

Даний винахід стосується киснево-паливного бойлера. Тобто, даний винахід стосується модульного киснево-паливного бойлера, який має гнучку конструкцію.

Переваги киснево-паливних систем згоряння є загальноновизнаними. Наприклад, у Gross, Патентах США №№6,436,337 та 6,596,220, серед переваг киснево-паливних систем згоряння вказуються зниження забруднення навколишнього середовища (зниження утворення NOx), висока ефективність, висока температура полум'я та зменшення загальної фізичної конструкції установки. Патенти Gross, які мають спільного власника з даною заявою, включено авторами шляхом посилання.

Для того, щоб видобути енергію з палива, у бойлерах зазвичай передбачається спосіб подачі енергії до рідини (через згоряння палива), як правило, для зміни стану рідини. Енергія після цього видобувається з рідини, як правило, у формі механічного руху (або кінетичної енергії). У більшості бойлерів застосовують воду як робочу рідину для видобування енергії з палива. Вода проходить через труби, які утворюють одну або кілька "стінок" або вузлів у бойлері.

Як правило, стінки труб бойлера сконструйовано таким чином, щоб передавати енергію (у формі теплоти) через стінки труби у воду у кількох контурах та переходах труб. Коли вода проходить через труби, вода нагрівається під тиском і отримує високий рівень енергії (та зміну фази) через перегрів, підігрів та/або надкритичні етапи. Також можуть бути застосовані інші етапи, такі, як економайзер, через які вода проходить у секціях стінок котла перед тим, як відбувається перегрів. Далі вода нагрівається шляхом конвективного теплообміну від нагрітих газів, які проходять через вузли труб (наприклад, в економайзері).

Кожен з етапів або ділянок бойлера функціонує на основі певного типу механізму або передачі теплоти або явищ. Наприклад, нижні стінки котлів призначаються для променистої передачі теплоти, тоді як верхні вузли, секції перегріву, підігріву та економайзера функціонують за принципом конвективного теплообміну. Спеціалістам у даній галузі стане зрозуміло, що механізми передачі теплоти не виключають один одного при нагріванні води у бойлері.

Хоча такі конфігурації бойлера належним чином виконують своє призначення, у них не завжди використовується повна перевага високої температури полум'я та низького об'єму відпрацьованих газів киснево-паливних систем згоряння. Відповідно, існує потреба у бойлері, в якому застосовується киснево-паливна система згоряння для зниження забруднення навколишнього середовища. Бажано, щоб така конструкція бойлера забезпечувала високу ефективність (стосовно високого співвідношення теплоти, переданої до робочої рідини, з теплою, яка надходить від продуктів згоряння) і дозволяла використовувати високу температуру полум'я. Найбільш бажаною є конфігурація бойлера, яка забезпечує зменшення загальної фізичної конструкції установки.

У модульній бойлерній системі застосовують певну кількість автономних, послідовно сконфігурованих киснево-паливних бойлерів для утворення пари з води. Бойлери є сконфігурованими таким чином, щоб здійснювати відмінні між ними функції передачі енергії. Перший або головний бойлер має впуск живильної води, функціонально сполучений з певною кількістю труб для перенесення води. Бойлери є сконфігурованими таким чином, щоб значною мірою перешкоджати надходженню повітря.

Труби головного бойлера утворюють принаймні один екран. Кожен бойлер включає засіб подачі кисню для подачі кисню, який має чистоту, більшу за 21 відсоток, в оптимальному варіанті - принаймні приблизно 85 відсотків, засіб подачі палива на основі вуглецю для подачі палива на основі вуглецю та принаймні одну систему киснево-паливного пальника. Система пальника подає кисень та паливо у бойлер у майже стехіометричній пропорції для обмеження надмірної кількості кисню або палива на основі вуглецю до заданої допустимої межі. Труби кожного бойлера є сконфігурованими таким чином, щоб піддаватися прямій дії променистої енергії для передачі енергії від полум'я до екранних труб. На відміну традиційної номенклатури, посилання на екрани включає всі бойлерні труби у променистій зоні, навіть якщо труби можуть переносити пару.

В одному варіанті втілення бойлерної системи другий бойлер є бойлером перегріву, і пара, що виробляється першим бойлером, подається безпосередньо на бойлер перегріву. Пара виходить з бойлера перегріву і переміщується до головної парової турбіни. В альтернативному варіанті система може включати бойлер підігріву (який живиться від відпрацьованого продукту з парової турбіни під високим тиском), підігріває пару у киснево-паливному бойлері, подібному до головного бойлера, і живить парову турбіну, яка працює від підігрітої пари. Передача енергії або функція нагріву кожного з бойлерів є відмінною від кожного з інших бойлерів. Тобто, у головному бойлері вода нагрівається від відносно низького показника енергії (ентальпії) до насиченої пари. У бойлері перегріву (якщо такий застосовується), пара піддається подальшому нагріванню до перегрітого стану. Потім у підігрівачі відпрацьована пара з турбіни високого тиску підігрівається для подачі до турбіни підігрітої пари.

Бойлерна система може включати конденсатор, сконфігурований таким чином, щоб пара надходила з парової турбіни високого тиску до однієї або кількох турбін підігрітої пари і необов'язково до однієї або кількох турбін низького тиску і на конденсатор. Оптимальна бойлерна система включає економайзер. Економайзер має газову сторону, яка приймає продукти згоряння ("відпрацьовані гази" або "топкові гази") з бойлерів, та сторону живильної води для того, щоб продукти згоряння попередньо нагрівали живильну воду бойлера перед подачею живильної води до головного бойлера. Після виходу з економайзера відпрацьовані гази можуть використовуватися для попереднього нагрівання окиснювального агента для киснево-паливної системи згоряння, зазвичай зв'язаної з системою відпрацьованих газів, перед будь-якою подальшою обробкою відпрацьованих газів, яка може бути бажаною. Підвищення потужності може бути досягнуте шляхом паралельного групування модульних бойлерних систем.

Киснево-паливні пальники можуть бути сконфігуровані для багатьох різних типів палива, таких, як природний газ, нафта, вугілля та інші тверді види палива. При застосуванні твердого палива може використовуватися частина відпрацьованих газів (необов'язково змішаного з киснем) для перенесення твердого палива у бойлери. Газами подачі палива можуть бути відпрацьовані гази на виході з економайзера.

Ці та інші особливості й переваги даного винаходу стануть зрозумілими по ознайомленню з

представленим нижче детальним описом та формулою винаходу, яка додається.

Вигоди та переваги даного винаходу стануть більш зрозумілими спеціалістам у даній галузі після ознайомлення з представленим нижче детальним описом та супровідними фігурами, серед яких:

ФІГ.1 є блок-схемою одноразової підігрівної/субкритичної бойлерної системи, яка має модульні киснево-паливні бойлери, в яких втілено принципи даного винаходу;

ФІГ.2 є блок-схемою безпідігрівної / субкритичної бойлерної системи, яка має модульні киснево-паливні бойлери, в яких втілено принципи даного винаходу;

ФІГ.3 є блок-схемою одноразової підігрівної/надкритичної бойлерної системи, яка має модульні киснево-паливні бойлери, в яких втілено принципи даного винаходу; і

ФІГ.4 є блок-схемою бойлерної системи з насиченим паром, яка має модульний киснево-паливний бойлер, у якому втілено принципи даного винаходу.

Детальний опис винаходу

Хоча даний винахід може бути втілений у різних формах, на фігурах показується і далі описується оптимальний варіант втілення, але слід розуміти, що представлений опис має розглядатись як приклад винаходу і не повинен розглядатись як такий, що обмежує винахід конкретним показаним варіантом втілення.

Також слід розуміти, що назва цього розділу цього опису, тобто, "Детальний опис винаходу", стосується вимоги Патентного управління США, не означаючи і не передбачаючи обмеження описаного авторами предмета винаходу.

У киснево-паливній системі згоряння застосовують практично чистий кисень у комбінації з джерелом палива для вироблення теплоти, шляхом утворення полум'я (тобто, згоряння) ефективним способом, що не завдає шкоди навколишньому середовищу. Така система згоряння забезпечує високу ефективність (стосовно високого співвідношення теплоти, переданої до робочої рідини, з теплою, яку отримують від продуктів згоряння) згоряння, і в ній застосовують високу температуру полум'я. В оптимальній системі згоряння використовують кисень відносно високого ступеня очищення (приблизно понад 21 відсоток, в оптимальному варіанті - прийнятні приблизно 85 відсотків кисню), і в цьому разі загальний об'єм газу, який проходить через бойлер, відповідно зменшується. При застосуванні киснево-паливної системи, передбачаються температури полум'я у бойлері, більші за приблизно 3000°F і до приблизно 5000°F.

Крім того, одним з робочих параметрів представленої бойлерної системи є застосування киснево-паливної системи згоряння, у якій як окиснювальний агент застосовують не повітря, а відносно чистий кисень. Вжитий авторами термін "окиснювальний агент" означає газ, який переносить кисень для згоряння. Наприклад, якщо у систему подають чистий (100-відсотковий) кисень, то кисень складає 100 відсотків окиснювального агента, а якщо як окиснювальний агент застосовують повітря, кисень складає приблизно 21 відсоток окиснювального агента. Таким чином, об'єм окиснювального агента, який вимагається, суттєво зменшується (оскільки здебільшого застосовується кисень, а не повітря) порівняно з традиційними бойлерами, в результаті чого об'єм газу, який впускається (а отже, й кількість пропущеного газу) у бойлер, зменшується, так само, як і швидкість потоку газу через бойлер, порівняно з традиційними бойлерами. Однією з головних переваг, яка забезпечується зниженням швидкості потоку та об'єму, є те, що загальний розмір системи фізичної установки може бути зменшений порівняно з традиційними бойлерними системами, а отже, очікується й відповідне зниження капітальних витрат на таку бойлерну систему.

Одним з функціональних аспектів або функціональних цілей представленої бойлерної системи є видобуток максимальної кількості енергії (у формі передачі теплоти від продуктів згоряння/відпрацьованих газів) від процесу згоряння. У поєднанні зі зниженням швидкості потоку це забезпечує зменшення втрати енергії за порівнянних температур відпрацьованих газів.

Іншим аспектом або функціональною метою даного винаходу є максимально можливе використання високих температур полум'я. Таким чином, як описано нижче, значно більша пропорція передачі теплоти від продуктів згоряння до бойлерних труб, а отже, до робочої рідини (води або пари) відбувається через променисту передачу теплоти, ніж через конвективний теплообмін.

Схематичне пояснення одного варіанта втілення бойлерної системи 10 показано на ФІГ.1. Показана система 10 представляє підігрівний/субкритичний агрегат. Система включає три різні окремі бойлери, тобто, бойлер №1 (головний бойлер 12) для утворення пари з води, бойлер №2 (бойлер перегріву 14) для вироблення перегрітої пари та бойлер №3 (бойлер підігріву 16). Кисень та паливо подаються у кожен з бойлерів системами подачі окиснювального агента та палива 18, 20.

Як пояснюється на схемі, і як обговорюється нижче, кожен з бойлерів 12, 14, 16 включає свою автономну киснево-паливну систему згоряння 22, 24, 26. У такій киснево-паливній системі згоряння екрани (труби Т, див. бойлер 12 на ФІГ.1) кожного бойлера 12-16 є достатньо відкритими для дії полум'я, і більша частина передачі теплоти відбувається через механізм променистої передачі теплоти, а не механізм конвективної передачі. Тобто, більшість передачі теплоти відбувається через пряму дію полум'я на труби, а не рух по трубах нагрітих відпрацьованих газів. Цей механізм променистої передачі теплоти різко контрастує з традиційними бойлерами, в яких застосовують великі, довгі й складні шляхи потоків відпрацьованих газів (через конвективні шляхи, конвективні шляхи перегріву, ділянки економайзера і т. ін.) для максимізації передачі теплоти через конвективні механізми.

Представлена бойлерна система 10 також включає економайзер 28, який передає енергію від топкових газів бойлера (в оптимальному варіанті - в усіх бойлерах) до живильної води головного бойлера (у трубопроводі для подачі живильної води 30) для попереднього нагрівання живильної води перед введенням у головний бойлер 12. У представленій системі кисень виробляється шляхом відокремлення, наприклад, від повітря у генераторі кисню 32. Спеціалістам у даній галузі стануть зрозумілими різні шляхи забезпечення кисню для подачі до бойлерів 12-16, наприклад, надходження кисню з джерел, наприклад, зберігання, водовідділення і т. ін., які всі охоплюються обсягом даного винаходу. Система подачі палива 20 може бути будь-яким з різних типів палива та різних типів подачі. Наприклад, паливо може бути газоподібним паливом (наприклад, природним газом), рідким паливом, таким, як мазут, дизельне паливо або інші види рідкого

палива на органічній або неорганічній основі, або твердого палива, такого, як вугілля, побічні продукти землеробства та тваринництва. Усі ці конфігурації вироблення та подачі кисню 15, а також усі ці види палива та пристосування для подачі палива 20 охоплюються обсягом даного винаходу.

На ФІГ.1 показано бойлерну систему 10 як систему живлення для електричного генератора 34. Для цього система включає комплект турбіни/генератора 36, який включає електричний генератор 34, парову турбіну високого тиску або головну парову турбіну 38, парову турбіну середнього тиску 40, парову турбіну низького тиску 41 та конденсатор 42.

Система 10 є сконфігурованою таким чином, щоб живильна вода надходила до головного бойлера через трубопровід для живильної води 30 і нагрівалася при протіканні через труби для води Т бойлера 12. У типовій конфігурації бойлера вода надходить у бойлер 12 у відносно низькому місці у бойлері і піднімається через труби з одночасним нагріванням. Це служить для підтримання труб у заводному стані і для підтримання рідини у трубах під тиском.

Нагріта рідина розділяється, і насичена пара виходить з головного бойлера 12 через трубопровід 44 і надходить у бойлер перегріву 14. У ньому пара піддається подальшому нагріванню до перегрітого стану, знову протікаючи через екранні труби. Перегріта пара виходить з бойлера перегріву 14 через головний паропровід 46 і надходить у турбіну високого тиску (головну парову турбіну) 38. Відпрацьована пара низького тиску виходить з головної парової турбіни високого тиску 38 і повертається до бойлера підігріву 16 через паропровід підігріву 48. Пара виходить з бойлера підігріву 16 через підігрівний паропровід 50 і надходить у турбіну середнього тиску. Пара, яка вийшла з середньої турбіни 40, протікає через перепускний трубопровід 43 і надходить у турбіну низького тиску 41.

Пара з турбіни низького тиску 41 виходить через вихлопний трубопровід 52 турбіни і повністю конденсується у конденсаторі 42 (як правило, під низьким тиском - нижчим за атмосферний тиск - таким чином, щоб максимальна кількість енергії видобувалася турбіною 40 з пари), а потім повертається (закачується) до головного бойлера 12 через економайзер 28, який (як вказано вище) попередньо нагріває воду перед введенням у бойлер 12.

У паливному циклі, як вказано вище, паливо та окиснювальний агент незалежно подаються у кожен з бойлерів 12, 14 та 16. Усі топкові гази виходять з їх відповідних бойлерів по трубопроводах 13, 15 та 17, відповідно, і надходять в економайзер 28, у якому гази попередньо нагрівають живильну воду головного бойлера. Топкові гази виходять з економайзера 28 і можуть використовуватися для попереднього нагрівання окиснювального агента у попередньому нагріванні 60 для окиснювального агента. Відпрацьовані гази після виходу з економайзера 28 спрямовуються до попереднього нагрівання 60 для окиснювального агента (через трубопровід 61), а потім повертаються (через трубопровід 63) для подачі до будь-якого необхідного розташованого далі технологічного обладнання, позначеного загальним номером 54, такого, як газопромивачі, осаджувачі і т. ін. Відповідно, у разі необхідності, частина топкового газу може бути повернута, як правило, після попереднього нагрівання окиснювального агента, (через трубопроводи для рециркуляції топкового газу 56) до бойлерів 12-16. Трубопроводи для рециркуляції 56 також можуть застосовуватись як засіб перенесення (через відхилення до паливних трубопроводів 58) для перенесення палива у бойлери 12-1, наприклад, для перенесення порошкоподібного вугілля у бойлери.

Як стане зрозуміло спеціалістам у даній галузі, оскільки швидкість потоку та загальний об'єм газу, що надходить у бойлер (у формі практично чистого кисню) є меншими, порівняно з традиційними бойлерами, швидкість потоку та об'єм відпрацьованого або топкового газу також відповідно зменшується порівняно з традиційними бойлерами. Таким чином, розташоване далі технологічне обладнання 54 може бути меншим і дешевшим, ніж традиційне обладнання енергетичної установки аналогічного (за виробленням енергії) розміру.

Схематичне зображення другого варіанта втілення бойлерної системи 110 показано на ФІГ.2. Показана бойлерна система 110 є безпідігрівним/субкритичним агрегатом, і, таким чином, система включає два різні окремі бойлери, тобто, бойлер №1 (головний бойлер 112) для утворення пари з води та бойлер №2 (бойлер перегріву 114) для вироблення перегрітої пари. Бойлера підігріву не передбачено. За іншими характеристиками ця система 110 є подібною до варіанта втілення системи 10 з ФІГ.1 і включає системи подачі окиснювального агента та палива 118, 120 (в автономних киснево-паливних системах згоряння 122, 124) для незалежного живлення кожного з бойлерів 112, 114. Бойлерна система 110 включає економайзер 128, у якому використовується топковий газ для попереднього нагрівання живильної води перед введенням у головний бойлер 112. Відпрацьовані гази після економайзера 128 можуть використовуватися для попереднього нагрівання окиснювального агента у попередньому нагріванні для окиснювального агента 160.

Крім того, у даному разі бойлерна система 110 є сконфігурованою з комплектом турбіни/генератора 136, який має електричний генератор 134, а турбіну високого тиску (або головну парову турбіну) 138, турбіну середнього тиску 140, турбіну низького тиску 141 та конденсатор 142.

Живильна вода надходить у головний бойлер через трубопровід для живильної води 130 і нагрівається при протіканні через труби для води. Нагріта рідина розділяється, і насичена пара виходить з головного бойлера 112 через трубопровід 144 і надходить до бойлера перегріву 114, де пара нагрівається до перегрітого стану. Перегріта пара виходить з бойлера перегріву 114 через головний паропровід 146 і надходить у турбіну високого тиску 138. На відміну від попереднього варіанта втілення, у цій системі 110 пара, яка виходить з турбіни високого тиску 138, проходить через перепускний трубопровід 143 і надходить у турбіну середнього тиску 140 (наприклад, без підігрівача). Пара виходить з турбіни середнього тиску 140, проходить через перепускний трубопровід 148 і надходить у турбіну низького тиску 141. Пара низького тиску після цього виходить з турбіни низького тиску 141 через трубопровід 152 від турбіни низького тиску до конденсатора, а потім повертається (закачується) до головного бойлера 112 через економайзер 128.

Що стосується паливного циклу, то, як і у попередньому варіанті втілення, паливо та окиснювальний агент незалежно подаються у кожен з бойлерів 112, 114. Топкові гази виходять з їх відповідних бойлерів по трубопроводах 113 та 115, відповідно, і надходять до економайзера 128 для попереднього нагрівання живильної води головного бойлера. Топкові гази виходять з економайзера 128 і можуть використовуватися

для попереднього нагрівання окиснювального агента у попередньому нагрівачі 160 для окиснювального агента. Відпрацьовані гази після виходу з економайзера 128 спрямовуються до попереднього нагрівача 160 для окиснювального агента (через трубопровід 161), а потім повертаються (через трубопровід 163) для подачі до будь-якого необхідного розташованого далі технологічного обладнання (позначено номером 154) після виходу з економайзера 128. Топковий газ може бути підданий рециркуляції 156 і/або використаний як засіб перенесення для перенесення палива (наприклад, порошкоподібного вугілля) у бойлери 112, 114.

Інший варіант втілення бойлерної системи 210 пояснюється на ФІГ.3, яка показує одноразовий підігрівний надкритичний бойлерний агрегат. Ця система включає два різні окремі бойлери, тобто, бойлер №1 (надкритичний головний бойлер 212) для вироблення надкритичної пари з води та бойлер №2 (бойлер підігріву 216). Кисень та паливо (в автономних киснево-паливних системах згорання 222, 226) подаються у кожен з бойлерів 212, 216 системами подачі окиснювального агента та палива 218, 220. Бойлерна система 210 включає економайзер 228, у якому використовується топковий газ для попереднього нагрівання живильної води перед введенням у головний бойлер 212.

У даному разі також бойлерна система 210 є сконфігурованою з комплектом турбіни/генератора 236, який має електричний генератор 234, надкритичну турбіну 238, турбіну середнього тиску 240, турбіну низького тиску 241 та конденсатор 242.

Живильна вода надходить у головний бойлер 212 через трубопровід для живильної води 230 і нагрівається при протіканні через труби для води. Нагріта рідина виходить з надкритичного бойлера 212 через надкритичний паропровід 246 і надходить до надкритичної турбіни 238. Флюїд (пара), що виходить з надкритичної турбіни 238, надходить у бойлер підігріву 216 через трубопровід перегріву 248, а потім тече до турбіни середнього тиску 240 через паропровід підігріву 250. Пара виходить з середньої турбіни 240 через перепускний трубопровід 243 до турбіни низького тиску 241. Пара низького тиску виходить з турбіни низького тиску 241 і конденсується у конденсаторі 242. Потім конденсат повертається (закачується) до надкритичного бойлера 212 через економайзер 228.

Що стосується паливного циклу, то, як і у попередніх варіантах втілення, паливо та окиснювальний агент незалежно подаються у кожен з бойлерів 212, 216. Топкові гази виходять з їх відповідних бойлерів по трубопроводах 213 та 217, відповідно, і надходять до економайзера 228 для попереднього нагрівання живильної води головного бойлера. Топкові гази виходять з економайзера 228 і можуть використовуватися для попереднього нагрівання окиснювального агента у попередньому нагрівачі 260 для окиснювального агента. Відпрацьовані гази після виходу з економайзера 228 спрямовуються до попереднього нагрівача 260 для окиснювального агента (через трубопровід 261), а потім повертаються (через трубопровід 263) для подачі до будь-якого необхідного розташованого далі технологічного обладнання 254, якщо необхідно, після виходу з економайзера 228. Топковий газ може бути підданий рециркуляції 256 і/або використаний як засіб перенесення для перенесення палива (наприклад, порошкоподібного вугілля) у бойлери.

Ще один інший варіант втілення бойлерної системи 310 пояснюється на ФІГ.4, яка показує бойлерний агрегат з насиченою парою. Ця система включає бойлер з насиченою парою 312 для вироблення насиченої пари та киснево-паливну систему згорання 322. Бойлерна система 310 може включати економайзер 328, у якому використовується топковий газ для попереднього нагрівання живильної води перед введенням у головний бойлер 312.

Ця бойлерна система 310 є сконфігурованою для подачі насиченої пари для потрібного (не уточнюється) подальшого процесу 360. Для цього систему 310 показано з "пунктом потреби у парі" (подальшим процесом, який вимагає пари) та конденсатором 342, потреба в якому залежить від пункту потреби у парі 360.

Живильна вода надходить у головний бойлер 312 через трубопровід для живильної води 330 і нагрівається при протіканні через труби для води. Нагріта рідина розділяється, наприклад, у паровому колекторі 313 на насичену пару та воду. Насичена пара виходить з бойлера 312 з колектора 313 через паропровід 346 і проходить до пункту потреби у парі 360. Флюїд (пара) після цього може конденсуватися у (необов'язковому) конденсаторі 342, після чого повертається (закачується як живильна вода) до бойлера 312 через економайзер 328.

Що стосується паливного циклу, то, як і у попередніх варіантах втілення, паливо та окиснювальний агент подаються у бойлер 312 через киснево-паливну систему згорання 322. Топкові гази виходять з бойлера 312 через трубопровід 313 і надходять до економайзера 328 для попереднього нагрівання живильної води головного бойлера 312. Топкові гази виходять з економайзера 328 і можуть використовуватися для попереднього нагрівання окиснювального агента у попередньому нагрівачі 370 окиснювального агента. Відпрацьовані гази після виходу з економайзера 328 спрямовуються до попереднього нагрівача 370 окиснювального агента (через трубопровід 371), а потім повертаються (через трубопровід 373) для подачі до будь-якого необхідного розташованого далі технологічного обладнання 354, якщо необхідно, після виходу з економайзера 328. Топковий газ може бути підданий рециркуляції 356 і/або використаний як засіб перенесення для перенесення палива (наприклад, порошкоподібного вугілля) у бойлер 312. Кисень забезпечується засобом подачі окиснювального агента 318, а паливо забезпечується засобом подачі палива 320.

У кожному з варіантів втілення бойлерної системи 10, 110, 210, 310 бойлер(и) по суті є окремими агрегатами, побудованими таким чином, щоб досягалася максимальна передача теплоти, яка відбувається через механізм променистої передачі теплоти. Таким чином, бойлери є відносно малими (для забезпечення ефективного впливу на екрани/труби Т), або принаймні меншими за порівнянні традиційний бойлер, який працює на основі конвективного теплообміну. Спеціалістам у даній галузі стане зрозуміло, що хоча кожен з бойлерів у кожній системі (наприклад, головний бойлер 12, бойлер перегріву 14 та бойлер підігріву 16 системи 10 з одним бойлером підігріву) показано й описано як один бойлерний агрегат, передбачається, що кожен з цих бойлерів може бути сконфігурований у формі кількох послідовних агрегатів. Крім того, наприклад, головний бойлер 12 може бути сконфігурований як два або три менші послідовні бойлери. Крім того, хоча кожен з бойлерів є показаним як такий, що має один киснево-паливний пальник, передбачається, що кожен

бойлер може мати кілька пальників, якщо необхідно. Спеціалістам у даній галузі стане зрозуміло, що застосування одного бойлера або кількох бойлерів для кожного з етапів нагрівання та застосування одного пальника або кількох пальників для кожного бойлера додатково збільшує можливість контролювання підведення теплоти до окремих бойлерів або ефективнішого контролювання загального процесу та параметрів пари.

Як вказується у вищезазначених патентах, виданих Gross, енергія підводиться до бойлерів за допомогою киснево-паливних систем згоряння. При застосуванні такої конструкції принциповим способом передачі теплоти до топки є променистий, з певною частиною конвективного теплообміну. Оскільки ці пальники (і киснево-паливні системи в цілому) створюють високу температуру полум'я, киснево-паливні системи згоряння забезпечують цю ефективну променисту передачу теплоти. Геометрична форма бойлера (наприклад, відкритість бойлерних труб для прямої дії полум'я) додатково підвищує швидкість передачі теплоти шляхом максимізації площі поверхні металу, через яку відбувається передача теплоти від полум'я до металу.

Вигідним є те, що представлені бойлери максимально використовують променисту передачу теплоти у комбінації з застосування киснево-паливного згоряння, що дозволяє зменшити фізичний розмір бойлера порівняно з традиційним бойлером приблизно такого самого (за виробленням енергії) розміру. Тобто, завдяки застосуванню практично чистого кисню (замість повітря) як окиснювального агента, досягається повне використання окиснювального агента для згоряння, і об'єм подачі газу до бойлера становить приблизно 21 відсоток від об'єму газу, який би вимагався, якби як окиснювальний агент застосовувалося повітря для забезпечення кисню, необхідного для згоряння. Таким чином, бойлер може бути значно меншим, завдяки застосуванню практично чистого кисню замість повітря.

Крім того, суміш палива/кисню (також замість суміші палива/повітря) в результаті забезпечує більш високу температуру полум'я у бойлерах. При застосуванні киснево-паливної системи у бойлері може бути досягнута температура полум'я приблизно 5000°F. Вона є вищою приблизно на 1500°F-2000°F порівняно з традиційними бойлерами. Також спостерігалось, що при застосуванні киснево-паливної системи, у поєднанні з цими більш високими температурами полум'я, в результаті забезпечується високоефективний процес.

У представлених бойлерних системах з використанням природного газу як палива пропорції кисню/природного газу становлять приблизно 2,36:1. Це співвідношення може бути різним, залежно від ступеня очищення поданого кисню та характеру палива. Наприклад, за ідеальних умов 100-відсоткового чистого кисню співвідношення, за теоретичними підрахунками, становить 2,056:1. Однак, через те, що поданий кисень може мати певний відсоток неокисневих складових (зазвичай приблизно до 15 відсотків), і природний газ не завжди є на 100 відсотків чистим, можливе таке коливання. Таким чином, спеціалістам у даній галузі стане зрозуміло, що співвідношення можуть незначною мірою коливатися, але основа розрахунку співвідношень, які є приблизно стехіометричними пропорціями палива та кисню, залишається незмінною.

Ця пропорція кисню та палива забезпечує численні переваги. Наприклад, приблизно стехіометричні пропорції забезпечують повне згоряння палива, і, таким чином, в результаті суттєво зменшується об'єм виділення NOx та інших шкідливих сторонніх газів.

Важливо зазначити, що точне контролювання співвідношення кисню з паливом забезпечує повне згоряння палива. В цьому полягає різка відміна від традиційних систем (наприклад, електрогенеруючих станцій на викупному паливі), в яких проблему становить LOI (втрата на прожарювання). По суті, LOI дорівнює неповному згорянню палива. З іншого боку, у представлених бойлерних системах 10, 110, 210, 310 застосовують практично чистий кисень, у надійно контрольованій майже стехіометричній пропорції з паливом (з бойлерами, які є "надійними", тобто, сконфігурованими таким чином, щоб значною мірою запобігати надходженню повітря) з метою мінімізації та можливого уникнення цих втрат. Крім того, при застосуванні цих пальників (у киснево-паливній системі), єдиним теоретично доступним NOx є той, що походить від азоту палива, а не той, який міг би бути отриманий в результаті згоряння з застосуванням повітря. Таким чином, NOx, якщо повністю не видаляється, знижується до незначної кількості порівняно з традиційними системами згоряння.

Крім того, оскільки бажаним механізмом передачі теплоти є промениста передача теплоти, то менший розрахунок робиться на конвективну (газову) передачу у бойлері. Це також забезпечує меншу, не таку складну конструкцію бойлера. Така конструкція дозволяє створювати бойлери як окремі, модульні агрегати. Тобто, як показано на ФІГ.1, окремий головний бойлер 12 може бути об'єднаний у групу з окремим бойлером перегріву 14, який може бути об'єднаний у групу з окремим бойлером підігріву 16. Подібним чином, як показано на ФІГ.3, окремий надкритичний головний бойлер 212 може бути об'єднаний у групу з окремим бойлером підігріву 216 як центр бойлерної системи 210. Ця окрема конфігурація забезпечує переваги контролю порівняно з традиційними системами, в яких температура перегрітої пари контролюється температурацією (охолодженням після перегріву). Процес охолодження після перегріву охолоджує перегріту пару шляхом додавання води або пари (у формі газу або аерозолі), знижуючи ефективність системи, і його можна уникнути завдяки застосуванню окремих бойлерів для кип'ятіння та перегріву. Також існують переваги під час операції зменшення (роботи з потужністю, меншою за проектну). В умовах зменшення теплота, яка підводиться до зони кипіння, може контролюватися незалежно від підведення теплоти до зони перегріву або зони підігріву і забезпечує більш ефективну роботу.

Дослідження балансу теплоти та маси по різних конфігураціях бойлерів показує, що проектна ефективність бойлера є досить високою, значно вищою, ніж у відомих бойлерних системах. Наприклад, у першому, підігрівному/субкритичному агрегаті у головному бойлері зміна ентальпії від впуску води до випуску пари становить приблизно 1,95E9BTU/год при ентальпії впуску палива приблизно 2,08E9BTU/год. У бойлері перегріву зміна ентальпії від впуску пари до випуску пари становить приблизно 7,30E8BTU/год при ентальпії впуску палива приблизно 8,32E8BTU/год, а у бойлері підігріву зміна ентальпії від впуску води до випуску пари становить приблизно 5,52E8BTU/год при ентальпії впуску палива приблизно 6,22E8BTU/год. В результаті ефективність у головному бойлері, бойлері перегріву та бойлері підігріву становить 93,8% (включаючи збільшення за рахунок економайзера), 87,8% та 88,7%, відповідно.

Подібним чином у другому, безпідігрівному субкритичному агрегаті у головному бойлері зміна ентальпії від впуску води до впуску пари становить приблизно 1,99Е9ВТУ/год при ентальпії впуску палива приблизно 1,97Е9ВТУ/год. У бойлері перегріву зміна ентальпії від впуску пари до впуску пари становить приблизно 1,22Е9ВТУ/год при ентальпії впуску палива приблизно 1,60Е9ВТУ/год. В результаті ефективність у головному бойлері та бойлері перегріву складає 101,0% (включаючи збільшення за рахунок економайзера) та 76,2%, відповідно. Важливо зазначити, що економайзер включається у розрахунки для головного бойлера (який використовує відпрацьований газ від бойлера та перегрівного бойлера), і, таким чином, за рахунок енергії відпрацьованого газу від перегрівного бойлера ефективність здається більшою за 100% (чого насправді не відбувається).

У третьому, підігрівному/надкритичному бойлері у надкритичному головному бойлері зміна ентальпії від впуску води до впуску пари становить приблизно 2,37Е9ВТУ/год при ентальпії впуску палива приблизно 2,72Е9ВТУ/год. У бойлері підігріву зміна ентальпії від впуску пари до впуску пари становить приблизно 6,23Е8ВТУ/год при ентальпії впуску палива приблизно 7,24Е8ВТУ/год. В результаті ефективність у надкритичному головному бойлері та бойлері підігріву становить 87,2% (включаючи збільшення за рахунок економайзера) та 86,0%, відповідно.

В останній, або бойлерній системі з насиченою парою зміна ентальпії від впуску води до впуску пари становить приблизно 3,42Е9ВТУ/год при ентальпії впуску палива приблизно 3,73Е9ВТУ/год. Існує продувальна втрата приблизно 0,13Е8ВТУ/год. В результаті ефективність у головному бойлері становить 91,7%.

Нижче у Таблиці 1 показано компоненти часткового балансу маси та енергії для підігрівного / субкритичного агрегату, розбитого на бойлери. У Таблиці 2 показано компоненти часткового балансу маси та енергії для безпідігрівного / субкритичного агрегату, розбитого на бойлери, у Таблиці 3 показано компоненти часткового балансу маси та енергії для підігрівного/надкритичного бойлерного агрегату, розбитого на бойлери, і у Таблиці 4 показано компоненти часткового балансу маси та енергії для бойлерного агрегату з насиченою парою. Слід зазначити, що показники часткового балансу маси та енергії у Таблиці 3 для підігрівного/надкритичного бойлерного агрегату показують першу та другу секції бойлера, які було об'єднано для визначення ефективності і для відповідності схематичному зображенню з ФІГ.3. У кожному зведенні часткового балансу маси та енергії у Таблицях 1-3 питомі та загальні значення ентальпії представлено від впуску для води до відповідної першої секції згоряння перед економайзером.

Таблиця 1

Частковий баланс маси та енергії для підігрівної/субкритичної бойлерної системи

Головний бойлер	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (ВТУ/1bгод)	Загальна ентальпія (ВТУ/год)
Впуск води	2 665 801	447,58	1 193 152 718
Випуск пари	2 639 407	1 190,70	3 142 753 707
Зміна в ентальпії	—	—	1 949 600 989
Ентальпія на впуску палива	—	—	2 078 881 200
Бойлер перегріву	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (ВТУ/1bгод)	Загальна ентальпія (ВТУ/год)
Впуск пари	2 639 407	1 190,70	3 142 753 707
Випуск пари	2 639 407	1 467,40	3 873 076 529
Зміна в ентальпії	—	—	730 322 821
Ентальпія на впуску палива	—	—	832 249 524
Бойлер підігріву	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (ВТУ/1bгод))	Загальна ентальпія (ВТУ/год)
Впуск пари	2 491 642	1 302,09	3 244 330 446
Випуск пари	2 491 692	1 523,59	3 796 230 559
Зміна в ентальпії	—	—	551 900 113
Ентальпія на впуску палива	—	—	622 050 305

Таблиця 2

Частковий баланс маси та енергії для безпідігрівної/субкритичної бойлерної системи

Головний бойлер	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (ВТУ/1bгод)	Загальна ентальпія (ВТУ/год)
Впуск води	3 338 027	486,17	1 622 853 948
Випуск пари	3 304 978	1 093,9	3 613 619 311
Зміна в ентальпії	—	—	1 990 765 363
Ентальпія на впуску палива	—	—	1 969 222 441
Бойлер перегріву	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (ВТУ/1bгод)	Загальна ентальпія (ВТУ/год)
Впуск пари	3 304 978	1 093 39	3 613 619 311
Випуск пари	3 304 978	1 464,03	4 838 598 409
Зміна в ентальпії	—	—	1 224 979 098

Ентальпія на впуску палива	—	—	1 602 594 525
----------------------------	---	---	---------------

Таблиця 3

Частковий баланс маси та енергії для підігрівної/надкритичної бойлерної системи

Надкритичний головний бойлер (перша секція)	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (BTU/1bгод)	Загальна ентальпія (BTU/год)
Впуск води	2 550 921	536,43	1 368 390 200
Випуск пари	2 550 921	1 221,90	3 116 965 444
Зміна в ентальпії	—	—	1 748 575 244
Ентальпія на впуску палива	—	—	1 995 760 950
Надкритичний головний бойлер (друга секція)	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (BTU/1bгод)	Загальна ентальпія (BTU/год)
Впуск пари	2 550 921	1 221,90	3 116 965 444
Випуск пари	2 550 921	1466,18	3 740 107 987
Зміна в ентальпії	—	—	623 142 543
Ентальпія на впуску палива	—	—	724 457 506
Бойлер підігріву	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (BTU/1bгод)	Загальна ентальпія (BTU/год)
Впуск пари	2 303 082	1 297,29	2 987 769 879
Випуск пари	2 303 082	1543,11	3 553 906 020
Зміна в ентальпії	—	—	566 136 141
Ентальпія на впуску палива	—	—	645 370 183

Таблиця 4

Частковий баланс маси та енергії для бойлерної системи з насиченою парою

Головний бойлер	Потік (1b/год)	Питома ентальпія (BTU/1bгод)	Загальна ентальпія (BTU/год)
Впуск води	3 401 777	170,78	580 969 557
Випуск пари	3 368 095	1 189,06	4 004 874 525
Зміна в ентальпії	—	—	3 423 904 968
Ентальпія на впуску палива	—	—	3 731 946 814

Як вказано вище, кожна з бойлерних систем відрізняється від традиційних процесів у двох принципових моментах. По-перше, у традиційних процесах для згоряння застосовують повітря (як окиснювальний агент для забезпечення кисню), а не практично чистий кисень. Кисневий компонент повітря (приблизно 21 відсоток) використовується для згоряння, а інші компоненти (здебільшого азот) нагріваються і виходять як відпрацьовані гази з топки. По-друге, у даних процесах застосовують кисень та паливо у майже стехіометричній пропорції між ними (з допуском у межах приблизно ± 5 відсотків). Тобто, подається лише достатня кількість окиснювального агента у пропорції з паливом для забезпечення повного згоряння палива у заданих допустимих межах. Крім того, це відбувається у кількох компонентах або модулях бойлера, сконфігурованих як скоординована система, причому кожен модуль нагрівається на відповідному, потрібному етапі (наприклад, у головному бойлері, ділянці перегріву, ділянці підігріву).

Завдяки застосуванню представленої системи згоряння, досягають багатьох переваг та вигод. Як описано нижче, знижується споживання палива для вироблення еквівалентної кількості енергії або теплоти. Суттєвим є те, що в результаті це може значною мірою знизити масштаби забруднення. Крім того, у деяких варіантах застосування виділення NOx може бути знижене практично до нуля.

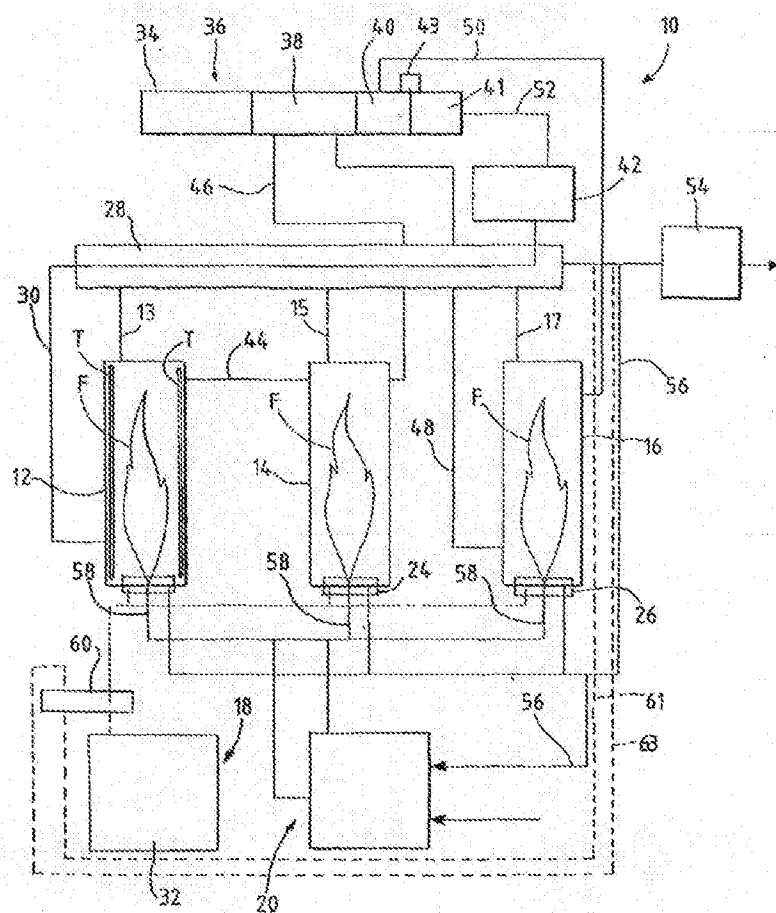
Крім того, спостерігалось, що через те, що об'єм нагрівання газів є значно нижчим порівняно з традиційними бойлерами, об'єм випуску відпрацьованих газів відповідно зменшується. Фактично, завдяки тому, що впуск окиснювального агента (кисню у представленій системі порівняно з повітрям у традиційній системі) становить приблизно 21 відсоток від показника традиційних систем, випуск також становить приблизно 21 відсоток від показника традиційних систем (при твердому паливі він може становити, наприклад, 40 відсотків через те, що вимагається певна кількість рушійного газу для переміщення твердого палива у бойлер). Також передбачається, що основною складовою відпрацьованих газів має бути вода (у формі пари), яка може бути конденсована або випущена іншим чином, та CO₂. Також передбачається, що CO₂ має захоплюватись у концентрованій формі для застосування з іншими промисловими та/або комерційними цілями і/або для ізоляції.

Також було виявлено, що результатом застосування суміші палива/кисню (також замість суміші палива/повітря) є підвищення температури полум'я, як обговорювалося вище. При застосуванні киснево-паливної системи досягають температури полум'я приблизно 5000°F. Це приблизно на 1500°F-2000°F вище, ніж в інших, відомих бойлерах. Також спостерігали, що при застосуванні киснево-паливної системи, у поєднанні з цим підвищенням температури полум'я, в результаті досягалася висока ефективність процесу.

У даному описі форма одними може бути рівноцінною формі множини. І навпаки, будь-яке посилення, що містить форму множини, у відповідних випадках також охоплює форму однини.

З наведеного вище опису можна дійти висновку, що існує можливість численних модифікацій та варіантів

без відхилення від сутності та обсягу рівня новизни даного винаходу. Слід розуміти, що не передбачається жодних обмежень щодо описаних конкретних варіантів втілення. Обсяг опису охоплюється обсягом формули винаходу, з усіма модифікаціями, які охоплює обсяг формули винаходу.



ФІГ. 1

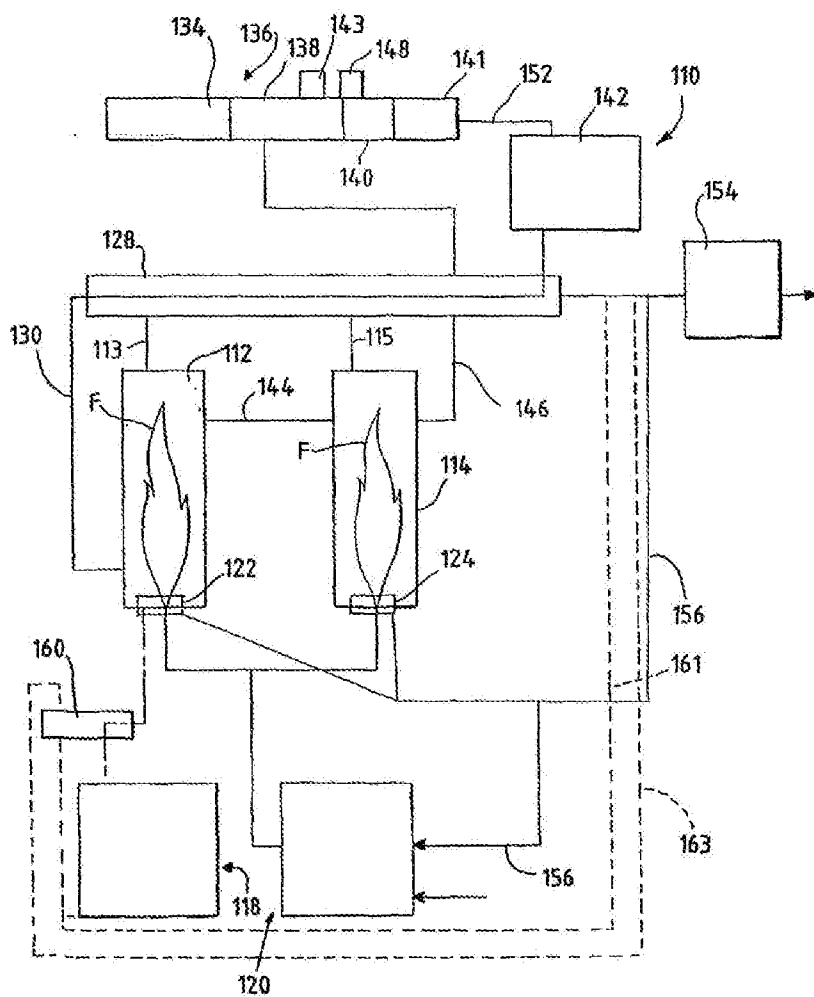


FIG. 2

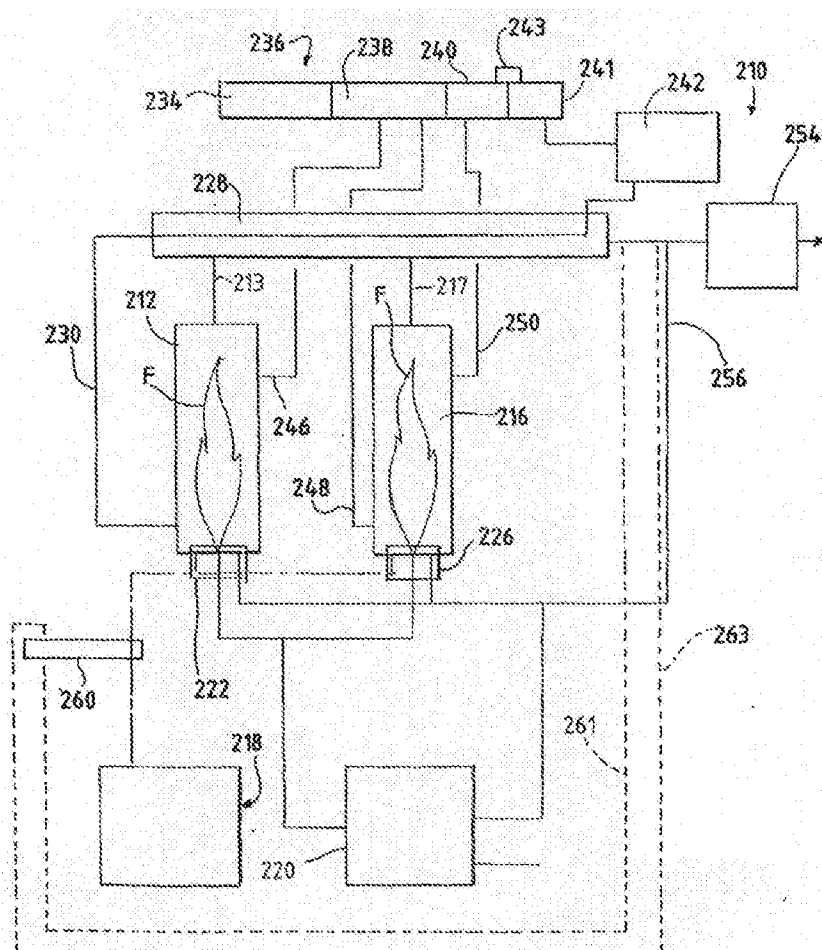


Fig. 3

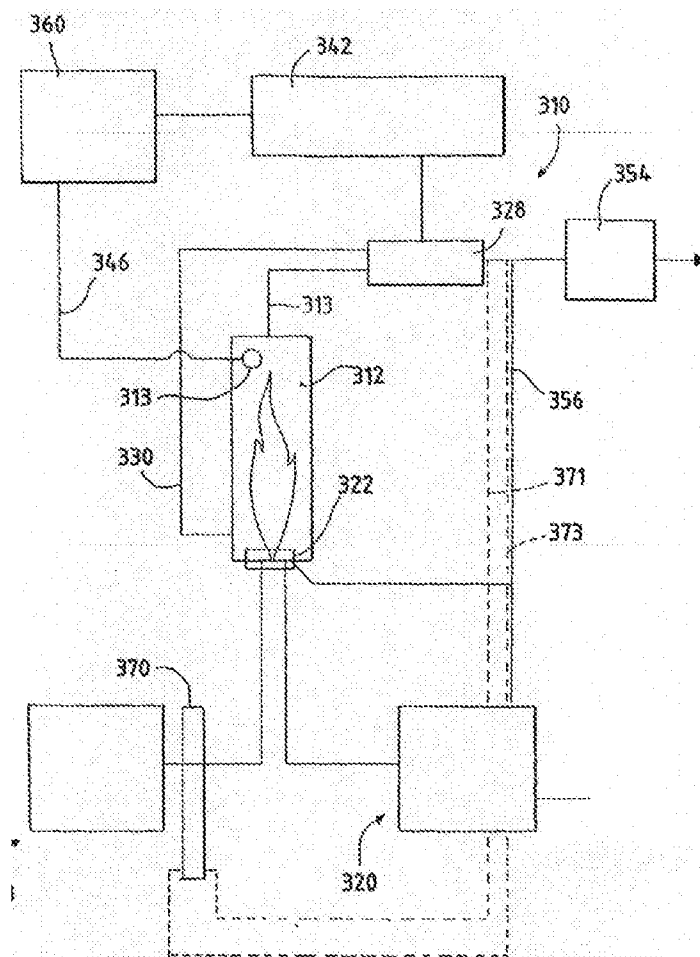


FIG. 4