



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **129341** (13) **C2**
(51) МПК (2025.01)
A62D 3/36 (2007.01)
B01J 10/00
C02F 1/66 (2023.01)
C21B 13/00

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2022 04898	(72) Винахідник(и): Фіннуш Файсал (US), Освальд Девід (US)
(22) Дата подання заявки: 23.06.2020	(73) Володілець (володільці): МІДРЕКС ТЕКНОЛОДЖИЗ, ІНК., 3735 Glen Lake Drive, Suite 400, Charlotte, NC 28208, United States of America (US)
(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 20.03.2025	(74) Представник: Михайлюк Ганна Валентинівна, реєстр. №184
(41) Публікація відомостей про заявку: 05.07.2023, Бюл.№ 27	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: US 5230810 A, 27.07.1993 WO 2019/225256 A1, 28.11.2019 US 5447551 A, 05.09.1995 US 3899294 A, 12.06.1975 US 4698219 A, 06.19.1987 US 9108869 B2, 18.08.2015 US 2015/329930 A1, 19.11.2015 UA 64489 A, 16.02.2004
(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: 19.03.2025, Бюл.№ 12	
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/US2020/039042, 23.06.2020	

(54) СПОСІБ І СИСТЕМА ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОМПРЕСОРА УЩІЛЬНЮВАЛЬНОГО ГАЗУ ТА СИСТЕМА ПРЯМОГО ВІДНОВЛЕННЯ**(57) Реферат:**

Спосіб і система для експлуатації компресора ущільнювального газу, використовуваного в процесі прямого відновлення, що включають: здійснення моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де стадію моніторингу здійснюють в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора; і регулювання рівня рН потоку води для підтримання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Спосіб включає підтримування рівня рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10 і підтримування рівня рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5.

UA 129341 C2

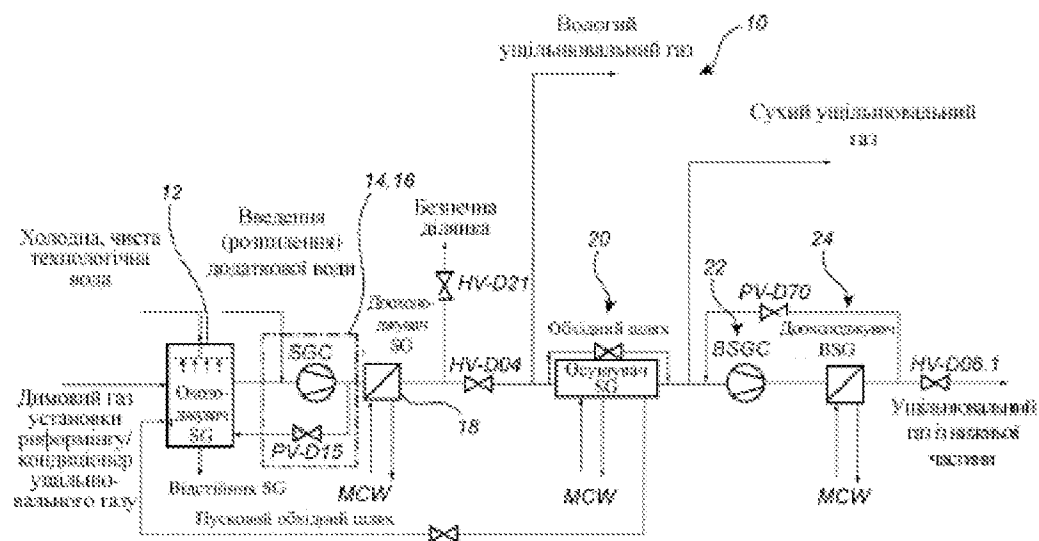


Fig. 1

ГАЛУЗЬ ТЕХНІКИ

Даний винахід у цілому стосується систем і способів виробництва заліза прямого відновлення (DRI) тощо. Зокрема, даний винахід стосується систем і способів оптимізації ущільнювального газу для процесу прямого відновлення (DR).

5 ПЕРЕДУМОВИ ВІНАХОДУ

Важливим компонентом процесу DR, такого як процес MIDREX DRI, є система ущільнювального газу й компресор ущільнювального газу як частина системи ущільнювального газу. Ущільнювальний газ, отриманий з відпрацьованого димового газу установки риформінгу, використовується для захисту установки від вибухонебезпечних газів і забезпечує ефективне виконання процесу DR, оскільки атмосферне повітря усувається із процесу відновлення. Оптимізація роботи компресора ущільнювального газу й мінімізація пов'язаних із цим проблем дозволяє досягти оптимальної продуктивності та якості продукції.

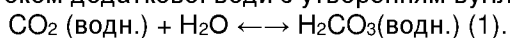
10 Загальна проблема управління компресором ущільнювального газу полягає в тому, що на вхідний потік води, яка подається, впливає склад димового газу установки риформінгу. Як правило, вода, що подається та використовується в компресорі ущільнювального газу, являє собою зм'якшену, чисту промислову воду або воду зворотного осмосу (RO). Стислий аналіз доданки для такої води наведений у таблиці 1 нижче.

Таблиця 1

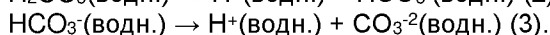
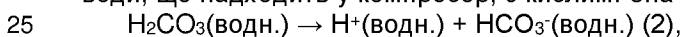
Основні хімічні характеристики води

Параметр	Одиниці	Сира вода	М'яка вода	Вода RO
pH	-	7,0-9,0	8,0-9,0	5,0-7,0
Провідність	мкСм/м	462	-	-
Загальна кількість суспендованих твердих речовин (TSS)	мг/л	1	< 1	< 1
Загальна кількість розчинених твердих речовин (TDS)	мг/л	320	-	< 25
Масло й мастило	мг/л	1	Немає даних	Немає даних
Загальна твердість	мг/л CaCO ₃	160	< 20	< 10
Твердість за кальцієм	мг/л CaCO ₃	< 35	< 10	< 5
Твердість за магнієм	мг/л CaCO ₃	< 50	< 10	< 5
Лужність за метиловим жовтогогарячим (ТАС)	мг/л CaCO ₃	35	Встановлюється постачальником залежно від виду обробки	< 5

20 Незалежно від джерела води, CO₂ у димовому газі установки риформінгу змішується з потоком додаткової води з утворенням вугільної кислоти наступним чином:

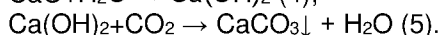
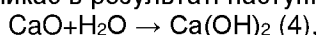


Це слабка кислота, тому її частина дисоціює з утворенням іонів H⁺ (див. нижче), а потік води, що надходить у компресор, є кислим. Значення pH може становити нижче 4,5.



За такого низького pH води швидкість корозії компонентів з вуглецевої сталі й чавуну підвищується. Без хімічного коректування води термін служби устаткування значно скорочується.

30 Вторинною проблемою, пов'язаною з використанням чистої промислової води (і, меншою мірою, пов'язаною з використанням зм'якшеної води), є потенційне утворення накипу, що виникає в результаті наступної реакції:



35 У цій реакції, у міру виділення теплоти стискування, осадження карбонату кальцію збільшується, оскільки розчинність карбонату кальцію обернено пропорційна температурі. Залежно від хімічного складу води (тобто від вмісту іонів кальцію) і хімічної речовини для регулювання pH, потенціал утворення накипу може варіюватися, але може бути значним.

Обидва ці питання є постійними проблемами на установках DRI, де використовуються

лопатеві компресори, оскільки існуючі способи обробки й системи моніторингу не повністю усунули ці проблеми. У рамках проектування традиційних установок DRI не було розроблено комплексного вирішення цих проблем. Як правило, ліцензіати й постачальники засобів для обробки води пропонують певний ступінь запобігання проблем, про які мова йтиме нижче, але за теперішнього стану контролю устаткування й процесів на сьогодні не існує комплексного урегулювання вищевказаних реакцій. Через ці обмеження корозія й накип можуть призвести до наступного:

- 1) зниження виробництва,
- 2) надмірні вимоги до технічного обслуговування й ремонту компресора або лопатевих компонентів, системи вологого ущільнювального газу й осушувача ущільнювального газу,
- 3) утворення осаду, що відбувається нижче за потоком та перешкоджає підвищенню продуктивності,
- 4) погіршення якості продукції: повторне окиснення металізованого продукту, і/або
- 5) опосередковано, виникнення великих кластерів у печі, збільшення часу простою для їхнього видалення.

Лужні розчини, що подаються, забезпечують бажаний результат щодо регулювання pH, але призводять до надмірного утворення накипу й корозії у разі недостатньої подачі, що контролюється дозувальним насосом і необов'язковим таймером. Реального способу вимірювання не існує, і практичним результатом є нестабільна робота й постійні перевірки на місцях, щоб переконатися, що система працює правильно.

Розчини на основі інгібіторів корозії забезпечують бажаний результат щодо зменшення корозії компресора ущільнювального газу, але забезпечують непостійну подачу хімічних речовин або ефективність, оскільки значення pH часто є неправильним, що знову ж контролюється дозувальним насосом і необов'язковим таймером. Зразки матеріалу забезпечують запізнілі індикатори, а зонд Corrater - індикатор реального часу, і практичним результатом є відсутність прийняття рішень у реальному часі й потенційна помилка зонда корозії.

Альтернативні рішення щодо металургійних матеріалів лопатей (нержавіюча сталь і нікель) дозволяють поліпшити характеристики лопатей і збільшити термін служби устаткування, але є дорогими. Термін служби лопатей збільшується, але корозійна вода як і раніше впливає на використання трубопроводів.

Ці передумови забезпечують загальний контекст і середовище, в якому можуть бути реалізовані концепції даного винаходу. Фахівцям у даній галузі техніки буде легко зрозуміти, що ці концепції можуть застосовуватися і в інших контекстах і середовищах. Таким чином, ці передумови носять винятково ілюстративний характер.

СУТЬ ВИНАХОДУ

Даний винахід передбачає системи і способи, що включають контрольні виміри й регулювання подачі хімікатів для забезпечення критичних параметрів, що дозволяють управляти системою технологічної води компресора ущільнювального газу (SGC). При цьому можна контролювати критичні змінні системи й долати поточні обмеження, пов'язані з існуючими устаткуванням/способами обробки. У разі досягнення цих результатів підвищується технологічна надійність SCG.

Нижче наводиться огляд параметрів, контрольованих у даному винаході:

1) pH води, що надходить, контролюється в необхідному діапазоні pH 7,8-9,0 безупинно за допомогою зондів і логічної схеми безпосередньої передачі даних від розподільної системи керування (DCS) і насосів подачі хімікатів,

2) pH відпрацьованої води контролюється із забезпеченням того, що діапазон pH на виході перебуває в діапазоні, який мінімізує утворення накипу й корозію та забезпечує оптимальну ефективність хімічних речовин, що інгібують корозію й утворення накипу,

3) подача хімікатів залежить не лише від одного сімейства хімічних речовин, а включає плівкоутворювальну, парофазну та електрохімічну обробку для оптимізації контролю корозії в масштабах усієї системи, при цьому як у водній, так і в газопаровій ділянках процесу,

4) діапазони ефективних показників продуктивності (наприклад, pH і швидкості корозії) встановлюються в DCS, і регулювання керування подачею хімічних речовин спрямовується цими середніми заданими значеннями, так що контролюються верхні й нижні контрольні показники, і

5) для забезпечення ефективного моніторингу води виконуються незначні модифікації дренажу технологічної води.

В одному ілюстративному варіанті здійснення способу експлуатації компресора ущільнювального газу, використовуваного в процесі прямого відновлення, включає: здійснення

моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де стадію моніторингу здійснюють в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора; і регулювання рівня рН потоку води для підтримання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Спосіб включає підтримування рівня рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10. Спосіб включає підтримування рівня рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5. Регулювання рівня рН потоку води включає введення хімічної речовини, що регулює рівень рН, у потік води на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Спосіб додатково включає: здійснення моніторингу корозійної активності потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і регулювання корозійної активності потоку води для підтримання корозійної активності потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Спосіб також включає підтримування корозійної активності потоку води в діапазоні менше 2,0 міла на рік (мілів на рік).

В іншому ілюстративному варіанті здійснення система експлуатації компресора ущільнювального газу, використовуваного в процесі прямого відновлення, включає: розподільну систему керування; один або більше рН-зондів, з'єднаних з розподільною системою керування й виконаних з можливістю моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де моніторинг здійснюють в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора; і хімічний інжектор для регулювання рН, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання рівня рН потоку води для підтримання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних від одного або більше рН-зондів у напрямку розподільної системи керування. Система підтримує рівень рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10. Система підтримує рівень рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5. Система додатково включає: зонд Corrater, з'єднаний з розподільною системою керування і виконаний з можливістю здійснення моніторингу корозійної активності потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і хімічний інжектор для контролю корозійної активності, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання корозійної активності потоку води для підтримання корозійної активності потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Крім того, система підтримує корозійну активність потоку води в діапазоні менше 2,0 міла на рік. Хімічний інжектор для контролю корозійної активності виконаний з можливістю здійснення доставки в потік води однієї або більше із плівкоутворювальної, парофазної та електрохімічної обробки. Необов'язково, один із одного або більше рН-зондів розташований разом із зондом Corrater.

У ще одному ілюстративному варіанті здійснення система прямого відновлення включає: піч; компресор ущільнювального газу, що працює для доставки ущільнювального газу в піч; установку риформінгу, виконану з можливістю здійснення доставки потоку димового газу установки риформінгу в компресор ущільнювального газу; розподільну систему керування; один або більше рН-зондів, з'єднаних з розподільною системою керування й виконаних з можливістю моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де моніторинг здійснюється в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора; і хімічний інжектор для регулювання рН, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання рівня рН потоку води для підтримання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних від одного або більше рН-зондів у напрямку розподільної системи керування. Система прямого відновлення підтримує рівень рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10. Система прямого відновлення підтримує рівень рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5. Система прямого відновлення додатково включає: зонд Corrater, з'єднаний з розподільною системою керування і

виконаний з можливістю здійснення моніторингу корозійної активності потоку води, використовуюваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і хімічний інжектор для контролю корозійної активності, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання корозійної активності потоку води для підтримування корозійної активності потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу. Крім того, система прямого відновлення підтримує корозійну активність потоку води в діапазоні менше 2,0 міла на рік. Хімічний інжектор для контролю корозійної активності виконаний з можливістю здійснення доставки в потік води однієї або більше із плівкоутворювальної, парофазної та електрохімічної обробки. Необов'язково, один із одного або більше рН-зондів розташований разом із зондом Corratер.

СТИСЛИЙ ОПИС ГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Даний винахід представлений і описаний у даному документі з посиланням на різні графічні матеріали, на яких для позначення подібних компонентів системи/стадій способів, за їх наявності, використовують подібні позиції посилань, де:

на фіг. 1 представлена принципова схема, на якій зображено один ілюстративний варіант здійснення системи оптимізації ущільнювального газу за даним винаходом;

на фіг. 2 представлена принципова схема, на якій зображено інший ілюстративний варіант здійснення системи оптимізації ущільнювального газу за даним винаходом; і

на фіг. 3 представлена принципова схема, на якій зображено додатковий ілюстративний варіант здійснення системи оптимізації ущільнювального газу за даним винаходом.

ОПИС ВАРІАНТІВ ЗДІЙСНЕННЯ

Центральне місце в процесі DRI займає система ущільнювального газу. Система ущільнювального газу захищає персонал і устаткування від токсичних газів і можливих пожеж і вибухів. Ущільнювальний газ використовується для виключення займистих відновлювальних газів (H_2 і CO) з атмосфери із забезпеченням тим самим реакції перетворення залізної руди в металеве залізо й захисту навколишнього середовища за межами відповідної печі. Крім того, ущільнювальний газ запобігає потраплянню в піч атмосфери, яка перешкоджала б процесу відновлення металу.

Джерелом ущільнювального газу в основному є димовий газ із установки риформінгу, який включає побічні продукти згоряння. Склад димового газу зазвичай наступний:

CO_2 -15-18 % (6),

H_2O -20-22 % (7),

N_2 -60-65 % (8),

O_2 - < 2 % (9).

Інші інертні гази можуть бути заміщені, наприклад, більшим відсотком азоту, але димовий газ зазвичай відводиться в атмосферу й тому є доступним і недорогим джерелом для процесу ущільнення.

З посиланням далі конкретно на фіг. 1, в одному ілюстративному варіанті здійснення системи 10 ущільнювального газу за даним винаходом відпрацьований димовий газ із установки риформінгу і необов'язково кондиціонера ущільнювального газу охолоджується від приблизно 1000 °C до 40 °C в охолоджувачі 12 ущільнювального газу й потім надходить у компресор 14 ущільнювального газу, за яким слідує компенсатор 16 пульсації. Після компенсатора 16 пульсації ущільнювальний газ проходить через доохолоджувач 18 ущільнювального газу, після чого розділяється на три потоки: вологий ущільнювальний газ, сухий ущільнювальний газ і ущільнювальний газ із нижньої частини. Сухий ущільнювальний газ відрізняється від вологого ущільнювального газу тим, що сухий ущільнювальний газ проходить через осушувач 20 ущільнювального газу (необов'язково із обхідним шляхом), а ущільнювальний газ із нижньої частини додатково проходить через компресор 22 ущільнювального газу з нижньої частини і доохолоджувач 24 ущільнювального газу з нижньої частини. Вода, що подається в компресор 14 ущільнювального газу, включає холодну, чисту технологічну воду й додаткову воду (яка може бути введена методом розпилення після охолоджувача 12 ущільнювального газу).

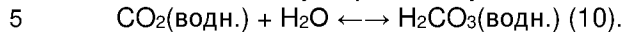
Загальна проблема управління компресором ущільнювального газу полягає в тому, що на вхідний потік води, яка подається, впливає склад димового газу установки риформінгу. Як правило, вода, що подається та використовується в компресорі ущільнювального газу, являє собою зм'якшену, чисту промислову воду або воду RO. Типовий аналіз додавання для цієї води наведено в таблиці 2 нижче.

Таблица 2

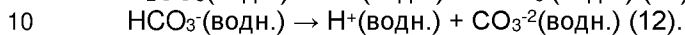
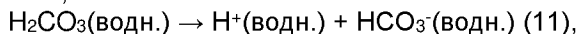
Повні хімічні характеристики води

Параметр	Одиниці	Сира вода	М'яка вода	Вода RO
pH	-	7,0-9,0	8,0-9,0	5,0-7,0
Провідність	мкСм/м	462	-	-
Загальна кількість суспендованих твердих речовин (TSS)	мг/л	1	< 1	< 1
Загальна кількість розчинених твердих речовин (TDS)	мг/л	320	-	< 25
Масло й мастило	мг/л	1	Немає даних	Немає даних
Загальна твердість	мг/л CaCO ₃	160	< 20	< 10
Твердість за кальцієм	мг/л CaCO ₃	< 35	< 10	< 5
Твердість за магнієм	мг/л CaCO ₃	< 50	< 10	< 5
Лужність за метиловим жовтогогарячим (ТАС)	мг/л CaCO ₃	35	Встановлюється постачальником залежно від виду обробки	< 5
Хлориди	мг/л Cl ⁻	60	< 60	< 5
Сульфати	мг/л SO ₄	130	< 100	< 5
Нітрати	мг/л NO ₃	5	< 5	< 5
Натрій і калій	мг/л Na	43	113/ < 3	< 5/ < 2
Загальне залізо	мг/л Fe	0,1	< 0,1	< 0,1
Марганець	мг/л Fe	0,05	-	-
Діоксид кремнію	мг/л SiO ₂	10	Немає даних	Немає даних
Мутність, NTU		< 2	< 2	< 1
ТОС	ppm	2	-	< 5

Незалежно від джерела додаткової води, CO₂ у димовому газі змішується з потоком додаткової води з утворенням вугільної кислоти наступним чином:

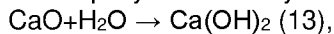


Це слабка кислота, тому її частина дисоціює з утворенням іонів H⁺ (див. нижче), а потік води, що входить у компресор 14 ущільнювального газу, є кислим. Значення pH може становити нижче 4,5.



За такого низького pH води швидкість корозії компонентів з вуглецевої сталі й чавуну є високою. Без хімічного коректування води термін служби устаткування значно скорочується.

Вторинною проблемою, пов'язаною з використанням чистої промислової води (і, меншою мірою, пов'язаною з використанням зм'якшеної води), є потенційне утворення накипу, що виникає в результаті наступної реакції:



У цій реакції, у міру виділення теплоти стиску, осадження карбонату кальцію збільшується, оскільки розчинність карбонату кальцію обернено пропорційна температурі. Залежно від хімічного складу води (тобто від вмісту іонів кальцію) і хімічної речовини для регулювання pH, потенціал утворення накипу варіюється, але може бути значним.

Обидва ці питання є постійними проблемами на установках DRI, де використовуються лопатеві компресори, оскільки існуючі способи обробки й системи моніторингу не повністю усунули вищезгадані проблеми. У рамках проектування традиційних установок DRI не було розроблено комплексного вирішення цих проблем. Як правило, ліцензіати й постачальники засобів для обробки води пропонують певний ступінь запобігання проблем, про які мова йтиме нижче, але за теперішнього стану контролю устаткування й процесів на сьогодні не існує комплексного урегулювання вищевказаних реакцій. Через ці обмеження корозія й накип можуть призвести до наступного:

30 1) зниження виробництва,

2) надмірні вимоги до технічного обслуговування й ремонту компресора або лопатевих компонентів, системи вологого ущільнювального газу й осушувача 20 ущільнювального газу,

3) утворення осаду, що відбувається нижче за потоком та перешкоджає підвищенню продуктивності,

5 4) погіршення якості продукції: повторне окиснення металізованого продукту, і/або

5) опосередковано, виникнення великих кластерів у печі, збільшення часу простою для їхнього видалення.

Буферні розчини, що подаються, забезпечують бажаний результат щодо регулювання рН поза діапазоном, що призводить до корозії, від 7,5 до 9,0, але призводять до надмірного утворення накипу й корозії у разі недостатньої подачі, що контролюється дозувальним насосом і необов'язковим таймером. Надмірна подача може призвести до занадто високого рівня рН (> 10,0) і призвести до утворення накипу на лопатях і накопичення лугу нижче за потоком відносно компресора 14 ущільнювального газу, а недостатня подача (рН < 7,0) просто сприяє продовженню проблем з корозією. Жоден реальний спосіб вимірювання не доступний у застосовному середовищі, і практичним результатом є нестабільна робота й постійні перевірки на місцях, щоб переконатися, що система працює правильно. На даний час немає можливості контролювати рН відпрацьованої води, що призводить до нестабільної роботи, відсутності даних у реальному часі для прийняття рішень і необхідності частих перевірок системи вручну.

Розчини на основі інгібіторів корозії забезпечують бажаний результат щодо зменшення корозії компресора ущільнювального газу шляхом забезпечення електрохімічного захисту деталей і лопатей компресора за допомогою хімічних речовин для обробки води, але забезпечують нестабільну подачу хімічних речовин або їх ефективність, оскільки значення рН часто є неправильним, що знову ж контролюється дозувальним насосом і необов'язковим таймером. Якщо контроль рН не працює належним чином, контроль за допомогою хімічних речовин менш ефективний, оскільки використовувані хімічні речовини характеризуються ефективними й неефективними діапазонами рН. Продуктивність основана на рівнях активних хімічних речовин у воді, а хімічні речовини не забезпечують захист ділянки нижче за потоком, де газоподібні пари переносять вологу і необхідні плівкоутворювачі й інгібітори парової фази. Зразки матеріалу забезпечують запізниті індикатори, а зонд Corratер забезпечує індикатор реального часу, і практичним результатом є відсутність прийняття рішення у реальному часі й потенційна помилка зонда корозії при виникненні накипу в системі.

Альтернативні рішення щодо металургійних матеріалів лопатей (нержавіюча сталь і нікель) дозволяють поліпшити характеристики лопатей і збільшити термін служби устаткування, але є дорогими. Термін служби лопатей збільшується, але корозійна вода як і раніше впливає на використовувані трубопроводи.

3 посланням далі конкретно на фіг. 2, в іншому ілюстративному варіанті здійснення системи 10 ущільнювального газу за даним винаходом відпрацьований димовий газ із установки риформінгу 26, і допалювача 28, і необов'язково кондиціонера ущільнювального газу охолоджується від приблизно 1000 °C до 40 °C в охолоджувачі 12 ущільнювального газу й потім надходить у компресор 14 ущільнювального газу, за яким слідує компенсатори 16 пульсації. Після компенсаторів пульсації 16 ущільнювальний газ проходить через доохолоджувач 18 ущільнювального газу, після чого розділяється на три потоки: вологий ущільнювальний газ, сухий ущільнювальний газ і ущільнювальний газ із нижньої частини. Сухий ущільнювальний газ відрізняється від вологого ущільнювального газу тим, що сухий ущільнювальний газ проходить через осушувач 20 ущільнювального газу (необов'язково з обхідним шляхом), а ущільнювальний газ із нижньої частини додатково проходить через компресор 22 ущільнювального газу з нижньої частини і доохолоджувач 24 ущільнювального газу з нижньої частини. У даному документі вода, що подається в компресор 14 ущільнювального газу, включає м'яку воду, що подається з одного або більше пом'якшувачів 30 води, і контролюється вимірником 32 кальцію. Інжектор 34 інгібітора корозії гідравлічно з'єднаний з потоком м'якої води та управляється системою 36 DCS, яка перебуває у зв'язку з інжектором 34 інгібітора корозії.

Функціонально, критична змінна, яка контролює корозійну природу води, насиченої газом CO₂-рН - надійна й ефективна в навколишньому середовищі, яке до цього не існувало. рН-зонд 38 контролює рН води, що надходить та використовується в SGC 14. За допомогою керування DCS можна забезпечити належний рівень введення інгібітора корозії/накипу в потік води. Діапазон рН на вході показаний у таблиці 3 нижче, де також зазначений діапазон, у якому підтримується процес.

Таблиця 3

рН потоку води на вході

рН на вході без обробки	рН на вході з обробкою	Нижня прийнятна межа	Верхня прийнятна межа
4,5-6,0	7,8-9,0	7,5	10,0

Для того, щоб забезпечити регулювання рівня CO₂ у димовому газі, що надходить, впродовж усього процесу, використовується вторинне обладнання 40 моніторингу рН на зливні SGC. рН на виході перебуває в діапазонах, зазначених у таблиці 4.

Таблиця 4

рН на виході потоку води

рН на виході без обробки	рН на виході з обробкою	Нижня прийнятна межа	Верхня прийнятна межа
5,5-6,0	8,2-9,0	7,8	9,5

Цей другий зонд 40 вбудований у вихідний злив компресора, пропускна здатність якого достатня для того, щоб зонд 40 забезпечував безперервний потік відпрацьованої води, що рухається під час усього процесу. Датчики рН 38, 40, інтегровані в систему DCS 36 таким чином, що можна підтримувати верхній і нижній прийнятні діапазони рН. Контроль рН забезпечується сигналом DCS на насос 42 подачі хімічних речовин на основі безперервного моніторингу.

Методологія боротьби з корозією за даним винаходом відрізняється від існуючої практики через використання інгібіторів корозії з декількома функціональними можливостями. Як показано на фіг. 3, зонд 45 Corratер розташований поряд із рН-зондом 39 одного з приладів 40 моніторингу рН. Відповідна обробка 34 включає плівкоутворювальні, парофазні й поверхнево-активні хімічні речовини, що подаються в потік води на вході в SGC 14 разом із засобом 42 регулювання рН. Дозування хімічних речовин залежить від джерела додаткової води, і в системі 10 використовується зонд 44 Corratер у режимі реального часу на виході з SGC 14 для визначення швидкості корозії в мілах на рік. Крім того, корозійна стійка 46 зі стандартними зразками зі сталі 1018 тощо оцінюється кожні 45 днів (з використанням методу випробування ASTM D4778-15), наприклад, як дублююче випробування. Застосовувані межі швидкості корозії наведені в таблиці 5.

Таблиця 5

Швидкості корозії

Швидкість корозії без хімічної обробки	Швидкість корозії з хімічною обробкою	Нижня прийнятна межа	Верхня прийнятна межа
> 20 мілів на рік	0,1-1,0 міла на рік	Немає даних	2,0 міла на рік

Зонд 45 Corratер розташований поряд із рН-зондом 39 і також підключений до системи DCS 36 (фіг. 2). Зонд 44 Corratер (фіг. 2) характеризується верхньою межею швидкості корозії, встановленою для оптимального контролю. Наявність нижньої межі не вимагається, оскільки метою процесу є мінімізація корозії. У будь-який момент, коли швидкість корозії перевищує 2,0 міла на рік, насос 34 для подачі хімічних речовин (фіг. 2) за сигналом від DCS 36 збільшує подачу доти, доки швидкість не впаде, наприклад, нижче 1,0 міла на рік.

Таким чином, використання надійного рН-зонда для контролю такого процесу раніше не проводилося. Даний винахід включає наступні унікальні ознаки зонда, який відтепер може використовуватися в цьому середовищі з високою надійністю й точністю. Ці ознаки зонда перераховані нижче:

- склад скла безпечний для навколишнього середовища,
- хімічно розроблений так, щоб витримувати вплив навколишнього середовища, що забезпечує хімічну стійкість і зносостійкість,
- стійкість до впливу агресивних газів,

- стійкість до стирання й високошвидкісним твердим частинкам,
- функція електронної передачі,
- твердотільна конструкція повністю герметична й адаптована до умов навколишнього середовища,

5 - внутрішні О-кільця не використовуються, тому що вони руйнуються і можуть вийти з ладу,
 - не використовуються гелі або електроліти, тому що вони можуть легко забруднитися й збільшити обсяг технічного обслуговування,

 - надзвичайно велика площа поверхні зменшує утворення нагару й підвищує надійність,
 - характеристики скла забезпечують дуже низьке відхилення й надійність показників
 10 впродовж тривалого часу, що становить 2-4 тижні, при цьому щоденне налаштування не вимагається,

- скляна конструкція відрізняється високою міцністю й
- конструкція з подвійним і потрійним spaєм забезпечує тривалий термін служби.

 Таким чином, надійний моніторинг рН дозволяє правильно буферизувати воду для
 15 охолодження димових газів установки риформінгу, щоб запобігти виникненню корозії й накипу. Моніторинг у режимі реального часу за допомогою системи DCS дозволяє регулювати буферизацію рН у міру необхідності. Ознака резервного моніторингу на виході з компресора забезпечує контроль рН і відсутність недостатньої або надлишкової подачі буферного розчину. Хімічний контроль корозії ефективно підтримується, тому що правильний рН води дозволяє
 20 використовувати продукти для боротьби з корозією за відповідного рН, при цьому ефективність обробки підвищується. Швидкість корозії (і, відповідно, ефективність) відслідковується й контролюється за допомогою системи DCS і забезпечує досягнення необхідних результатів у заданих діапазонах. Для боротьби з корозією використовуються парові фази, плівкоутворювальні інгібітори та інгібітори, що впливають на поверхню, завдяки чому поліпшується робота
 25 компресора й процесів, що відбуваються нижче за потоком (до осушувачів), утворюється й підтримується захисний шар. Контроль парової фази гарантує, що краплі води в ущільнювальному газі не зумовляють подальшої корозії до осушувача. Усі аерозольні краплі води, які залишають газову фазу (тобто конденсуються), осідають за нейтрального рН, тим самим знижуючи корозійну природу води. У результаті всього цього компресор
 30 ущільнювального газу та інше устаткування працюють більш надійно й оптимізують виробництво, тому що виключається технічне обслуговування й ремонт, викликані корозією або утворенням накипу.

 Хоча даний винахід проілюстрований і описаний у даному документі з посиланням на переважні варіанти здійснення і його конкретні приклади, фахівцям у даній галузі буде
 35 очевидно, що інші варіанти здійснення й приклади можуть виконувати схожі функції та/або досягати подібних результатів. Усі такі еквівалентні варіанти здійснення й приклади перебувають у межах суті й обсягу даного винаходу, тим самим передбачається, і при цьому мається на увазі, що вони охоплюються наступними необмежувальними пунктами формули винаходу для всіх цілей.

40

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб експлуатації компресора ущільнювального газу, використовуваного в процесі прямого відновлення, при цьому спосіб включає:

45 здійснення моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де стадію моніторингу здійснюють в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу;

50 регулювання рівня рН потоку води для підтримання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу;

 здійснення моніторингу корозійної активності потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і

55 регулювання корозійної активності потоку води для підтримування корозійної активності потоку води у діапазоні до 0,0508 мм на рік на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу.

2. Спосіб за п. 1, що додатково включає підтримування рівня рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10.

3. Спосіб за п. 1, що додатково включає підтримування рівня рН потоку води нижче за потоком
 60 відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5.

4. Спосіб за п. 1, де регулювання рівня рН потоку води включає введення хімічної речовини, що регулює рівень рН, у потік води на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу.

5. Система експлуатації компресора ущільнювального газу, використовуваного в процесі прямого відновлення, при цьому система містить:

5 розподільну систему керування;

один або більше рН-зондів, з'єднаних з розподільною системою керування й виконаних з можливістю моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де моніторинг здійснюють в одному або

10 більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу; і

хімічний інжектор для регулювання рН, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних від одного або більше рН-зондів у напрямку розподільної системи керування.

15 6. Система за п. 5, виконана з можливістю підтримування рівня рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10.

7. Система за п. 5, виконана з можливістю підтримування рівня рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5.

20 8. Система за п. 5, що додатково містить:

зонд моніторингу корозії, з'єднаний з розподільною системою керування і виконаний з можливістю моніторингу корозійної активності потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і

25 хімічний інжектор для контролю корозійної активності, з'єднаний з розподільною системою керування і виконаний з можливістю регулювання корозійної активності потоку води для підтримування корозійної активності потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу.

30 9. Система за п. 8, виконана з можливістю підтримування корозійної активності потоку води менше 0,0508 мм на рік.

10. Система за п. 8, де хімічний інжектор для контролю корозійної активності виконаний з можливістю здійснення доставки в потік води однієї або більше з програм плівкоутворювальної, парофазної та електрохімічної корозійної обробки для підтримування корозійної активності потоку води в границях заздалегідь визначеного діапазону.

35 11. Система за п. 8, де один із одного або більше рН-зондів розташований разом із зондом моніторингу корозії.

12. Система прямого відновлення, що містить:

піч;

40 компресор ущільнювального газу, виконаний з можливістю здійснення доставки ущільнювального газу в піч;

установку риформінгу, виконану з можливістю здійснення доставки потоку димового газу установки риформінгу в компресор ущільнювального газу;

розподільну систему керування;

45 один або більше рН-зондів, з'єднаних з розподільною системою керування й виконаних з можливістю моніторингу рівня рН потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на рівень рН потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, де моніторинг здійснюється в одному або більше місцях вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу й нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу; і

50 хімічний інжектор для регулювання рН, з'єднаний з розподільною системою керування й виконаний з можливістю регулювання рівня рН потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних від одного або більше рН-зондів у напрямку розподільної системи керування.

55 13. Система прямого відновлення за п. 12, виконана з можливістю підтримування рівня рН потоку води вище за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,5 до 10.

14. Система прямого відновлення за п. 12, виконана з можливістю підтримування рівня рН потоку води нижче за потоком відносно компресора ущільнювального газу в діапазоні від 7,8 до 9,5.

60 15. Система прямого відновлення за п. 12, що додатково містить:

зонд моніторингу корозії, з'єднаний з розподільною системою керування і виконаний з можливістю моніторингу корозійної активності потоку води, використовуваного в компресорі ущільнювального газу, де на корозійну активність потоку води впливає потік димового газу установки риформінгу, який вступає в контакт із потоком води, і

5 хімічний інжектор для контролю корозійної активності, з'єднаний з розподільною системою керування і виконаний з можливістю регулювання корозійної активності потоку води для підтримування корозійної активності потоку води у заздалегідь визначеному діапазоні на основі одержуваних даних зі стадії моніторингу.

16. Система прямого відновлення за п. 15, виконана з можливістю підтримування корозійної активності потоку води в діапазоні менше 0,0508 мм на рік.

17. Система прямого відновлення за п. 15, де хімічний інжектор для контролю корозійної активності виконаний з можливістю здійснення доставки в потік води однієї або більше із плівкоутворювальної, парофазної та електрохімічної обробок.

18. Система прямого відновлення за п. 15, де один із одного або більше рН-зондів розташований разом із зондом моніторингу корозії.

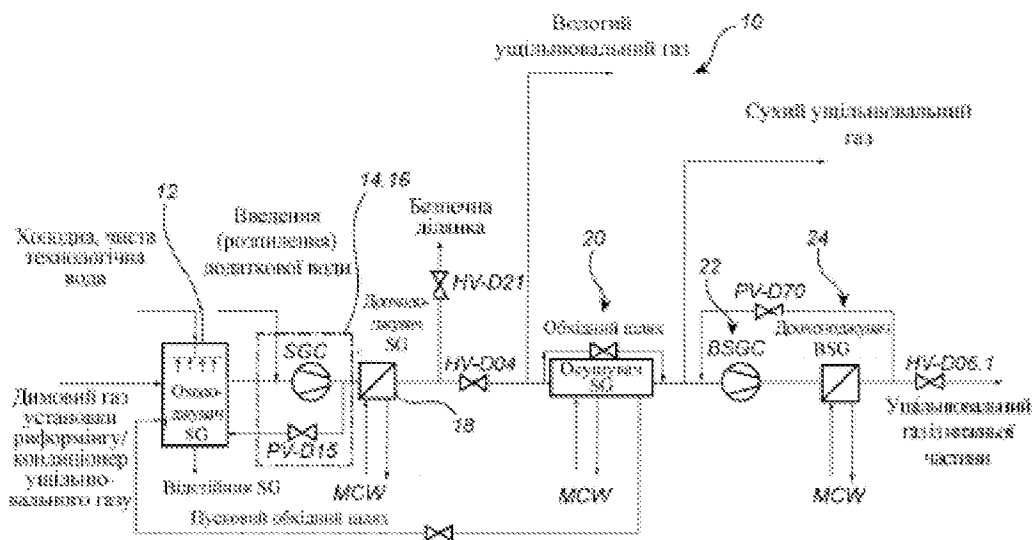


Fig. 1

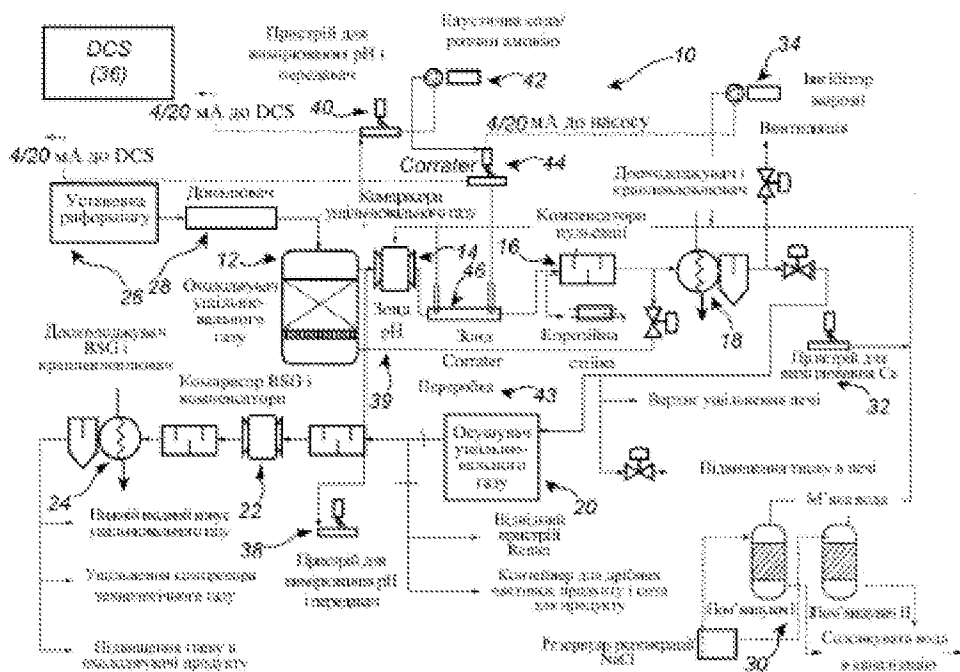


Fig. 2

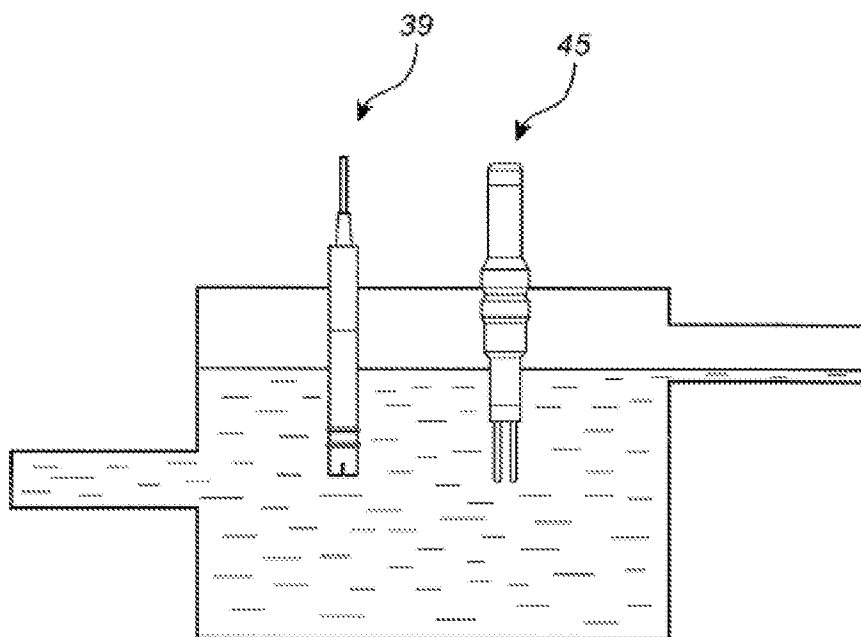


Fig. 3