

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **047189**

(13) **B1**

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

(45) Дата публикации и выдачи патента
2024.06.20

(51) Int. Cl. **C01C 1/04** (2006.01)
C25B 1/04 (2021.01)

(21) Номер заявки
202391708

(22) Дата подачи заявки
2021.12.13

(54) **СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ОТБРОСНОГО ТЕПЛА, ОБРАЗОВАННОГО В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕЛЕННОГО АММИАКА**

(31) **РА202001416**

(56) **WO-A1-2020035521**
US-A1-2013288143

(32) **2020.12.17**

(33) **DK**

(43) **2023.08.07**

(86) **PCT/EP2021/085407**

(87) **WO 2022/128872 2022.06.23**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ТОПСЁЭ А/С (DK)

(72) Изобретатель:
**Тьернехов Эмиль Андреас (SE), Хан
Пат А. (DK)**

(74) Представитель:
Беляева Е.Н. (BY)

(57) Способ регенерации отбросного тепла, образованного в процессе производства аммиака, который включает в себя этапы (a) получения синтез-газа аммиака, включая этапы электролиза воды или пара для получения водорода и добавления потока азота в водород; (b) конверсии синтез-газа аммиака в аммиак; (c) регенерации, по меньшей мере, части отбросного тепла, полученного в результате электролиза на этапе (a); (d) повышения качества отбросного тепла, полученного на этапе (c), за счет тепла, регенерированного из стока одной или более ступеней компрессора, и/или отбросного тепла, полученного при конверсии синтез-газа аммиака на этапе (b), и/или отбросного тепла из конденсатора турбины с использованием пара, полученного на этапе (b); и (e) распределения отбросного продукта более высокого качества с этапа (d) на следующий по ходу процесса этап утилизации тепла.

B1

047189

047189

B1

Изобретение касается способа регенерации отбросного тепла, образованного в процессе производства зеленого аммиака.

В частности, изобретение относится к отбросному теплу, образованному в процессе "зеленого" производства аммиака, т.е. при получении синтез-газа аммиака, включая электролиз воды с использованием устойчивых или возобновляемых источников энергии.

Аммиак зарекомендовал себя как отличный энергоноситель, а также отличный носитель водорода. Жидкий аммиак содержит больше водорода, чем жидкий водород.

Аммиак может быть получен из воздуха, воды и электричества практически в любой точке мира, где есть доступ к большому количеству возобновляемых источников энергии.

Аммиак также может быть средой сохранения энергии для возобновляемых источников энергии, которую легко транспортировать в больших количествах в другое место. Аммиак можно использовать непосредственно в двигателях внутреннего сгорания/газовых турбинах или топливных элементах, либо его можно подвергнуть крекингу/разложению на водород и азот. Разложившийся аммиак можно подавать в газовую турбину, а водород можно регенерировать для топливных элементов или других целей.

Производство водорода на основе электролиза, как правило, позволяет получить существенное количество отбросного тепла, что обусловлено эффективностью, которая в случае с традиционными технологиями составляет приблизительно 60%.

Отбросное тепло от обычного электролиза, как правило, доступно при низком уровне температуры (около 60°C), где оно не имеет большой ценности. Поскольку более 90% необходимой энергии в виде электричества для производства аммиака или метанола используют для получения водорода электролизом, а приблизительно 40% этой энергии теряется в виде отбросного тепла, количество отбросного тепла является значительным.

Относительно низкая эффективность электролиза является серьезной проблемой при производстве "зеленого" электротоплива. Если бы отбросное тепло могло быть преобразовано в ценный продукт, экономическая осуществимость была бы выше.

Получение зеленого аммиака путем производства водорода путем электролиза предполагает необходимость выполнять охлаждение в значительных объемах. Охлаждение обычно осуществляют за счет циркуляции охлаждающей воды, и при этом теряется низкопотенциальное тепло.

Для повышения эффективности использования отбросного тепла, полученного в результате электролиза, настоящее изобретение обеспечивает способ частичной или максимальной регенерации отбросного тепла, полученного в процессе электролиза, а затем повышение качества регенерируемого тепла (в горячей воде) за счет дальнейшего нагрева путем регенерации технологического тепла от стока одной или более ступеней компрессора и/или отбросного тепла в рамках синтеза аммиака и/или, при необходимости, конденсатора турбины с использованием образованного при синтезе пара. Более качественное отбросное тепло может подходить для использования в централизованном теплоснабжении, в рамках которого воду нагревают до температуры приблизительно 80°C.

Таким образом, изобретением предусмотрен способ регенерации отбросного тепла, образованного в процессе производства аммиака, который включает в себя следующие этапы:

(a) получение синтез-газа аммиака, включая этапы электролиза воды или пара для получения водорода и добавления потока азота в водород;

(b) конверсию синтез-газа аммиака в аммиак;

(c) регенерацию, по меньшей мере, части отбросного тепла, полученного в результате электролиза на этапе (a);

(d) повышение качества отбросного тепла, полученного на этапе (c), за счет тепла, регенерированного из стока одной или более ступеней компрессора, и/или отбросного тепла, полученного при конверсии синтез-газа аммиака на этапе (b), и/или отбросного тепла из конденсатора турбины с использованием пара, полученного на этапе (b); и

(e) распределение отбросного продукта более высокого качества с этапа (d) на следующий по ходу процесса этап утилизации тепла.

Регенерация отбросного тепла электролиза происходит за счет нагрева циркулирующей охлаждающей воды путем косвенного теплообмена. После этого качество части нагретой охлаждающей воды в результате электролиза улучшается за счет тепла, полученного при конверсии синтез-газа аммиака, и/или отбросного тепла конденсатора турбины.

Полученное таким образом тепло улучшается путем нагрева циркулирующей охлаждающей воды из электролизных установок до нужной температуры путем теплообмена с теплом, полученным в результате синтеза аммиака, и/или отбросного тепла турбины, как указано выше, перед теплообменом в рамках следующего по ходу процесса этапа утилизации тепла.

Приблизительно при температуре 60°C качество отходов электролиза может быть частично или максимально повышено в зависимости от времени года и теплового баланса с установкой синтеза.

Для нагрева горячей воды до температуры более 80°C используют межступенчатое отбросное тепло компрессора синтез-газа. Температура на выходе компрессора, как правило, составляет приблизительно 120-130°C.

Пар, полученный из отбросного тепла, образованного в результате реакции синтеза аммиака, можно использовать, например, в паровой турбине. Конденсация в паровой турбине может происходить при температуре, которая нужна для централизованного теплоснабжения, что позволит повысить общую эффективность.

Кроме того, пар, полученный в результате реакции синтеза аммиака, может использоваться для одновременного производства электроэнергии и централизованного теплоснабжения, например, в комбинированных электростанциях и ТЭЦ. Соотношение количества производимой электроэнергии и тепловой энергии регулируется путем изменения температуры/давления конденсатора.

Аммиак также можно использовать в качестве топлива при производстве электроэнергии с помощью газовой турбины, газового двигателя или топливных элементов.

Изобретение может выгодно сочетать и интегрировать производство возобновляемой энергии с производством электротоплива, а также, например, теплоснабжением.

Изобретение, помимо прочего, позволяет интегрировать его с другими источниками отбросного тепла, а также может быть интегрировано с производством возобновляемой энергии, поскольку может быть принято решение производить электроэнергию, и/или электротопливо, и/или обеспечить централизованное теплоснабжение.

Настоящее изобретение предусматривает необходимость наличия большего количества теплообменников, как правило, недорогих, и, таким образом, усложнит весь процесс, при этом полученные преимущества позволят окупить затраты в краткосрочной перспективе.

Преобразование отбросного тепла разгружает охлаждающие мощности, что повышает производительность системы охлаждения и, следовательно, улучшает охлаждение технологического процесса (охлаждение всасывания компрессора) и, таким образом, позволяет снизить удельное потребление энергии.

В зависимости от времени года большая или меньшая часть отбросного тепла может быть преобразована в тепло для централизованного теплоснабжения. Общая система охлаждения в любом случае рассчитана на номинальную нагрузку электростанции и без потребности в централизованном теплоснабжении.

Другими преимуществами изобретения, помимо прочего, являются повышение общей эффективности конверсии возобновляемой энергии в электротопливо, если также предусмотрена выработка тепла для централизованного теплоснабжения;

снижение удельного энергопотребления за счет разгрузки системы охлаждения при выработке тепла для централизованного теплоснабжения;

при низкой загруженности аммиачной установки компрессоры будут вынуждены работать с открытой системой перепуска/антипомпажной системой, что приведет к увеличению удельного энергопотребления. За счет регенерации отбросного тепла из промежуточного этапа/стока компрессора можно компенсировать увеличение удельного энергопотребления, которое может восстановить значения, аналогичные тем, что характерны для высокой нагрузки на установку; система с несколькими переменными для оптимизации регенерации тепла для производства электротоплива, тепла для централизованного теплоснабжения и электроэнергии.

В целом, предпочтительными вариантами осуществления изобретения являются следующие отдельные варианты или их комбинация.

Поток азота получают путем разделения воздуха, абсорбции при переменном давлении или криогенного разделения воздуха.

Следующий по ходу процесса этап утилизации тепла включает в себя производство электроэнергии в газовой турбине.

Производство электроэнергии включает в себя использование части аммиака с этапа (b) в качестве топлива для газовой турбины. Это предпочтительно обеспечивается за счет частичного или полного крекинга аммиака до получения водорода и азота.

Преимуществом использования газовой турбины для производства электроэнергии является гибкость паровой турбины, которая позволяет производить электроэнергию и тепло для централизованного теплоснабжения в зависимости от времени года. Относительно больше мощности в летнее время и меньше тепла за счет работы турбины при более низком давлении. Таким образом, следующий по ходу процесса этап утилизации тепла включает в себя тепло для централизованного теплоснабжения.

Следующий по ходу процесса этап утилизации тепла представляет собой сочетание производства электроэнергии и тепла для централизованного теплоснабжения.

На фигуре показан принцип производства тепла для централизованного теплоснабжения.

Замкнутый контур охлаждения водой используют для подачи холодной охлаждающей воды (25°C) на электролизные установки, где ее нагревают до 60°C. Температуры на уровне 60°C недостаточно для централизованного теплоснабжения, поэтому качество части горячей охлаждающей воды повышают, скажем, до 85°C из трех источников Q1, Q2 и Q3. Q1 - тепло верхнего уровня от промежуточного компрессора, Q2 - часть технологического тепла, которую не используют для выработки пара, Q3 - тепло от конденсатора паровой турбины. Q3 является возможным, когда конденсатор паровой турбины работает при достаточно высоком давлении, хотя это приводит к снижению мощности паровой турбины на выхо-

де. Переход с летнего режима на зимний выполняют путем перехода между режимами работы Q2 и Q3.

Часть тепла от электролизных установок для повышения качества - QE. Качество остальной части можно повысить за счет электричества с тепловым насосом, если возникает необходимость в большем количестве тепла для централизованного теплоснабжения.

Горячую охлаждающую воду более высокого качества при температуре 85°C из трех источников смешивают перед поступлением в теплообменник для централизованного теплоснабжения, который нагревает холодную воду для теплоснабжения, скажем, с 30°C до 82°C. Горячую охлаждающую воду охлаждают до 33°C.

Система охлаждающей воды отводит технологическое тепло, которое не было передано в систему централизованного теплоснабжения. Система охлаждающей воды также, при необходимости, выполняет подачу холодной охлаждающей воды для нужд технологического процесса и не показана на фигуре.

В таблице приведен пример объема тепла для централизованного теплоснабжения, которое может быть выработано на заводе по производству зеленого аммиака мощностью 2300 тонн в сутки без применения теплового насоса. Уровни температуры такие, как указано в описании фигуры.

Q_{общее} - количество тепла для централизованного теплоснабжения

2300 тонн в сутки Зеленый Аммиак		Тепловая энергия
Q ₁	MW	10
Q ₂	MW	10
Q ₃	MW	46
Q _{повышение}	MW	66
Q _E	MW	71.3
Q _{общее}	MW	137.3

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ регенерации отбросного тепла, образованного в процессе производства аммиака, который включает в себя следующие этапы:

(a) получение синтез-газа для производства аммиака посредством этапов электролиза воды или пара для получения водорода и добавления потока азота в водород;

(b) конверсию синтез-газа для производства аммиака в аммиак;

(c) регенерацию, по меньшей мере, части отбросного тепла, полученного в результате электролиза на этапе (a);

(d) повышение качества отбросного тепла, полученного на этапе (c) путем нагрева циркулирующей охлаждающей воды из электролиза, за счет тепла, регенерированного из стока одной или более ступеней компрессора, и/или отбросного тепла, полученного при конверсии синтез-газа для производства аммиака на этапе (b), и/или отбросного тепла из конденсатора турбины с использованием пара, полученного на этапе (b); и

(e) распределение отбросного продукта более высокого качества с этапа (d) на следующий по ходу процесса этап утилизации тепла.

2. Способ по п.1, отличающийся тем, что поток азота получают путем разделения воздуха, абсорбции при переменном давлении или криогенного разделения воздуха.

3. Способ по п.1 или 2, отличающийся тем, что следующий по ходу процесса этап утилизации тепла включает в себя производство электроэнергии в газовой турбине.

4. Способ по п.3, отличающийся тем, что производство электроэнергии включает в себя использование части аммиака с этапа (b) в качестве турбинного топлива для газовой турбины, газового двигателя или топливного элемента.

5. Способ по п.4, отличающийся тем, что аммиак, по меньшей мере, частично разделяют крекингом на водород и азот.

6. Способ по любому из пп.1-5, отличающийся тем, что следующий по ходу процесса этап утилизации тепла включает в себя тепло для централизованного теплоснабжения.

7. Способ по любому из пп.1-6, отличающийся тем, что следующий по ходу процесса этап утилизации тепла представляет собой комбинацию производства электроэнергии и тепла для централизованного теплоснабжения.

