

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901803190A1

Publication Date

20110726

Applicant

CNR - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

Title

IMPIANTO DI COMBUSTIONE A LETTO FLUIDO ALIMENTABILE CON
COMBUSTIBILI LIQUIDI CONVENZIONALI ED ALTERNATIVI.

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:
IMPIANTO DI COMBUSTIONE A LETTO FLUIDO ALIMENTABILE
CON COMBUSTIBILI LIQUIDI CONVENZIONALI ED ALTERNATIVI;
a nome del CNR - CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE,
P.le Aldo Moro 7, 00185 ROMA.

Inventori designati: Francesco MICCIO

Andrea DE RICCARDIS

DESCRIZIONE

CAMPO DELL'INVENZIONE

Il presente trovato riguarda il settore delle caldaie, generatori di calore ed impianti di riscaldamento. Più in particolare esso riguarda un impianto di combustione a letto fluido bollente avente bassa potenza termica, alimentato con combustibile liquido sia per l'avviamento che per il funzionamento continuativo, per il quale la potenza termica erogata è variabile con continuità rispetto al valore nominale.

Nelle caldaie convenzionali per usi civili ed industriali alimentati con combustibili liquidi ed equipaggiati con atomizzatore e bruciatore, la potenza erogata non può essere variata con continuità. Si adottano pertanto tecniche di parzializzazione e di modulazione che comportano transitori in cui il

funzionamento della caldaia non è ottimale sia sotto l'aspetto energetico che delle emissioni inquinanti. Inoltre l'accoppiamento tra bruciatore e caldaia è ottimizzato in funzione del carico medio della caldaia e ciò comporta variazioni significative del rendimento termico al variare della potenza erogata. Infine la viscosità del combustibile utilizzato non deve risultare superiore ai valori tipici di un gasolio, in assenza di preriscaldamento, per ottenere elevati livelli di atomizzazione, precludendo pertanto l'utilizzo di oli tal quali di origine vegetale e biologica.

L'utilizzo di sistemi di combustione a letto fluido consente di superare le limitazioni connesse alla regolazione continua della potenza e di disporre contemporaneamente di un impianto estremamente efficiente ed a basso impatto ambientale alimentato con combustibili liquidi sia convenzionali che alternativi.

Si ricorda che il letto fluido è una camera a sviluppo verticale in cui un solido granulare, ad esempio sabbia, viene posto in agitazione da una corrente di gas che lo attraversa per mezzo di un distributore sul quale il letto è sostenuto. Al di sopra del letto fluido è prevista una zona di

disimpegno (freeboard) che consente la ricaduta nel letto delle particelle eventualmente trascinate dalla corrente gassosa. L'elevata turbolenza e miscelazione del letto consentono di avere un ambiente ideale per processi che richiedono sia il trasferimento di materia che di energia, quali ad esempio la combustione eterogenea. In tal caso il letto viene portato a temperatura moderatamente alta per consentire l'innesco delle reazioni chimiche di ossidazione del combustibile. La temperatura è controllata agevolmente per scambio termico con superfici immerse e può essere mantenuta in un intervallo relativamente ristretto, con grandi vantaggi per l'efficienza del processo e la limitazione di specie inquinanti e nocive. Gli inquinanti possono essere ulteriormente limitati grazie all'utilizzo di materiali appositamente scelti per il letto fluido, aventi proprietà catalitiche, oltre ad essere meccanicamente resistenti all'abrasione.

Un'altra caratteristica vantaggiosa delle caldaie a letto fluido sta nel fatto che la combustione viene completata nel letto fluido anche in condizioni di carico parziale o non ottimale funzionamento del bruciatore a causa sia di insufficiente grado di

atomizzazione per elevata viscosità del fluido, sia della presenza di impurità nel combustibile o ancora, di ridotta pressione di atomizzazione. Inoltre la possibilità di estrarre calore direttamente nel letto oltre che nella sezione convettiva sulla linea dei fumi consente di mantenere la temperatura di caldaia pressoché costante ed il rendimento termico della caldaia ne beneficia risultando indipendente dalle variazioni del carico. Infine l'inerzia termica del materiale del letto comporterebbe una maggiore sicurezza intrinseca per il funzionamento della caldaia; i vapori di idrocarburi prodotti da uno spegnimento accidentale del bruciatore possono infatti ignire rapidamente a contatto del materiale caldo del letto ($T > 700\text{ }^{\circ}\text{C}$) inibendo la formazione di sacche cospicue di gas combustibili premiscelati con aria.

SCOPO DELL'INVENZIONE

Compito del presente trovato è quello di fornire un impianto di combustione a letto fluido bollente con potenza termica limitata (esempio 50 kW), alimentato con combustibile liquido sia per l'avviamento che per il funzionamento continuativo, in cui l'alimentazione del combustibile liquido avviene attraverso un iniettore posizionabile a quota variabile in modo da risultare inserito completamente o solo parzialmente

all'interno del letto fluido. Ciò permette di variare la potenza termica con continuità in un intervallo compreso almeno tra il 40 ed il 100% della potenza nominale, senza modificare la temperatura operativa del letto, parzializzando le portate di gasolio e di aria di fluidizzazione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi del trovato risulteranno evidenti dalla descrizione particolareggiata che segue, facendo riferimento alle allegate tavole di disegno che mostrano a titolo di esempio non limitativo una preferita forma di realizzazione del trovato. Nelle tavole:

La fig.1 riporta lo schema a blocchi dei componenti principali della caldaia previsti per poter consentire il funzionamento automatico della medesima;

la fig.2 è una vista in sezione del sistema di combustione a letto fluido alimentabile con combustibili liquidi convenzionali o alternativi.

Con riferimento alla figura 1, la camera di combustione a letto fluido (o di fluidizzazione) 1 è dotata di una soffiante 5 a media prevalenza per l'aria primaria e secondaria, che viene immessa dal basso nella zona di distribuzione 9 al di sotto del letto fluido, e di un iniettore 2, preferibilmente un iniettore ad atomizzazione per pressione, alimentato

da una pompa per combustibile 3 ed assistito da una limitata corrente di aria che provvede al trasporto del combustibile liquido.

Secondo una caratteristica peculiare del trovato, l'iniettore 2 è posizionabile ad una quota variabile all'interno della camera di combustione 1 per mezzo di un attuatore lineare 4. La produzione di acqua calda avviene tramite uno scambiatore primario di calore 7 che si trova sulla linea di scarico dei fumi ed uno scambiatore secondario di calore 8 a contatto con il materiale del letto. Una pompa 6 regola la circolazione dell'acqua. L'impianto è completato da una centralina di controllo elettronico 11 collegata a sensori 10 posizionati nella camera di combustione, in grado di gestire il funzionamento della pompa per la circolazione dell'acqua 6, della pompa per il combustibile 3, della soffiante 5 e dell'attuatore 4.

Una preferita forma di realizzazione dell'invenzione è illustrata nella figura 2.

Come si vede in questa figura, la caldaia ha un mantello esterno 13 a sezione preferibilmente circolare con l'estremità superiore in forma di un tronco di adattamento della sezione che fa capo ad un camino superiore 16. I fumi sono intercettati da una valvola a farfalla 21 all'ingresso del camino, al di

sopra dello scambiatore primario 7. La camera di combustione propriamente detta 1 è delimitata lateralmente da un mantello interno 17 coassiale a detto mantello esterno 13 e di altezza leggermente inferiore mentre superiormente è disposto un adeguatore 15 del flusso in uscita dalla camera principale che consente anche la separazione dei materiali del letto eventualmente trascinati dalla corrente dei fumi.

Vantaggiosamente, il mantello interno 17 forma con quello esterno 13 una intercapedine o passaggio laterale dei fumi 18 al cui interno è prevista una pluralità di superfici alettate 16 che ne occupano circa la metà inferiore. L'intercapedine 18 comunica con la stessa camera di combustione attraverso valvole a farfalla 14 posizionate a valle dell'adeguatore di flusso 15.

L'iniettore 2 del combustibile è posizionabile tra la zona contenente il letto fluido 20 e la zona di disimpegno ad esso superiore 19 per mezzo di un sistema di tenuta scorrevole ad alta temperatura 22, e di un attuatore lineare 4 azionato da un servomotore. In una forma preferita di realizzazione il sistema di tenuta scorrevole è rappresentato da un manicotto.

In condizioni di avviamento a freddo l'iniettore

2 è posizionato al di sopra del letto 20 (posizione superiore PS) e riscalda rapidamente il materiale del letto stesso per azione del riverbero della fiamma, del riscaldamento lungo la parete della camera di combustione e del preriscaldamento dell'aria proveniente dalla soffiante 5 operato nella camera del distributore 9 a spese dei fumi, che percorrono l'intercapedine 18. L'innesco della fiamma avviene tramite un accenditore elettrico.

Quando la temperatura del letto 20 raggiunge un valore prefissato ed ottimale per la combustione, l'iniettore 2 viene portato alla posizione inferiore PI, ovvero all'interno del letto fluido 20, rendendo possibile l'utilizzo anche di combustibili liquidi di qualità inferiore.

Il diverso cammino dei fumi durante l'avviamento a freddo è operato dall'azionamento simultaneo delle valvole a farfalla 14 e 21, posizionate all'uscita della camera di combustione 1.

E' da notare infatti che i gas di combustione abbandonando la fase densa seguono una direzione contraria a quella di fluidizzazione, discendendo nell'intercapedine 18 verso il basso, contribuendo così ad un riscaldamento delle pareti della camera di fluidizzazione ed al preriscaldamento dell'aria di

combustione.

Le superfici alettate 16 previste nell'intercapedine o passaggi laterali 18 dei fumi, migliorano lo scambio termico tra i fumi ed il letto in fase di avvio.

La potenza termica può essere variata con continuità in un intervallo compreso tra il 40 ed il 100% della potenza nominale, senza modificare la temperatura operativa del letto, parzializzando le portate di combustibile e di aria di fluidizzazione. Pertanto si conservano condizioni ottimali per lo scambio termico e per limitare le emissioni inquinanti di monossido di carbonio (CO) e di ossidi di azoto (NO_x).

La produzione di acqua calda avviene attraverso i due scambiatori di calore 7 e 12. Lo scambiatore primario 7 agisce per convezione sulla linea di scarico dei fumi. Il secondo scambiatore 12 è composto da una serpentina a diretto a contatto con il materiale del letto e può essere posizionato a diversa quota verticale, per variare la potenza termica scambiata. A tale scopo è previsto un secondo attuatore 24 per spostare verticalmente detto secondo scambiatore 12. La portata di acqua in circolo degli scambiatori è regolata automaticamente con valvole

proporzionali in funzione della temperatura di uscita dell'acqua dai due scambiatori, della temperatura del letto e di quella dei fumi.

RIVENDICAZIONI:

1) Un impianto a letto fluido bollente per la combustione di combustibili liquidi convenzionali ed alternativi, costituito da:

un reattore;

una camera di combustione e fluidizzazione (1) all'interno dell'impianto;

una camera di preriscaldamento (18) all'esterno della camera di fluidizzazione;

un letto fluido (20) formato da solido granulare posto in agitazione all'interno della camera di fluidizzazione;

un dispositivo di alimentazione ed iniezione (2) del combustibile; e

almeno un dispositivo di dispersione del calore sulla linea dei fumi (7) ed almeno un'altro (12) a diretto contatto con il materiale inerte (20) del letto fluido;

caratterizzato dal fatto che detto dispositivo di alimentazione ed iniezione (2) del combustibile liquido è spostabile verticalmente all'interno del reattore in modo da risultare inserito completamente o parzialmente all'interno del detto letto fluido (20).

2) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che

nella fase di avviamento e di riscaldamento iniziale della camera di fluidizzazione (1), il terminale del dispositivo di alimentazione o iniettore (2) è posto ad una altezza superiore a quella del letto fluido (20).

3) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 2 caratterizzato dal fatto che durante il funzionamento a regime, il terminale del dispositivo di alimentazione o iniettore (2) si trova preferibilmente all'interno del letto fluido (20).

4) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 3 caratterizzato dal fatto che, nella fase di preriscaldamento, i gas di combustione abbandonando la fase densa seguono una direzione contraria a quella di fluidizzazione contribuendo ad un riscaldamento delle pareti (17) della camera di fluidizzazione (1) ed al preriscaldamento dell'aria di combustione.

5) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 4 caratterizzato dal fatto che la regolazione della potenza istantanea del sistema viene effettuata esclusivamente attraverso la variazione continua della portata di combustibile iniettato.

6) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 5 caratterizzato dal fatto che la

temperatura del letto è regolata attraverso l'uso di dispositivi di dispersione del calore (12) a diretto contatto con il letto fluido (20).

7) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che, a regime, è alimentabile, in assenza di preriscaldamento del combustibile, anche con oli non trattati di qualsiasi origine aventi viscosità superiore a quella di un gasolio ed impurità, che vengono immessi all'interno del letto fluido (20).

8) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 7 caratterizzato dal fatto che il letto fluido è realizzato con materiale dotato di proprietà catalitiche in modo da consentire la combustione pressoché totale degli idrocarburi e l'ottenimento di bassissimi livelli di emissioni inquinanti.

9) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che il reattore ha un mantello esterno a sezione preferibilmente circolare (13) con l'estremità superiore a sezione progressivamente ridotta che fa capo ad un camino superiore (16) al cui ingresso i fumi sono intercettati da una valvola a farfalla (21) posizionata al di sopra di uno scambiatore primario

(7), la camera di combustione propriamente detta (1) essendo delimitata lateralmente da un mantello interno (17) coassiale a detto mantello esterno (13) e di altezza leggermente inferiore mentre superiormente è disposto un adeguatore (15) del flusso in uscita dalla camera principale che consente anche la separazione dei materiali del letto eventualmente trascinati dalla corrente dei fumi.

10) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che il mantello interno (17) forma con quello esterno (13) una intercapedine o passaggio laterale dei fumi (18) al cui interno è prevista una pluralità di superfici alettate (16) che ne occupano circa la metà inferiore; detta intercapedine (18) comunicando con la stessa camera di combustione attraverso delle valvole a farfalla (14), posizionate a valle dell'adeguatore di flusso (15), il cui azionamento consente un diverso cammino dei fumi durante l'avviamento a freddo dell'impianto.

11) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che l'iniettore (2) del combustibile è posizionabile tra la zona contenente il letto fluido (20) e la zona di disimpegno ad esso superiore (19) per mezzo di un

sistema di tenuta scorrevole ad alta temperatura (22), e di un attuatore lineare (4) azionato da un servomotore.

12) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che in condizioni di avviamento a freddo l'iniettore (2) è posizionato al di sopra del letto (20) (PS) e riscalda rapidamente il materiale del letto stesso per azione del riverbero della fiamma, del riscaldamento lungo la parete della camera di combustione e del preriscaldamento dell'aria proveniente dalla soffiante (5) operata nella camera di distribuzione (9) a spese dei fumi, che percorrono l'intercapedine (18).

13) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che, quando la temperatura del letto (20) raggiunge un valore prefissato ed ottimale per la combustione, l'iniettore (2) viene portato alla posizione inferiore (PI), ovvero all'interno del letto fluido (20), rendendo possibile l'utilizzo anche di combustibili liquidi di qualità inferiore alimentati da una pompa (26).

14) Un impianto a letto fluido bollente come alla rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che lo scambiatore (12) è diretto a contatto con il materiale

del letto è composto da una serpentina che può essere posizionata a diversa quota verticale, per variare la potenza termica scambiata, mediante un attuatore (24).

CLAIMS

1) A boiling-fluid-bed plant for the combustion of conventional and alternative liquid fuels, constituted by:

a reactor;

a combustion and fluidization chamber (1) inside the plant;

a pre-heating chamber (18) outside the fluidization chamber;

a fluid bed (20) formed by a granular solid set in agitation within the fluidization chamber;

a device for supply and injection (2) of the fuel; and

at least one device for dispersion of the heat on the fume line (7) and at least one other device for dispersion of the heat on the fume line (12) in direct contact with the inert material (20) of the fluid bed;

said boiling-fluid-bed plant being characterized in that said device for supply and injection (2) of the liquid fuel can be displaced vertically within the reactor so as to be inserted completely or partially within said fluid bed (20).

2) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that, in the step of start-up and of initial heating of the fluidization chamber (1), the

terminal of the supply device or injector (2) is set at a greater height than the fluid bed (20).

3) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 2, characterized in that during steady running conditions, the terminal of the supply device or injector (2) is located preferably within the fluid bed (20).

4) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 3, characterized in that, in the pre-heating stage, the combustion gases, abandoning the dense phase, follow a direction contrary to that of fluidization contributing to a heating of the walls (17) of the fluidization chamber (1) and to pre-heating of the combustion air.

5) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 4, characterized in that the regulation of the instantaneous power of the system is obtained exclusively through the continuous variation of the rate of fuel injected.

6) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 5, characterized in that the temperature of the bed is regulated through the use of devices for dispersion of the heat (12) in direct contact with the fluid bed (20).

7) The boiling-fluid-bed plant as per Claims 6,

characterized in that, in steady running conditions, it can be supplied, in the absence of pre-heating of the fuel, also with non-treated oils of any origin that have a viscosity higher than that of a gas-oil and impurities, which are introduced into the fluid bed (20).

8) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 7, characterized in that the fluid bed is made of a material having catalytic properties so as to enable practically total combustion of the hydrocarbons and obtain extremely low levels of pollutant emissions.

9) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that the reactor has an outer jacket with a preferably circular cross section (13) with the top end having a progressively smaller cross section that gives out into a top chimney (16) at inlet to which the fumes are intercepted by a butterfly valve (21) positioned above a primary heat exchanger (7), the combustion chamber proper (1) being delimited laterally by an inner jacket (17) coaxial with respect to said outer jacket (13) and having a slightly smaller height, whereas set on top is an adapter (15) of the flow at outlet from the main chamber, which also enables separation of the materials of the bed possibly drawn along by the current of the fumes.

10) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that the inner jacket (17) forms with the outer one (13) a lateral gap or passage for the fumes (18), provided inside which is a plurality of finned surfaces (16), which occupy approximately the lower half thereof; said gap (18) communicating with the combustion chamber itself through the butterfly valves (14), which are positioned downstream of the flow adapter (15) and actuation of which enables a different path for the fumes during cold start-up of the plant.

11) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that the fuel injector (2) can be positioned between the area containing the fluid bed (20) and the freeboard (19) above it by means of a high-temperature sliding sealing system (22), and a linear actuator (4) driven by a servo-motor.

12) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that, in conditions of cold start-up, the injector (2) is positioned on top of the bed (20) (PS) and rapidly heats the material of the bed itself by the action of the reverberation of the flame, of the heating along the wall of the combustion chamber and of the pre-heating of the air coming from the blower (5) carried out in the distribution chamber (9)

at the expense of the fumes that traverse the gap (18).

13) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that, when the temperature of the bed (20) reaches a pre-set and optimal value for combustion, the injector (2) is brought into the bottom position (PI), i.e., within the fluid bed (20), making possible the use also of liquid fuels of poorer quality supplied by a pump (26).

14) The boiling-fluid-bed plant as per Claim 1, characterized in that the heat exchanger (12) in direct contact with the material of the bed is constituted by a coil that can be positioned at a different vertical height, to vary the thermal power exchanged, by means of an actuator (24).

Maurizio SARPI
della
Studio FERRARIO



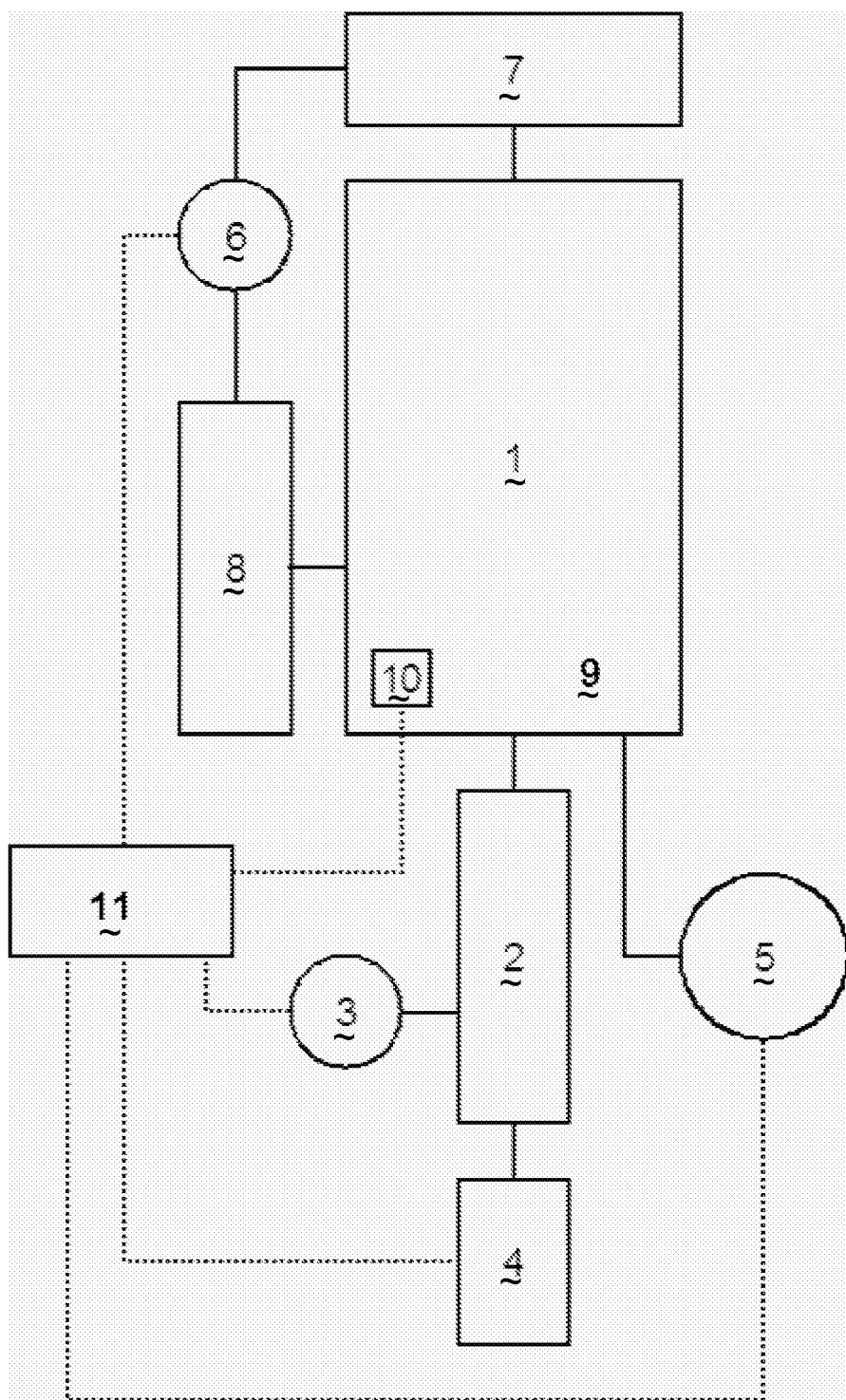


Fig. 1

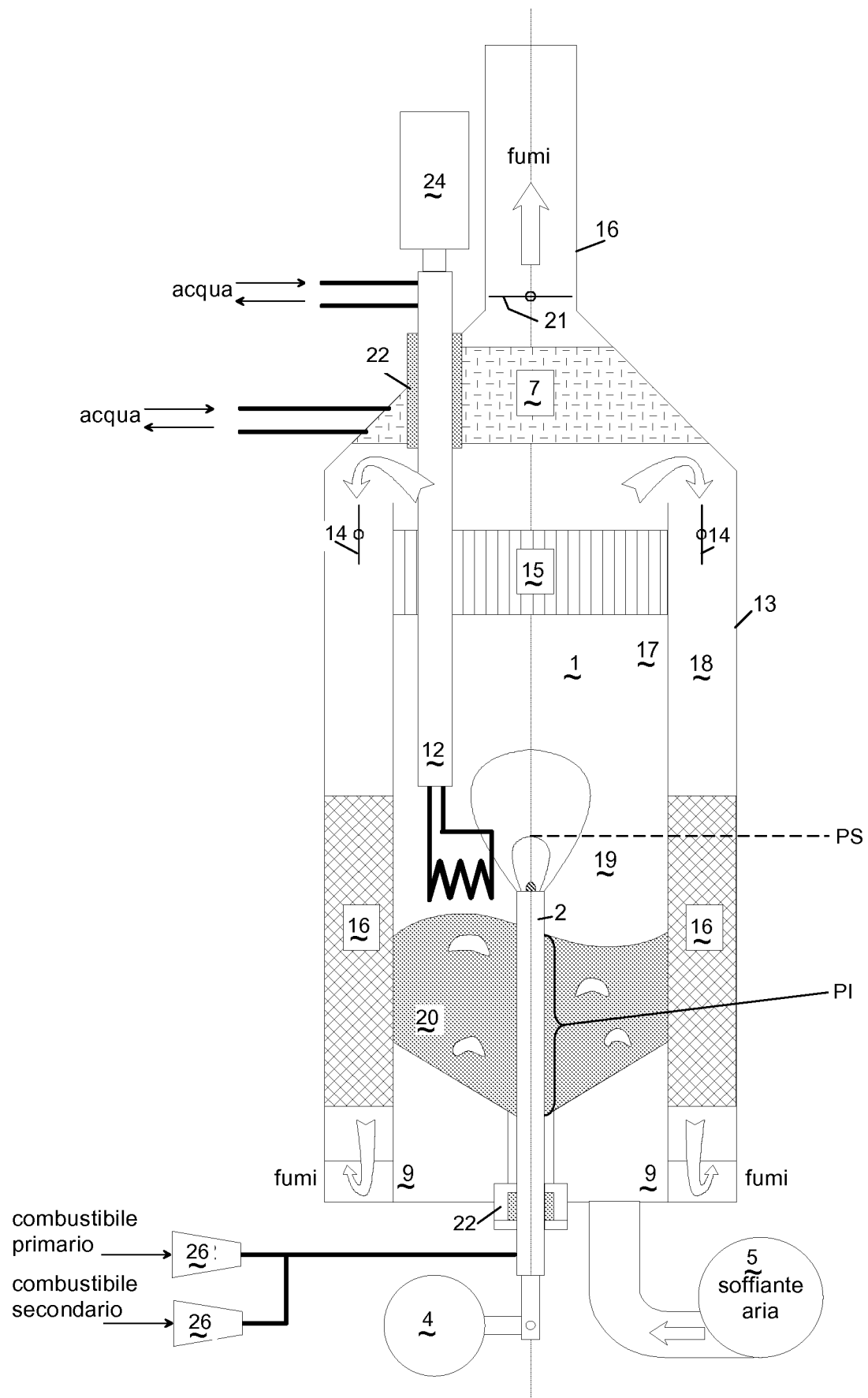


Fig. 2