

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **042311**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.02.02

(21) Номер заявки
202191163

(22) Дата подачи заявки
2019.11.28

(51) Int. Cl. **C10J 3/08** (2006.01)
C10J 3/26 (2006.01)
C10J 3/74 (2006.01)
C10J 3/66 (2006.01)

(54) **РЕАКТОР И СПОСОБ ГАЗИФИКАЦИИ И/ИЛИ ПЛАВЛЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ**

(31) **2018/08023**

(32) **2018.11.28**

(33) **ZA**

(43) **2021.11.22**

(86) **PCT/IB2019/060279**

(87) **WO 2020/110061 2020.06.04**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**АФРИКАН РЕЙНБОУ МИНЕРАЛС
ЛИМИТЕД (ZA)**

(72) Изобретатель:
**Вегнер Андре (GB), Боувер Петрус
Хендрик Феррейра (ZA)**

(74) Представитель:
**Ловцов С.В., Вилесов А.С., Гавриков
К.В., Коптева Т.В., Левчук Д.В.,
Стукалова В.В., Ясинский С.Я. (RU)**

(56) **WO-A1-0246331
DE-A1-4030554
DE-A1-19816864**

(57) Изобретение относится к способу и реактору для газификации углеродсодержащего сырьевого материала. Способ предусматривает стадии загрузки навалом углеродсодержащего сырьевого материала в зону пиролиза реактора с образованием выгружаемого слоя; нагревания выгружаемого слоя для инициации пиролиза сырьевого материала с получением продукта пиролиза; обеспечения низкорасположенной верхней зоны окисления; газификации продукта пиролиза с получением слоя угля; превращения тепловой энергии в химическую энергию в верхней зоне восстановления; обеспечения низкорасположенной нижней зоны окисления; сбора любых расплавов металла и/или шлака в нижней зоне окисления и отвода горячих восстановительных газов с температурой по меньшей мере 1300°C и отношением CO/CO₂ ≥ 5, более предпочтительно ≥ 15.

B1

042311

**042311
B1**

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к способу и реактору для газификации и/или плавления веществ. В частности, изобретение относится к материалу и/или рекуперации энергии из любых отходов, например, но не исключительно, твердых бытовых отходов, использованных шин, опасных отходов, асбестов, отходов лечебных учреждений, угля или угольной пыли. Реактор и способ также подходят для газификации и плавления сырьевых материалов с любым составом или для получения энергии посредством использования отходов и/или угля.

Предшествующий уровень техники изобретения

В течение некоторого периода до настоящего времени рассматривались решения для термической утилизации различных типов отходов и других материалов. Помимо процессов сжигания известны различные процессы газификации, основной целью которых является обеспечение результатов с низкой нагрузкой на окружающую среду по загрязняющим веществам и снижению стоимости обработки сырьевых материалов, а также газов, получаемых в процессе. Однако известные способы характеризуются сложной технологией, которую тяжело осваивать, и связанными высокими расходами на удаление отходов для сырьевого материала или отходов, которые необходимо обрабатывать.

Например, в EP 1261827 B1 раскрыт реактор для газификации и/или плавления сырьевых материалов. Этот реактор не следует подходу ранее часто используемого способа циркуляции газа. Напротив, раскрытый реактор работает согласно прямоточному принципу. Полное исключение обычного управления рециркуляцией газа избегает многих проблем, связанных с конденсацией продуктов пиролиза и образованием нежелательных осадков. Кроме того, в EP 1261827 B1 раскрыто, что уже в верхней части реактора происходит частичное накопление сырьевых материалов из-за ударного нагрева насыпного материала (колонны насыпного материала), при этом прилипание к внутренней стенке реактора значительно исключаются. В EP 1261827 B1 раскрыто, что секция восстановления образуется между двумя средствами впрыска, посредством которых все газы протекают перед экстракцией, при этом восстанавливая их в значительной степени.

Хотя реактор, раскрытый в EP 1261827 B1, в значительной степени восстанавливает сырьевые материалы, газ, отводимый из реактора, нельзя использовать без дополнительного нагревания для использования в металлургических реакторах для восстановительного плавления из-за температурах на выходе из реактора.

Цель изобретения

Следовательно, целью настоящего изобретения является обеспечение нового реактора и способа газификации и/или плавления веществ, который преодолевает, по меньшей мере, частично вышеуказанные недостатки и/или который будет пригодной альтернативной существующим реакторам и способам газификации и/или плавления веществ.

Краткое раскрытие изобретения

Согласно первому аспекту настоящего изобретения обеспечивается способ газификации углеродсодержащего сырьевого материала с получением горячих восстановительных газов, используя реактор, причем способ предусматривает стадии

подачи углеродсодержащего сырьевого материала посредством затвора с получением выгружаемого слоя в зоне пиролиза реактора;

нагревания выгружаемого слоя в зоне пиролиза для инициации пиролиза в углеродсодержащем сырьевом материале и получения продукта пиролиза;

обеспечение низкорасположенной горячей верхней зоны окисления в реакторе путем подачи источника кислорода при температуре по меньшей мере 800°C в реактор в месте под зоной пиролиза;

газификации продукта пиролиза и оставшегося не подвергнутого пиролизу углеродсодержащего сырьевого материала, если он остался, в горячей верхней зоне окисления с образованием слоя угля в верхней зоне восстановления реактора, причем верхняя зона восстановления расположена под горячей верхней зоной окисления;

превращения тепловой энергии в химическую энергию в верхней зоне восстановления;

обеспечения низкорасположенной горячей нижней зоны окисления в реакторе путем подачи источника кислорода при температуре по меньшей мере 800°C в реактор в месте под нижней зоной восстановления реактора;

сбора любых расплавов металла и/или шлака, присутствующих в нижней зоне окисления;

удаления расплавов металла и/или шлака, присутствующих в нижней зоне окисления; и

отвода горячих восстановительных газов, имеющих температуру по меньшей мере 1300°C и отношение $CO/CO_2 \geq 5$, которые получились в верхней зоне восстановления через выходное отверстие для газа, расположенное в секции выхода газа реактора, причем секция выхода газа расположена между верхней зоной восстановления и нижней зоной восстановления реактора.

Источник кислорода может быть воздухом или чистым кислородом.

Расплавы металла и/или шлака, присутствующие в нижней зоне окисления, можно удалять из нижней зоны окисления путем выпуска расплавов металла и/или шлака.

Обеспечиваются горячие восстановительные газы, которые отводятся с отношением $CO/CO_2 \geq 15$.

Способ может предусматривать дополнительную стадию обеспечения горячих газов (например, предварительно нагретого воздуха или продуктов сгорания, которые подаются посредством горелок или форсунок) в зону пиролиза для инициации пиролиза в углеродсодержащем сырьевом материале и получения продукта пиролиза.

Обеспечивается нагревание выгружаемого слоя в зоне пиролиза, которое выполняется постепенно до температуры по меньшей мере 700°C , причем температура повышается постепенно для предотвращения разрушения углеродсодержащего сырьевого материала и продукта пиролиза. Предпочтительно, это предотвращает образование мелкого или порошкообразного углеродсодержащего сырьевого материала, продукта пиролиза и угля, которые могут закупорить реактор. Таким образом, способ и реактор могут работать при более низком давлении, чем в случае, когда образуются мелкий или порошкообразный углеродсодержащий сырьевой материал, продукт пиролиза и уголь. Например, способ и реактор могут реализовываться и/или работать под давлением 50 кПа.

Объемный расход горячих газов можно контролировать для постепенного нагревания выгружаемого слоя в зоне пиролиза.

Способ может предусматривать дополнительную стадию сушки углеродсодержащего сырьевого материала перед загрузкой навалом углеродсодержащего сырьевого материала в реактор.

Объемный расход источника кислорода в нижнюю зону окисления можно контролировать для предотвращения накопления мелкого угля в нижней зоне окисления.

Для повышения нормы расхода мелкого угля в нижней зоне окисления объемный расход источника кислорода в нижнюю зону окисления можно увеличивать.

Способ может дополнительно предусматривать стадию предварительного нагревания и предварительной сушки углеродсодержащего сырьевого материала в буферной зоне реактора, причем буферная зона расположена выше зоны пиролиза реактора.

Путем подачи углеродсодержащего сырьевого материала в зону пиролиза можно получать выгружаемый слой с конусом выгрузки, и сечение зоны пиролиза может быть увеличено относительно сечения буферной зоны.

Обеспечивается включение в способ дополнительной стадии пиролиза и сушки углеродсодержащего сырьевого материала в промежуточной зоне реактора, причем промежуточная зона расположена под зоной пиролиза.

Способ может предусматривать еще одну дополнительную стадию отвода горячих восстановительных газов с температурой по меньшей мере 1300°C , которые образовались в зоне прямого тока реактора, по меньшей мере из одного выпускного отверстия для газа реактора, причем зона прямого тока может содержать

- зону с избыточным давлением реактора, причем зона с избыточным давлением содержит
- зону подачи реактора;
- буферную зону реактора;
- зону пиролиза реактора и промежуточную зону реактора;
- верхнюю зону окисления реактора и
- верхнюю зону восстановления реактора.

Обеспечивается включение в способ стадии отвода горячих восстановительных газов с температурой по меньшей мере 1300°C , которые получались в противоточной секции реактора, через выпускное отверстие для газа, расположенное в секции выпуска газа реактора, причем противоточная секция может содержать нижнюю зону окисления и нижнюю зону восстановления реактора.

Объемное отношение объема верхней зоны окисления к объему зоны с избыточным давлением может быть отношением $1:N$ объемных единиц, причем $4 \leq N \leq 20$.

Объемное отношение объема верхней зоны окисления к общему объему верхней зоны восстановления и зоны с избыточным давлением может быть отношением $1:N$ объемных единиц, причем $7 \leq N \leq 25$.

Объемное отношение объема противоточной секции к общему объему реактора может быть отношением $1:N$ объемных единиц, причем $1 \leq N \leq 10$.

Путем подачи по меньшей мере 800°C горячего кислорода и/или воздуха ниже промежуточной зоны создается горячая верхняя зона окисления с температурой выше 1800°C , в частности область футеровки и температур от 2000 до 4000°C в слое. Продукты пиролиза и части сырьевого материала сгорают, расщепляются и/или плавятся в этой горячей верхней зоне окисления, после чего происходит дополнительное коксование еще не превратившегося сырьевого материала. В следующей далее верхней зоне восстановления тепловая энергия затем превращается в химическую энергию. Превращение химической энергии в тепловую энергию частично достигается путем восстановления CO_2 в CO . Здесь объемное отношение газообразных CO/CO_2 в выпускном отверстии для газа может быть больше 10 или даже больше 15. Например, объемное отношение газообразных CO/CO_2 может быть от 10 до 1000, от 5 до 10000 и даже от 15 до 10^7 (по существу без CO_2).

Газ может протекать в прямооточной секции из зоны подачи в выпускное отверстие для газа прямо-

током.

Горячая зона с температурами от 1800 до 4000°C также может получаться в конической нижней зоне окисления путем обеспечения по меньшей мере 1000°C горячего кислорода и/или воздуха. Расплавы металла и/или шлака могут также собираться в этой расположенной ниже горячей нижней зоне окисления. Эти расплавы шлака и/или расплавы металла могут спускаться посредством выпуска (например, в формы) или вытекать непрерывно (например, на грануляцию шлака) при необходимости. В конической нижней зоне окисления и в конической нижней зоне восстановления могут также получаться горячие газы с температурой выше 1000 и до 2000°C, которые протекают вверх (противотоком) в направлении выпускного отверстия для газа. Тепловая энергия может также превращаться в химическую энергию в нижней зоне восстановления, частично путем восстановления CO_2 в CO . Это обеспечивает то, что объемное отношение газообразных CO/CO_2 составляет больше 10 или даже больше 15, когда выпускное отверстие для газа достигается. Например, объемное отношение газообразных CO/CO_2 составляет от 10 до 1000, предпочтительно от 15 до 10000 и, в частности, предпочтительно от 15 до 10^7 (по существу без CO_2). Газы из прямоточной секции (сверху вниз) и газы из противоточной секции (снизу вверх) отводятся из секции выпуска газа посредством по меньшей мере одного выпускного отверстия для газа. Газы из прямоточной секции и газы из противоточной секции имеют температуры от 1500 до 1750°C, предпочтительно от 1600 до 1750°C.

Стадии способа, важные для настоящего изобретения, могут быть дополнительно предпочтительно разработаны путем откачки газов, полученных в прямоточной секции, и газов, полученных в противоточной секции. Для этой цели можно использовать средства откачки газов. Откачка может создавать отрицательное давление в реакторе. Применение отрицательного давления в реакторе может обеспечивать поддержание реактора при рабочих условиях, поскольку воздух может всасываться, когда газификатор открывается, но газ не может выйти.

Согласно второму аспекту настоящего изобретения обеспечивается реактор для применения в способе газификации углеродсодержащего сырьевого материала, причем реактор содержит
прямоточную секцию, содержащую
зону с избыточным давлением, содержащую
зону подачи с затвором, причем сырьевые материалы вводят в реактор сверху посредством зоны подачи;

буферную зону;
футерованную огнеупорным материалом зону пиролиза, которая примыкает к нижней части буферной зоны, в то же время обеспечивая увеличение поперечного сечения; и
футерованную огнеупорным материалом промежуточную зону, которая примыкает к нижней части зоны пиролиза;

футерованную огнеупорным материалом верхнюю зону окисления, которая примыкает к нижней части промежуточной зоны и содержит фурмы по меньшей мере в одной плоскости; и

футерованную огнеупорным материалом верхнюю зону восстановления, которая примыкает к нижней части верхней зоны окисления;

футерованную огнеупорным материалом секцию выпуска газа, содержащую по меньшей мере одно выпускное отверстие для газа; и

футерованную огнеупорным материалом противоточную секцию, содержащую:
коническую нижнюю зону восстановления, примыкающую к указанной секции выпуска газа; и
коническую нижнюю зону окисления, примыкающую к конической нижней зоне восстановления и содержащую по меньшей мере одну фурму и выпуск,

причем объемное отношение объема футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления к объему зоны с избыточным давлением представляет отношение $1:N$ объемных единиц, причем $4 \leq N \leq 20$.

Объемное отношение объема футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления к общему объему футерованной огнеупорным материалом верхней зоны восстановления и зоны с избыточным давлением может быть отношением $1:N$ объемных единиц, причем $7 \leq N \leq 25$.

Объемное отношение объема футерованной огнеупорным материалом противоточной секции к общему объему реактора может быть отношением $1:N$ объемных единиц, причем $1 \leq N \leq 10$.

Обеспечивается по меньшей мере одна футерованная огнеупорным материалом часть реактора, состоящая по меньшей мере из двух футерованных секций, расположенных одна над другой, причем шпунтовое соединение образовано между футерованными секциями, расположенными одна над другой, причем одна из футерованных секций имеет канавку на стороне, обращенной к внутренней части реактора, а другая футерованная секция имеет гребень на стороне, обращенной к внутренней части реактора, причем шпунтовое соединение имеет изменяющийся при колебаниях температуры промежуток между канавкой и гребнем.

Кольцеобразная охлаждаемая водой консоль может быть расположена по меньшей мере между двумя футерованными секциями.

Верхняя футерованная секция может иметь канавку, а нижняя футерованная секция может иметь гребень.

По меньшей мере две футерованные секции могут иметь одну огнеупорную внутреннюю футеровку и наружную футеровку, окружающую огнеупорную внутреннюю футеровку.

Внутренняя огнеупорная футеровка может быть футеровкой, полученной из обожженного кирпича, или монолитной футеровкой.

Кольцеобразная охлаждаемая водой консоль может состоять из черной или нержавеющей стали.

Фурмы футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления и/или футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоны окисления могут состоять из керамики.

В альтернативном варианте осуществления фурмы футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления и/или футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоны окисления могут состоять из меди или стали, причем внутренняя керамическая труба расположена в каждой из фурм, и причем сжимаемый и стойкий к действию температуры слой расположен между керамической внутренней трубой и соответствующей фурмой.

Футерованная огнеупорным материалом верхняя зона окисления может иметь угол конусности от 5 до 30°.

Футерованная огнеупорным материалом верхняя зона восстановления может располагаться выше футерованной огнеупорным материалом секции выпуска газа так, что футерованная огнеупорным материалом секция выпуска газа примыкает к нижней части футерованной огнеупорным материалом верхней зоны восстановления, в то же время обеспечивая увеличение поперечного сечения.

Часть футерованной огнеупорным материалом верхней зоны восстановления может располагаться в футерованной огнеупорным материалом секции выпуска газа, и футерованная огнеупорным материалом секция выпуска газа может иметь увеличение поперечного сечения относительно футерованной огнеупорным материалом верхней зоны восстановления.

Футерованная огнеупорным материалом коническая нижняя зона восстановления и футерованная огнеупорным материалом коническая нижняя зона окисления может иметь угол конусности от 50 до 70°.

Средства подачи газа могут располагаться в области увеличения поперечного сечения футерованной огнеупорным материалом зоны пиролиза.

Фурмы футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления могут располагаться во множестве плоскостей.

Обеспечивается по меньшей мере одна дополнительная фурма, которая должна располагаться в дополнительной плоскости футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоны восстановления, или одна дополнительная фурма, которая должна располагаться в дополнительной плоскости футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоны восстановления и по меньшей мере одна дополнительная фурма, которая должна располагаться в футерованной огнеупорным материалом верхней зоне восстановления.

По меньшей мере одна дополнительная фурма может располагаться в дополнительной плоскости футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоны окисления.

Для того, чтобы горячие газы с температурами более 1500°C, например от 1600 до 1750°C, можно было отводить из выпускного отверстия для газа, обеспечивается реактор, разработанный таким образом, что температуры выше 1800°C в периферической области насыпного материала (или слое) и от 2000 до 4000°C в центре насыпного материала (или слое) могли достигаться, по меньшей мере, в футерованной огнеупорным материалом верхней зоне окисления. Эти высокие температуры вызывают расширение огнеупорной футеровки (например, кирпичной футеровки) аксиально, тангенциально и радиально до 20 мм на 1 м футеровки, создавая нагрузки в футеровке, которые в свою очередь воздействуют на наружную стальную оболочку реактора в радиальном направлении.

Для того, чтобы на стабильность реактора не влияли эти высокие температуры и полученные нагрузки в футеровке, согласно настоящему изобретению обеспечивается, что по меньшей мере одна футерованная огнеупорным материалом часть реактора состоит по меньшей мере из двух футерованных секций, расположенных друг над другом. По меньшей мере одна футерованная огнеупорным материалом часть может быть футерованной огнеупорным материалом зоной пиролиза, футерованной огнеупорным материалом буферной зоной, футерованной огнеупорным материалом верхней зоной окисления, футерованной огнеупорным материалом верхней зоной восстановления, футерованной огнеупорным материалом секцией выпуска газа, футерованной огнеупорным материалом противоточной секцией или их комбинацией.

Здесь можно задумать, чтобы огнеупорная футеровка реактора имела дополнительную футерованную секцию каждые 2-4 м высоты.

Для реакторов, которые имеют температуру в выпускном отверстии для газа от 1500 до 1600°C, может обеспечиваться то, что огнеупорная футеровка имеет дополнительную футерованную секцию каждые 3-4 м высоты. Для реакторов, которые имеют температуру в выпускном отверстии для газа от 1600 до 1750°C, может обеспечиваться то, что огнеупорная футеровка имеет дополнительную футерованную

секцию каждые 2-3 м высоты.

Поскольку конкретные высокие температуры (температуры от 1800 до 4000°C) генерируются в футерованной верхней зоне окисления и футерованной нижней зоне окисления, можно обеспечить то, что футерованные секции, расположенные друг над другом, расположены таким образом, что точно одна футерованная секция расположена в каждой из футерованной верхней зоны окисления и футерованной нижней зоны окисления. Кроме того, может обеспечиваться, что дополнительная футерованная секция расположена под и над зонами окисления. Это обеспечивает, что каждая из горячих зон окисления состоит только из одной футерованной секции, причем каждая из футерованных секций может расширяться в направлении соответствующей дополнительной футерованной секции, так что в этих зонах нет необходимости в дополнительных консолях или других средствах фиксации, которые могут повреждаться при этих высоких температурах.

Для того чтобы никакие горячие газы или высокие температуры не продолжали выходить за пределы посредством области по меньшей мере между двумя футерованными секциями, также обеспечивается образование шпунтового соединения между огнеупорными футерованными секциями, расположенными друг над другом, причем одна из огнеупорных футерованных секций имеет канавку на стороне, обращенной к внутренней части реактора, а другая футерованная секция имеет гребень на стороне, обращенной к внутренней части реактора. Шпунтовое соединение разработано таким образом, что даже когда реактор находится в нерабочем состоянии, гребень в канавке расположен в положении принудительной блокировки, при этом вертикальная наружная стенка гребня соединена с вертикальной стенкой канавки, но вертикальный промежуток остается между канавкой и гребнем. Это является преимуществом при обеспечении того, что несмотря на промежуток, газ не может выходить при запуске или высоком нагреве реактора. Кроме того, может быть обеспечено то, что промежуток между канавкой и гребнем является изменяющимся при колебаниях температуры промежуток. Изменяющийся при колебаниях температуры промежуток между канавкой и гребнем может быть, например, 50 мм. Как описано выше, футеровка может расширяться при высоких температурах, где гребень может расширяться в канавке из-за шпунтового соединения.

Кроме того, обеспечивается, что кольцеобразная охлаждаемая водой консоль для удержания огнеупорной футеровки и стабилизации футеровки при нагревании и охлаждении реактора расположена по меньшей мере между двумя футерованными секциями, расположенными друг над другом. Эта кольцеобразная охлаждаемая водой консоль может быть получена сгибанием полых цилиндрических трубок с квадратными или прямоугольными сечениями без сварных швов. В настоящем документе предпочтительно может обеспечиваться то, что охлаждаемая водой консоль имеет высокий тепловой поток, который достигается скоростями потока охлаждающей воды от 2 до 25 м/с, что подается посредством соединительных фланцев. Эти высокие скорости потока охлаждающей воды являются предпочтительными для поддержания термической и механической стабильности кольцеобразной консоли, когда она расположена в областях с высокими температурами (>1500°C).

Описанное выше расположение по меньшей мере двух совмещенных шпунтовым соединением огнеупорных футерованных секций и кольцеобразной охлаждаемой водой консоли может располагаться в прямоточной секции, и/или секции выпуска газа, и/или противоточной секции. Каждая секция может также иметь несколько расположений двух огнеупорных футерованных секций, расположенных друг над другом, со шпунтовым соединением и кольцеобразной охлаждаемой водой консолью.

Прямоточная секция реактора согласно настоящему изобретению содержит частично футерованную зону с избыточным давлением, футерованную верхнюю зону окисления и футерованную верхнюю зону восстановления.

Частично футерованная зона с избыточным давлением содержит зону подачи по меньшей мере с одним затвором, буферную зону, футерованную зону пиролиза и футерованную промежуточную зону.

Посредством зоны подачи с затвором сырьевые материалы, такие как отходы, токсичные или биологические отходы, вода, использованные шины, биомасса, древесина, уголь, автомобильные измельченные остатки, агрегаты или подобное, можно подавать в реактор сверху. Затвор обеспечивает то, что неконтролируемого поступления окружающего воздуха и выпуска газов из реактора избегают настолько это возможно. Предполагается, что затворы могут иметь гидравлические, пневматические или электрические заслонки. Эти заслонки могут предпочтительно быть разработаны таким образом, что заслонки дополнительно закрываются в случае случайного превышения давления в реакторе, и газ не может нечаянно выходить.

Зона с избыточным давлением также содержит буферную зону для забуферивания и предварительной сушки объема сырьевого материала. Температура буферной зоны предпочтительно является регулируемой. Например, установленная температура приблизительно 100-200°C может обеспечиваться для предварительной сушки отходов.

Кроме того, футерованную огнеупорным материалом зону пиролиза обеспечивают в зоне с избыточным давлением, которая соединена с нижней частью буферной зоны путем создания увеличения сечения, которое предпочтительно является резким. Предпочтительно сечение увеличивается по меньшей

мере вдвое. Увеличение сечения обеспечивает то, что скорость погружения сырьевых материалов снижается, и что коническая область выгрузки (конус выгрузки), полученный из насыпного материала, образуется в газовом пространстве реактора. Конус выгрузки подается по центру с предварительно высушенными сырьевыми материалами (из буферной зоны).

Горячие газы (например, газы сгорания, временно хранящиеся или рециркулируемые избыточные газы или инертные газы сгорания, обеспеченные при сгорании) могут подаваться в конус выгрузки в футерованной огнеупорным материалом зоне пиролиза посредством горелок, форсунок, отверстий в стенках или других устройств. Слой ударно нагревается горячими газами на поверхности, при этом избегают прилипания сырьевых материалов к футеровке (например, кирпичной футеровке или футеровке из огнеупорного бетона) насколько это возможно. Ударное нагревание можно обеспечивать, например, посредством горелок, направленных радиально на слой. Альтернативно или дополнительно, ударное нагревание можно также обеспечивать посредством кольцеобразного канала, в котором вращается пламя. Это вращение может обеспечиваться конструктивно путем вдувания горячего газа тангенциально в конус выгрузки и сжигания его.

Зона с избыточным давлением также содержит футерованную огнеупорным материалом промежуточную зону, расположенную ниже и рядом с футерованной огнеупорным материалом зоной пиролиза. В промежуточной зоне тепло из зоны пиролиза и тепло от отходов из футерованной огнеупорным материалом верхней зоны окисления ниже используется для окончательной сушки и полного пиролиза сырьевых материалов. Предпочтительно может обеспечиваться то, что промежуточная зона содержит футерованную (например, футерованную кирпичом или футеровкой из огнеупорного бетона) стальную оболочку, причем футеровка может иметь толщину, подобную другим зонам. Этот вариант осуществления упрощает введение в эксплуатацию (запуск) реактора, поскольку высокие температуры могут также возникать в промежуточной зоне. Может быть предпочтительным обеспечение суженного сечения в нижней области промежуточной зоны, что изменяет скорость, при которой тонет сырьевой материал.

Ниже футерованной огнеупорным материалом промежуточной зоны в зонально футерованной огнеупорным материалом прямооточной секции есть футерованная верхняя зона окисления, в которой расположены фурмы. Эти фурмы расположены по меньшей мере на одном уровне (расстоянии по высоте или вертикали от днища реактора). Поскольку реактор, как описано выше, имеет кольцеобразную охлаждаемую водой консоль и две футерованные секции, расположенные друг над другом и имеющие шпунтовое соединение, температура в верхней зоне окисления в области огнеупорной футеровки может повышаться до более чем 1800°C , а температура в центре насыпного материала (слоя) может повышаться до значения от 2000 до 4000°C путем обеспечения по меньшей мере 1000°C горячего кислорода и/или воздуха без ухудшения стабильности реактора.

Все материалы можно превращать в неорганический газ, такой как монооксид углерода (CO), водород (H_2), воду (H_2O), диоксид углерода (CO_2), сульфид водорода (H_2S), аммиак (NH_3), диоксид азота (NO_2) или диоксид серы (SO_2), жидкий металл или жидкий шлак, кокс или углерод (C) при помощи этих горячих температур.

Ниже верхней зоны окисления футерованная верхняя зона восстановления расположена в футерованной прямооточной секции, в которую по существу не поступают органические компоненты.

Предпочтительно может быть обеспечено, что футерованная верхняя зона восстановления имеет увеличение сечения по сравнению с верхней зоной окисления, что изменяет скорость погружения сырьевых материалов и увеличивает время удержания на том же уровне. В футерованной верхней зоне восстановления газ протекает через закоксованный фиксированный слой прямооточком, и тепловая энергия превращается в химическую энергию, давая монооксид углерода (CO) и водород (H_2). В частности, диоксид углерода (CO_2) превращается в монооксид углерода (CO), а вода (H_2O) в водород (H_2), при этом углерод, все еще содержащийся в слое, дополнительно газифицируется. Восстановление CO_2 до CO может достигаться в реакторе таким образом, что объемное отношение газообразных CO/CO_2 составляет больше чем 10 или даже больше чем 15. Например, объемное отношение газообразных CO/CO_2 составляет от 10 до 1000, предпочтительно от 15 до 10000 и, в частности, предпочтительно от 15 до 10^7 (по существу без CO_2).

Поскольку они проходят через верхнюю зону восстановления, газы одновременно охлаждаются, например, до температур от приблизительно 1000 до приблизительно 1600°C . Поскольку все потоки материала обязательно протекают через верхнюю зону окисления и не могут быть возвращены, больше нет контакта с непрореагировавшими материалами выше зоны окисления после того, как они прошли через верхнюю зону восстановления. Таким образом, все чисто подвернутые крекингу и/или расплавленные, исключительно неорганические вещества достигают секции выпуска газа без повторного загрязнения.

Поскольку все потоки материалов обязательно протекают через верхнюю зону окисления и не могут быть возвращены, больше нет никакого контакта с непрореагировавшими материалами выше зоны окисления после того, как они прошли через верхнюю зону восстановления. Таким образом, все чисто подвернутые крекингу и/или расплавленные, исключительно неорганические вещества, достигают секции выпуска газа без повторного загрязнения в футерованной выпускной секции для газа. Газы из верх-

ней зоны окисления охлаждаются, когда они проходят через футерованную верхнюю зону восстановления. Может быть обеспечено, что газы, полученные в футерованной верхней зоне окисления, являются настолько горячими, что прохождение через верхнюю зону восстановления приводит к охлаждению до температуры от 1500 до 1750°C, причем после фазы охлаждения эти горячие газы достигают выпускного отверстия для газа.

Обеспечивается, что секция выпуска газа содержит по меньшей мере одно выпускное отверстие для газа. Также возможно, что несколько (например, четыре) выпускных отверстия для газа расположены по кругу, предпочтительно распределены по радиусу.

Ниже футерованной секции выпуска газа есть по существу коническая футерованная противоточная секция. Она содержит коническую нижнюю зону восстановления для превращения тепловой энергии газа из конической нижней зоны окисления в химическую энергию (главным образом CO) и для создания противотока. Эта коническая нижняя зона восстановления соединена с футерованной секцией выпуска газа. Ниже конической нижней зоны восстановления расположена коническая нижняя зона окисления с усеченным концом конуса, направленным вниз. В конической нижней зоне окисления остаточный закоксованный материал превращается в газ. В конической нижней зоне окисления по меньшей мере одна фурма расположена по меньшей мере в одной плоскости, посредством которой можно вводить по меньшей мере 1000°C горячий воздух и/или кислород, который в свою очередь вызывает температуры от 1800 до 4000°C в слое нижней зоны окисления. Эти высокие температуры обеспечивают вытекание шлака и металлов в жидкой форме посредством по меньшей мере одного выпуска для сбора и выгрузки.

Полученный газ протекает противотоком через коническую нижнюю зону восстановления в секцию выпуска газа, где газы охлаждаются до температур от приблизительно 1500 до приблизительно 1750°C. Здесь может быть обеспечено, что газы, полученные в нижней зоне окисления, являются настолько горячими, что прохождение через нижнюю зону восстановления приводит к охлаждению газов до температуры от 1500 до 1750°C или от 1600 до 1750°, и которые затем отводят через выпускное отверстие для газа зоны восстановления.

Поскольку согласно настоящему изобретению реактор имеет как зону восстановления в противоточной секции, так и верхнюю зону восстановления в прямоточной секции, общий объем зоны восстановления (сумма объемов верхней и конической нижней зон восстановления) может быть значительно больше, чем одна зона восстановления известных реакторов. Например, ссылка сделана на EP 1261827 B1, в котором только зона восстановления расположена в области секции выпуска газа.

Таким образом, согласно настоящему изобретению реактор обеспечивает простой, недорогой и экологичный материал и/или утилизацию энергии сырьевых материалов. Кроме того, использование реактора, описанного в настоящем документе, обеспечивает увеличение мощности и выход химической и термической энергии.

В одном варианте осуществления реактора обеспечивается, что верхняя футерованная секция содержит канавку, а нижняя футерованная секция содержит гребень.

Это может вызывать расширение футеровки вверх, когда она подвергается действию горячих температур.

Дополнительный вариант осуществления реактора обеспечивает то, что каждая по меньшей мере из двух футерованных секций содержит по меньшей мере одну огнеупорную внутреннюю футеровку и наружную футеровку, окружающую огнеупорную внутреннюю футеровку, причем огнеупорная внутренняя футеровка представляет собой кирпичную футеровку, изготовленную из обожженных кирпичей, или монокристаллическую (например, отливаемую) футеровку.

Кроме того, может быть обеспечено, что футерованные секции, содержащие огнеупорную внутреннюю футеровку и наружную футеровку, расположены в стабилизирующей стальной оболочке.

Также может быть предпочтительным, что по меньшей мере один дополнительный изолирующий слой расположен между наружной футеровкой и стальной оболочкой. Дополнительный изолирующий слой может состоять из картона, высокотемпературного фетра или высокотемпературных пен.

Этот вариант осуществления обеспечивает то, что стальная оболочка лучше изолирована. Например, дополнительный изолирующий слой может быть разработан так, что потеря тепловой энергии через стальную оболочку улучшается на более чем 2% по сравнению с реакторами без дополнительного изолирующего слоя, и в результате этого температура снаружи стальной оболочки также снижается. Например, эта конструкция обеспечивает то, что температура снаружи стальной оболочки остается ниже 60°C при работе реактора, что означает, что не требуется защиты контакта. Кроме того, изолирующий слой можно использовать для компенсации возможного радиального теплового расширения внутренней футеровки и/или наружной футеровки.

Для снижения износа огнеупорной внутренней футеровки, можно также обеспечить то, что внутренняя футеровка состоит из кирпичей, состоящих из шпинельного корунда, хромового корунда или карбидов. Может быть обеспечено, что теплопроводность этих камней составляет >3 Вт/мК.

Кроме того, может обеспечиваться, что кирпичи в более горячих областях (температуры >1500°C) реактора защищаются от химических и/или термических условий путем заморозки шлака.

Для обеспечения этой заморозки шлака наружная футеровка может состоять из теплопроводных материалов, при этом достаточный теплоперенос охлаждающей среды (например, змеевик из труб с охлаждающей водой) к внутренней футеровке может обеспечиваться.

Здесь возможно, что наружная футеровка образуется из вспененного огнеупорного материала (например, пеноглинозема), при этом вспененный огнеупорный материал может быть отлит, при этом положительное соединение между охлаждающей средой (например, змеевиком из труб с охлаждающей водой) и внутренней футеровкой может обеспечиваться. Для более горячих областей (температуры $> 1500^{\circ}\text{C}$) реактора, может обеспечиваться, что вспененный огнеупорный материал состоит из шпинельного корунда или алюминиевого корунда. Альтернативно, может обеспечиваться, что наружная футеровка состоит из свободнотекучих литевых масс с большей стабильностью, но из-за этого, меньшими изолирующими свойствами.

Для менее горячих областей (температуры $< 1500^{\circ}\text{C}$) наружная футеровка может быть изготовлена из литевого изолирующего вспененного огнеупорного материала с теплопроводностью $< 1 \text{ Вт/мК}$ для снижения теплопотерь. Эта конструкция обеспечивает то, что образование слоя шлака обеспечивается более теплопроводным материалом в более горячих областях, и тепловые потери снижаются менее проводным материалом в менее горячих областях. Это особенно предпочтительно, поскольку менее горячие области охватывают намного большую область реактора, чем более горячие области.

Другой предпочтительный вариант осуществления настоящего изобретения состоит в том, что кольцеобразная охлаждаемая водой консоль изготовлена из черной стали или нержавеющей стали.

Используется ли черная сталь или нержавеющая сталь, зависит от использования и работы реактора. Черная сталь дешевле и имеет большую теплопроводность, чем нержавеющая сталь. Однако нержавеющая сталь термически и химически более стабильная, чем черная сталь. Конечноэлементная имитация тепловых условий может способствовать определению того, какой материал может использоваться для предполагаемого применения.

Вариант осуществления настоящего изобретения обеспечивает, что фурмы (верхней и конической нижней зоны окисления) изготовлены из меди или стали. Кроме того, может обеспечиваться, что одна из фурм имеет керамическую внутреннюю трубу, или каждая из некоторых фурм имеет соответствующую керамическую внутреннюю трубу, или каждая из фурм имеет соответствующую керамическую внутреннюю трубу. Этот вариант осуществления фурм (с керамической внутренней трубой) обеспечивает защиту фурмы от плавления металла путем добавления кислорода и/или воздуха, при этом кислород и/или воздух может быть также предварительно нагретым (например, до температур $> 1000^{\circ}\text{C}$). Также может быть предпочтительно, чтобы сжимаемый и теплостойкий слой располагался между керамической внутренней трубой и фурмой, при этом индуцированный теплом механические нагрузки можно компенсировать. Этот сжимаемый и теплостойкий слой состоит из, например, высокотемпературного фетра, высокотемпературного картона или высокотемпературной пены.

Альтернативный вариант осуществления настоящего изобретения обеспечивает, что фурмы (верхней и конической нижней зон окисления) могут быть полностью изготовлены из керамики. Посредством данного варианта осуществления можно обеспечить, например, что зона окисления может работать с подачей горячего воздуха и/или кислорода с температурой более 1000°C и, таким образом, температурой слоя более 2000°C , поскольку керамика может выдерживать более высокие температуры, чем металлы.

Неизбежно необходимое охлаждение металлических фурм не является необходимым для фурм, изготовленных полностью из керамики, при этом потери тепла можно снижать на более чем 5%. Химическая нагрузка, вызываемая плавлением без охлаждения, и высокая тепловая нагрузка может достигаться для этих фурм путем объединения керамики с хорошей теплопроводностью (например, карбид кремния, например, с 85 Вт/мК) и заморозкой шлака с последующей изолирующей керамикой (например, шпинельный корунд с менее чем 4 Вт/мК).

Также может быть предпочтительно для реактора, чтобы угол конусности (а) футерованной верхней зоны окисления был от 5 до 30° .

Эта коническая форма верхней зоны окисления обеспечивает предпочтительно, что часть шлака остается на поверхности футеровки, при этом образование слоя шлака в этой области обеспечивается.

Для дополнительного варианта осуществления реактора предполагается, что футерованная верхняя зона восстановления расположена выше секции выпуска газа, причем секция выпуска газа примыкает к нижней части футерованной верхней зоны восстановления путем создания увеличения сечения. Здесь может предполагаться, что увеличение сечения является резким.

Предпочтительно площадь поперечного сечения секции выпуска газа увеличивается по меньшей мере вдвое относительно площади поперечного сечения верхней зоны восстановления.

Этот вариант осуществления обеспечивает, что слой расширяется конически, при этом повышая площадь поверхности или область выгрузки слоя. Поверхность или зона выгрузки слоя главным образом соответствует наружной поверхности для конструкции с усеченным конусом.

Вариант осуществления обеспечивает, что увеличение сечения является таким, что область выгрузки слоя по меньшей мере в 3 раза больше, чем площадь поперечного сечения верхней зоны восстановле-

ния. Кроме того, увеличение сечения может быть настолько большой, чем область выгрузки слоя составляет по меньшей мере в 7 раз или даже по меньшей мере в 9 раз больше, чем площадь поперечного сечения верхней зоны восстановления.

Для этого или дополнительного варианта осуществления может также обеспечиваться то, что увеличение сечения секции выпуска газа является таким, что область выгрузки слоя увеличивается по меньшей мере в 5 раз относительно площади поперечного сечения верхней зоны окисления. Кроме того, увеличение сечения может быть настолько большим, что область выгрузки слоя по меньшей мере в 9 раз больше, чем площадь поперечного сечения верхней зоны окисления.

Преимущество вышеуказанных вариантов осуществления состоит в том, что скорость потока газа (через выпускное отверстие для газа) снижается пропорционально увеличенной области выгрузки слоя (по сравнению с известными реакторами), так что вынос пыли из слоя может быть снижен для минимизации.

Альтернативно, может обеспечиваться для реактора, что по меньшей мере часть футерованной верхней зоны восстановления, расположенной в прямоточной секции, расположена или вставлена в секцию выпуска газа.

Этот вариант осуществления может также обеспечивать то, что секция выпуска газа имеет большее сечение, чем верхняя зона восстановления.

В этом варианте осуществления прямоточная секция с частью верхней зоны восстановления вводится или частично вставляется в секцию выпуска газа. Например, футеровка (например, кирпичная футеровка или футеровка из огнеупорного бетона) верхней зоны восстановления выступает в секцию выпуска газа. Поскольку секция выпуска газа имеет большую площадь поперечного сечения, чем верхняя зона восстановления, и по меньшей мере одно выпускное отверстие для газа расположено в краевой части секции выпуска газа, газ, полученный в прямоточной секции, должен обходить футеровку (например, кирпичную футеровку или футеровку из огнеупорного бетона), выступающую в секцию выпуска газа, для достижения выпускного отверстия для газа, при этом меньше пыли поступает на отделение пыли. Этот вариант осуществления обеспечивает снижение общей высоты реактора, причем в то же время отделение пыли можно улучшать, поскольку газ и уловленная пыль должны дополнительно протекать вверх для достижения по меньшей мере одного выпускного отверстия для газа.

Может также обеспечиваться, что футеровка (например, кирпичная футеровка или футеровка из огнеупорного бетона) верхней зоны восстановления, проходящая в секцию выпуска газа, образуется в виде формы полого цилиндра. Форма полого цилиндра может быть образована в виде стальной удерживающей конструкции, которая футерована с обеих сторон, которые защищены водяным охлаждением от высоких тепловых и, следовательно, механических нагрузок.

Для дополнительного варианта осуществления настоящего изобретения обеспечивается, что объемное отношение объемной верхней зоны окисления к области зоны с избыточным давлением представляет отношение 1:N объемных единиц, причем N является числом, большим или равным (\geq) 4 и меньшим или равным (\leq) 20.

Таким образом, объем верхней зоны окисления больше в намного большее число раз по сравнению с ранее известными реакторами, при этом значительно большая емкость может обеспечиваться. Здесь также возможно, что $5 \leq N \leq 15$ или даже $6 \leq N \leq 11$.

В варианте осуществления реактора обеспечивается, что объемное отношение объема верхней зоны окисления к общему объему верхней зоны восстановления и зоны с избыточным давлением составляет отношение 1:N объемных единиц, причем N является числом, большим или равным (\geq) 7 и меньшим или равным (\leq) 25.

Дополнительный вариант осуществления обеспечивает, что объемное отношение объема верхней зоны окисления к общему объему верхней зоны восстановления и зоны с избыточным давлением составляет отношение 1:N объемных единиц, причем $8 \leq N \leq 15$ или даже $9 \leq N \leq 14$.

Этот вариант осуществления реактора предпочтителен тем, что большая мощность обеспечивается с фиктивной такой же высотой реактора. Это возможно, поскольку объем зоны с избыточным давлением по сравнению с объемом окисления имеет меньшее отношение, чем в известных реакторах.

Дополнительный вариант осуществления реактора обеспечивает, что объемное отношение объема противоточной секции к общему объему реактора составляет отношение 1:N объемных единиц, где N является числом от 1 до 10 ($1 \leq N \leq 10$). Здесь дополнительно возможно, что $2 \leq N \leq 7$ или даже $3 \leq N \leq 5$.

Из-за увеличения сечения зоны выпускного отверстия для газа и противоточной секции, область конуса выпуска в конической нижней зоне восстановления также увеличивается, при этом меньшие скорости потока газа вытекают из слоя и меньше пыли захватывается.

Другой предпочтительный вариант осуществления реактора состоит в том, что угол конусности конической нижней зоны восстановления и угол конусности конической нижней зоны окисления составляет от 50 до 70°. Из-за этого варианта осуществления шлак, который поддерживается жидким при достаточно высоких температурах в конической нижней зоне окисления и конической нижней зоне восстановления, стекает лучше, поскольку стенки проходят под углом приблизительно 50-70°, предпочтительно

приблизительно 60°C, от горизонтали или под углом 20-40° от вертикали.

Дополнительный вариант осуществления реактора обеспечивает, что средства подачи газа расположены в области увеличения сечения в зоне пиролиза. Этот вариант осуществления обеспечивает то, что горячие газы (например, предварительно нагретый воздух или газы сгорания) подаются в конус выгрузки.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения также обеспечивается, что фурмы верхней зоны окисления расположены на нескольких уровнях (высотах). Это особенно предпочтительно, поскольку лучшее распределение газа обеспечивается с равномерным нагреванием слоя. Кроме того, этот вариант осуществления обеспечивает, что избегают местного перегрева футеровки (например, кирпичной футеровки или футеровки из огнеупорного бетона) насколько это возможно.

Другой предпочтительный вариант осуществления реактора состоит в том, что по меньшей мере одна фурма расположена на уровне (высоте) конической нижней зоны восстановления.

Дополнительная фурма дополнительно подает воздух и/или кислород определенным образом, так что не получается CO₂, а практически только CO. Кроме того, можно обеспечивать посредством этого варианта осуществления, что производительность может увеличиваться. Кроме того, этот вариант осуществления обеспечивает увеличение производительности и увеличение температуры выпускного отверстия для газа в выпускном отверстии для газа свыше 1500°C без снижения качества газа.

Для применений, которые предпочитают тепловую энергию относительно химической энергии, может быть предпочтительным, что по меньшей мере одна дополнительная фурма расположена в верхней зоне восстановления. Посредством этого варианта осуществления может предпочтительно достигаться, что химическая энергия (CO, H₂) возвращается назад в тепловую энергию путем окисления CO в CO₂ и H₂ в H₂O.

Дополнительный вариант осуществления обеспечивает, что по меньшей мере одна другая фурма расположена на дополнительном уровне (высоте) конической нижней зоны окисления. Фурма на следующем уровне расположена предпочтительно выше выпуска.

Путем расположения фурмы выше выпуска плавление может облегчаться в области выпуска, поскольку тепло создается в области, где расплав вытекает жидким. В то же время расположение фурмы выше выпуска обеспечивает, что отвержденный расплав, желаемый на противоположной стороне выпуска (так называемая заморозка шлака, которая защищает футеровку, такую как, например кирпичная футеровка) не ожигается и таким образом не стекает.

Согласно третьему аспекту настоящего изобретения обеспечивается применение реактора согласно второму аспекту настоящего изобретения для обеспечения газов с температурами от 1500 до 1750°C и отношением CO/CO₂ ≥15, причем газы вводятся в металлургический реактор для восстановительного плавления. Газы предпочтительно имеют температуру от 1600 до 1750°C. Кроме того, обеспечивается, что газы можно вводить в металлургический реактор для восстановительного плавления. Объемное отношение газообразных CO/CO₂ газов, вводимых в металлургический реактор для восстановительного плавления, может быть больше 10 или даже больше 15. Например, объемное отношение газообразных CO/CO₂ составляет от 10 до 1000, предпочтительно от 15 до 10000 и, в частности, предпочтительно от 15 до 10⁷ (по существу без CO₂).

Согласно четвертому аспекту настоящего изобретения обеспечивается система, содержащая реактор согласно второму аспекту настоящего изобретения и металлургический реактор, соединенный с реактором для восстановительного плавления. Здесь возможно, что реактор работает со способом, описанным выше, так, что объемное отношение газообразных CO/CO₂ в области (соединительная секция) между реактором и металлургическим реактором для восстановительного плавления составляет больше чем 10 или даже больше 15. Например, объемное отношение газообразных CO/CO₂ составляет от 10 до 1000, предпочтительно от 15 до 10000 и, в частности, предпочтительно от 15 до 10⁷ (по существу без CO₂).

Металлургический реактор для восстановительного плавления может быть любым реактором или доменной печью, приспособленной к восстановлению металлов из руд.

Согласно пятому аспекту настоящего изобретения обеспечивается применение реактора согласно второму аспекту настоящего изобретения для обеспечения горячего газа для способа плавления металлосодержащего сырьевого материала. Способ плавления металлосодержащего сырьевого материала может быть способом, описанным в приоритетной голландской патентной заявке под номером 2023109 под названием "Способ плавления металлосодержащего сырьевого материала", выданной на имя African Rainbow Minerals Limited.

Согласно шестому аспекту настоящего изобретения обеспечивается применение реактора согласно второму аспекту настоящего изобретения в способе согласно первому аспекту настоящего изобретения.

Дополнительные преимущества, подробности и улучшения получают из следующего описания настоящего изобретения со ссылкой на приложенные чертежи.

Краткое описание фигур

Фиг. 1 показывает упрощенный вид в разрезе реактора согласно настоящему изобретению.

Фиг. 2 показывает вырез упрощенного вида в разрезе реактора согласно настоящему изобретению с

двумя футерованными секциями и шпунтовыми соединениями.

Фиг. 3 показывает вид в перспективе кольцеобразной охлаждаемой водой консоли, которую можно поместить между двумя футерованными секциями и в области шпунтового соединения.

Подробное описание фигур

Элементы с подобными номерами позиций на этих чертежах являются или идентичными, или выполняют такую же функцию. Ранее обсуждаемые элементы не обязательно обсуждаются на последующих чертежах, если функция эквивалентна.

Далее фиг. 1 описывает по существу цилиндрический реактор 100 согласно настоящему изобретению. В связи с объяснением подробной информации о реакторе стадии способа, которые происходят при обработке сырьевых материалов, и получение температур газа выше 1500°C в выпускном отверстии для газа также определены.

Путем использования других сырьевых материалов модификации реактора и/или способа могут быть пригодными. В общем, различные сырьевые материалы (например, низкокачественный уголь) также можно объединять, например, путем добавления сырьевых материалов с большей теплотой сгорания (например, органические отходы, загрязненные отходы древесины, шины машин или подобные) при газификации/плавлении неорганических сырьевых материалов.

Реактор 100, показанный на фиг. 1, имеет три секции. Частично футерованная прямооточная секция 110, футерованная огнеупорным материалом секция 120 выпуска газа и футерованная огнеупорным материалом противоточная секция 130. Прямооточная секция 110, секция 120 выпуска газа и противоточная секция 130 расположены по существу концентрически друг другу (представлено вертикальной штрихпунктирной линией, проходящей по существу через центр реактора). Как показано, несколько кольцеобразных охлаждаемых водой консолей 400 показаны в прямооточной секции 110 и в противоточной секции 130. Кольцеобразные охлаждаемые водой консоли 400 расположены по меньшей мере между двумя огнеупорными футерованными секциями, расположенными друг над другом (не показано) в области шпунтовых соединений (не показаны). В прямооточной секции расположены нефутерованная зона 111с избыточным давлением, футерованная огнеупорным материалом верхняя зона 116 окисления и футерованная огнеупорным материалом верхняя зона 118 восстановления. Зона 111 с избыточным давлением содержит зону подачи с затвором 112, при этом сырьевые материалы, такие как отходы, вода, шины машин, добавки или другие сырьевые материалы, подают в реактор сверху посредством зоны подачи. Поток материала из твердых веществ показан как штриховая стрелка сверху вниз. Находящаяся ниже по потоку буферная зона расположена ниже зоны 114 пиролиза для буферизации и предварительной сушки объема сырьевого материала, которая примыкает к нижней части буферной зоны, при этом создавая увеличение сечения. В зоне пиролиза 114 конус выгрузки может образовываться из сырьевых материалов (представленных наклонными пунктирными линиями; от 114 до 119). Пиролиз может, таким образом, происходить на поверхности слоя. Зона пиролиза может также быть изготовлена инертной для газа сгорания или любого другого газа с низким содержанием кислорода (например, N₂ или CO₂), таким образом горючие газы, перемещающиеся к затвору 112 горят безопасно. Ниже зоны 114 пиролиза есть футерованная промежуточная зона 115, которая оборудована для конечной сушки и полного пиролиза. Футерованная огнеупорным материалом верхняя зона 116 окисления примыкает к футерованной огнеупорным материалом промежуточной зоне 115, причем в верхней зоне 116 окисления фурмы расположены по кольцу во множестве плоскостей, как показано. По меньшей мере 1000°C горячий кислород и/или воздух, подаваемый посредством фурмы 117, увеличивает температуру выше 1800 и до 4000°C так, что все вещества превращаются в неорганический газ, жидкий металл, кокс, углерод и/или минеральный шлак. В футерованной огнеупорным материалом верхней зоне 118 восстановления, которая примыкает к футерованной верхней зоне 116 окисления и которая расположена по существу выше последующей футерованной секции 120 выпуска газа, происходит эндотермическая конверсия тепловой энергии в химическую энергию. В то же время прямоток газа (представленный штриховой стрелкой, проходящей сверху вниз), который получается из зоны с избыточным давлением, в верхнюю футерованную огнеупорным материалом зону 118 восстановления сверху вниз, получается здесь и вводится в футерованную огнеупорным материалом секцию 120 выпуска газа.

Как показано, футерованная огнеупорным материалом секция 120 выпуска газа соединена с футерованной огнеупорным материалом верхней зоной 118 восстановления, при этом создавая увеличение сечения. Полученный газ - приблизительно в перекрестном потоке относительно слоя - отводят в секцию 120 выпуска газа по меньшей мере через одно выпускное отверстие 121 для газа (показанное штриховой стрелкой, проходящей слева направо). Может быть обеспечено, например, что четыре или более выпускных отверстий 121 для газа радиально распределены по окружности (не показано), так что газ, полученный в прямооточной секции и в противоточной секции, может быть отклонен радиально в перекрестном потоке. Отведенный газ имеет объемное отношение газообразных CO/CO₂ от 10 до 1000, предпочтительно от 15 до 10000 и, в частности, предпочтительно от 15 до 10⁷ (по существу без CO₂).

Ниже секции выпуска газа находится футерованная огнеупорным материалом коническая нижняя зона 138 восстановления. В футерованной огнеупорным материалом конической нижней зоне 138 вос-

становления также происходит конверсия тепловой энергии в химическую энергию.

Ниже футерованной конической нижней зоны восстановления есть, как показано, футерованная коническая нижняя зона 136 окисления, в которой расположены по меньшей мере одна фурма 137 и выпуск 131. Фурма 137 вводит по меньшей мере 1000°C горячий воздух и/или кислород для окисления оставшегося закоксованного материала и предотвращает отверждение расплава. Сбор и выгрузка расплавов металла и расплавов шлака происходит в выпуске 131.

Газ, получаемый в конической нижней зоне окисления и в конической нижней зоне восстановления, также протекает противотоком потоку твердых веществ через слой (представленные штриховой стрелкой, проходящей снизу вверх) в футерованную огнеупорным материалом секцию 120 выпуска газа, где он отводится посредством по меньшей мере одного выпускного отверстия 121 для газа.

Реактор согласно настоящему изобретению может иметь следующие внутренние объемы, например:

Реактор	Пример 1 [м³]	Пример 2 [м³]
Прямоточная секция:	19,80	118,70
Зона подачи с затвором	2,70	3,20
Буферная зона	4,00	6,00
Зона пиролиза	4,70	41,60
Промежуточная зона	4,00	20,40
Верхняя зона окисления	1,50	9,90
Верхняя зона восстановления	2,80	37,70
Секция выпуска газа:	3,20	32,20
Противоточная секция:	6,80	59,50

Фиг. 2 показывает вырез упрощенного вида в разрезе футерованной огнеупорным материалом промежуточной зоны 115 реактора согласно настоящему изобретению с двумя футерованными секциями 200, 300 и кольцеобразным шпунтовым соединением. Как показано в качестве примера для футерованной промежуточной зоны 115, где каждая другая футерованная область может также иметь по меньшей мере две футерованные секции 200, 300 с кольцеобразным шпунтовым соединением, эта футерованная часть реактора имеет по меньшей мере две футерованные секции 200, 300, расположенные друг над другом. Каждая по меньшей мере из двух футерованных секций 200, 300 содержит по меньшей мере одну внутреннюю огнеупорную футеровку 202, 302 и наружную футеровку 203, 303, окружающую внутреннюю огнеупорную футеровку. Возможно, что внутренняя огнеупорная футеровка 202, 302 представляет собой футеровку, изготовленную из обожженного кирпича, или монолитную (например, отлитую) футеровку. Как показано дополнительно на фиг. 2, шпунтовое соединение образуется между футерованными секциями 200, 300, расположенными друг над другом, одна из футерованных секций 200 имеет канавку 201 на стороне, обращенной к внутренней части реактора, а другая футерованная секция 300 имеет гребень 301 на стороне, обращенной к внутренней части реактора. Как показано здесь, может обеспечиваться, что верхняя футерованная секция 200 имеет канавку 201, а нижняя футерованная секция 300 имеет гребень 301. Кроме того, шпунтовое соединение имеет (вертикальный) изменяющийся в зависимости от температуры промежутки 400 между канавкой 201 и гребнем 301. Как дополнительно показано, кольцеобразная охлаждаемая водой консоль 400 расположена по меньшей мере между двумя футерованными секциями 200, 300, расположенными друг над другом.

Кольцеобразная охлаждаемая водой консоль 400 для удержания кирпичной футеровки и стабилизации кирпичной футеровки при сильном нагревании и охлаждении реактора показана на виде в перспективе на фиг. 3. Эта кольцеобразная охлаждаемая водой консоль 400 изготовлена путем сгибания, без сварных швов, полых цилиндрических труб с квадратными или прямоугольными сечениями и изготовлена из черной стали. Охлаждающая вода может подаваться и отводиться из охлаждаемой водой консоли 400 посредством соединительных фланцев 401, как показано.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ газификации углеродсодержащего сырьевого материала для получения горячих восстановительных газов, используя реактор, причем способ предусматривает стадии
 - загрузки навалом углеродсодержащего сырьевого материала посредством затвора с образованием выгружаемого слоя в зоне пиролиза реактора;
 - нагревания выгружаемого слоя в зоне пиролиза для инициации пиролиза в углеродсодержащем сырьевом материале и получения продукта пиролиза;
 - обеспечения низкорасположенной горячей верхней зоны окисления в реакторе путем подачи источника кислорода при температуре по меньшей мере 800°C в реактор в месте под зоной пиролиза;
 - газификации продукта пиролиза и оставшегося не подвергнутого пиролизу углеродсодержащего сырьевого материала в горячей верхней зоне окисления с образованием слоя угля в верхней зоне восстановления реактора, причем верхняя зона восстановления расположена под горячей верхней зоной окисления;
 - превращения тепловой энергии в химическую энергию в верхней зоне восстановления;
 - обеспечения низкорасположенной горячей нижней зоны окисления в реакторе путем подачи источ-

ника кислорода при температуре по меньшей мере 800°C в реактор в месте под нижней зоной восстановления реактора;

сбора любых расплавов металла и/или шлака, присутствующих в нижней зоне окисления;

удаления расплавов металла и/или шлака, присутствующих в нижней зоне окисления; и

отвода горячих восстановительных газов, имеющих температуру по меньшей мере 1300°C и отношение $CO/CO_2 \geq 5$, которые получились в верхней зоне восстановления через выходное отверстие для газа, расположенное в секции выхода газа реактора, причем секция выхода газа расположена между верхней зоной восстановления и нижней зоной восстановления реактора.

2. Способ по п.1, в котором горячие восстановительные газы, которые отводятся, имеют отношение $CO/CO_2 \geq 15$.

3. Способ по п.1 или 2, где нагревание выгружаемого слоя в зоне пиролиза проводят постепенно до температуры по меньшей мере 700°C, причем температура повышается постепенно для предотвращения разрушения углеродсодержащего сырьевого материала и продукта пиролиза.

4. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию обеспечения горячих газов в зону пиролиза для нагревания выгружаемого слоя в зоне пиролиза для инициации пиролиза в углеродсодержащем сырьевом материале и для образования продукта пиролиза.

5. Способ по п.4, предусматривающий стадию контроля объемного расхода горячих газов, которые подаются в зону пиролиза, чтобы нагревать выгружаемый слой в зоне пиролиза постепенно до температуры по меньшей мере 700°C, причем температура повышается постепенно для предотвращения разрушения углеродсодержащего сырьевого материала и продукта пиролиза.

6. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию сушки углеродсодержащего сырьевого материала перед загрузкой навалом углеродсодержащего сырьевого материала в реактор.

7. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию предварительного нагревания и предварительной сушки углеродсодержащего сырьевого материала в буферной зоне реактора, причем буферная зона расположена выше зоны пиролиза реактора.

8. Способ по п.7, в котором путем подачи углеродсодержащего сырьевого материала в зону пиролиза образуется выгружаемый слой, имеющий конус выгрузки, причем сечение зоны пиролиза увеличивается относительно сечения буферной зоны.

9. Способ по любому из предшествующих пунктов, включающий стадию пиролиза и сушки углеродсодержащего сырьевого материала в промежуточной зоне реактора, причем промежуточная зона расположена под зоной пиролиза.

10. Способ по п.9, включающий стадию отвода горячих восстановительных газов с температурой по меньшей мере 1300°C, которые образовались в прямоточной секции реактора, по меньшей мере из одного выпускного отверстия для газа реактора, причем прямоточная секция содержит

зону с избыточным давлением реактора, причем зона с избыточным давлением содержит

зону подачи реактора;

буферную зону реактора;

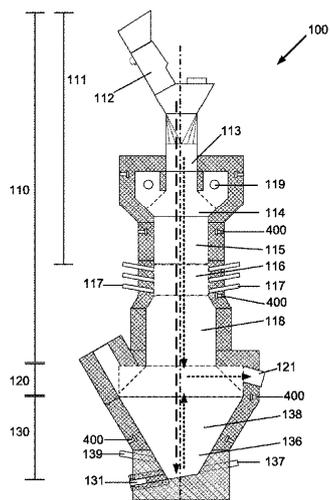
зону пиролиза реактора и

промежуточную зону реактора;

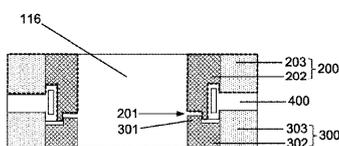
верхнюю зону окисления реактора и

верхнюю зону восстановления реактора.

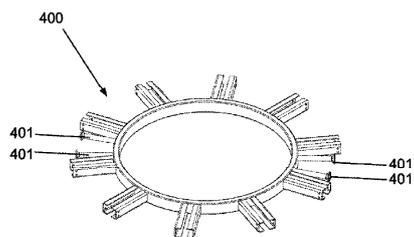
11. Способ по любому из предшествующих пунктов, причем способ включает стадию отвода горячих восстановительных газов с температурой по меньшей мере 1300°C, которые были получены в противоточной секции реактора, посредством выпускного отверстия для газа, расположенного в секции выпуска газа реактора, причем противоточная секция содержит нижнюю зону окисления и нижнюю зону восстановления реактора.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3