1 (421)	35

Части трубки, сформированные способом, описанным в настоящем примере, могут быть приварены в твердом состоянии к концам по длине проводящей жидкий поток трубки, содержащей цирконий или другой устойчивый к коррозии металл или сплав для образования композитной трубки, подходящей для использования в модифицировании десорбера в оборудовании для синтеза мочевины. В случае, подобном описанному выше, материал многослойного внешнего слоя трубки может быть выбран таким образом, что сварка плавлением внешнего слоя с перегородкой для крепления трубок не будет приводить к значительному уменьшению коррозионной устойчивости в области сварки. Например, TiGr3/Zr702 сплав

многослойной трубки, полученный в настоящем примере, будет иметь определенные преимущества при использовании в модифицировании десорбера, включающего в себя плакированную титаном перегородку для крепления трубок.

5 Многослойные трубки и другие проводящие жидкий поток части, полученные по настоящему примеру, могут также использоваться без сварки в твердом состоянии с
 10 монослойной проводящей жидкий поток частью. В таких вариантах осуществления материал внешнего слоя многослойной трубки или другой части может быть выбран таким образом, что, когда данный материал сваривают плавлением с перегородкой
 для крепления трубок или с другой монтируемой частью оборудования, не возникает
 никаких проблем со сплавом, которые могли бы, по существу, негативно влиять на
 коррозионную устойчивость, на механические или другие важные свойства
 трубы/части, или монтируемой части.

15 Конечно, должно быть понятно, что, хотя настоящее обсуждение сфокусировано на использовании многослойных трубок, полученных в настоящем примере, для аппаратов десорбции, трубки также могут быть использованы как проводящая жидкий поток часть других аппаратов, в том числе и отмеченных здесь.

Должно быть понятно, что настоящее описание иллюстрирует аспекты,
 20 существенные для понимания изложенного. Определенные аспекты, очевидные для специалистов в данной области и которые поэтому не облегчают лучшее понимание, не были представлены, чтобы упростить настоящее изложение. Хотя настоящее изложение было написано в связи с определенными вариантами осуществления, специалисты в данной области при рассмотрении данного изложения признают, что
 25 может быть применено много вариаций и модификаций. Предполагается, что предшествующее описание и последующие пункты формулы изобретения охватывают все такие вариации и модификации.

30 Формула изобретения

1. Способ замены, по меньшей мере, одной части элемента оборудования, имеющего участок крепления, проводящей жидкий поток, способ включает в себя:
 предоставление запасной части, содержащей первый участок, проводящий жидкий
 35 поток, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и проводящий жидкий поток второй участок, включающий в себя второй материал, который представляет собой материал, идентичный или, по существу, идентичный материалу участка крепления, причем первый участок и второй участок прямо или
 опосредованно соединены конец к концу сваркой в твердом состоянии для
 40 образования единой запасной части, проводящей жидкий поток; и
 крепление запасной части к элементу оборудования способом, содержащим крепление второго материала второго участка запасной части к участку крепления элемента оборудования.

2. Способ по п.1, в котором запасная часть выбрана из группы, состоящей из части
 45 цилиндрической формы, трубки, трубопровода, сопла, штыревого конца, трубного соединителя, соединителя трубопровода, трубки десорбера для оборудования технологического процесса синтеза мочевины, трубки теплообменника и проводящей жидкий поток части.

3. Способ по п.1, в котором устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, материал, выбранный из группы, состоящей из циркония, циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия, ниобиевых сплавов, и в
 50 котором второй материал выбран из группы, состоящей из титана, титановых сплавов

и нержавеющей стали.

4. Способ по п.3, в котором элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины, запасная часть представляет собой трубку десорбера, и участок крепления представляет собой участок перегородки для

5. Способ по п.1, в котором сварка в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком содержит технологию сварки в твердом состоянии, выбранную из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, включающей в себя инерционную сварку, сварку горячим прессованием, сварку прокаткой и ультразвуковую сварку.

6. Способ по п.1, в котором второй участок содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала и внешний слой второго материала.

7. Способ по п.6, в котором второй участок сформирован соединением экструзией так, что внутренний слой и внешний слой второго участка сплавлены.

8. Способ по п.1, в котором второй участок содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

9. Способ по п.8, в котором второй участок сформирован способом, содержащим металлургическое соединение внутреннего слоя с внешним слоем второго участка.

10. Способ по п.9, в котором металлургическое соединение внутреннего слоя с внешним слоем второго участка содержит, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения экструзией, соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья.

11. Способ по п.1, в котором:

элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины;

запасная часть представляет собой трубку десорбера;

участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок; первый участок запасной части выполнен из циркония;

и второй участок запасной части содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

12. Способ по п.11, в котором внутренний слой представляет собой слой, прямо или опосредованно металлургически соединенный с внешним слоем.

13. Способ по п.12, в котором участок сварного шва, образованный сваркой в твердом состоянии первого участка, прямо или опосредованно, со вторым участком, по существу свободен от сплавов, объединяющих первый материал и второй материал.

14. Способ по п.11, в котором первый участок опосредованно приварен в твердом состоянии ко второму участку так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком.

15. Способ замены трубки десорбера в узле десорбера для синтеза мочевины запасной трубкой десорбера, способ включает в себя:

предоставление запасной трубки десорбера, содержащей проводящий жидкий поток первый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал, и проводящий жидкий поток второй участок, включающий в себя второй материал, который идентичен или, по существу, идентичен материалу, из которого изготовлена перегородка для крепления трубок десорбера, причем первый участок и второй

участок прямо или опосредованно соединены конец к концу сваркой в твердом состоянии с образованием единой проводящей жидкий поток запасной части; и сварку плавлением второго материала второго участка с идентичным или, по существу, идентичным материалом перегородки для крепления трубок.

16. Способ по п.15, в котором устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия и ниобиевых сплавов, и в котором второй материал представляет собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из группы, состоящей из титана, титановых сплавов и нержавеющей стали.

17. Способ по п.15, в котором сварку в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком проводят технологией сварки в твердом состоянии, выбранной из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, инерционной сварки, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки.

18. Способ по п.15, в котором первый участок целиком выполнен из одного и того же материала, и второй участок целиком выполнен из одного и того же материала.

19. Способ по п.15, в котором второй участок содержит внутренний слой материала, устойчивого к коррозии, и внешний слой второго материала.

20. Способ по п.19, в котором второй участок содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой второго материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

21. Способ по п.20, в котором второй участок сформирован соединением экструзией, так что внутренний слой и внешний слой второго участка сплавлены.

22. Способ по п.15, в котором участок сварки, образованный сваркой в твердом состоянии первого участка прямо или опосредованно со вторым участком, по существу свободен от сплавов, объединяющих первый материал и второй материал.

23. Способ по п.15, в котором первый участок опосредованно приварен в твердом состоянии ко второму участку так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком.

24. Часть элемента оборудования, часть содержит:

проводящий жидкий поток первый трубчатый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал; и

проводящий жидкий поток второй трубчатый участок, включающий в себя второй материал; и

в которой первый участок и второй участок представляют собой участки, прямо или опосредованно соединенные конец к концу сваркой в твердом состоянии с помощью технологии, выбранной из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки с образованием единой проводящей жидкий поток цилиндрической части.

25. Часть по п.24, причем часть выбрана из группы, состоящей из части цилиндрической формы, трубки, трубопровода, сопла, штыревого конца, трубного соединителя, соединителя трубопровода, трубки десорбера для оборудования технологического процесса синтеза мочевины и трубки теплообменника.

26. Часть по п.24, в которой устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и

циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия и ниобиевых сплавов, и в которой второй материал выбран из группы, состоящей из титана, титановых сплавов и нержавеющей стали.

27. Часть по п.24, в которой второй участок содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала и внешний слой второго материала.

28. Часть по п.27, в которой внутренний слой и внешний слой второго участка соединены экструзией вместе.

29. Часть по п.27, в которой второй участок содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

30. Часть по п.24, в которой участок сварного шва, образованный сваркой в твердом состоянии первого участка части прямо или опосредованно со вторым участком, по существу свободен от сплавов устойчивого к коррозии первого материала и второго материала.

31. Часть по п.24, в которой первый участок опосредованно приварен в твердом состоянии ко второму участку так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком.

32. Способ замены проводящей жидкий поток части элемента оборудования запасной проводящей жидкий поток частью, способ включает в себя замену существующей проводящей жидкий поток части трубки десорбера элемента оборудования проводящей жидкий поток частью, имеющей конструкцию по п.24.

33. Способ по п.32, в котором проводящая жидкий поток часть выбрана из группы, состоящей из части цилиндрической формы, трубки, трубопровода, сопла, штыревого конца, трубного соединителя, соединителя трубопровода, трубки десорбера для оборудования технологического процесса синтеза мочевины и трубки теплообменника.

34. Способ по п.32, в котором элемент оборудования выбран из группы, состоящей из оборудования для химического технологического процесса, узла десорбера, узла холодильника и теплообменника.

35. Элемент оборудования, содержащий часть по п.24.

36. Способ замены, по меньшей мере, одной проводящей жидкий поток части элемента оборудования, имеющего участок крепления, способ содержит:

предоставление запасной проводящей жидкий поток части, содержащей внутренний слой устойчивого к коррозии первого материала, окружающего проход для жидкого потока через проводящую жидкий поток часть, и внешний слой второго материала, причем внутренний слой прямо или опосредованно металлургически соединен с внешним слоем способом, включающим в себя, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья; и

крепление запасной части к элементу оборудования способом, содержащим крепление внешнего слоя запасной части к участку крепления элемента оборудования.

37. Способ по п.36, в котором участок крепления содержит третий материал, идентичный или, по существу, идентичный второму материалу запасной части, и, кроме того, в котором крепление запасной части к элементу оборудования содержит крепление участка внешнего слоя к третьему материалу участка крепления.

38. Способ по п.36, в котором крепление запасной части к элементу оборудования содержит участок сварки внешнего слоя с третьим материалом участка крепления.

39. Способ по п.36, в котором устойчивый к коррозии первый материал представляет собой материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и

циркониевых сплавов, и второй материал выбран из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

40. Способ по п.36, в котором элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины, запасная часть представляет собой трубку десорбера, и участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок десорбера.

41. Способ по п.36, в котором элемент оборудования представляет собой узел десорбера оборудования для синтеза мочевины; запасная часть представляет собой трубку десорбера; участок крепления представляет собой участок перегородки для крепления трубок; внутренний слой запасной части выбран из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов; и внешний слой запасной части выбран из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

42. Способ по п.36, в котором крепление запасной части к элементу оборудования содержит сварку плавлением участка второго материала внешнего слоя с третьим материалом участка крепления, и в котором участок сварного шва, сформированный таким образом, по существу, свободен от сплавов, имеющих значительно меньшую устойчивость к коррозии относительно первого материала и второго материала.

43. Способ по п.36, в котором внутренний слой представляет собой слой, опосредованно металлургически соединенный с внешним слоем способом, включающим в себя, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья, таким образом, что, по меньшей мере, один слой содержит третий материал, который отличается от первого материала и второго материала и расположен между внутренним слоем и наружным слоем.

44. Способ замены трубки десорбера в узле десорбера для синтеза мочевины запасной трубкой десорбера, способ включает в себя:

предоставление запасной трубки десорбера, содержащей внутренний слой устойчивого к коррозии первого материала, окружающего проход для жидкого потока через трубку десорбера, и внешний слой второго материала, причем внутренний слой представляет собой слой, прямо или опосредованно металлургически соединенный с внешним слоем способом, содержащим, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья, и причем второй материал представляет собой материал, идентичный или, по существу, идентичный материалу, из которого сконструирована перегородка для крепления трубок десорбера; и крепление второго материала внешнего слоя к идентичному или, по существу, идентичному материалу перегородки для крепления трубок.

45. Способ по п.44, в котором устойчивый к коррозии первый материал выбран из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и в котором второй материал выбран из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

46. Способ по п.44, в котором крепление внешнего слоя к идентичному или, по существу, идентичному материалу перегородки для крепления трубок содержит сварку второго материала внешнего слоя с, по существу, идентичным материалом перегородки для крепления трубок.

47. Способ по п.44, в котором крепление второго материала внешнего слоя к, по

существо, идентичному материалу перегородки для крепления трубок содержит сварку плавлением участка второго материала внешнего слоя с перегородкой для крепления трубок, и в котором участок сварного шва, сформированный таким образом, по существо свободен от сплавов, имеющих значительно меньшую устойчивость к

5 коррозии по сравнению со вторым материалом.

48. Способ по п.44, в котором внутренний слой прямо металлургически соединен с внешним слоем без образования существенного слоя взаимной диффузии.

49. Способ по п.44, в котором внутренний слой опосредованно металлургически

10 соединен с внешним слоем так, что, по меньшей мере, один слой, содержащий материал, отличный от первого материала и второго материала, расположен между внутренним и внешним слоями.

50. Часть элемента оборудования, выбранная из трубки десорбера и трубки теплообменника, указанная часть содержит: внутренний слой устойчивого к коррозии

15 первого материала, окружающего проход для жидкого потока через проводящую жидкий поток часть, и внешний слой второго материала; в которой внутренний слой представляет собой слой, прямо или опосредованно металлургически соединенный с внешним слоем с применением, по меньшей мере, одной технологии, выбранной из

20 группы, состоящей из соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья.

51. Часть по п.50, причем часть представляет собой запасную часть и исходную часть элемента оборудования.

52. Часть по п.50, в которой устойчивый к коррозии первый материал представляет

25 собой, по меньшей мере, один материал, выбранный из группы, содержащей цирконий и циркониевые сплавы, и причем второй материал выбран из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

53. Часть по п.50, в которой элемент оборудования представляет собой узел

30 десорбера оборудования для синтеза мочевины, и запасная часть представляет собой трубку десорбера.

54. Часть по п.50, в которой внутренний слой прямо металлургически соединен с внешним слоем.

55. Часть по п.54, в которой нет существенного слоя взаимной диффузии между

35 внутренним слоем и внешним слоем.

56. Часть по п.50, в которой внутренний слой опосредованно металлургически соединен с внешним слоем так, что, по меньшей мере, один слой, содержащий третий материал, отличный от первого материала и второго материала, расположен между

40 внутренним и внешним слоями.

57. Трубка десорбера оборудования для синтеза мочевины, трубка десорбера содержит:

проводящий жидкий поток первый трубчатый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал; и

45 проводящий жидкий поток второй трубчатый участок, включающий в себя второй материал;

причем первый участок и второй участок представляют собой участки, прямо или опосредованно соединенные конец к концу сваркой в твердом состоянии с

50 образованием единой проводящей жидкий поток запасной части.

58. Трубка десорбера по п.57, в которой первый материал выбран из группы циркония, циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия и ниобиевых сплавов, и в которой второй материал выбран из группы, состоящей из титана,

титановых сплавов и нержавеющей стали.

59. Трубка десорбера по п.58, в которой первый участок и второй участок представляют собой участки, прямо или опосредованно соединенные сваркой в твердом состоянии технологией, выбранной из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, инерционной сварки, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки.

60. Трубка десорбера по п.59, в которой первый участок целиком выполнен из одного и того же материала, и второй участок целиком выполнен из одного и того же материала.

61. Трубка десорбера по п.59, в которой второй участок содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала и внешний слой второго материала.

62. Трубка десорбера по п.61, в которой второй участок содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

63. Трубка десорбера по п.62, в которой второй участок сформирован соединением экструзией так, что внутренний слой и внешний слой второго участка сплавлены.

64. Трубка десорбера по п.57, в которой участок сварного шва, сформированный сваркой в твердом состоянии первого участка трубки десорбера прямо или опосредованно со вторым участком, по существу свободен от сплавов устойчивого к коррозии первого материала и второго материала.

65. Трубка десорбера по п.57, в которой первый участок опосредованно сварен в твердом состоянии со вторым участком, так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком.

66. Реактор синтеза мочевины, включающий в себя, по меньшей мере, одну трубку десорбера, содержит:

проводящий жидкий поток первый трубчатый участок, включающий в себя устойчивый к коррозии первый материал; и

проводящий жидкий поток второй трубчатый участок, включающий в себя второй материал;

причем первый участок и второй участок представляют собой участки, прямо или опосредованно соединенные конец к концу сваркой в твердом состоянии с образованием единой проводящей жидкий поток запасной части.

67. Реактор синтеза мочевины по п.66, в котором первый материал выбран из группы циркония, циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия и ниобиевых сплавов, и в которой второй материал выбран из группы, состоящей из титана, титановых сплавов и нержавеющей стали.

68. Реактор синтеза мочевины по п.67, в котором первый участок трубки десорбера и второй участок трубки десорбера представляют собой участки, прямо или опосредованно соединенные сваркой в твердом состоянии технологией, выбранной из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, инерционной сварки, сварки горячим прессованием, сварки прокаткой и ультразвуковой сварки.

69. Реактор синтеза мочевины по п.68, в котором первый участок трубки десорбера целиком выполнен из одного и того же материала, и второй участок целиком выполнен из одного и того же материала.

70. Реактор синтеза мочевины по п.68, в котором второй участок трубки десорбера

содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала и внешний слой второго материала.

71. Реактор синтеза мочевины по п.70, в котором второй участок трубки десорбера содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

72. Реактор синтеза мочевины по п.71, в котором на втором участке трубки десорбера внутренний слой соединен экструзией с внешним слоем.

73. Реактор синтеза мочевины по п.71, в котором участок сварного шва, сформированный сваркой в твердом состоянии первого участка трубки десорбера прямо или опосредованно со вторым участком трубки десорбера, по существу свободен от сплавов устойчивого к коррозии первого материала и второго материала.

74. Реактор синтеза мочевины по п.68, в котором первый участок опосредованно сварен в твердом состоянии со вторым участком, так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым участком и вторым участком.

75. Способ изготовления трубки десорбера реактора синтеза мочевины, способ включает в себя соединение конца пустотелого первого цилиндра, включающего в себя устойчивый к коррозии первый материал, с концом пустотелого второго цилиндра, включающего в себя второй материал, для образования проводящей жидкий поток трубки, в которой соединение первого цилиндра и второго цилиндра содержит прямую или опосредованную сварку в твердом состоянии конца первого цилиндра с концом второго цилиндра.

76. Способ по п.75, в котором устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, материал, выбранный из группы, состоящей из циркония, циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия, ниобиевых сплавов, и в котором второй материал выбран из группы, состоящей из титана, титановых сплавов и нержавеющей стали.

77. Способ по п.76, в котором сварка в твердом состоянии, прямо или опосредованно, конца первого цилиндра с концом второго цилиндра содержит технологию сварки в твердом состоянии, выбранную из группы, состоящей из холодной сварки, диффузионной сварки, сварки взрывом, кузнечной сварки, сварки трением, включающей в себя инерционную сварку, сварку горячим прессованием, сварку прокаткой и ультразвуковую сварку.

78. Способ по п.76, в котором второй цилиндр содержит внутренний слой устойчивого к коррозии материала и внешний слой второго материала.

79. Способ по п.78, в котором второй цилиндр содержит внутренний слой материала, выбранного из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и внешний слой материала, выбранного из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

80. Способ по п.79, в котором второй цилиндр сформирован способом, содержащим прямое или опосредованное металлургическое соединение внутреннего слоя с внешним слоем второго участка.

81. Способ по п.80, в котором металлургическое соединение внутреннего слоя с внешним слоем второго участка содержит, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения экструзией, соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья.

82. Способ по п.78, в котором внутренний слой прямо или опосредованно металлургически соединен с внешним слоем.

83. Способ по п.76, в котором участок сварного шва, образованный сваркой в твердом состоянии первого цилиндра прямо или опосредованно со вторым цилиндром, по существу свободен от сплавов, объединяющих первый материал и второй материал.

84. Способ по п.76, в котором первый цилиндр опосредованно приварен в твердом состоянии ко второму цилиндру так, что, по меньшей мере, один третий материал расположен между первым цилиндром и вторым цилиндром.

85. Способ изготовления трубки десорбера реактора синтеза мочевины, способ содержит, по меньшей мере, прямое или опосредованное металлургическое соединение внутреннего слоя устойчивого к коррозии первого материала с внешним слоем второго материала для обеспечения проводящей жидкий поток трубки десорбера, содержащей многослойную стенку трубки, причем металлургическое соединение включает соединение экструзией, соединение взрывом, горячее изостатическое прессование или центробежное литье.

86. Способ по п.85, в котором устойчивый к коррозии первый материал представляет собой, по меньшей мере, материал, выбранный из группы, состоящей из циркония и циркониевых сплавов, и в котором второй материал выбран из группы, состоящей из титана и титановых сплавов.

87. Способ по п.85, в котором внутренний слой опосредованно металлургически соединен с внешним слоем способом, включающим в себя, по меньшей мере, одну технологию, выбранную из группы, состоящей из соединения взрывом, горячего изостатического прессования и центробежного литья, так, что, по меньшей мере, один слой, содержащий третий материал, который отличен от первого материала и второго материала, расположен между внутренним слоем и внешним слоем.

88. Способ изготовления проводящей жидкий поток части элемента оборудования, способ включает в себя:

предоставление первого пустотелого цилиндра из устойчивого к коррозии первого материала, причем первый цилиндр имеет внешнюю поверхность;

предоставление второго пустотелого цилиндра из второго материала, отличного от первого материала, причем второй цилиндр имеет внутреннюю поверхность, и при этом первый цилиндр может размещаться во втором цилиндре;

получение, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра с, по меньшей мере, уменьшенной поверхностной шероховатостью и удалением чужеродных загрязнений;

расположение первого цилиндра в пределах второго цилиндра так, что внешняя поверхность первого цилиндра расположена напротив внутренней поверхности второго цилиндра с получением заготовки; и

нагревание и экструзия заготовки для соединения металлургически таким образом внешней поверхности первого цилиндра с внутренней поверхностью второго цилиндра с получением многослойной бесшовной трубки, причем между внешней поверхностью первого цилиндра и внутренней поверхностью второго цилиндра отсутствует слой взаимной диффузии.

89. Способ по п.88, в котором первый материал и второй материал индивидуально выбраны из группы, состоящей из циркония, циркониевых сплавов, титана, титановых сплавов, ниобия, ниобиевых сплавов, тантала, танталовых сплавов и нержавеющей стали и в котором первый материал отличается от второго материала.

90. Способ по п.89, в котором получение, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра, с, по

меньшей мере, уменьшенной поверхностной шероховатостью и удалением чужеродных загрязнений с полученной поверхности облегчает формирование непрерывного металлургического соединения между внешней поверхностью первого цилиндра и внутренней поверхностью второго цилиндра и ингибирует расслаивание соединенных поверхностей.

91. Способ по п.89, в котором получение, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит уменьшение поверхностной шероховатости, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра.

92. Способ по п.91, в котором уменьшение поверхностной шероховатости, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит уменьшение поверхностной шероховатости до не более чем, примерно, 63 микродюймов Ra.

93. Способ по п.91, в котором уменьшение поверхностной шероховатости, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит обработку на станке, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра для уменьшения поверхностной шероховатости до не более чем, примерно, 63 микродюймов Ra.

94. Способ по п.89, в котором получение, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит уменьшение чужеродных загрязнений на, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра.

95. Способ по п.94, в котором уменьшение чужеродных загрязнений на, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит использование, по меньшей мере, одного из механической обработки, травления кислотой, очистки растворителем и очистки щелочью на поверхности.

96. Способ по п.94, в котором уменьшение чужеродных загрязнений на, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра содержит чистку, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра с использованием способов очистки, при которых остатки очищающих агентов не остаются на очищаемой поверхности.

97. Способ по п.94, в котором уменьшение чужеродных загрязнений на, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра включает в себя ледяную продувку, по меньшей мере, одной из внешней поверхности первого цилиндра и внутренней поверхности второго цилиндра.

98. Способ по п.97, в котором ледяная продувка включает в себя движение кристаллической воды против поверхности, таким образом механически очищая и промывая жидкостью поверхность.

99. Способ по п.89 дополнительно содержит до прогрева и экструзии заготовки сварку вместе участков первого цилиндра и второго цилиндра для получения многослойной заготовки, подходящей для экструзии и включающей в себя герметичное пространство между противоположными внешней поверхностью первого цилиндра и внутренней поверхностью второго цилиндра.

100. Способ по п.99 дополнительно содержит:
возможную тепловую обработку бесшовной трубы; и

холодную обработку бесшовной трубки и, таким образом, уменьшение толщины стенки бесшовной трубки.

101. Способ по п.88, в котором проводящая жидкий поток часть представляет собой трубку десорбера аппаратуры для синтеза мочевины.

5

10

15

20

25

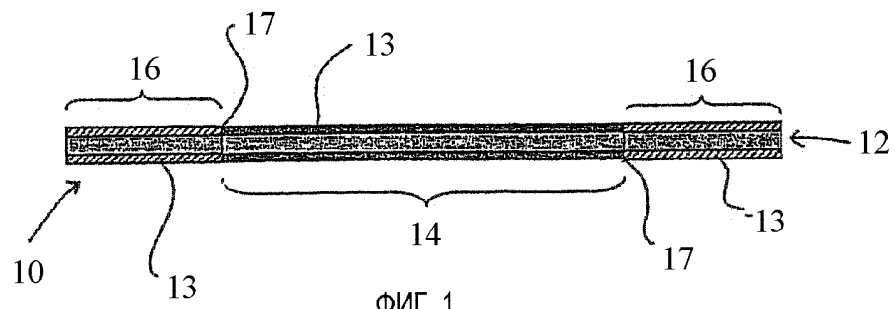
30

35

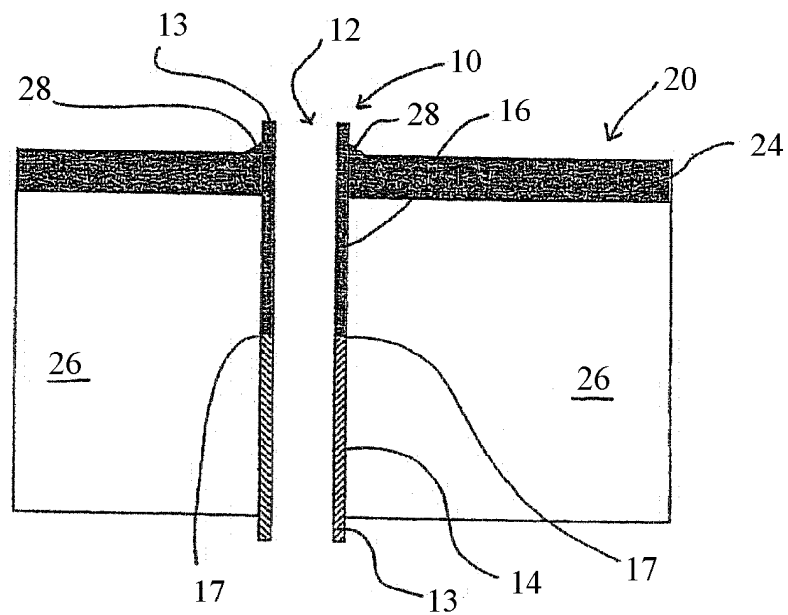
40

45

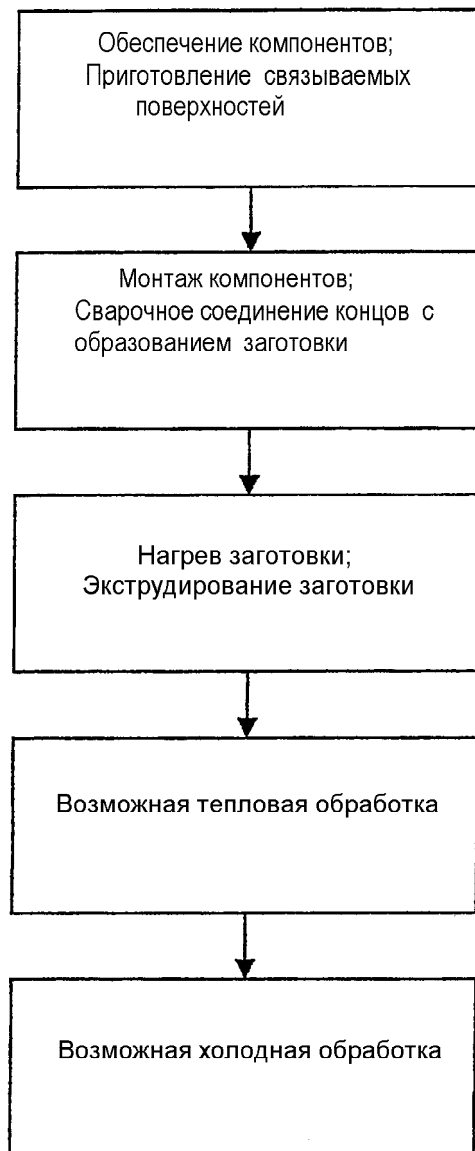
50



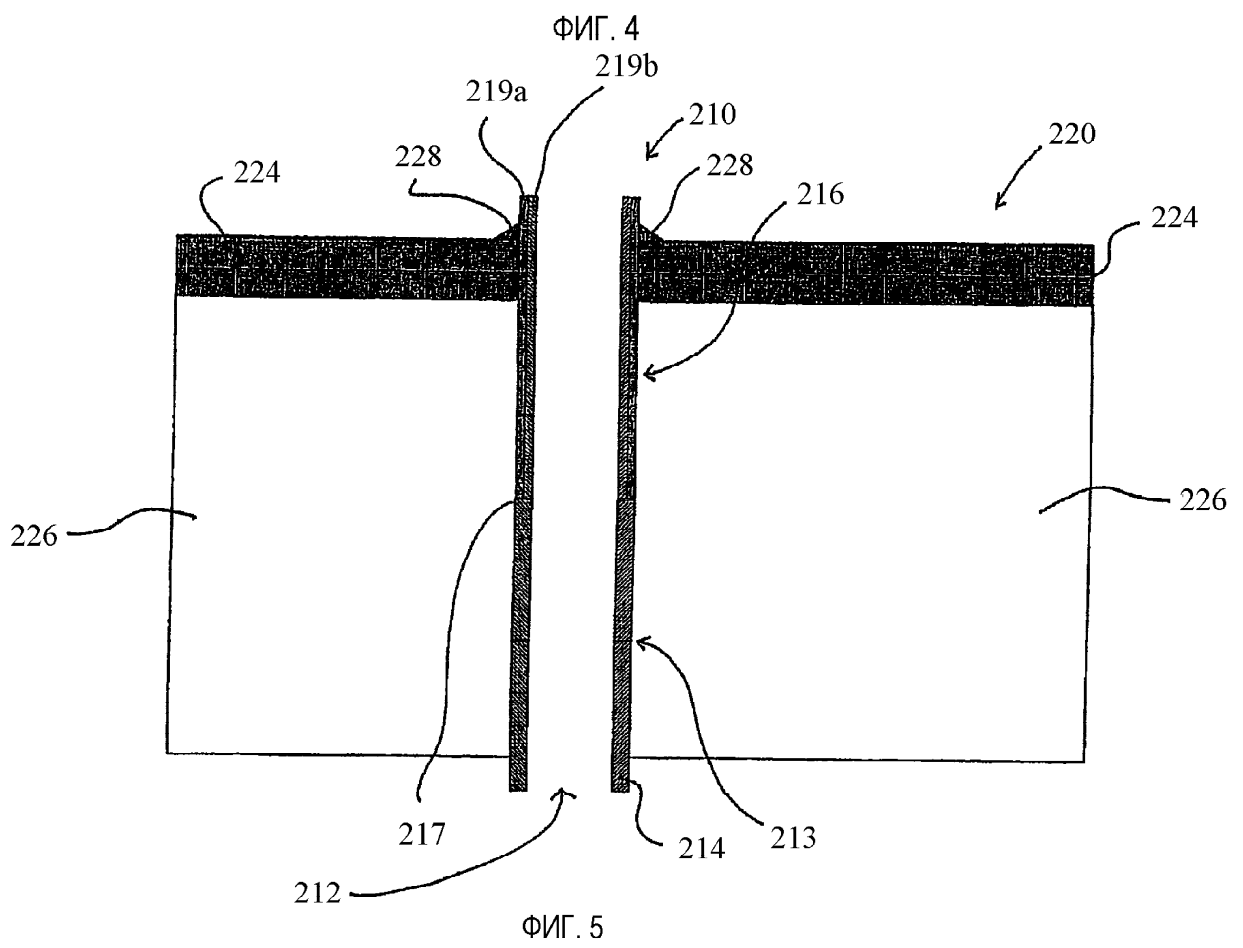
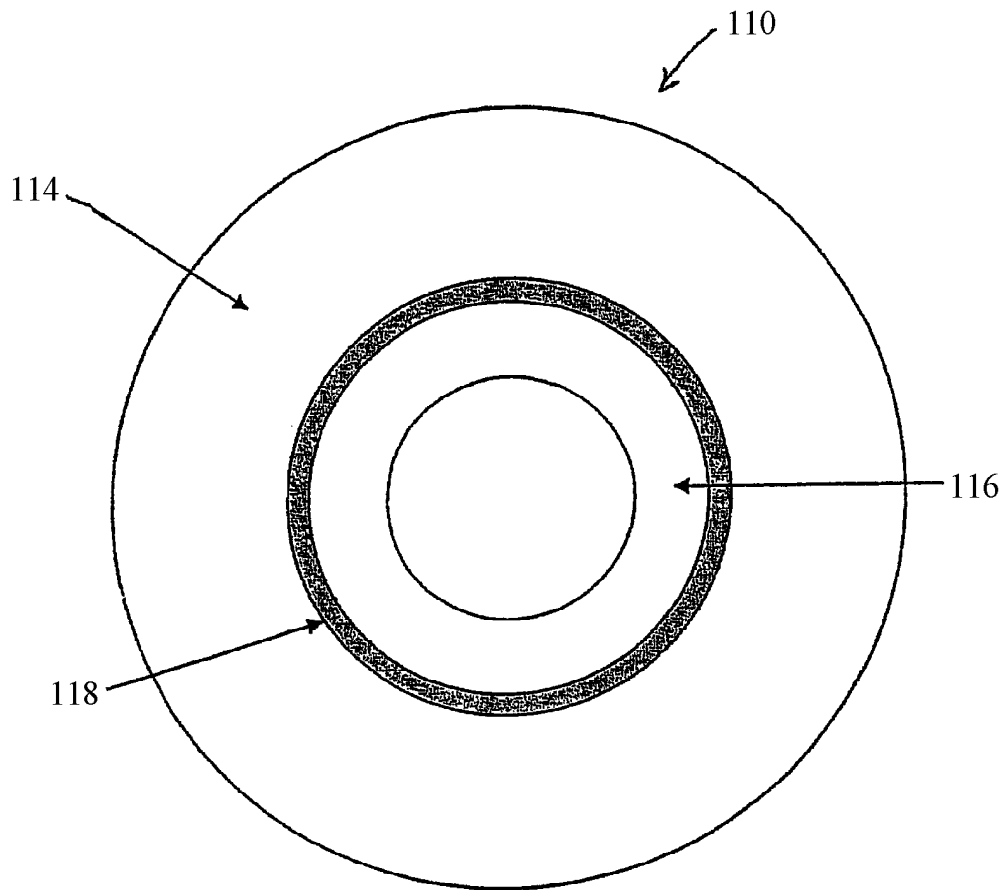
ФИГ. 1

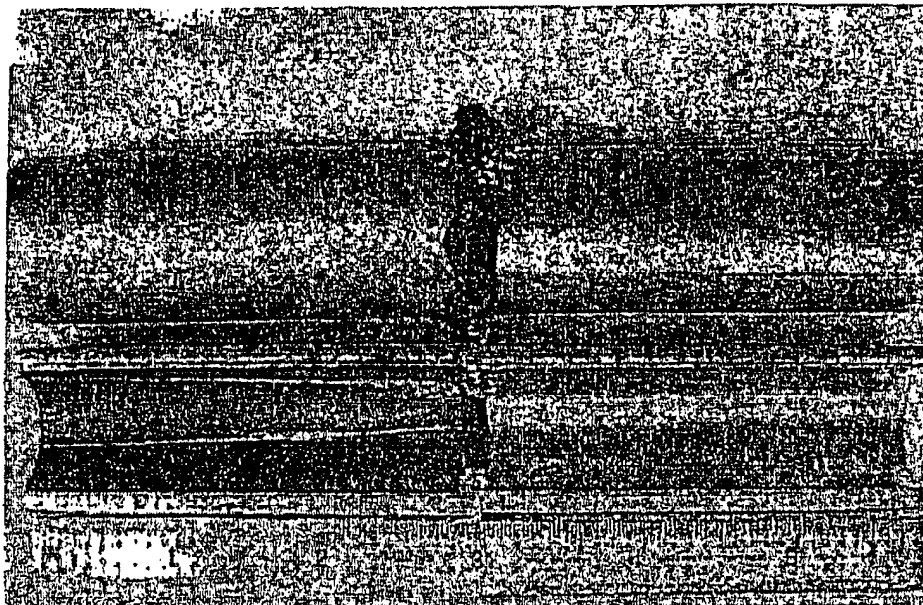


ФИГ. 2

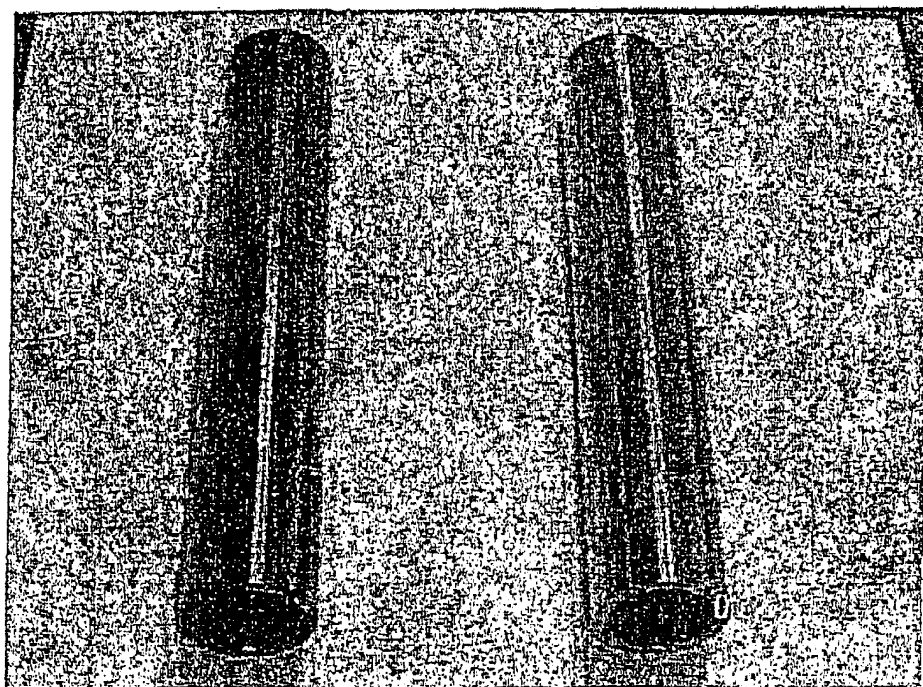


ФИГ. 3

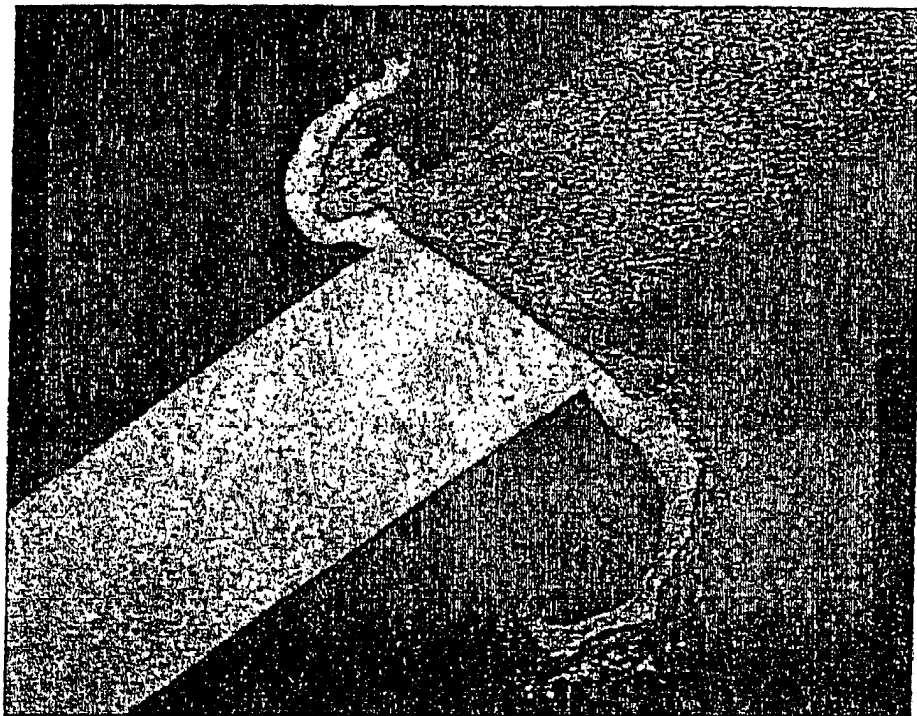




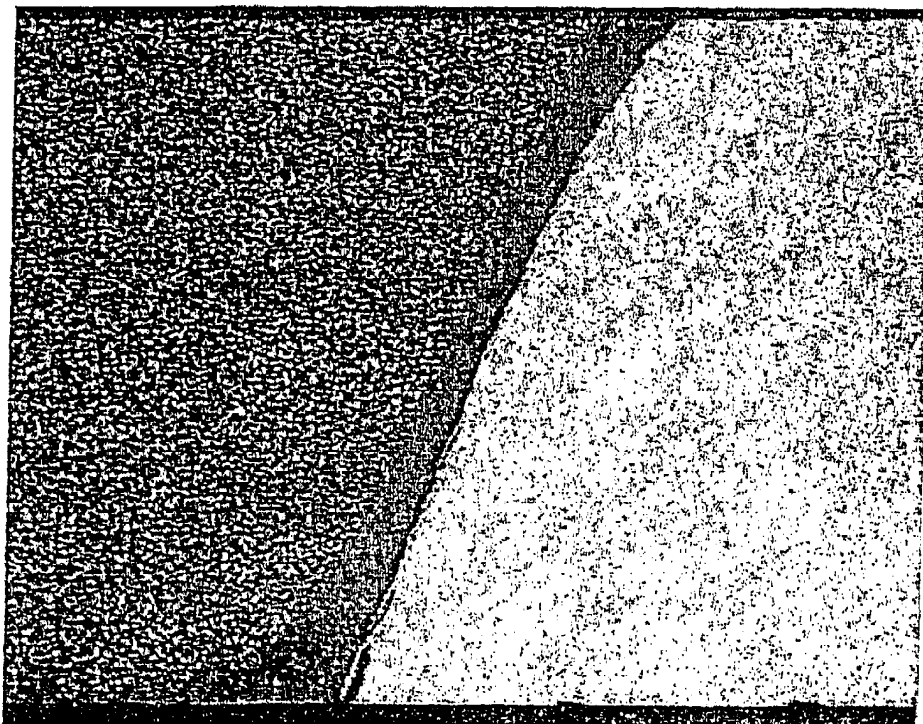
ФИГ. 6



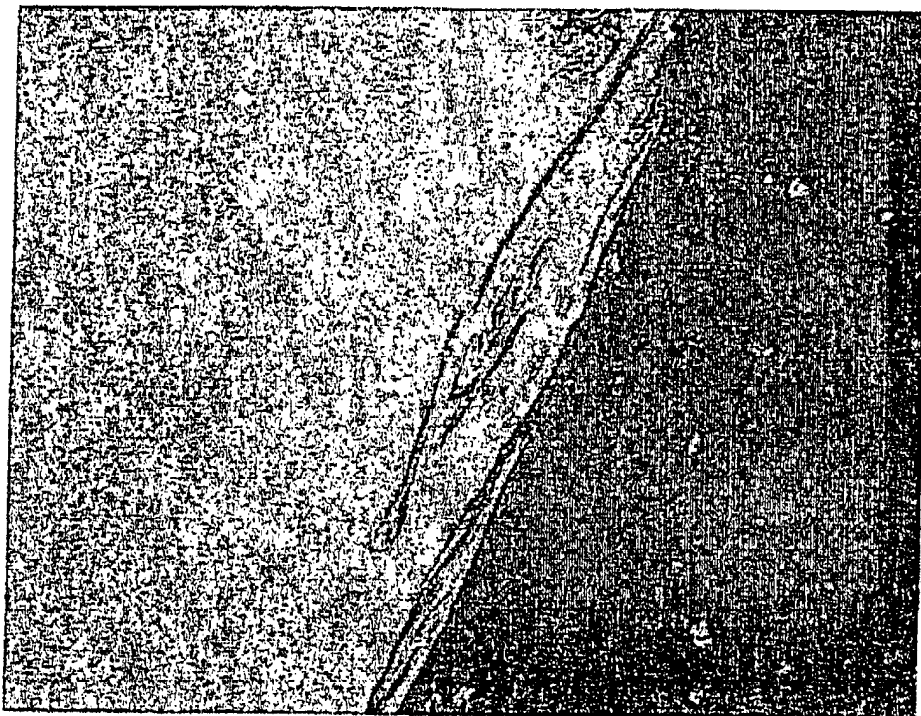
ФИГ. 7



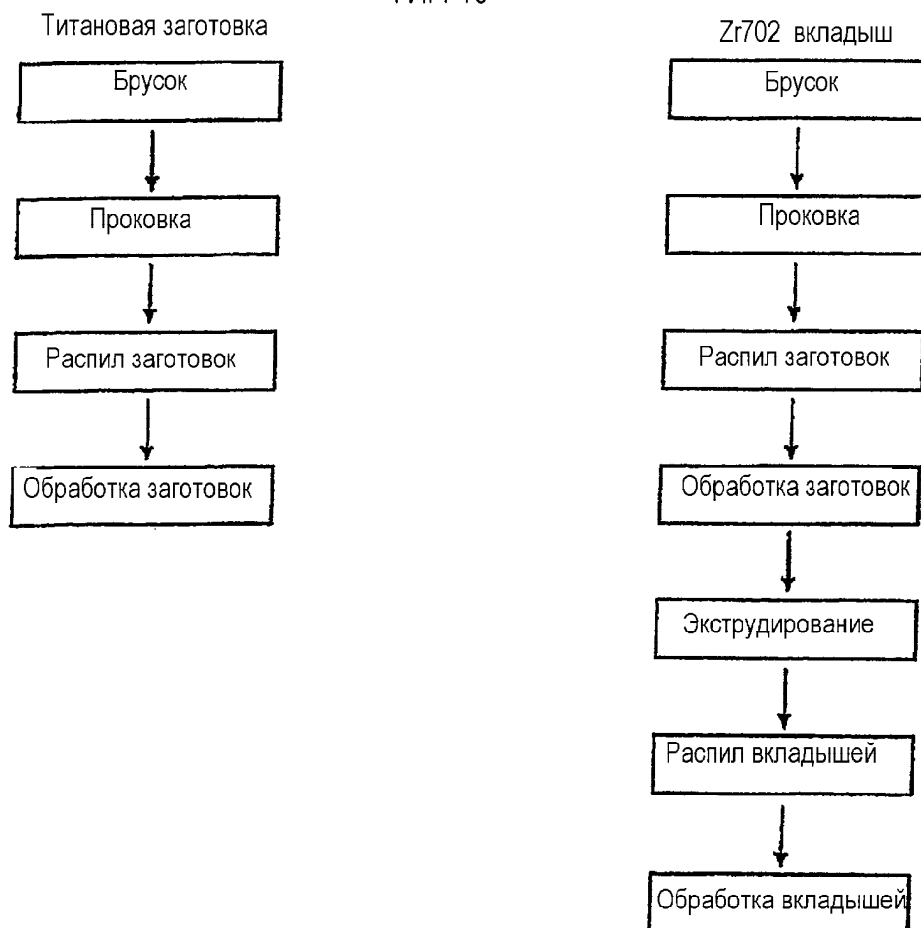
ФИГ. 8



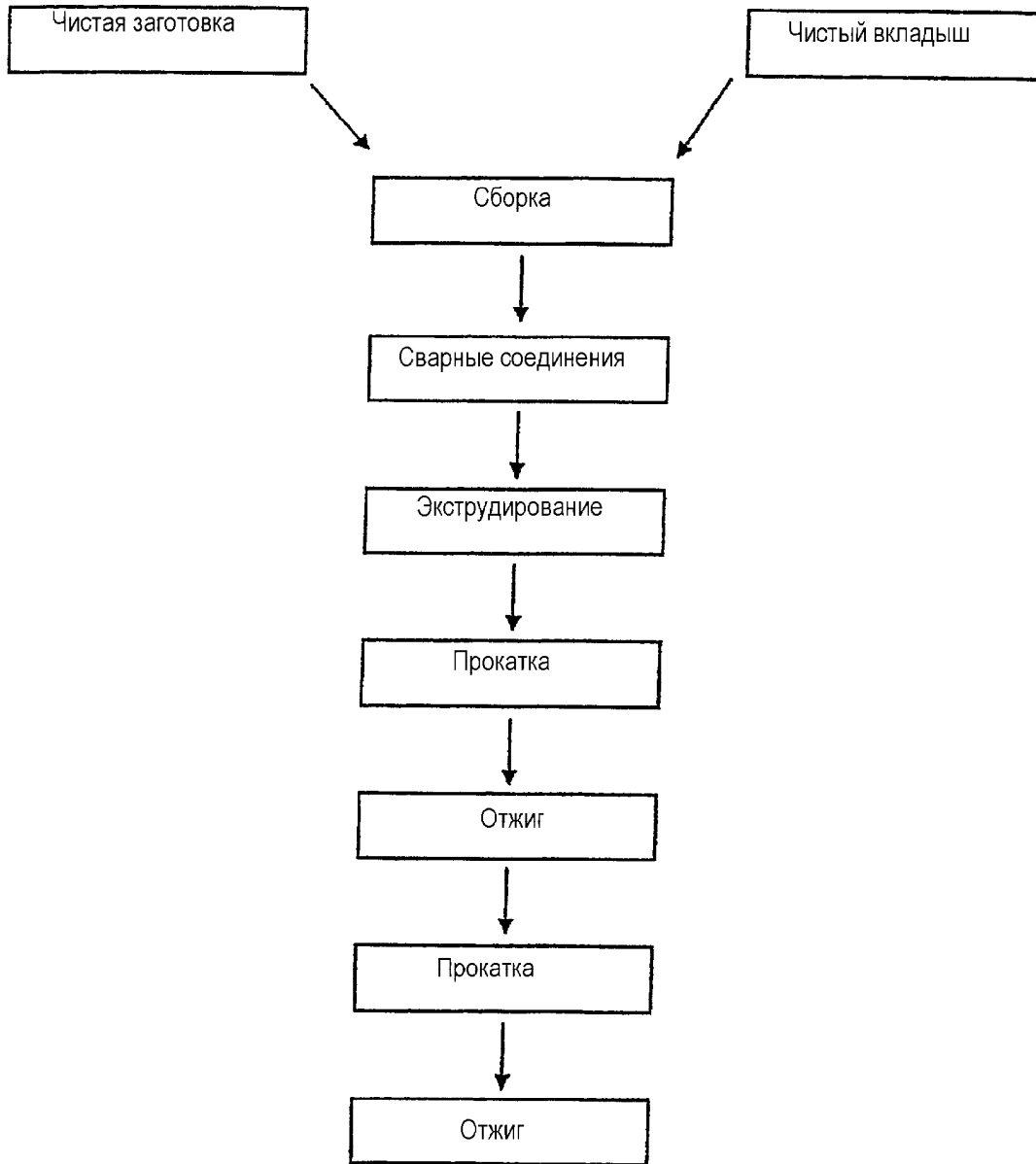
ФИГ. 9



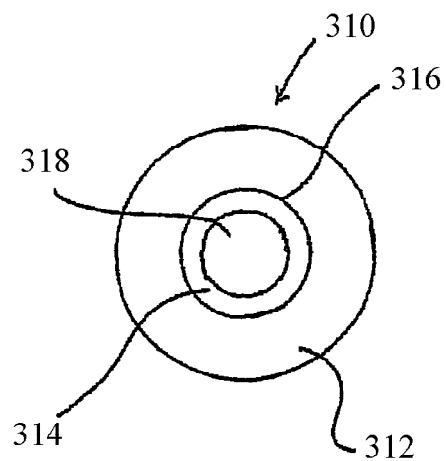
ФИГ. 10



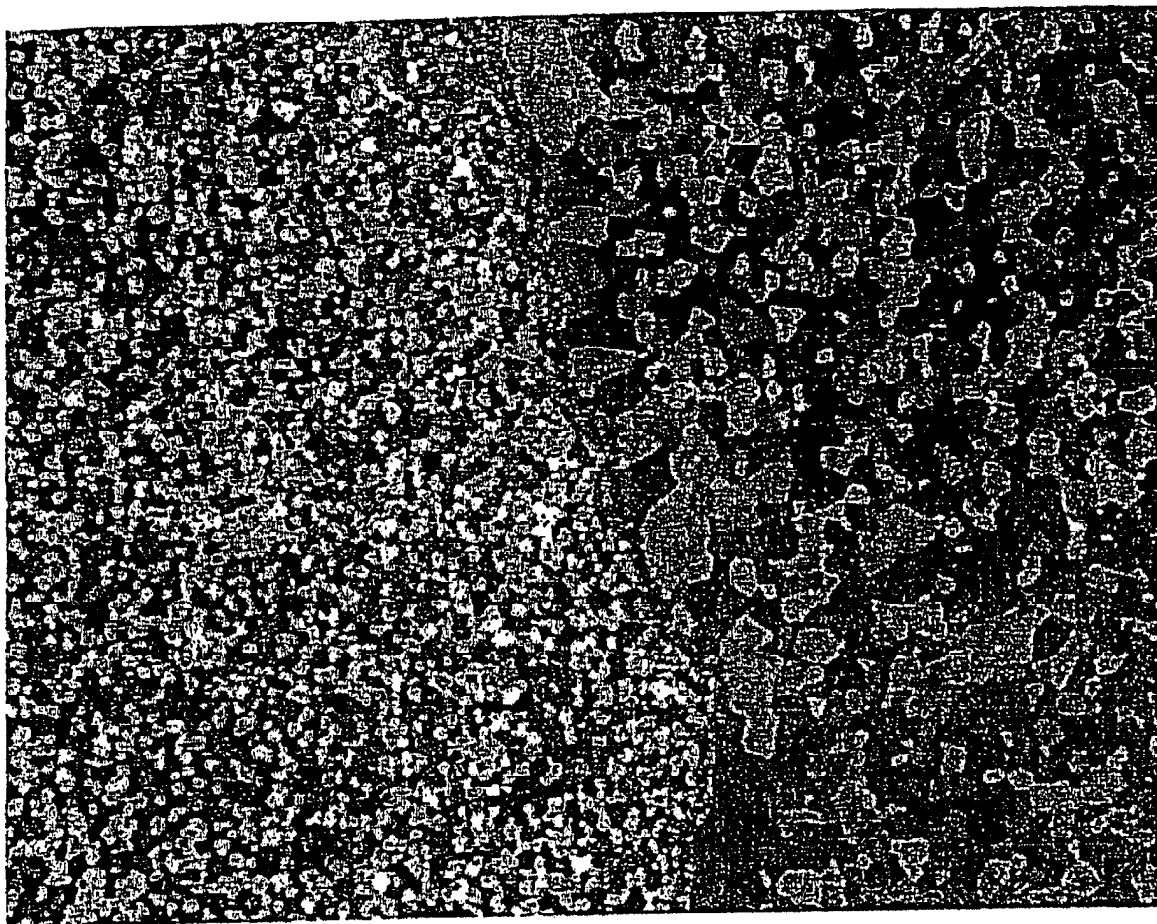
ФИГ. 11



ФИГ. 12



ФИГ. 13



ФИГ. 14