



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F28F 13/12 (2017.08)

(21)(22) Заявка: 2013148375, 30.10.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.10.2013

Дата регистрации:
12.01.2018

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
25.10.2013 CN 201310512687.2

(43) Дата публикации заявки: 10.05.2015 Бюл. № 13

(45) Опубликовано: 12.01.2018 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

105082, Москва, Спартаковский пер., д. 2, стр. 1,
секция 1, этаж 3, "ЕВРОМАРКПАТ"

(72) Автор(ы):

ВАН Гуоцин (CN),
ЧЖАН Лицзунь (CN),
ЧЖОУ Сяньфэн (CN),
ЛЮ Цзуньцзи (CN),
ДУ Чжигуо (CN),
ЧЖАН Юнган (CN),
ЧЖАН Чжаобинь (CN),
ЧЖОУ Кун (CN)

(73) Патентообладатель(и):

ЧАЙНА ПЕТРОЛЕУМ ЭНД КЕМИКЛ
КОРПОРЕЙШН (CN),
ПЕКИНСКИЙ РИСЁРЧ ИНСТИТЮТ
ОФ КЕМИКЛ ИНДАСТРИ, ЧАЙНА
ПЕТРОЛЕУМ ЭНД КЕМИКЛ
КОРПОРЕЙШН (CN)

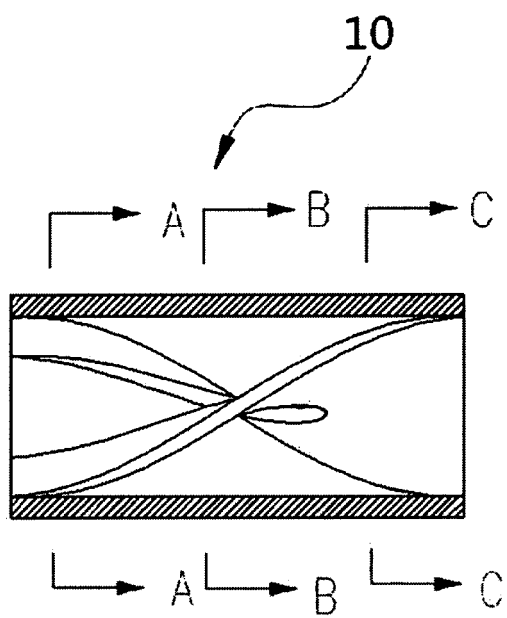
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2334188 C1 20.09.2008. RU
2256846 C1 20.07.2005. SU 1746196 A1
07.07.1992. EP 2133644 A1 16.12.2009 A1. US
2003168205 A1 11.09.2003. US 2002007941 A1
24.01.2002.

(54) ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩАЯ ТРУБА И КРЕКИНГ-ПЕЧЬ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
ТЕПЛОПЕРЕДАЮЩЕЙ ТРУБЫ

(57) Реферат:

Изобретение относится к теплопередающей трубе и крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы. Теплопередающая труба содержит закрученную перегородку, расположенную на внутренней стенке трубы, причем закрученная перегородка простирается спирально вдоль осевого направления теплопередающей трубы. Теплопередающая

труба оснащена несквозной выемкой, простирающейся от одного конца до другого конца закрученной перегородки вдоль осевого направления теплопередающей трубы. Теплопередающая труба и крекинг-печь согласно настоящему раскрытию имеют хороший эффект теплопередачи и малую потерю давления. 2 н. и 11 з.п. ф-лы, 11 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F28F 13/12 (2017.08)

(21)(22) Application: **2013148375, 30.10.2013**

(24) Effective date for property rights:
30.10.2013

Registration date:
12.01.2018

Priority:

(30) Convention priority:
25.10.2013 CN 201310512687.2

(43) Application published: **10.05.2015 Bull. № 13**

(45) Date of publication: **12.01.2018 Bull. № 2**

Mail address:
**105082, Moskva, Spartakovskij per., d. 2, str. 1,
seksiya 1, etazh 3, "EVROMARKPAT"**

(72) Inventor(s):

**VAN Guotsin (CN),
CHZHAN Litszun (CN),
CHZHOU Syanfen (CN),
LYU Tszuntszi (CN),
DU Chzhiguo (CN),
CHZHAN Yungan (CN),
CHZHAN Chzhaobin (CN),
CHZHOU Kun (CN)**

(73) Proprietor(s):

**China Petroleum & Chemical Corporation (CN),
Beijing Research Institute Of Chemical Industry,
China Petroleum & Chemical Corporation (CN)**

(54) **HEAT-TRANSFER TUBE AND CRACKING FURNACE WITH USAGE OF HEAT-TRANSFER TUBE**

(57) Abstract:

FIELD: heating system.

SUBSTANCE: heat-transfer tube comprises a curled partition located on the inner wall of the tube, wherein the curled partition extends helically along the axial direction of heat-transfer tube. The heat-transfer tube is fitted with a non-continuous concave, extending from

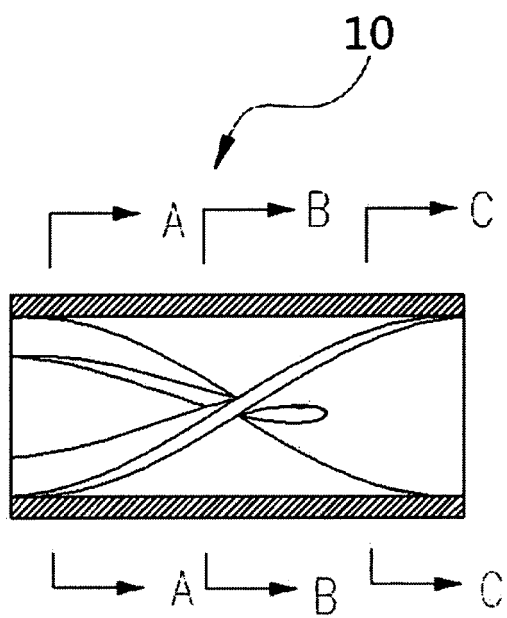
one end to the other end of curved partition along the axial direction of heat-transfer tube.

EFFECT: heat transfer-tube and the cracking furnace according to the present disclosure have a good heat transfer effect and a low pressure loss.

13 cl, 11 dwg

C2
9 7 8 0 8 7 6
2 6 4 0 8 7 6
RU

RU
2 6 4 0 8 7 6
C2



Фиг. 1

Область техники

Настоящее описание относится к теплопередающей трубе, которая особо пригодна для нагревательной печи. Настоящее раскрытие, кроме того, относится к крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы.

5 Технические предпосылки

Крекинг-печи, основное оборудование нефтехимической промышленности, используются, в основном, для нагревания углеводородного материала так, чтобы достичь реакции крекинга, которая требует большого количества тепла. Теорема Фурье говорит, что:

10

$$\frac{q}{A} = -k \frac{dt}{dy}$$

где q - переданное тепло, A представляет собой площадь теплопередачи, k означает коэффициент теплопередачи и dt/dy - градиент температуры. Если в качестве примера
15 взять крекинг-печь, используемую в нефтехимической промышленности, когда площадь теплопередачи A (которая определяется производительностью крекинг-печи) и градиент температуры dt/dy (который определяется материалом змеевика печи и производительностью горелки) определены, то единственным путем улучшения переданного на единицу поверхности тепла q/A является улучшение величины
20 коэффициента теплопередачи k , на который оказывают влияние тепловое сопротивление основной жидкости, тепловое сопротивление пограничного слоя и т.п.

В соответствии с теорией пограничного слоя Прандтля, когда реальная жидкость течет вдоль твердой стенки, чрезвычайно тонкий слой жидкости вблизи поверхности примыкает к стенке без проскальзывания. Иначе говоря, скорость примыкающей к
25 поверхности стенки жидкости, которая образует пограничный слой, равна нулю. Хотя пограничный слой очень тонкий, его тепловое сопротивление необычно велико. Когда тепло проходит через пограничный слой, оно может быть быстро передано основной жидкости. Следовательно, если пограничный слой каким-либо образом может быть сделан тоньше, переданное тепло будет эффективно увеличено.

30 В известном уровне техники труба печи обычно используемой в нефтехимической промышленности крекинг-печи обычно предусмотрена следующим образом. С одной стороны, на внутренней поверхности одной или нескольких или всех зон от входного конца до выходного конца вдоль осевого направления печного змеевика в крекинг-печи создается и спирально простирается на внутренней поверхности печного змеевика
35 в его осевом направлении ребро. Хотя ребро может достичь цели перемешивания жидкости так, чтобы минимизировать толщину пограничного слоя, образующийся на его внутренней поверхности кокс будет с течением времени непрерывно ослаблять роль ребра, так что его функция уменьшения пограничного слоя будет снижаться. С другой стороны, на внутренней стороне печной трубы создается множество ребер,
40 расположенных на расстоянии друг от друга. Эти ребра также могут уменьшать толщину пограничного слоя. Однако по мере того как кокс на внутренней поверхности печной трубы увеличивается, эти ребра также становятся менее эффективными.

Следовательно, в этой области техники важно усовершенствовать теплопередающие элементы так, чтобы дополнительно улучшить эффект теплопередачи печного змеевика.

45 Краткое описание изобретения

Для решения вышеупомянутой существующей в известном уровне техники проблемы в настоящем раскрытии предмета изобретения предлагается теплопередающая труба, которая обладает хорошим эффектом теплопередачи. Кроме того, настоящее раскрытие

предмета изобретения относится к крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы.

Согласно первому аспекту настоящего раскрытия предмета изобретения, описывается теплопередающая труба, содержащая закрученную перегородку, расположенную на внутренней стенке трубы, причем закрученная перегородка простирается спирально в осевом направлении теплопередающей трубы и оснащена несквозной выемкой, простирающейся от одного конца до другого конца закрученной перегородки вдоль осевого направления теплопередающей трубы.

В теплопередающей трубе согласно настоящему раскрытию предмета изобретения с размещением закрученной перегородки жидкость может течь вдоль закрученной перегородки и превращаться во вращающийся поток. Тангенциальная скорость жидкости разрушает пограничный слой для достижения цели усиления теплопередачи. Кроме того, размещение выемки уменьшает сопротивление жидкости в теплопередающей трубе, что дополнительно уменьшает потерю давления жидкости. Кроме того, выемка не сквозная, то есть закрученная перегородка по-прежнему является цельной деталью с обоими из двух ее боковых кромок, соединенными с теплопередающей трубой, улучшая таким образом стабильность закрученной перегородки при ударном воздействии жидкости.

В одном варианте осуществления закрученная перегородка имеет угол закрутки между 90° и 180° . Когда угол закрутки относительно мал, падение давления жидкости и тангенциальная скорость вращающейся жидкости малы. Следовательно, эффективность теплопередающей трубы плохая. По мере того как угол закрутки становится больше, тангенциальная скорость вращающегося потока будет увеличиваться, так что эффективность теплопередающей трубы будет улучшаться, однако падение давления жидкости будет увеличиваться. Когда угол закрутки находится в диапазоне от 120° до 360° , производительность теплопередающей трубы и падение давления жидкости находятся в оптимальных диапазонах. Отношение длины закрученной перегородки в осевом направлении к внутреннему диаметру находится в диапазоне от 1:1 до 10:1. Когда это отношение относительно мало, тангенциальная скорость вращающегося потока относительно велика, так что теплопередающая труба обладает высокой производительностью, однако падение давления жидкости относительно велико. По мере постепенного увеличения отношения тангенциальная скорость вращающегося потока будет становиться меньше, и, таким образом, производительность теплопередающей трубы будет уменьшаться, однако падение давления жидкости будет уменьшаться. Когда это отношение находится в диапазоне от 2:1 до 4:1, производительность теплопередающей трубы и падение давления жидкости будут находиться в соответственно оптимальных диапазонах. Закрученная перегородка такого размера, кроме того, придает жидкости в теплопередающей трубе тангенциальную скорость, достаточную для разрушения пограничного слоя, так что может быть достигнут лучший эффект теплопередачи, и будет существовать меньшая тенденция образования кокса на теплопередающей стенке.

В одном варианте осуществления отношение площади выемки к площади закрученной перегородки находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1. Когда это отношение относительно мало, закрученная перегородка производит на жидкость большой отклоняющий эффект, так что эффект теплопередачи трубы является хорошим, однако падение давления жидкости также велико. По мере увеличения этого отношения оказываемый на жидкость отклоняющий эффект закрученной перегородки и падение давления жидкости будут уменьшаться, однако эффект теплопередачи также будет

соответственно ухудшаться. Когда это отношение остается в диапазоне от 0,6:1 до 0,8:1, производительность теплопередающей трубы и падение давления жидкости находятся в оптимальных диапазонах. Кроме того, с отношением площадей в вышеприведенном диапазоне жидкость имеет малую потерю давления и высокое сопротивление удару. В

5 одном варианте осуществления выемка имеет контурную линию гладкой кривой, что облегчает протекание жидкости, уменьшает сопротивление потоку и дополнительно уменьшает потерю давления жидкости. В особом варианте осуществления гладкая кривая имеет два одинаковых сегмента кривой, которые являются центрально-симметричными относительно центральной линии теплопередающей трубы. В одном

10 варианте осуществления отношение ширины начального конца выемки к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, предпочтительно от 0,6:1 до 0,8:1 с любым из сегментов кривой, простирающимся от начального конца к заднему концу выемки. Отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси x сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей

15 трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси y сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1 и отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси z сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 1:1 до 10:1.

20 Когда отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси z сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы относительно мало, тангенциальная скорость вращающейся жидкости велика, так что эффект теплопередачи является хорошим, однако падение давления жидкости также является большим. По мере увеличения отношения тангенциальная скорость вращающейся жидкости и падение

25 давления жидкости будут уменьшаться, однако эффект теплопередачи также соответственно ухудшится. Когда это отношение остается в диапазоне от 2:1 до 4:1, производительность теплопередающей трубы и падение давления жидкости достигают надлежащего диапазона. Линия контура, сформированная таким образом, обладает наилучшим гидродинамическим эффектом, то есть генерируется минимальное

30 гидравлическое давление и достигается максимум сопротивления удару закрученной перегородки.

В одном варианте осуществления имеются две выемки, которые распространяются от разных концов закруженной перегородки друг к другу вдоль осевого направления теплопередающей трубы без пересечения. Отношение площадей выемки выше по потоку

35 к выемке ниже по потоку находится в диапазоне от 20:1 до 0,05:1. Когда отношение относительно велико, падение давления жидкости и тангенциальная скорость вращающейся жидкости малы, так что эффект теплопередачи плохой. По мере уменьшения этого отношения тангенциальная скорость вращающейся жидкости будет увеличиваться, и производительность теплопередающей трубы будет улучшаться,

40 однако падение давления жидкости будет увеличиваться. Когда это отношение остается в диапазоне от 2:1 до 0,5:1, производительность теплопередающей трубы и падение давления жидкости достигают надлежащего диапазона. Кроме того, расположенная ниже по потоку выемка полезна для дальнейшего уменьшения сопротивления жидкости, чтобы снизить падение давления. Кроме того, размещение выемки выше по потоку и

45 ниже по потоку выгодно для уменьшения веса закрученной перегородки, упрощая тем самым ее установку и использование.

В одном варианте осуществления закрученная перегородка оснащена множеством отверстий. Через отверстия могут протекать текущие в осевом и радиальном

направлении жидкости, то есть эти отверстия могут изменять направление течения жидкости так, чтобы усилить турбулентность в теплопередающей трубе, разрушая таким образом пограничный слой и достигая цели усиления теплопередачи. Кроме того, жидкости из разных направлений могут легко проходить через эти отверстия и
 5 течь ниже по потоку, тем самым дополнительно уменьшая сопротивление потоку жидкостей и уменьшая падение давления. Куски кокса, переносимые в жидкостях, также могут проходить через эти отверстия для перемещения ниже по потоку, что облегчает удаление кусков кокса. В одном предпочтительном варианте осуществления отношение расстояния в осевом направлении между центральными линиями двух соседних отверстий
 10 к длине в осевом направлении закрученной перегородки находится в диапазоне от 0,2:1 до 0,8:1.

Согласно второму аспекту настоящего раскрытия предмета изобретения, описывается крекинг-печь, радиантный змеевик которой содержит по меньшей мере одну, предпочтительно от 2 до 10 теплопередающих труб согласно первому аспекту
 15 настоящего раскрытия предмета изобретения.

В одном варианте осуществления множество теплопередающих труб расположены в радиантном змеевике в его осевом направлении таким образом, чтобы они находились на расстоянии друг от друга с отношением расстояния к диаметру теплопередающей трубы в диапазоне от 15:1 до 75:1, предпочтительно от 25:1 до 50:1. Множество
 20 теплопередающих труб, расположенных на расстоянии друг от друга, могут непрерывно изменять поток жидкости в радиантном змеевике от поршневого потока во вращающийся поток, улучшая таким образом эффективность теплопередачи. В контексте настоящего раскрытия предмета изобретения термин «поршневой поток» в идеальном случае означает, что жидкости смешиваются друг с другом в направлении
 25 потока, но никоим образом не в радиальном направлении. Однако на практике вместо абсолютного поршневого потока может быть достигнут только приблизительный поршневой поток.

По сравнению с известным уровнем техники настоящее раскрытие предмета изобретения отличается следующими аспектами. Во-первых, расположение закрученной
 30 перегородки в теплопередающей трубе превращает текущую вдоль закрученной перегородки жидкость во вращающуюся жидкость, увеличивая таким образом тангенциальную скорость жидкости, разрушая пограничный слой и достигая цели усиления теплопередачи. Затем закрученная перегородка оснащена несквозной выемкой, простирающейся вдоль осевого направления теплопередающей трубы от одного конца
 35 до другого конца закрученной перегородки. Выемка уменьшает сопротивление жидкости в теплопередающей трубе, уменьшая таким образом потерю давления жидкости. Кроме того, выемка не сквозная, то есть закрученная перегородка по-прежнему является цельной деталью с обоими из двух ее боковых кромок, соединенными с теплопередающей трубой, что улучшает стабильность закрученной перегородки при воздействии жидкости.
 40 Кроме того, множество созданных на закрученной перегородке отверстий может изменить направления потока жидкости так, чтобы усилить турбулентность в теплопередающей трубе и достичь цели, заключающейся в усилении теплопередачи. Кроме того, эти отверстия дополнительно уменьшают сопротивление течению жидкости, так что падение давления дополнительно уменьшается. Кроме того, куски кокса,
 45 переносимые в жидкости, могут также перемещаться ниже по потоку через эти отверстия, что способствует удалению кусков кокса.

Краткое описание чертежей

Далее настоящее раскрытие предмета изобретения будет подробно описано с учетом

конкретных вариантов осуществления и со ссылками на чертежи, в которых:

фиг.1 схематически показан вид сбоку теплопередающей трубы с закрученной перегородкой согласно настоящему раскрытию предмета изобретения,

фиг.2 и 3 схематически показан вид в перспективе первого варианта осуществления теплопередающей трубы согласно настоящему раскрытию предмета изобретения,

фиг.4-6 схематически показан вид в поперечных сечениях А-А, В-В и С-С согласно фиг.1 с использованием закрученной перегородки согласно фиг.2,

фиг.7 и 8 схематически показан вид в перспективе второго варианта осуществления теплопередающей трубы согласно настоящему раскрытию предмета изобретения,

фиг.9 схематически показан вид в перспективе третьего варианта осуществления теплопередающей трубы согласно настоящему раскрытию предмета изобретения,

фиг.10 схематически показан вид в перспективе закрученной перегородки согласно существующему уровню техники,

фиг.11 схематически показан радиантный змеевик крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы согласно настоящему раскрытию предмета изобретения.

На чертежах одинаковые детали обозначаются одним и тем же ссылочным обозначением.

Подробное описание вариантов осуществления

Настоящее раскрытие предмета изобретения будет дополнительно разъяснено с учетом чертежей.

На фиг.1 схематически показан вид сбоку теплопередающей трубы 10 с закрученной перегородкой согласно настоящему раскрытию предмета изобретения.

Теплопередающая труба 10 оснащена закрученной перегородкой 11, придающей жидкости вращательное течение. Закрученная перегородка 11 простирается спирально вдоль осевого направления теплопередающей трубы 10. Конструкция закрученной перегородки 11 схематически показана на фиг.2, 3, 7-9 и будет описана ниже.

На фиг.2 и 3 схематически показан вид в перспективе первого варианта осуществления закрученной перегородки 11 согласно настоящему раскрытию предмета изобретения. Закрученная перегородка 11 имеет угол закрутки между 90° и 180° . Отношение длины закрученной перегородки в осевом направлении к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 1:1 до 10:1. Закрученная перегородка 11 предусмотрена с выемкой 12, которая простирается вдоль осевого направления теплопередающей трубы 10 от конца закрученной перегородки 11 выше по потоку до конца ниже по потоку без того, чтобы полностью пронизывать закрученную перегородку. Обычно выемка 12 может быть понята как имеющая U-образную форму. В этих условиях отношение площадей выемки 12 и закрученной перегородки 11 находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1.

Длина закрученной перегородки 11 в осевом направлении может быть названа «шагом», и отношение «шага» к внутреннему диаметру теплопередающей трубы может быть названо «отношением закрутки». Угол закрутки и отношение закрутки оказывают влияние на степень вращения жидкости в теплопередающей трубе 10. Когда отношение закрутки задано, то чем больше угол закрутки, тем выше будет тангенциальная скорость жидкости, однако падение давления будет также соответственно выше. Закрученная перегородка 11 выбирается с отношением закрутки и углом закрутки, которые могут позволить жидкости в теплопередающей трубе 10 иметь достаточно высокую тангенциальную скорость, чтобы разрушить пограничный слой, так что может быть достигнут хороший эффект теплопередачи. В этом случае результатом может стать меньшая тенденция к образованию кокса на внутренней стенке теплопередающей

трубы, и падение давления жидкости может регулироваться в приемлемом диапазоне. За счет размещения выемки 12 на закрученной перегородке 11 площадь контакта жидкости с закрученной перегородкой 11 значительно уменьшается, уменьшая таким образом сопротивления жидкости в теплопередающей трубе и падение давления

5 жидкости. Кроме того, выемка 12 не сквозная, то есть закрученная перегородка по-прежнему является цельной деталью с обоими из двух ее боковых кромок, соединенными с теплопередающей трубой 10, что улучшает стабильность закрученной перегородки 11 в теплопередающей трубе 10.

На фиг.2 и 3 показана контурная линия выемки 12 закрученной перегородки 11 в

10 виде гладкой кривой, что может уменьшить сопротивление жидкости, уменьшая таким образом падение давления жидкости. Гладкая кривая может быть понята как имеющая два идеальных сегмента 13 и 13' кривой, которые являются центрально-симметричными относительно центральной линии теплопередающей трубы 10. С пониманием этого, выемка 12 обладает следующими техническими характеристиками. Отношение ширины

15 на начальном конце выемки 12 к внутреннему диаметру теплопередающей трубы 10 находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1 с сегментом 13 кривой (который взят в качестве примера для пояснения), простирающимся от начального конца 14 к заднему концу 15 выемки 12. Отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси x сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в

20 диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси y сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1 и отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси z сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей

трубы находится в диапазоне от 1:1 до 10:1. В настоящем раскрытии предмета

25 изобретения термины «ось x», «ось y» и «ось z» относятся соответственно к направлению диаметра теплопередающей трубы 10, направлению, перпендикулярному плоскости листа фигуры, и осевому направлению теплопередающей трубы 10. Выемка 12 такой формы обладает наилучшим гидродинамическим эффектом, то есть выемка 12 такой формы генерирует минимальное падение давления жидкости и наивысшую устойчивость

30 к удару закрученной перегородки 11.

По существу, показанная на фиг.2 и 3 закрученная перегородка 11 может быть понята как поверхность траектории, которая достигается вращением линии диаметра теплопередающей трубы 10 вокруг ее средней точки и в то же время перемещением

35 вдоль осевого направления теплопередающей трубы 10 вверх или вниз с последующим пересечением сфероида или подобной ему фигуры с поверхностью траектории и удалением пересеченной части. Таким образом, закрученная перегородка 11 содержит параллельные друг другу верхнюю кромку и нижнюю кромку, пару закрученных боковых кромок, которые всегда находятся в контакте с внутренней стенкой теплопередающей трубы 10, и линию контура выемки. На фиг.4-6 схематически показаны

40 разные поперечные сечения теплопередающей трубы 10 в разных местах, из которых может быть виден способ закручивания закрученной перегородки 11. Поперечное сечение выемки 12, показанное на фиг.4, больше, чем показанное на фиг.5, так как поперечное сечение А-А находится ближе к малой оси сфероида, который образует выемка 12. Показанная на фиг.6 закрученная перегородка не имеет выемки, так как

45 поперечное сечение С-С расположено на участке закрученной перегородки 11, не пронизанной выемкой 12.

Хотя фиг.2 показывает, что выемка 12 закрученной перегородки 11 расположена так, что раскрытие направлено выше по потоку, а верхний конец направлен ниже по

потоку, выемка 12 фактически может быть расположена с верхним концом, направленным выше по потоку, и раскрытие, направленным ниже по потоку. В этих условиях сила удара со стороны жидкости на закрученную перегородку 11 будет значительно уменьшена, так что стойкость к удару закрученной перегородки 11 будет

улучшена.

На фиг.7 и 8 схематически показан второй вариант осуществления закрученной перегородки 11. Это вариант осуществления подобен варианту закрученной перегородки, показанной на фиг.2 и 3. Разница между ними заключается лишь в том, что закрученная перегородка 11 оснащена двумя выемками 12 и 12', которые распространяются соответственно с конца выше по потоку и конца ниже по потоку закрученной перегородки 11 по направлению друг к другу, однако все еще находятся на расстоянии друг от друга. Выемка 12' в направлении ниже по потоку может дополнительно уменьшать сопротивление жидкости, чтобы уменьшить ее падение давления. Помимо этого, расположение выемок выше по потоку и ниже по потоку является благоприятным для уменьшения веса закрученной перегородки 11, облегчая монтаж и использование теплопередающей трубы 10. Предпочтительно отношение площадей расположенной выше по потоку выемки 12 к расположенной ниже по потоку выемки 12' находится в диапазоне от 2:1 до 0,5:1. В этом случае отношение суммарной площади выемок 12 и 12' к площади закрученной перегородки 11 попадает в диапазон от 0,05:1 до 0,95:1.

На фиг.9 схематически показан третий вариант осуществления закрученной перегородки 11. В этом варианте осуществления закрученная перегородка 11 оснащена отверстием 41, так что жидкость может проходить через отверстие 41 и гладко течь ниже по потоку, дополнительно уменьшая таким образом потерю давления жидкости.

В одном особом варианте осуществления отношение расстояния в осевом направлении между двумя соседними центральными линиями к длине закрученной перегородки 11 в осевом направлении находится в диапазоне от 0,2:1 до 0,8:1.

Настоящее раскрытие предмета изобретения относится также к крекинг-печи (не показана) с использованием теплопередающей трубы 10, как упомянуто выше. Крекинг-печь хорошо известна специалисту в данной области техники, и поэтому здесь рассмотрена не будет. Радиантный змеевик 50 крекинг-печи оснащен по меньшей мере одной теплопередающей трубой 10, как описано выше. На фиг.11 схематически показаны три теплопередающие трубы 10. Предпочтительно эти теплопередающие трубы 10 располагаются в радиантном змеевике вдоль осевого направления таким образом, чтобы находиться на расстоянии друг от друга. Например, отношение расстояния в осевом направлении между двумя соседними теплопередающими трубами 10 к внутреннему диаметру теплопередающей трубы 10 находится в диапазоне от 15:1 до 75:1, предпочтительно от 25:1 до 50:1, чтобы поток жидкости в радиантном змеевике постоянно превращался из поршневого потока во вращающийся поток, улучшая таким образом эффективность теплопередачи. Следует отметить, что когда имеется множество теплопередающих труб, эти теплопередающие трубы могут быть расположены так, как показано на любой согласно фиг.2, 7 и 9.

В дальнейшем для объяснения эффективности теплопередачи и падения давления в радиантном змеевике 50 крекинг-печи, когда используется теплопередающая труба 10 согласно настоящему раскрытию предмета изобретения, будет использован особый пример.

Пример 1

Радиантный змеевик крекинг-печи предусмотрен с шестью теплопередающими

трубами 10 с закрученными перегородками, как показано на фиг.2. Внутренний диаметр каждой из теплопередающих труб 10 составляет 51 мм. Отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси x сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы составляет 0,6:1, отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси y сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы составляет 0,6:1, и отношение компонента скорости изменения радиуса кривизны по оси z сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы составляет 2:1. Закрученные перегородки 11 и 11' имеют угол закрутки равный 180° и отношение закрутки равное 2,5. Расстояние между двумя соседними теплопередающими трубами 10 в 50 раз больше, чем внутренний диаметр теплопередающей трубы. Эксперименты показали, что нагрузка теплопередачи радиантного змеевика составляет 1278,75 кВт, и падение давления равно 70916,4 Па.

Пример сравнения 1

Радиантный змеевик крекинг-печи смонтирован с шестью традиционными теплопередающими трубами 50' согласно известному уровню техники. Теплопередающая труба 50' имеет конструкцию с закрученной перегородкой 51' в корпусе теплопередающей трубы 50', закрученная перегородка 51' разделяет теплопередающую трубу 50' на два не сообщающихся друг с другом прохода для материала, как показано на фиг.10. Внутренний диаметр теплопередающей трубы 50' составляет 51 мм. Закрученная перегородка 51' имеет угол закрутки, равный 180° и отношение закрутки равное 2,5. Расстояние между двумя соседними теплопередающими трубами 50' в 50 раз больше, чем внутренний диаметр теплопередающей трубы. Эксперименты показали, что нагрузка теплопередачи радиантного змеевика составляет 1264,08 кВт, и падение давления равно 71140 Па.

С учетом вышеприведенного примера и примера сравнения может быть сделан вывод, что по сравнению с эффективностью теплопередачи радиантного змеевика в крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы согласно известному уровню техники, эффективность теплопередачи радиантного змеевика в крекинг-печи с использованием теплопередающей трубы согласно настоящему раскрытию предмета изобретения существенно улучшена, и падение давления также уменьшено. Вышеупомянутые характеристики весьма благоприятны для реакции крекинга углеводородов.

Хотя данное раскрытие предмета изобретения было обсуждено со ссылками на предпочтительные примеры, оно простирается за пределы конкретно раскрытых примеров на другие альтернативные примеры и/или использование их раскрытия и очевидных модификаций и эквивалентов. В частности, пока нет никаких конструктивных конфликтов, технические особенности, раскрытые в каждом примере настоящего раскрытия предмета изобретения, могут комбинироваться с другими любым образом. Объем описанного здесь настоящего раскрытия предмета изобретения не должен ограничиваться конкретно раскрытыми примерами, как описано выше, но может охватывать любые и все технические решения в объеме пунктов формулы изобретения.

(57) Формула изобретения

1. Теплопередающая труба, имеющая закрученную перегородку, расположенную на внутренней стенке трубы, причем закрученная перегородка простирается спирально вдоль осевого направления теплопередающей трубы и оснащена несквозной выемкой, простирающейся от одного конца до другого конца закрученной перегородки вдоль осевого направления теплопередающей трубы.

2. Теплопередающая труба по п.1, отличающаяся тем, что отношение площади выемки к площади закрученной перегородки находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, предпочтительно от 0,6:1 до 0,8:1.

3. Теплопередающая труба по п.1, отличающаяся тем, что выемка имеет контурную линию гладкой кривой.

4. Теплопередающая труба по п.3, отличающаяся тем, что гладкая кривая имеет два идентичных сегмента кривой, которые являются центрально-симметричными относительно центральной линии теплопередающей трубы.

5. Теплопередающая труба по п.4, отличающаяся тем, что отношение ширины начального конца выемки к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, предпочтительно от 0,6:1 до 0,8:1, с любым из сегментов кривой, простирающимся от начального конца к заднему концу выемки, причем отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси x сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1, отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси y сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 0,05:1 до 0,95:1 и отношение скорости изменения компонента радиуса кривизны по оси z сегмента кривой к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 1:1 до 10:1, предпочтительно от 2:1 до 4:1.

6. Теплопередающая труба по п.5, отличающаяся тем, что имеются две выемки, каждая из них простирается от разных концов закрученной перегородки по направлению друг к другу вдоль осевого направления теплопередающей трубы без пересечения.

7. Теплопередающая труба по п.6, отличающаяся тем, что отношение площадей выемки выше по потоку к выемке ниже по потоку находится в диапазоне от 20:1 до 0,05:1, предпочтительно от 2:1 до 0,5:1.

8. Теплопередающая труба по п.2, отличающаяся тем, что закрученная перегородка также оснащена множеством отверстий.

9. Теплопередающая труба по п.8, отличающаяся тем, что отношение осевого расстояния между центральными линиями двух соседних отверстий к осевой длине закрученной перегородки находится в диапазоне от 0,2:1 до 0,8:1.

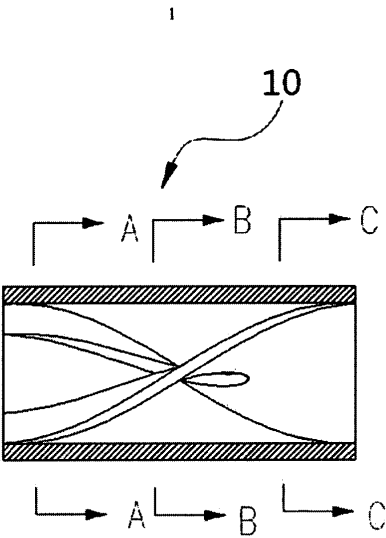
10. Теплопередающая труба по п.1, отличающаяся тем, что закрученная перегородка имеет угол закрутки между 90 и 180°, предпочтительно между 120 и 360°.

11. Теплопередающая труба по п.10, отличающаяся тем, что отношение осевой длины закрученной перегородки к внутреннему диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 1:1 до 10:1, предпочтительно от 2:1 до 4:1.

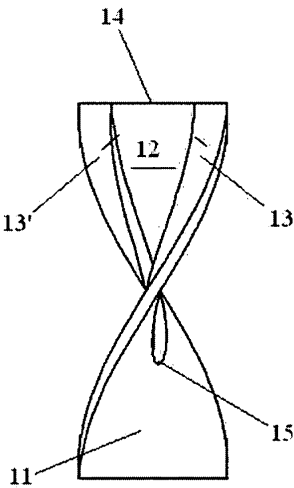
12. Крекинг-печь, имеющая радиантный змеевик, отличающаяся тем, что радиантный змеевик содержит по меньшей мере одну, предпочтительно от 2 до 10, теплопередающих труб по п.1.

13. Крекинг-печь по п.12, отличающаяся тем, что в радиантном змеевике вдоль его осевого направления размещено множество теплопередающих труб таким образом, что они находятся на расстоянии друг от друга, причем отношение этого расстояния к диаметру теплопередающей трубы находится в диапазоне от 15:1 до 75:1, предпочтительно от 25:1 до 50:1.

1

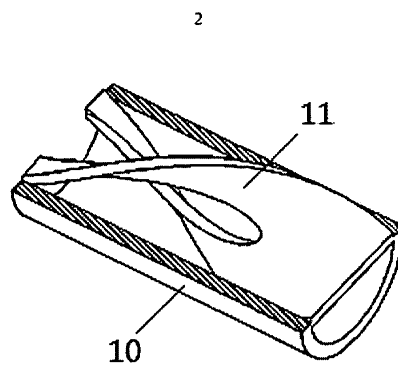


Фиг. 1

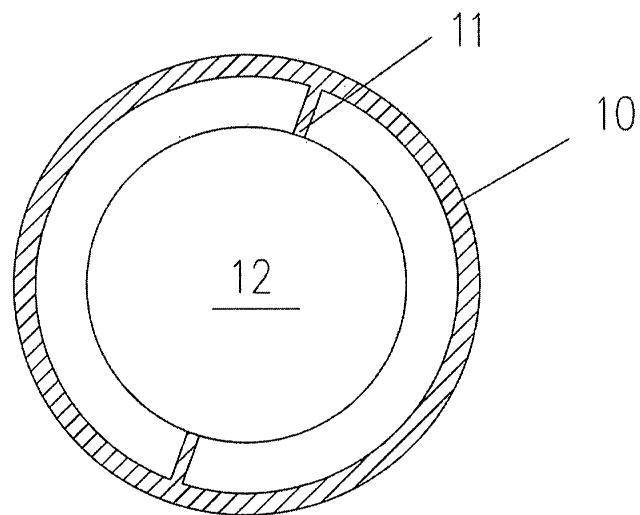


Фиг. 2

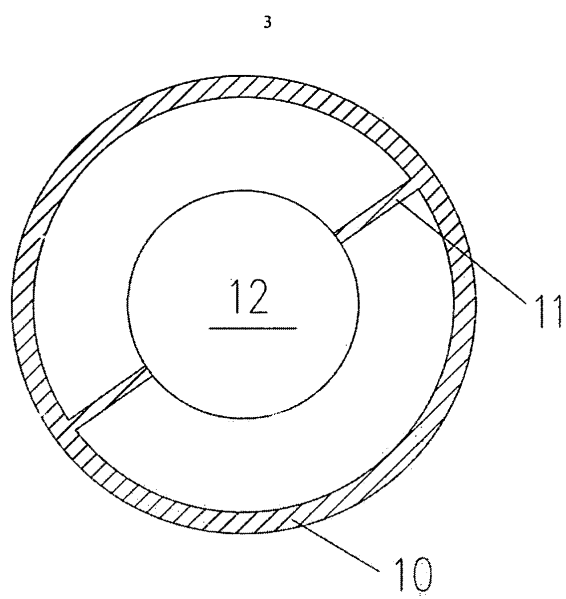
2



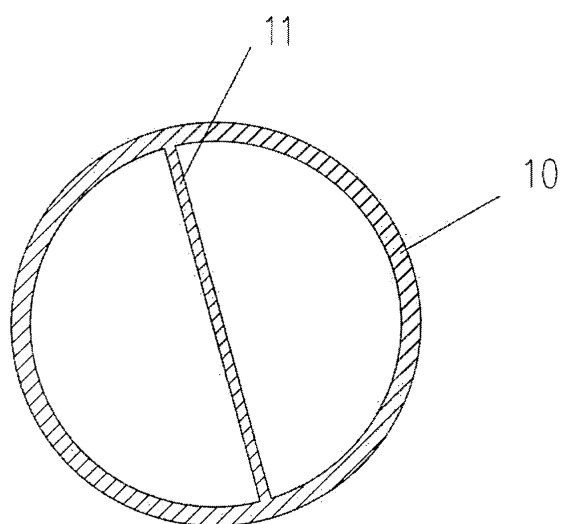
Фиг. 3



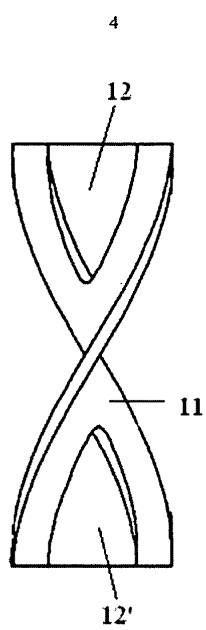
Фиг. 4



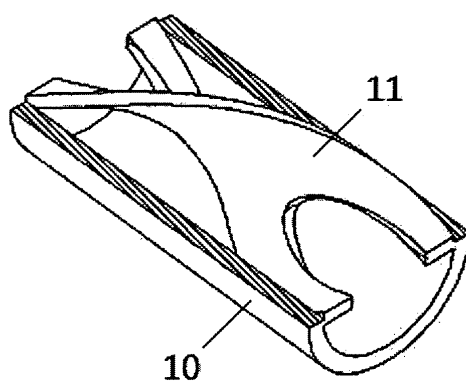
Фиг. 5



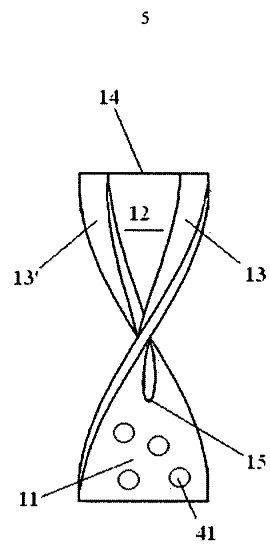
Фиг. 6



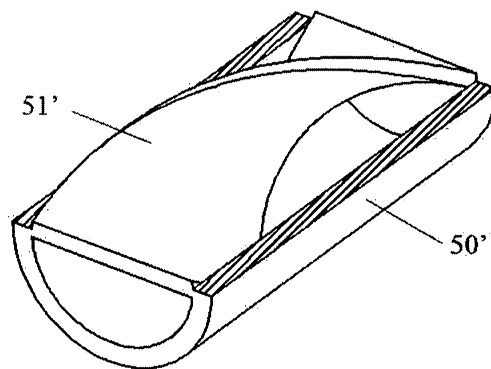
Фиг. 7



Фиг. 8

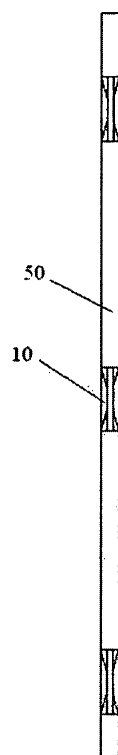


Фиг. 9



Фиг. 10

6



Фиг. 11