



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: 2003110961/15, 17.09.2001

(24) Дата начала действия патента: 17.09.2001

(30) Приоритет: 18.09.2000 (пп.1-13) US 09/664,334

(43) Дата публикации заявки: 27.08.2004

(45) Опубликовано: 27.01.2005 Бюл. № 3

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2899278 A, 11.08.1959. US 2721626 A, 25.10.1955. JP 57-187596 A, 18.11.1982. RU 2008992 C1, 15.03.1994.

(85) Дата перевода заявки РСТ на национальную фазу: 18.04.2003

(86) Заявка РСТ:
US 01/42176 (17.09.2001)

(87) Публикация РСТ:
WO 02/22504 (21.03.2002)

Адрес для переписки:
129010, Москва, ул. Б.Спасская, 25, стр.3, ООО
"Юридическая фирма Городисский и Партнеры",
пат.пов. Е.Е.Назиной

(72) Автор(ы):

ЮИЛЛ Уилльям А. (US),
НАТАЛИ Чарльз А. (US),
ФЛИНН Гарри Э. (US),
ФИЛЛИПИ Бита (US)

(73) Патентообладатель(ли):

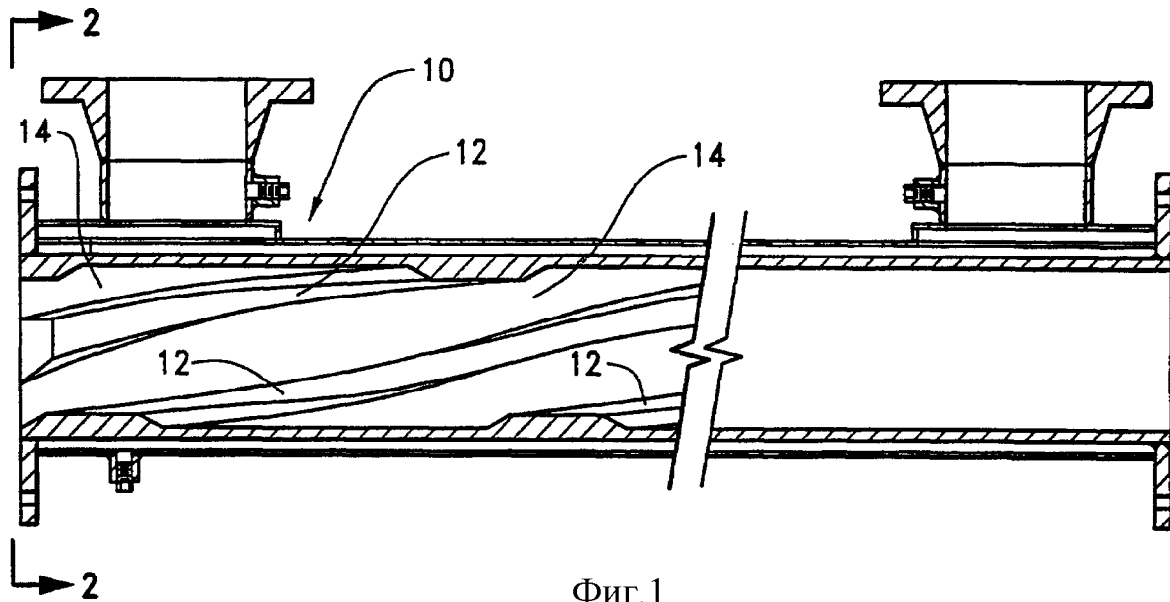
КЕРР-МАҚДЖИ КЕМИКАЛ, ЛЛС (US)

(54) СПОСОБ ПОЛУЧЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА

(57) Реферат:

Изобретение относится к способам получения и охлаждения диоксида титана. Газообразный тетрахлорид титана и кислород взаимодействуют при высокой температуре для образования твердого диоксида титана в виде частиц и газообразных продуктов реакции. Диоксид титана и газообразные продукты реакции охлаждают, пропуская их через трубчатый теплообменник вместе с чистящим средством для удаления отложений с внутренних поверхностей трубчатого теплообменника. Дисперсное чистящее средство,

диоксид титана в виде частиц и газообразные продукты реакции пропускают по спиральному пути во время их прохода через трубчатый теплообменник. Внутренние поверхности теплообменника снабжены несколькими спиральными лопатками, которые расположены на всей поверхности или части поверхностей теплообмена. В результате чистящее средство более тщательно удаляет отложения и диоксида титана, и газообразные продукты реакции охлаждаются более эффективно. 2 с. и 11 з.п. ф-лы, 2 ил, 1 табл.



RU 2 2 4 5 3 0 3 C 2

RU 2 2 4 5 3 0 3 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: **2003110961/15, 17.09.2001**
 (24) Effective date for property rights: **17.09.2001**
 (30) Priority: **18.09.2000 (cl.1-13) US 09/664,334**
 (43) Application published: **27.08.2004**
 (45) Date of publication: **27.01.2005 Bull. 3**
 (85) Commencement of national phase: **18.04.2003**
 (86) PCT application:
US 01/42176 (17.09.2001)
 (87) PCT publication:
WO 02/22504 (21.03.2002)

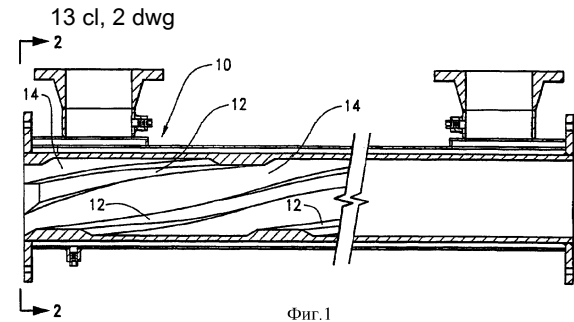
Mail address:
129010, Moskva, ul. B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. E.E.Nazinoj

(72) Inventor(s):
JuILL Uill'jam A. (US),
NATALI Charl'z A. (US),
FLINN Garri Eh. (US),
FILLIPI Bita (US)
 (73) Proprietor(s):
KERR-MAKDZHI KEMIKAL, LLS (US)

(54) **METHOD FOR PRODUCTION AND COOLING OF TITANIUM DIOXIDE**

(57) Abstract:
 FIELD: production and cooling of titanium dioxide.
 SUBSTANCE: gaseous titanium tetrachloride and oxygen are brought into react at high temperature. Titanium dioxide and gaseous reaction products are cooled by passing through tube-type heat exchanger together with cleaning agent to remove depositions from inner walls. Inner walls of heat exchanger contain spiral blades arranged over at least part of heat exchange surface.
 EFFECT: deposition removing with, as well as titanium dioxide and gaseous product cooling with

increased effectiveness.



Настоящее изобретение относится к способам получения и охлаждения диоксида титана, более конкретно к таким способам, в которых охлаждение диоксида титана и образовавшихся газообразных продуктов реакции проводится более эффективно.

При получении диоксида титана с использованием хлоридного процесса нагретый газообразный тетрахлорид титана и нагретый кислород соединяют в трубчатом реакторе при высоких скоростях потоков. В реакторе поддерживают высокую температуру реакции окисления, благодаря чему образуются дисперсный твердый диоксид титана и газообразные продукты реакции. Диоксид титана и газообразные продукты реакции охлаждаются, пропуская их через трубчатый теплообменник вместе с чистящим средством для удаления осадков с внутренних поверхностей теплообменника. Используемым здесь чистящим средством являлось твердое вещество в виде частиц, такое как песок, прокаленный или спрессованный диоксид титана, каменная соль или подобное им. Несмотря на применение чистящего средства, твердый диоксид титана и другие отложения на внутренних поверхностях трубчатого теплообменника удалялись только частично, в результате чего оставались отложения, которые снижают эффективность теплопередачи в теплообменнике.

Таким образом нужны усовершенствованные способы получения и охлаждения диоксида титана, в которых более тщательно утилизируются и удаляются осадки из используемого теплообменника и обеспечивается высокая эффективность охлаждения.

Настоящее изобретение предлагает усовершенствованный способ получения и охлаждения диоксида титана, который удовлетворяет вышеописанные потребности и преодолевает недостатки существующего уровня техники. Усовершенствованный способ по изобретению включает основные стадии взаимодействия газообразного тетрахлорида титана и кислорода при высокой температуре для образования дисперсного твердого диоксида титана и газообразных продуктов реакции. Полученные твердый диоксид в виде частиц титана и газообразные продукты реакции охлаждаются теплообменом с охлаждающей средой в трубчатом теплообменнике. Для удаления отложений диоксида титана и других материалов с внутренних поверхностей теплообменника в теплообменник вводят чистящее средство. Для того, чтобы улучшить удаление отложений с поверхностей и тем самым повысить эффективность теплопередачи в теплообменнике, чистящее средство заставляют двигаться через теплообменник по спиральному пути. После прохождения через теплообменник твердый диоксид титана в виде частиц отделяют от газообразных продуктов реакции.

Таким образом, главная цель настоящего изобретения - предложить усовершенствованный способ получения и охлаждения диоксида титана.

Другие и дополнительные цели, признаки и преимущества настоящего изобретения будут легко видны специалистам при чтении нижеследующего описания предпочтительных осуществлений в сочетании с прилагаемыми чертежами.

Фигура 1 представляет вид сбоку поперечного сечения секции теплообменника, которая включает спиральные лопасти и выемки в соответствии с данным изобретением.

Фигура 2 представляет вид с торца по линии 2-2 фигуры 1.

Пигмент диоксид титана получали до сих пор взаимодействием нагретого газообразного тетрахлорида титана и нагретого кислорода в трубчатом реакторе при высоких температурах. Тетрахлорид титана может включать хлорид алюминия в количествах, достаточных для того, чтобы получить пигмент на основе рутила, содержащий от примерно 0,3 до примерно 3 мас.% оксида алюминия. Обычно тетрахлорид титана предварительно подогревают до температуры в интервале от примерно 650°F до примерно 1800°F в зависимости от конкретно используемого предварительного подогревателя. Кислород обычно предварительно подогревают до температуры в интервале от примерно 1750°F до примерно 3400°F. Температура реакции при давлении 1 атмосфера составляет обычно от около 2300°F до около 2500°F. Реакция дает твердые частицы диоксида титана и газообразные продукты реакции. Продукты реакции немедленно вводят в удлиненный трубчатый теплообменник, в котором продукты реакции охлаждаются путем теплообмена с

охлаждающей средой, такой как охлаждающая вода. Удлиненный трубчатый теплообменник обычно изготавливают из множества отдельных теплообменных секций, которые соединяют вместе сваркой. Секции теплообменника и общая длина теплообменника могут изменяться в широких пределах в зависимости от таких факторов, как производительность по диоксиду титана, желаемая температура на выходе, диаметр теплообменника и т.п. Следовательно, промышленные производители диоксида титана, которые используют хлоридный способ, т.е. способ окисления тетрахлорида титана, применяют для охлаждения продуктов реакции теплообменники с различными диаметрами и длиной. Как пример одного такого теплообменника, секции теплообменника имеют внутренний диаметр 7 дюймов и имеют длину от примерно 7 футов до примерно 16 футов. Удлиненный трубчатый теплообменник часто включает также приемную секцию, которая имеет длину от 1 фута до 4 футов. Во время прохождения через удлиненный трубчатый теплообменник диоксид титана и газообразные продукты реакции охлаждаются до температуры примерно 1300°F или ниже.

Для предотвращения отложения осадков, образованных из диоксида титана и других материалов, получаемых при реакции окисления, в трубчатый теплообменник вместе с продуктами реакции вводили чистящее средство. Примеры чистящих средств, которые могут быть применены, включают, но не ограничиваются этим, песок, смеси диоксида титана и воды, которые гранулированы, высушены и прокалены, прессованный диоксид титана, каменную соль, расплавленный оксид алюминия, диоксид титана и смеси солей, и т.п. Солью, смешанной с диоксидом титана, может быть хлорид калия, хлорид натрия и т.п.

Чистящее средство ударяется о внутренние поверхности теплообменника и удаляет с них отложения. Хотя чистящее средство удаляет часть отложений, оно часто не удаляет все отложения и в результате на внутренних поверхностях теплообменника остается слой отложений. Оставшийся слой отложившегося материала понижает коэффициент теплоотдачи от продуктов реакции, охлаждаемых через стенки теплообменника, к охлаждающей среде. Это в свою очередь существенно снижает эффективность теплообменника и увеличивает общие затраты на производство диоксида титана, требуя установки и эксплуатации более длинных теплообменников и требуя большего количества чистящего средства. После охлаждения продуктов реакции частицы твердого диоксида титана отделяют от газообразных продуктов реакции и чистящего средства.

Настоящее изобретение основывается на обнаружении того, что удаление отложений с внутренних поверхностей теплообменника может быть улучшено за счет принуждения чистящего средства двигаться через теплообменник по спиральному пути. Хотя для того, чтобы заставить чистящее средство двигаться по спиральному пути через теплообменник, могут быть применены различные методы, представляемый предпочтительный метод заключается в создании одной или нескольких спиральных лопаток на внутренних поверхностях по меньшей мере части одной или нескольких из секций теплообменника. Предпочтительно для секций теплообменника внутренним диаметром от 7 дюймов до 11 дюймов две или более спиральных лопатки, имеющие между собой спиральные выемки, предусматривают на 8-футовых частях двух или более из отдельных секций теплообменника. Наиболее предпочтительно на снабженных спиралью частях секций делают от четырех до шести спиральных лопаток со спиральными выемками между ними числом от четырех до шести.

Со ссылкой на чертежи показана одна из отдельных теплообменных секций внутренним диаметром 7 дюймов и длиной 16 футов, составляющих удлиненный теплообменник для охлаждения продуктов реакции, и обозначена в общем номером 10. Теплообменная секция 10 включает четыре спиральные лопатки 12 с четырьмя спиральными выемками 14 между ними, простирающимися на 8 футов ее внутренней части. Как показано на фиг.1, лопатки 12 и выемки 14 поворачиваются по начальным 8 футам длины внутренней поверхности теплообменника 10. Коэффициент поворота спиральных лопаток и выемок является постоянным и находится обычно в интервале от примерно 2 градусов на дюйм до примерно 6 градусов на дюйм, предпочтительно около 4,5 градусов на дюйм. Как показано на фиг.2,

спиральные лопатки 12 и выемки 14 имеют форму искривленных прямоугольников в поперечном сечении. Обычно высота, ширина и коэффициент поворота спиральных лопаток являются такими, что для отдельной теплообменной секции, содержащей лопатки на начальных 8 футах длины своей внутренней поверхности, максимальная потеря
5 давления при максимальной скорости потока продуктов реакции через секцию составляет 0,2 фунта на квадратный дюйм. Дополнительным требованием является то, что чистящее средство полностью очищает внутренние поверхности теплообменной секции, включая поверхности спиральных выемок. Эти критерии удовлетворяются, например, в теплообменной секции, имеющей длину 16 футов, внутренний диаметр 7 дюймов и
10 имеющей четыре искривленных прямоугольных лопатки на одинаковом расстоянии друг от друга на начальных 8 футах своей внутренней поверхности, когда лопатки имеют высоту 0,5 дюйма, ширину 1,5 дюйма и имеют коэффициент поворота 4,3 градуса на дюйм, и когда чистящее средство имеет удельный вес 2 и используются частицы размером 0,028 дюйма при расходе входного газообразного продукта реакции 6,6 фунтов в секунду при
15 температуре 1750°F.

Как упоминалось, все из теплообменных секций, используемых для изготовления удлиненного трубчатого теплообменника, могут включать спиральные лопатки и выемки. Обычно, однако, теплообменные секции, которые включают спиральные лопатки и выемки, в удлиненном трубчатом теплообменнике могут быть разделены несколькими
20 теплообменными секциями, которые не включают спиральные лопатки и выемки. Число теплообменных секций, которые не включают спиральные лопатки и выемки, зависит от того, будут ли эти секции теплообменника тщательно вычищены чистящим средством в используемых рабочих условиях.

Лопатки могут быть образованы из коррозионно-стойкого сплава, такого как сплав
25 никеля и хрома, или они могут быть образованы из керамического износостойкого материала, такого как оксид алюминия, карбид кремния или т.п. Кроме того, лопатки могут быть полыми так, чтобы охлаждающая среда могла поддерживать их более холодными, теплопередача могла увеличиться и отложения пигмента могли бы быть уменьшены.

Усовершенствованный способ по данному изобретению для получения и охлаждения
30 частиц твердого диоксида титана включает несколько стадий. Нагретый газообразный тетрахлорид титана и нагретый кислород взаимодействуют при высокой температуре, т.е. при температуре по меньшей мере около 2200°F с образованием частиц твердого диоксида титана и газообразных продуктов реакции. Твердый диоксида титана и газообразные продукты реакции охлаждаются, пропуская их через удлиненный трубчатый теплообменник
35 вместе с чистящим средством для удаления отложений с внутренних поверхностей теплообменника. Чистящее средство, частицы твердого диоксида титана и газообразные продукты реакции пропускают по спиральному пути во время их прохождения через удлиненный трубчатый теплообменник, благодаря чему чистящее средство тщательно удаляет отложения. В соответствии с представленным настоящим предпочтительным
40 осуществлением изобретения твердый диоксид титана в виде частиц и газообразные продукты реакции принуждают двигаться по спиральному пути путем устройства одной или нескольких спиральных лопаток на внутренних поверхностях всех или удаленных друг от друга частей удлиненного трубчатого теплообменника.

Более частный способ по настоящему изобретению для получения дисперсного
45 твердого диоксида титана в виде частиц включает стадии (а) взаимодействия газообразного тетрахлорида титана и кислорода при температуре в интервале от по меньшей мере 2200°F для образования твердого диоксида титана в виде частиц и газообразных продуктов реакции; (b) охлаждения полученных частиц твердого диоксида титана и газообразных продуктов реакции охлаждающей средой в трубчатом
50 теплообменнике до температуры около 1300°F или ниже; (c) ввода чистящего средства в теплообменник для удаления отложений с его внутренних поверхностей; (d) принуждения чистящего средства двигаться по спиральному пути через трубчатый теплообменник, улучшая тем самым удаление отложений с поверхностей, за счет создания одной или

нескольких спиральных лопаток на внутренней поверхности всего трубчатого теплообменника или его части; и (е) отделения частиц твердого диоксида титана от чистящего средства и газообразных продуктов реакции.

Для того, чтобы дополнительно пояснить усовершенствованный способ по настоящему изобретению, приведен следующий пример.

Пример

5 Был проведен ряд испытаний повышения эффективности удлиненного трубчатого теплообменника, используемого для охлаждения диоксида титана и газообразных
10 продуктов реакции, получаемых в хлоридном процессе. Теплообменник был снабжен приборами для определения эффективности теплообмена и состоял из ряда секций из
15 трубы в рубашке. Охлаждающая вода протекала через рубашку, а продукты реакции из реактора, состоящие из смеси Cl_2 , пигмента TiO_2 и 5-10% O_2 , протекали внутри трубы. Теплообменные секции имели длину около 16 футов и были соединены фланцами. Внешняя водяная труба, называемая переходом, соединяла водяную рубашку одной
20 секции с водяной рубашкой соседней секции. В каждый переход была помещена термopара, и общий расход воды через секции теплообмена измеряли на входе в секции. Количество тепла, переданного от потока продуктов реакции к воде в каждой секции теплообмена, определяли по разности температур между водой на входе и на выходе и
25 расходу воды. Температуру газа для секций теплообменника рассчитывали из материального баланса реактора, количества тепла, введенного в реактор с потоками
30 исходных реагентов и общих потерь тепла с выходным потоком реактора в секции. Коэффициент теплопередачи рассчитывали для каждой секции по температуре продуктового потока и количеству тепла, переданного к охлаждающей воде в данной секции.

35 Затем рассчитанные коэффициенты теплопередачи сравнивали с коэффициентами теплопередачи, рассчитанными по эмпирическим корреляциям теплопередачи, известными из литературы для отдельных свободных газов. Предполагалось, что корреляции для
40 конкретных рабочих газов должны отличаться от чистых газов, но казалось вероятным, что должно быть относительно постоянное отношение между коэффициентом, измеренным для секций теплообменника и коэффициентами, рассчитанными для чистого газа. Результаты показали, что отклонения между значениями, рассчитанными из эмпирических
45 корреляций, и значениями, определенными экспериментально, были намного больше для секций, близких к выходу из удлиненного теплообменника, чем для секций на входе. Кажется вероятным, что различие должно быть вызвано отложениями в секциях. Затем
50 были начаты тесты для разработки способов улучшения теплообмена вблизи к выходу из удлиненного теплообменника. Тесты проводили, используя последние 8 секций удлиненного теплообменника. Все секции были диаметром 7 дюймов и приблизительно 16 футов длины за исключением последней секции, которая была переходом для
55 присоединения удлиненного теплообменника к секции сбора продукта. Переходная секция имела длину 4 фута и была несколько больше по диаметру, чем другие секции. Результаты всех тестов приведены в таблице.

Тест 1

Проводили контрольный тест, используя в качестве чистящего средства кремнеземный песок. Производительность реактора по продукту установили на таком уровне, который мог
60 поддерживаться даже при значительном изменении скоростей теплопередачи. Определяли отношения измеренных коэффициентов к теоретическим коэффициентам. Результаты показывают, что разница между действительными коэффициентами и теоретическими коэффициентами возрастает по мере того, как газы движутся по удлиненному
65 теплообменнику.

50 Тест 2

Во втором тесте в среднюю секцию теплообменника помещали устройство для ввода N_2 в секцию. Реактор производил пигмент TiO_2 с производительностью около 130-150 фунтов в минуту. За период в несколько минут в секцию вводили приблизительно 200

нормальных кубических футов N₂. Результатом являлось то, что теплопередача заметно улучшилась на всем протяжении охлаждения продукта за точкой ввода. Повышение теплопередачи приписывалось более эффективной чистке, а не повышенной турбулентности по двум причинам. Первой было то, что повышение теплопередачи наблюдалось так далеко, как на 100 диаметров секций, за точкой ввода N₂. Расчеты и опубликованные данные показывают, что любое улучшение теплопередачи за счет турбулентности быстро снижается и полностью исчезает в пределах примерно 20 диаметров трубы ниже по потоку (A.H.Algifri, R.K.Bhardwaj, Y.V.N.Rao; "Heat transfer in turbulent decaying swirl flow in a circular pipe", Int.J. Heat & Mass Transfer, Vol. 31(8), pp. 1563-1568 (1988); N.Hay, P.D.West; "Heat transfer in free swirling flow in a pipe", Trans. ASME J. Heat Transfer, 97, pp. 411-416 (1975)). Второй причиной считать, что улучшение теплопередачи вызвано лучшей очисткой, являлось наблюдение того, что повышенная теплопередача продолжалась и некоторое время после остановки потока N₂.

Тест 3

Чистящее средство из TiO₂ готовили агломерацией пигмента-сырца, тепловой обработкой материала для получения материала с подходящей твердостью и затем просеивания материала для получения распределения размеров частиц, подобного распределению использованного ранее кремнеземного песка. TiO₂ чистящее средство вводили перед реактором. Результаты данного теста были подобны результатам теста 1.

Тест 4

Вместо секции теплообменника №6 устанавливали секцию теплообменника, имеющую спиральные лопатки и выемки, как показано на фиг.1 и 2. Часть теплообменной секции, которая включала спиральные лопатки и выемки, занимала первые 8 футов секции. Чистящее средство было таким же, которое использовали в тесте 3, и производительность по продукту была приблизительно такой же, как в тестах 1 и 3. Результаты показывают, что средний коэффициент теплопередачи для секции №7 непосредственно за секцией №6 был значительно более высоким, чем средний коэффициент теплопередачи для секции №7 в тесте 3. Средний коэффициент теплопередачи для секции №8, которая была на расстоянии 32 фута или 55 диаметров трубы от конца спиральных лопаток и выемок, был немного выше коэффициента теплопередачи для секции №8 в тесте 3.

Тест 5

Теплообменная секция, включающая спиральные лопатки и выемки, была установлена вместо секции №11, и был проведен тест, подобный тесту 4. Результаты показывают, что было получено значительное улучшение даже для секции №13, которая отстояла на 26 футов или более чем на 47 диаметров трубы от конца секции №11.

Дополнительные тесты

Тест, подобный тесту 5, проводили, используя спиральные лопатки из керамического материала. Результаты теплопередачи для секций №12 и №13 с керамическими лопатками были такими же, как для теста 5. Теплопередача в секции, содержащей лопатки, зависела от теплопроводности материала, использованного для лопаток, и от конструкции лопаток. В другом наборе тестов определяли температуру газов, выходящих из рукавного фильтра, при работе теплообменника без спиральных лопаток. Затем вместо секции №11 устанавливали лопатки и производительность увеличивали до тех пор, пока температура газов, покидающих рукавный фильтр, не достигала той же величины. Результатом было то, что без лопаток производительность 97 т/сутки давала температуру на выходе 369°F, а с лопатками производительность 119 т/сутки давала температуру на выходе 363°F. Лопатки "INCONEL™" работали более 30 часов. На лопатках не было найдено заметного износа и качество пигмента было превосходным. Никаких отложений не было обнаружено на лопатках.

Результаты тестов показывают, что спиральные лопатки и выемки повышают эффективность чистящего средства. Считалось, что понижение отношения действительного и теоретического коэффициентов теплопередачи по мере того, как газы достигают выхода из удлиненного теплообменника вызвано повышением отложений

вблизи от конца теплообменника. Это согласуется с тем, что лопатки оказались более эффективными в положении №11, чем в положении №6. Расчеты показывают, что при производительностях, использованных в описанных тестах, увеличение потери давления на 150 футах спиральных лопаток по сравнению с гладкой трубой должно быть лишь порядка нескольких фунтов на квадратный дюйм. По этой причине от двух до четырех теплообменных секций, включающих 8-футовые части со спиральными лопатками, может быть помещено на различных расстояниях друг от друга в удлиненном теплообменнике. В удлиненном теплообменнике могут быть использованы также сплошные спиральные лопатки, если стоимость лопаток позволяет сделать это. Результаты также показывают, что спиральные лопатки могут быть изготовлены из сплава, такого как "INCONEL™" 600 или из керамических материалов, таких как кремнийкарбидная керамика, оксид алюминия или композитная керамика. Применение керамики является предпочтительным, если проблемой становится износ или химическая атака.

15

Таблица Отношения измеренных коэффициентов к теоретическим коэффициентам теплопередачи					
Номер опыта	1	2	3	4	5
Производительность по TiO ₂ , т/сутки	104	-	108	105	108
Положение спиральных лопаток и выемок (8 частей)	нет	нет, N ₂ вводят в №8	нет	№6	№11
Теплообменная секция №6, отношение	0,8	-	0,81	-	0,81
Теплообменная секция №7, отношение	0,73	-	0,75	0,86	0,72
Теплообменная секция №8, отношение	0,57	-	0,61	0,64	0,57
Теплообменная секция №9, отношение	0,58	-	0,62	0,62	0,55
Теплообменная секция №10, отношение	0,52	-	0,58	0,56	0,56
Теплообменная секция №11, отношение	0,50	-	0,58	0,49	-
Теплообменная секция №12, отношение	0,39	-	0,46	0,44	0,61
Теплообменная секция №13, отношение	0,42	-	0,53	0,40	0,67

20

25

Таким образом, настоящее изобретение хорошо приспособлено для его осуществления и достижения упомянутых целей и преимуществ, а также тех, которые присущи ему. Хотя специалисты могут сделать многочисленные изменения, такие изменения охватываются объемом данного изобретения, определенным прилагаемой формулой.

30

Формула изобретения

1. Способ получения диоксида титана, в котором газообразный тетрахлорид титана и кислород взаимодействуют при высокой температуре с образованием твердого диоксида титана в виде частиц и газообразных продуктов реакции, диоксид титана и газообразные продукты реакции охлаждают, пропуская их через трубчатый теплообменник вместе с чистящим средством для удаления отложений с внутренней поверхности трубчатого теплообменника, причем удаление указанных отложений и, в результате, улучшение охлаждения указанного диоксида титана и газообразных продуктов реакции осуществляют путем пропускания указанного чистящего средства, указанного дисперсного диоксида титана и указанных газообразных продуктов реакции по спиральному пути во время их прохода через указанный трубчатый теплообменник, предусмотрев одну или несколько спиральных лопаток на внутренних поверхностях всего или части указанного теплообменника.

45

2. Способ по п. 1, в котором все или часть из указанных внутренних поверхностей указанного трубчатого теплообменника включают от четырех до шести спиральных лопаток с расположенными между ними спиральными выемками числом от четырех до шести.

3. Способ по п. 2, в котором коэффициент поворота указанных спиральных лопаток и выемок находится в интервале от примерно 2 градусов на дюйм до примерно 6 градусов на дюйм.

50

4. Способ по п. 2, в котором указанные спиральные лопатки и выемки имеют форму искривленных прямоугольников в поперечном сечении.

5. Способ по п. 1, в котором теплообменной средой, используемой в указанном

трубчатом теплообменнике для охлаждения указанных диоксида титана в виде частиц и газообразных продуктов реакции, является вода.

6. Способ по п. 1, в котором указанный трубчатый теплообменник изготовлен из множества соединенных вместе теплообменных секций.

5 7. Способ по п. 6, в котором менее чем все из указанных теплообменных секций включают указанные спиральные лопатки.

8. Способ получения дисперсного твердого диоксида титана, включающий стадии:

10 (a) взаимодействие газообразного тетрахлорида титана и кислорода при температуре по меньшей мере 2100°F с образования твердого диоксида титана в виде частиц и газообразных продуктов реакции;

(b) охлаждения указанных полученных частиц твердого диоксида титана и газообразных продуктов реакции охлаждающей средой в трубчатом теплообменнике до температуры около 1300°F или ниже;

15 (c) ввода чистящего средства в указанный теплообменник для удаления отложений с его внутренних поверхностей;

(d) пропускания указанного чистящего средства по спиральному пути через указанный трубчатый теплообменник, повышая тем самым удаление отложений с указанных поверхностей, предусмотрев одну или несколько спиральных лопаток на внутренних поверхностях всего или части указанного трубчатого теплообменника, и

20 (e) отделения указанного дисперсного твердого диоксида титана от указанного чистящего средства и указанных газообразных продуктов реакции.

9. Способ по п. 8, в котором все или часть из указанных внутренних поверхностей указанного трубчатого теплообменника включают четыре спиральных лопатки с четырьмя расположенными между ними спиральными выемками.

25 10. Способ по п. 9, в котором коэффициент поворота указанных спиральных лопаток и выемок находится в интервале от примерно 2 градусов на дюйм до примерно 6 градусов на дюйм.

11. Способ по п. 9, в котором указанные спиральные лопатки и выемки имеют в поперечном сечении форму искривленных прямоугольников.

30 12. Способ по п. 8, в котором указанный трубчатый теплообменник изготовлен из множества соединенных вместе теплообменных секций.

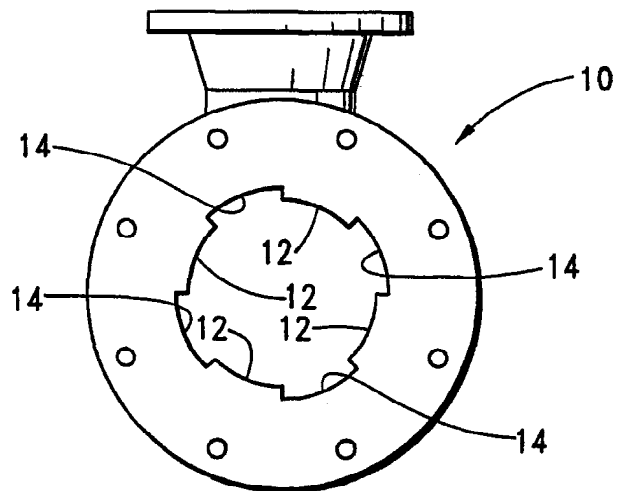
13. Способ по п. 12, в котором менее чем все из указанных теплообменных секций включают указанные спиральные лопатки.

35

40

45

50



Фиг.2