

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036426**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.11.10

(21) Номер заявки
201890349

(22) Дата подачи заявки
2016.07.20

(51) Int. Cl. *C21D 8/00* (2006.01)
C07C 273/04 (2006.01)
C21D 9/08 (2006.01)
C22C 33/04 (2006.01)
C22C 38/00 (2006.01)
C22C 38/02 (2006.01)
C22C 38/04 (2006.01)
C22C 38/44 (2006.01)
C21D 6/00 (2006.01)
B01J 19/02 (2006.01)
F28F 21/08 (2006.01)
B01D 1/06 (2006.01)
C22C 38/58 (2006.01)

(54) **ДУПЛЕКСНАЯ НЕРЖАВЕЮЩАЯ СТАЛЬ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ**

(31) **15177441.1**

(32) **2015.07.20**

(33) **EP**

(43) **2018.05.31**

(86) **PCT/NL2016/050542**

(87) **WO 2017/014632 2017.01.26**

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

(72) Изобретатель:
**Гуллберг Даниель, Харальдссон
Кристина, Вильсон Андерс (SE),
Схердер Александер Алейда
Антониус, Офей Кирк Ангюах (NL)**

(74) Представитель:
Воль О.И., Фелицына С.Б. (RU)

(56) **WO-A1-2015099530
WO-A1-2015097253
EP-A1-2801396
EP-A1-1688511
WO-A1-9500674
EP-A1-1340829**

(57) Описание относится к коррозионно-устойчивой дуплексной нержавеющей стали (ферритно-аустенитному сплаву), которая пригодна для применения в установке по производству карбамида, и ее применению. Описание также относится к изделиям из упомянутой дуплексной нержавеющей стали. Кроме того, настоящее описание также относится к способу производства карбамида и к установке по производству карбамида, содержащей одну или более деталей, изготовленных из упомянутой дуплексной нержавеющей стали, и к способу модификации существующей установки по производству карбамида.

036426 B1

036426 B1

Область техники

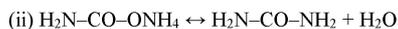
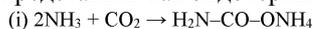
Настоящее описание относится к коррозионно-устойчивой дуплексной нержавеющей стали (ферритно-аустенитному сплаву), которая пригодна для применения в установке по производству карбамида. Описание также относится к изделиям из упомянутой дуплексной нержавеющей стали и применению дуплексной нержавеющей стали. Кроме того, настоящее описание также относится к способу производства карбамида и к установке по производству карбамида, содержащей одну или более деталей, изготовленных из упомянутой дуплексной нержавеющей стали, и к способу модификации существующей установки по производству карбамида.

Предпосылки создания изобретения

Дуплексная нержавеющая сталь представляет собой ферритно-аустенитный сплав. Такие сплавы имеют микроструктуру, имеющую ферритную и аустенитную фазы. Базовые источники в этом отношении включают в себя WO 95/00674 и US 7347903. Описанные в них дуплексные нержавеющие стали имеют высокую устойчивость к коррозии и, следовательно, могут использоваться, например, в очень коррозионной среде установки по производству карбамида.

Карбамид и его производство.

Карбамид (NH_2CONH_2) можно получить из аммиака и диоксида углерода при повышенных температуре (обычно от 150 до 250°C) и давлении (обычно от 12 до 40 МПа) в секции синтеза карбамида установки по производству карбамида. Можно считать, что при таком синтезе происходит две последовательные стадии реакции. На первой стадии образуется карбамат аммония, а на следующей стадии полученный карбамат аммония дегидрируется с образованием карбамида. Первая стадия (i) является экзотермической, а вторую стадию можно представить как эндотермическую равновесную реакцию (ii)



На стандартной установке по производству карбамида вышеуказанные реакции проводятся в секции синтеза с получением водного раствора, содержащего карбамид. Этот раствор концентрируют в одной или более последующих секциях концентрирования с получением в конечном итоге карбамида в виде расплава, а не раствора. После этого расплав проходит через один или более этапов доводки, таких как приллирование, гранулирование, таблетирование или компактирование.

Часто применяемым способом получения карбамида в соответствии со способом стриппинга (отгонки) является способ стриппинга (отгонки) с диоксидом углерода, например, описанный в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp. 333-350. В этом способе за секцией синтеза следуют одна или более секций регенерации. Секция синтеза содержит реактор, аппарат отгонки, конденсатор и предпочтительно, но не обязательно, скруббер, рабочее давление в котором находится в диапазоне от 12 до 18 МПа, например в диапазоне от 13 до 16 МПа.

В секции синтеза карбамидный раствор, выходящий из карбамидного реактора, подается в аппарат отгонки, в котором большое количество непрореагировавших аммиака и диоксида углерода отделяется от водного раствора карбамида.

Такой аппарат отгонки может представлять собой кожухотрубчатый теплообменник, в котором карбамидный раствор подают в верхнюю часть со стороны трубок, а диоксид углерода для применения в синтезе карбамида вводят в нижнюю часть аппарата отгонки. Пар для нагревания раствора вводят со стороны кожуха. Карбамидный раствор выходит из теплообменника в нижней части, а паровая фаза выходит из аппарата отгонки в верхней части. Пар, выходящий из указанного аппарата отгонки, содержит аммиак, диоксид углерода, инертные газы и небольшое количество воды.

Указанный пар, как правило, конденсируется в теплообменнике с падающей пленкой или в затопленном конденсаторе, который может быть горизонтального типа или вертикального типа. Затопленный теплообменник горизонтального типа описан в Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Vol. A27, 1996, pp 333-350. Образованный раствор, который содержит конденсированные аммиак, диоксид углерода, воду и карбамид, рециркулируют вместе с неконденсированными аммиаком, диоксидом углерода и инертным паром.

Условия обработки являются высококоррозионными, в частности, из-за горячего и концентрированного карбаматного раствора. Чтобы попытаться предотвратить коррозию, в процесс производства карбамида в качестве пассивирующего агента вводят кислород, как правило, в форме пассивирующего потока воздуха, т.е. часть кислорода вместе с хромом в стали будет образовывать защитный слой оксида хрома на поверхностях оборудования из нержавеющей стали.

В прошлом коррозия представляла собой проблему, которая заключалась в том, что оборудование по производству карбамида, хотя и было изготовлено из нержавеющей стали, а также несмотря на добавление пассивирующего воздуха, довольно быстро подвергалось коррозии, его приходилось преждевременно заменять, а также еще и потому, что присутствие кислорода неизбежно создает небезопасную ситуацию. Проблема была решена, в частности, путем изготовления оборудования, т.е. его соответствующих деталей, подвергающихся воздействию упомянутых коррозионных условий, из дуплексной нержавеющей стали, в частности так называемой супердуплексной нержавеющей стали, как описано в WO 95/00674 (которая продается под товарным знаком Safurex®). Такая супердуплексная нержавеющая

сталь отличается повышенным содержанием хрома, поскольку комбинация кислорода и дуплексной стали обеспечила значительное снижение количества кислорода, которое будет необходимо для пассивирования, и более низкий уровень пассивной коррозии. Таким образом, супердуплексные нержавеющие стали, которые используют в карбаматной среде, например в установках по производству карбамида, демонстрируют очень хорошие рабочие характеристики, но при высоких температурах, т.е. в зонах, где температура выше 200°C, например при 205°C, уровень пассивной коррозии может быть выше желаемого. Поэтому сохраняется потребность в более коррозионно-устойчивой дуплексной нержавеющей стали, которая будет увеличивать срок эксплуатации специального оборудования установки по производству карбамида, эксплуатируемой при более высоких температурах, например такого как стриппер ВД (высокого давления).

Как будет очевидно специалисту в данной области, в общих чертах применение дуплексной стали в карбаматной среде включает в себя воздействие упомянутого карбамата на упомянутую дуплексную сталь. Поэтому такое использование предполагает контакт дуплексной стали с текучей средой, содержащей карбамат, например с карбаматным раствором. Это, в частности, относится к концентрированному карбаматному раствору, например раствору карбамата аммония с концентрацией от 15 до 95 вес.% карбамата аммония, например от 45 до 95 вес.%. В частности, текучая среда, содержащая карбамат, имеет высокую температуру, например более 180°, например более 200°C.

Кроме того, другая проблема применения дуплексных нержавеющих сталей связана с тем, что исходная микроструктура, т.е. микроструктура, которая была присуща дуплексной нержавеющей стали после ее производства изготовителем стали, может меняться после дальнейшей обработки стали, например при сварке. Микроструктурная стабильность дуплексной нержавеющей стали зависит от состава, и при изготовлении сложных деталей важно располагать материалом, микроструктура которого стабильна в ходе обработки, с тем чтобы гарантировать надлежащую коррозионную устойчивость, а также достаточные механические свойства. Поэтому также существует потребность в дуплексной нержавеющей стали, обладающей стабильной микроструктурой.

Таким образом, сохраняется потребность в дальнейшем совершенствовании материалов из дуплексной нержавеющей стали, которые применяются в установках по производству карбамида, в частности для деталей, подвергающихся воздействию высоких температур и коррозионных текучих сред, например трубках аппарата отгонки.

Поэтому желательно предложить коррозионно-устойчивый материал, отличающийся пониженной скоростью пассивной коррозии, в частности, при воздействии текучих сред, содержащих карбамат, при высоких температурах, таких как, например, в трубках аппарата отгонки, чтобы тем самым продлить срок службы трубок аппарата отгонки и одновременно обеспечить достаточно хорошую структурную стабильность материалов аппарата отгонки и, в частности, структурную стабильность зон, подверженных воздействию тепла, в сварных швах, соединяющих трубки теплообменника с трубной решеткой.

Краткое описание изобретения

Для удовлетворения одной или более из вышеизложенных потребностей в одном аспекте в настоящем описании предложена дуплексная нержавеющая сталь, которая содержит, вес.%:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

В настоящем описании термины "карбамат" и "карбамат аммония" используются взаимозаменяемо.

Предпочтительным карбаматом является карбамат аммония.

Кроме того, настоящее описание относится к применению дуплексной нержавеющей стали в карбаматной среде, при этом такая дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес.%:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 5,0;

W менее 5,0;

N от 0,25 до 0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Более того, настоящее описание относится к формованным изделиям из описанной выше или ниже в настоящем документе дуплексной нержавеющей стали и к применению нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, в установке по производству карбамида.

Настоящее описание также относится к способу производства карбамида, при этом по меньшей мере одна деталь оборудования изготовлена из дуплексной нержавеющей стали, как определено выше в или ниже в настоящем документе, и к установке по производству карбамида, включающей одну или более деталей, содержащих дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе.

Кроме того, в настоящем описании также приводится способ модификации существующей установки по производству карбамида и способ снижения скорости пассивной коррозии установки по производству карбамида за счет применения дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе.

Подробное описание

Настоящее описание относится к дуплексной нержавеющей стали, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Таким образом, например, настоящее описание относится к дуплексной нержавеющей стали, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,020;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,01;

P макс. 0,02;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

В широком смысле настоящее описание основано на разумном представлении о том, что еще более высокая коррозионная устойчивость достигается при применении дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, для тех зон, которые подвержены воздействию карбамата при высоком давлении и высокой температуре. Поэтому упомянутая дуплексная нержавеющая сталь особенно подходит для изготовления деталей, которые подвергаются воздействию концентрированного карбамата аммония при высокой температуре (более чем приблизительно 180°C), например деталей трубок теплообменника и/или, или например, трубок в аппаратах отгонки. Как будет очевидно специалисту в данной области, в частности, в случае воздействия карбамата на оборудование в установке по производству карбамида, характерный концентрированный карбаматный раствор имеет концентрацию от 15 до 95 вес. % карбамата аммония, предпочтительно от 45 до 95 вес. % и более предпочтительно от 47 до 92 вес. %. В одном варианте осуществления такой поток карбамата аммония содержит от 85 до 92 вес. % карбамата аммония, например присутствующего в конденсаторе карбамата высокого давления установки по производству карбамида. В другом варианте осуществления такой поток карбамата аммония содержит от 45 до 65 вес. % карбамата аммония, например присутствующего в бассейновом конден-

саторе установки по производству карбамида и/или на входе в аппарат отгонки, например аппарат отгонки высокого давления установки по производству карбамида, в частности установки со стриппингом CO₂.

Даже, несмотря на то что супердуплексная нержавеющая сталь, как описано в WO 95/00674, обладает превосходной коррозионной устойчивостью в карбаматных растворах (даже в отсутствие кислорода) вплоть до температуры выше 180°C, скорость пассивной коррозии дуплексной нержавеющей стали допускает улучшения, в частности, при температурах выше приблизительно 180°C (регистрируется в трубках аппарата отгонки). Дуплексная нержавеющая сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, демонстрирует заметно более низкие скорости пассивной коррозии при таких экстремальных температурах. Одно из преимуществ дуплексной нержавеющей стали заключается в том, что она обеспечивает более продолжительный ожидаемый срок службы аппарата отгонки, в частности трубок теплообменника.

Настоящее описание также относится к применению в карбаматной среде, например в среде карбамата аммония, дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, при этом дуплексная нержавеющая сталь предпочтительно содержит в процентах, вес. %:

C макс. 0,030;
Si макс. 0,8;
Mn макс. 2,0;
Cr от 29,0 до 31,0;
Ni от 5,0 до 9,0;
Mo менее 5,0;
W менее 5,0;
N 0,25-0,45;
Cu макс. 2,0;
S макс. 0,02;
P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Поэтому, например, настоящее описание относится к применению в карбаматной среде, например в среде карбамата аммония, дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, при этом дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес. %:

C макс. 0,020;
Si макс. 0,8;
Mn макс. 2,0;
Cr от 29,0 до 31,0;
Ni от 5,0 до 9,0;
Mo менее 5,0;
W менее 5,0;
N 0,25-0,45;
Cu макс. 2,0;
S макс. 0,01;
P макс. 0,02;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

Авторы изобретения неожиданно обнаружили, что в случае изготовления трубок аппарата отгонки из дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, добавление кислорода в процесс может быть сведено практически до нуля при сохраняющейся скорости пассивной коррозии, которая будет низкой во всех деталях установки по производству карбамида, а также в трубках аппарата отгонки. Более того, авторы изобретения также установили, что обычно применяемые тесты для оценки коррозии нержавеющей стали (например, тест Штрейхера с тестовым раствором сульфата тривалентного железа и серной кислоты, который проводят при 127°C), которые применяли при разработке дуплексной нержавеющей стали (как описано в WO 95/00674), не коррелируют с фактически наблюдаемой коррозией конкретного оборудования (трубки аппарата отгонки) в установке по производству карбамида. Поэтому дальнейшее улучшение показателей скорости пассивной коррозии дуплексной нержавеющей стали было возможно только по результатам тестирования коррозии в автоклаве высокого давления, моделирующего реальные условия процесса, которые существуют в конкретном оборудовании, например в трубках аппарата отгонки.

Элементный состав дуплексной нержавеющей стали обычно соответствует определенному выше или ниже в настоящем документе, и функциональные характеристики каждого элемента сплава дополнительно описаны ниже.

Углерод (C) в настоящем описании следует рассматривать как примесный элемент, и он имеет ограниченную растворимость как в ферритной, так и в аустенитной фазе. Такая ограниченная раствори-

мость предполагает, что при слишком высоких процентных содержаниях существует риск выпадения осадка карбида, вследствие чего коррозионная устойчивость будет снижена. Поэтому содержание С должно быть ограничено максимальным значением 0,030 вес.%, например максимальным значением 0,020 вес.%, например максимальным значением 0,017 вес.%, например максимальным значением 0,015 вес.%, например максимальным значением 0,010 вес.%.

Кремний (Si) применяют в производстве стали в качестве добавки для деоксидирования. Однако слишком большое содержание Si повышает склонность к осаждению интерметаллических фаз и снижению растворимости N. По этой причине содержание Si следует ограничивать макс. 0,8 вес.%, например макс. 0,5 вес.%, например диапазоном от 0,05 до 0,50 вес.%, например от 0,1 до 0,5 вес.%.

Марганец (Mn) добавляют для повышения растворимости N и для замены Ni как элемента сплава, поскольку Mn считается элементом, стабилизирующим аустенит. Вместе с тем Mn может оказывать отрицательное воздействие на структурную стабильность, а потому его содержание составляет макс. 2,0 вес.%, например макс. 1,5%, например в диапазоне от 0,5 до 1,5 вес.%.

Хром (Cr) является наиболее активным элементом в отношении получения устойчивости к большому числу видов коррозии. При синтезе карбамида содержание Cr имеет большое значение с точки зрения коррозионной устойчивости, поэтому должно быть как можно более высоким. Вместе с тем существует баланс между высоким содержанием хрома и хорошей структурной стабильностью. Поэтому в настоящем описании для достижения достаточной коррозионной устойчивости, а также обеспечения структурной стабильности содержание Cr должно находиться в диапазоне от 29,0 до 31,0 вес.%. Поэтому содержание Cr составляет от 29,0 до 31,0 вес.%, например от 29,00 до 30,00 вес.%.

Никель (Ni) применяют главным образом как элемент, стабилизирующий аустенит. Преимущество применения Ni заключается в том, что он не оказывает отрицательного воздействия на структурную стабильность. Для обеспечения структурной стабильности содержание Ni должно обязательно составлять по меньшей мере 5,0 вес.%, поскольку если содержание Ni оказывается ниже 5 вес.%, в процессе термической обработки могут образоваться нитриды хрома. Вместе с тем Ni может образовывать прочный комплекс с аммонием, поэтому содержание Ni должно быть как можно более низким. Таким образом, содержание Ni находится в диапазоне 5,0-9,0 вес.%, например 5,5-8,5 вес.%, например от 5,5 до 7,5 вес.%.

Молибден (Mo) применяют для повышения пассивности дуплексной нержавеющей стали. Вместе с тем слишком высокое содержание Mo сопряжено с риском осаждения интерметаллических фаз. Поэтому содержание Mo составляет менее 5,0 вес.%, например менее 4,0 вес.%. Вольфрам (W) повышает стойкость к питтинговой и щелевой коррозии. Однако слишком высокое содержание W повышает риск осаждения интерметаллических фаз, в частности, в комбинации с высоким содержанием Cr и Mo. Поэтому содержание W составляет менее 5,0 вес.%, например менее 4,0 вес.%. Для достижения как можно более высоких антикоррозионных свойств содержание Mo+W должно быть как можно более высоким, при этом чувствительность по отношению к сигма-фазе не должна быть необоснованно высокой. Если содержание Mo+W превышает 5,0 вес.%, определяющий фактор образования сигма-фазы будет настолько высоким, что осложнит получение компонентов без сигма-фазы. Вместе с тем в соответствии с настоящим описанием было показано, что если W+Mo превышает 3,0 вес.%, дуплексная нержавеющая сталь будет демонстрировать еще более низкий уровень коррозии в трубке аппарата отгонки. Поэтому содержание Mo+W составляет более 3,0 вес.%, но менее 5,0 вес.%, например менее 4,0 вес.%. Более того, если содержание W+Mo превышает 3,0 вес.%, но меньше 4,0 вес.%, дуплексная нержавеющая сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, содержит небольшое количество сигма-фазы, например, по существу, не содержит сигма-фазы, например макс. 0,5 вес.%, например макс. 0,05 вес.%. Предпочтительно следует избегать образования сигма-фазы, поскольку она может вызывать охрупчивание дуплексной нержавеющей стали и, тем самым, снижать коррозионную устойчивость.

Азот (N) является эффективным аустенитообразующим элементом и усиливает растворение аустенита. Кроме того, N влияет на распределение Cr, Mo и Ni в аустенитной фазе и ферритной фазе. Поэтому более высокое содержание N увеличивает относительную долю Cr и Mo в аустенитной фазе. Это означает, что аустенит становится более устойчивым к коррозии, а также то, что в дуплексную нержавеющую сталь можно добавить большее количество Cr и Mo с сохранением структурной стабильности. Поэтому содержание N должно составлять по меньшей мере 0,25 вес.%. Вместе с тем растворимость азота ограничена, и слишком высокий уровень азота будет увеличивать риск образования нитридов хрома, что, в свою очередь, будет влиять на коррозионную устойчивость. Поэтому содержание N не должно превышать 0,45 вес.%. Таким образом, содержание N составляет от 0,25 до 0,45 вес.%, например от 0,28 до 0,40 вес.%.

Медь (Cu) является необязательным элементом в настоящем описании и при введении повышает общую коррозионную устойчивость в кислотных средах, например в серной кислоте. Однако высокое содержание Cu снижает стойкость к питтинговой и щелевой коррозии. Следовательно, содержание Cu следует ограничить макс. 2,0 вес.%, например макс. 1,0 вес.%, например макс. 0,8 вес.%.

Сера (S) отрицательно влияет на коррозионную устойчивость, формируя легко растворимые сульфиды. Следовательно, содержание S следует ограничить макс. 0,02 вес.%, например макс. 0,01 вес.%.

Фосфор (P) является распространенным примесным элементом. Если он присутствует в количест-

вах, превышающих примерно 0,03 вес.%, он может оказывать неблагоприятное воздействие, например, на ковкость в горячем состоянии, свариваемость и коррозионную устойчивость. Содержание Р в сплаве должно быть ограничено до макс. 0,03 вес.%, например макс. 0,02 вес.%.

Если используется термин "макс" ("максимальное значение"), специалисту понятно, что нижний предел диапазона равен 0 вес.%, если явным образом не указано другое число. Таким образом, нижним пределом для С, Si, Mn, Cu, S и Р является 0 вес.%, поскольку они являются необязательными компонентами.

Кроме того, при необходимости другие элементы могут добавляться в дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, в процесс производства, чтобы улучшить технологическую обрабатываемость, например обрабатываемость в горячем состоянии, механическую обрабатываемость и т.п. К неограничивающим примерам таких элементов относятся Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Се и В. В случае добавления такие элементы вводят в количествах, в сумме составляющих макс. 0,5 вес.%. Например, при необходимости возможно, чтобы сплав, как определено выше или ниже в настоящем документе, который содержит указанные элементы С, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, W, N, Cu, S и Р в указанных количествах и в котором остальное приходится на Fe+неизбежные примеси, содержал упомянутые указанные элементы в упомянутых количествах плюс макс. 0,5 вес.% добавляемых необязательных элементов, например добавляемых для технологической обрабатываемости, таких как Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Се и В, при этом остальное приходилось на Fe+неизбежные примеси.

Остальное в дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, приходится на Fe и неизбежные примеси. К примерам неизбежных примесей относятся элементы и соединения, которые не добавляют специально, но их присутствия невозможно полностью избежать, поскольку они обычно присутствуют в качестве примесей, например, в исходном материале, который применяют для изготовления дуплексной нержавеющей стали.

Содержание феррита в дуплексной нержавеющей стали в соответствии с настоящим описанием важно с точки зрения коррозионной устойчивости. Следовательно, содержание феррита предпочтительно находится в диапазоне от 30 до 70 об.%, например в диапазоне от 30 до 60 об.%, например в диапазоне от 30 до 55 об.%, например в диапазоне от 40 до 60 об.%.

Дуплексная нержавеющая сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, может быть изготовлена в соответствии с традиционными способами, например литьем с последующей горячей обработкой и/или холодной обработкой и при необходимости дополнительной термической обработкой. Дуплексная нержавеющая сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, может также получаться в виде порошкового продукта, например, для процесса горячего изостатического прессования (HIP).

Дуплексная нержавеющая сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе, может иметь другие применения там, где для оборудования требуется высокая коррозионная устойчивость. К некоторым примерам возможного применения дуплексной нержавеющей стали относятся применение в качестве конструкционных материалов для компонентов химических процессов, которые предназначены для применения в среде азотной кислоты, в производстве меламина, применение в целлюлозно-бумажной промышленности, например в среде белого щелока, а также в качестве материала сварочной электродной проволоки. Сталь можно применять, например, для производства бесшовных труб, сварных труб, фланцев, соединительных муфт и листового металла.

Настоящее описание также относится к формованному изделию, содержащему дуплексную нержавеющую сталь, в соответствии с одним из вариантов осуществления упомянутое изделие представляет собой трубку, например трубку аппарата отгонки для установки по производству карбамида или распределитель жидкости для аппарата отгонки в установке по производству карбамида. Настоящее описание также относится к применению дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, в любом из вариантов осуществления, описанных выше и ниже в настоящем документе, в процессе синтеза карбамида. Такое применение дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе, призвано уменьшить коррозию одной или более деталей оборудования, используемого в упомянутом процессе, например одной или более деталей секции синтеза карбамида высокого давления, например деталей, которые вступают в контакт с карбаматным раствором.

Еще один аспект настоящего описания связан с предложением способа получения карбамида, в котором по меньшей мере одна из деталей оборудования, например деталь, вступающая в контакт с карбаматным раствором, выполнена из дуплексной нержавеющей стали, как определено выше или ниже в настоящем документе. Содержание кислорода в карбаматном растворе может составлять менее 0,1 миллионной доли, например менее 0,04 миллионной доли (по весу).

Еще один аспект настоящего описания связан с созданием установки по производству карбамида, при этом упомянутая установка включает в себя одну или более деталей, содержащих дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе. В соответствии с одним вариантом осуществления одна или более трубок аппарата отгонки содержит дуплексную нержавеющую сталь или изготовлена из нее, как определено выше или ниже в настоящем документе. В соответствии с еще одним вариантом осуществления установка включает в себя секцию синтеза карбамида высокого

давления, которая содержит аппарат отгонки, причем аппарат отгонки включает в себя по меньшей мере один распределитель жидкости, содержащий дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе. Упомянутую дуплексную нержавеющую сталь можно применять в способе модификации существующей установки по производству карбамида, причем указанная установка содержит один или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из распределителей жидкости, радарных конусов, (регулирующих) клапанов и эжекторов, при этом упомянутый способ отличается тем, что одну или более трубок аппарата отгонки заменяют трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе. Способ можно также применять в способе снижения скорости коррозии установки по производству карбамида посредством замены по меньшей мере одной трубки аппарата отгонки трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, как определено выше или ниже в настоящем документе.

Настоящее описание также включает следующие варианты осуществления, не имеющие ограничительного характера:

Вариант осуществления 1.0. Применение дуплексной нержавеющей стали в карбаматной среде, при этом такая дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес.%:

C макс. 0,030;
Si макс. 0,8;
Mn макс. 2,0;
Cr от 29,0 до 31,0;
Ni от 5,0 до 9,0;
Mo менее 4,0;
W менее 4,0;
N 0,25-0,45;
Cu макс. 2,0;
S макс. 0,02;
P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Вариант осуществления 1.1. Применение дуплексной нержавеющей стали в карбаматной среде, при этом такая дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес.%:

C макс. 0,020;
Si макс. 0,8;
Mn макс. 2,0;
Cr от 29,0 до 31,0;
Ni от 5,0 до 9,0;
Mo менее 5,0;
W менее 5,0;
N 0,25-0,45;
Cu макс. 2,0;
S макс. 0,01;
P макс. 0,02;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

Вариант осуществления 1.2. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с вариантом осуществления 1.0 или 1.1, при этом содержание Mn составляет 0,5-1,5 вес.%.

Вариант осуществления 1.3. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с вариантом осуществления 1.0, 1.1 или 1.2, при этом содержание Si составляет от 0,010 до 0,50 вес.%.

Вариант осуществления 1.4. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с любым из вариантов осуществления от 1.0 до 1.3, при этом содержание Ni составляет от 5,5 до 8,5 вес.%, например от 5,5 до 7,5 вес.%.

Вариант осуществления 1.5. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с любым из вариантов осуществления от 1.0 до 1.4, при этом содержание N составляет от 0,28 до 0,40 вес.%.

Вариант осуществления 1.6. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с любым из вариантов осуществления от 1.0 до 1.5, при этом дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес.%:

C макс. 0,030;
Si макс. 0,8;
Mn макс. 2,0;
Cr от 29,0 до 31,0;
Ni от 5,0 до 9,0;
Mo менее 4,0;
W менее 4,0;
N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03.

Вариант осуществления 1.7. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с вариантом осуществления 1.6, при этом дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес. %:

C макс. 0,020;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,01;

P макс. 0,02;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Вариант осуществления 1.8. Применение дуплексной нержавеющей стали в соответствии с любым из вариантов осуществления 1.0-1.7 в процессе синтеза карбамида для снижения коррозии одной или более деталей секции синтеза карбамида высокого давления, которые вступают в контакт с раствором карбамата аммония.

Вариант осуществления 1.9. Формованное изделие, содержащее дуплексную нержавеющую сталь в соответствии с описанием любого из вариантов осуществления 1.0-1.7, при этом упомянутое формованное изделие представляет собой трубу, трубку аппарата отгонки для установки по производству карбамида или распределитель жидкости для аппарата отгонки для установки по производству карбамида.

Вариант осуществления 1.10. Способ производства карбамида, при этом по меньшей мере одна деталь оборудования изготовлена из дуплексной нержавеющей стали, как определено в любом из вариантов осуществления 1.0-1.7, и такой способ предпочтительно включает образование карбамата аммония и дегидратацию карбамата аммония с получением карбамида.

Вариант осуществления 1.11. Установка по производству карбамида, при этом упомянутая установка включает в себя одну или более деталей, содержащих дуплексную нержавеющую сталь, как определено в любом из вариантов осуществления 1.0-1.7.

Вариант осуществления 1.12. Установка в соответствии с вариантом осуществления 1.11, при этом одна или более деталей представляют собой одну или более трубок аппарата отгонки.

Вариант осуществления 1.13. Установка в соответствии с вариантами осуществления 1.11 или 1.12, включающая в себя секцию синтеза карбамида высокого давления, содержащую аппарат отгонки, при этом аппарат отгонки включает в себя по меньшей мере один распределитель жидкости, содержащий дуплексную нержавеющую сталь, как определено в любом из вариантов осуществления 1.0-1.7.

Вариант осуществления 1.14. Способ модификации существующей установки по производству карбамида, причем указанная установка содержит один или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из распределителей жидкости, радарных конусов, (регулирующих) клапанов и эжекторов, при этом упомянутый способ отличается тем, что одну или более трубок аппарата отгонки заменяют трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, как определено в любом из вариантов осуществления 1.0-1.7.

Вариант осуществления 1.15. Способ снижения скорости пассивной коррозии установки по производству карбамида посредством замены по меньшей мере одной трубки аппарата отгонки трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, как определено в любом из вариантов осуществления 1.0-1.7.

Вариант осуществления 2.0. Дуплексная нержавеющая сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Вариант осуществления 2.1. Дуплексная нержавеющая сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,020;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,01;

P макс. 0,02;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

Вариант осуществления 2.2. Дуплексная нержавеющая сталь в соответствии с вариантом осуществления 2.0 или 2.1, при этом содержание Mn составляет 0,5-1,5 вес. %.

Вариант осуществления 2.3. Дуплексная нержавеющая сталь в соответствии с вариантом осуществления 2.0, 2.1 или 2.2, при этом содержание Si составляет от 0,010 до 0,50 вес. %.

Вариант осуществления 2.4. Дуплексная нержавеющая сталь в соответствии с любым из вариантов осуществления от 2.0 до 2.3, при этом содержание Ni составляет от 5,5 до 8,5 вес. %, например от 5,5 до 7,5 вес. %.

Вариант осуществления 2.5. Дуплексная нержавеющая сталь в соответствии с любым из вариантов осуществления от 2.0 до 2.4, при этом содержание N составляет от 0,28 до 0,40 вес. %.

Вариант осуществления 2.6. Дуплексная нержавеющая сталь в соответствии с вариантом осуществления 2.0 или 2.1, при этом содержание Mn составляет 0,5-1,5 вес. %, содержание Si составляет от 0,010 до 0,50 вес. %, содержание Ni составляет от 5,5 до 8,5 вес. % и содержание N составляет от 0,28 до 0,40 вес. %.

Вариант осуществления 2.7. Формованное изделие, содержащее дуплексную нержавеющую сталь в соответствии с любым из вариантов осуществления от 2.0 до 2.6.

Настоящее описание дополнительно проиллюстрировано следующими примерами, не имеющими ограничительного характера.

Примеры

В табл. 1 приведены композиции дуплексных нержавеющих сталей, использованные в примерах. Детали, использованные для тестирования, были изготовлены из сортовых заготовок весом 270 кг, прошедших горячую ковку, горячую прокатку, холодную прокатку, а затем термическую обработку.

Коррозионные испытания с использованием автоклавов.

Образцы вырезали из 5-мм полос, которые были получены горячей обработкой до температуры приблизительно 1200°C и холодной прокаткой (комнатная температура) с промежуточным (приблизительно 1100°C) и конечным отжигом при 1070°C. Образцы, которые использовали для испытаний, имели форму брусков с приблизительными размерами 20×10×3 мм. Все поверхности обрабатывали и доводили мокрой шлифовкой.

Коррозионную устойчивость дуплексной нержавеющей стали оценивали в не содержащем кислорода карбаматном растворе. Композицию карбаматного раствора выбирали таким образом, чтобы моделировать еще более жесткие условия по сравнению с обычно существующими в трубках теплообменника аппарата отгонки в установке по производству карбамида. Температура в ходе испытаний составляла 210°C. Скорость коррозии рассчитывали после воздействия не содержащего кислорода карбаматного раствора в течение 14 дней. Результаты представлены в табл. 3. Как можно видеть из таблицы, загрузки 1 и 2 демонстрируют более высокую коррозионную устойчивость, чем сравнительные загрузки 3-5, на что указывает более низкая скорость коррозии.

Для исследования воздействия применяли приведенную ниже процедуру. Автоклав тщательно мыли и очищали сверхчистой водой и этанолом. Образцы (полосы) очищали в ацетоне и этаноле и взвешивали, а также измеряли размеры полос. Затем их устанавливали в тефлоновом держателе образца.

В автоклав добавляли воду и карбамид. Затем продували автоклав азотом, чтобы удалить кислород и другие газы. После этого в автоклав добавляли аммиак.

На следующий день начинали нагревание в соответствии с температурным профилем, приведенным в табл. 2. Последовательность строилась таким образом, чтобы исключить перегрев. Образцы оставались при 210°C в течение 14 дней.

Таблица 1

Загрузка	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	W	Mo + W	N	Cu
1	0,012	0,08	1	0,008	0,008	29,07	5,76	0,48	2,55	3,03	0,35	0,01
2	0,012	0,23	1,05	0,005	0,005	29,92	7,17	3,01	-	3,01	0,3	-
3	0,011	0,48	1,06	0,004	0,006	28,74	6,84	2,24	-	2,24	0,34	< 0,010
4	0,010	0,11	1,09	0,005	0,006	33,31	6,5	0,48	-	0,48	0,41	< 0,010
5	0,010	0,48	4,07	0,004	0,007	30,77	5,08	0,33	-	0,33	0,33	< 0,010

Таблица 2

	Начальная темп. (°C)	Конечная темп. (°C)	Скорость нагрева (°C/мин)
1	КТ	195	1
2	195	208	0,2
3	208	210	0,1

Таблица 3

Загрузка	Скорость коррозии [мм/год]
1	0,186
2	0,191
3	0,223
4	0,275
5	0,329

Механические испытания.

Механические свойства оценивали в ходе испытаний на растяжение, испытаний ударными нагрузками и измерений твердости. Для испытаний на растяжение и измерений твердости использовали 5-мм полосы после холодной прокатки и отжига. Для испытаний ударными нагрузками использовали 11-мм полосы после горячей прокатки. Изготовление полос описано выше.

Испытания на растяжение проводили при комнатной температуре в соответствии с ISO6892-1:2009.

Образцы для испытаний ударными нагрузками представляли собой стандартные образцы для испытаний с V-образным надрезом (SSV1). Испытания проводили в соответствии с ISO14556. Испытания проводили при двух значениях температуры: при комнатной температуре и при -35°C.

Измерения твердости проводили на поверхности поперечного разреза продольных образцов, полученных из 5-мм полосы. Измерения проводили по центру полосы. Измерение твердости по Виккерсу с нагрузкой 98,07 Н (10 кг) (98,07 МПа (HV10)).

Измерения межаустенитного интервала проводили на тех же образцах, что и для измерений твердости. Измерения проводили в соответствии с рекомендуемой практикой DNV-RP-F112, разделом 7 (октябрь 2008 г.).

Результаты механических испытаний приведены в таблицах ниже.

Таблица 4А

Результаты испытаний на растяжение

Загрузка	Rp 0,2 (МПа)	Rp 0,1 (МПа)	Rm (МПа)	A (%)
1	626	717	865	30
2	648	744	878	27
3	566	669	831	31
4	669	755	883	28
5	617	703	817	28

Таблица 4В

Результаты испытаний ударной нагрузкой при комнатной температуре

Загрузка	КТ-1	КТ-2	КТ-3
1	146	169	153
2	194	188	178
3	202	208	213
4	172	178	178
5	143	135	150

Таблица 4С

Результаты испытаний ударной нагрузкой при -35°C

Загрузка	Тест 1 (Дж)	Тест 2 (Дж)	Тест 3 (Дж)	Среднее значение (Дж)
1	107	146	130	128
2	145	141	137	141
3	165	179	186	177
4	37	40	39	39
5	24	23	20	22

Таблица 4D

Результаты испытаний твердости

98,07 МПа (HV10)				
Загрузка	Отпечаток 1	Отпечаток 2	Отпечаток 3	Среднее
1	309	283	285	292
2	292	292	283	289
3	285	285	292	287
4	279	292	297	289
5	266	276	281	274

Таблица 4E

Результаты измерений межаустенитного интервала

Межаустенитный интервал (мкм)
9,7
12,1
4,5
9
12,2

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Применение дуплексной нержавеющей стали, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме макс. 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0,

в качестве конструкционного материала для компонентов установки по производству карбамида, контактирующих с карбаматным раствором.

2. Применение дуплексной нержавеющей стали по п.1, причем дуплексная нержавеющая сталь содержит, вес. %:

C макс. 0,020;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N от 0,25 до 0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,01;

P макс. 0,02;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

3. Применение дуплексной нержавеющей стали по п.1, при котором содержание в вес. % составляет

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

и при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 4,0.

4. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-3, при котором содержание Mn составляет 0,5-1,5 вес. %.

5. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-4, при котором содержание Si составляет от 0,010 до 0,50 вес. %.

6. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-5, при котором содержание Ni составляет от 5,5 до 8,5 вес. %.

7. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-6, при котором содержание N составляет от 0,28 до 0,40 вес. %.

8. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-7, при котором содержание Mn составляет 0,5-1,5 вес. %, при этом содержание Si составляет от 0,010 до 0,50 вес. %, содержание Ni составляет от 5,5 до 8,5 вес. % и содержание N составляет от 0,28 до 0,40 вес. %.

9. Применение дуплексной нержавеющей стали по любому из пп.1-8 в процессе синтеза карбамида для снижения коррозии одной или более деталей секции синтеза карбамида высокого давления, которые вступают в контакт с раствором карбамата аммония.

10. Формованное изделие, содержащее дуплексную нержавеющую сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0, причем упомянутое формованное изделие представляет собой трубку аппарата отгонки установки по производству карбамида или распределитель жидкости для аппарата отгонки установки по производству карбамида.

11. Способ производства карбамида, включающий реакцию аммиака и диоксида углерода в условиях образования карбамата аммония и дегидратацию карбамата аммония с получением карбамида в установке по производству карбамида, в котором по меньшей мере одна деталь оборудования установки по производству карбамида изготовлена из дуплексной нержавеющей стали, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

12. Установка по производству карбамида, которая включает одну или более деталей, на которые воздействует текучая среда, содержащая карбамат, причем указанные одна или более деталей содержат дуплексную нержавеющую сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

13. Установка по п.12, в которой упомянутая одна или более деталей представляют собой одну или более трубок аппарата отгонки.

14. Установка по п.12 или 13, включающая секцию синтеза карбамида высокого давления, содержащую аппарат отгонки, при этом аппарат отгонки содержит по меньшей мере один распределитель жидкости, содержащий дуплексную нержавеющую сталь.

15. Способ модификации установки по производству карбамида, которая содержит один или более компонентов, выбранных из группы, состоящей из распределителей жидкости, радарных конусов, (регулирующих) клапанов и эжекторов, при этом упомянутый способ включает в себя стадию замены одной или более трубок аппарата отгонки трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

16. Способ снижения скорости пассивной коррозии установки по производству карбамида посредством замены по меньшей мере одной трубки аппарата отгонки трубкой аппарата отгонки, содержащей дуплексную нержавеющую сталь, которая содержит, вес. %:

C макс. 0,030;

Si макс. 0,8;

Mn макс. 2,0;

Cr от 29,0 до 31,0;

Ni от 5,0 до 9,0;

Mo менее 4,0;

W менее 4,0;

N 0,25-0,45;

Cu макс. 2,0;

S макс. 0,02;

P макс. 0,03;

Ti, Nb, Hf, Ca, Al, Ba, V, Ce и B в сумме максимум 0,5;

остальное - Fe и неизбежно присутствующие примеси; и

при этом содержание Mo+W больше 3,0, но меньше 5,0.

