

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000000047
Data Deposito	04/01/2021
Data Pubblicazione	04/07/2022

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	23	B	10	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	23	B	90	06

Titolo

COMBUSTORE IBRIDO PIROLITICO

Descrizione dell'invenzione industriale dal titolo:
COMBUSTORE IBRIDO PIROLITICO; a nome di F.lli Tatano
Snc di Tatano Calogero, con sede in Zona Industriale
Scalo Ferroviario - 92022 Cammarata (AG).

Inventori designati: Salvatore Tatano, Calogero
Tatano, Nazareno Tatano.

Lo stato dell'arte

Gli impianti termici, unitamente agli impianti industriali ed ai mezzi di trasporto, costituiscono una delle tre principali fonti di emissione inquinante a livello locale. Le percentuali di inquinamento dell'ambiente riscontrate, sono state tali da spingere i caldaisti a sviluppare nuove tecniche di combustione e nuovi apparecchi con requisiti tali da essere meno lesivi per l'ambiente.

La formazione di emissioni inquinanti è causata da un processo di combustione incompleto, riconducibile a diversi fattori, tra cui:

- scarsa temperatura nella zona di ossidazione, dove si sviluppano i gas di pirolisi, che rallenta lo svolgimento del processo di ossidazione
- umidità del combustibile
- tempi di permanenza del combustibile nel braciere

troppo brevi

- temperature in camera di combustione poco elevate
- non corretta miscelazione dei gas combustibili prodotti con l'aria comburente secondaria, dovuta ad una assenza di turbolenza nel focolare: tale turbolenza, infatti, sarebbe in grado di aumentare il tempo di permanenza dei fumi di combustione in modo che possano miscelarsi bene con l'ossigeno di combustione stesso.

Nelle caldaie di tipo marino, purtroppo, ci sono dei limiti tecnici che non consentono di ottenere un processo di combustione prossimo a quello teorico. Questo per diversi motivi:

- la caldaia marina è un generatore a grande inerzia termica e pertanto le pareti della camera di combustione, bagnate dall'acqua, non permettono alla temperatura di fiamma di elevarsi oltre i 600°C.
- avendo uno scambiatore orizzontale, i fumi di tale caldaia sono molto facilitati alla fuoriuscita verso il condotto fumario e molto spesso vengono emessi in atmosfera a temperatura superiore ai 250°C, disperdendo una notevole quantità di calore che incide evidentemente sul rendimento della caldaia stessa.

- Spesso, per contenere le dimensioni di ingombro, tali caldaie non presentano sistemi di filtraggio a bordo e pertanto le polveri generate durante la combustione vengono emesse direttamente in atmosfera.

Di conseguenza, i rendimenti di tali caldaie di tipo marino non superano l'85% e la quantità di polveri generate è consistente.

I nuovi limiti imposti dalla Normativa Europea tramite la EN 303-5: 2012 prevedono i valori riportati in tabella.

EN 303-5:2012 (E)

Tabella 6 --- Limiti di emissione

Stoccaggio	Combustibile	Potenza termica nominale kW	Limiti di emissione								
			CO			DGC			Polveri		
			classe 2	classe 4	classe 5	classe 3	classe 4	classe 5	classe 3 ^b	classe 4	Classe 5
manuale	biogenico	<=50	5 000	1200	700	150	50	30	150	75	60
		> 50<=150	2 500			100			150		
		>150<=500	1 200			100			150		
	fossile	<=50	5 000			150			125		
		> 50<=150	2 500			100			125		
		>150<=500	1 200			100			125		
automatico	biogenico	<=50	3 000	1000	500	100	30	20	150	60	40
		> 50<=150	2 500			80			150		
		>150<=500	1 200			80			150		
	fossile	<=50	3 000			100			125		
		> 50<=150	2 500			80			125		
		>150<=500	1 200			80			125		

Oltre a tali limiti sopra indicati e validi per tutta l'Unione Europea, le nazioni con problemi di

salubrità dell'aria sono tenute a indicare ulteriori limiti più restrittivi, all'interno di protocolli chiamati "piani di qualità dell'aria". In Italia, ad esempio, vige il regolamento DM del 7 novembre 2017 n. 186.

Il combustore ibrido pirolitico secondo la presente invenzione, prevede di attuare un innovativo processo di combustione che comprende le seguenti fasi:

- Riscaldamento del combustibile ligneo attraverso l'irraggiamento della fiamma, del letto di braci e delle pareti della camera di combustione.
- Essiccazione del combustibile attraverso l'evaporazione e il rilascio dell'acqua che avviene a partire da 100°C.
- Decomposizione pirolitica della sostanza secca del combustibile ligneo, per effetto di una temperatura di almeno 150°C, che libera la componente volatile del combustibile stesso che rappresenta circa 85% in composizione ponderale.
- Gassificazione della sostanza secca con ossigeno e formazione di gas incombusti (CO e C_nH_m) e carbone solido (da circa 250°C).
- Gassificazione del carbonio solido con CO_2 , vapore d'acqua e O_2 e formazione di CO (da 500°C).

- Ossidazione dei gas combustibili e produzione di CO_2 e H_2O nell'ambito di un intervento di temperatura tra 700 e 1400°C, sino a 2000°C.
- Trasferimento del calore dei fumi allo scambiatore a fascio tubiero.

Per mantenere attivo il processo di gassificazione e ottenere la potenza termica voluta, nella zona della decomposizione pirolitica (letto di braci) è alimentata dell'aria, chiamata aria primaria.

Nella fase di gassificazione viene generato il calore necessario alla reazione dei prodotti pirolitici gassosi, in presenza di ossigeno dell'aria. Per far sì che i prodotti pirolitici solidi e gassosi possano essere aggrediti, è necessario arrivare ad una temperatura superiore ai 500°C. Sotto l'effetto dell'aria qui iniettata, chiamata aria secondaria che viene riscaldata perché lambisce le pareti del reattore, avviene una complessa ossidazione dei prodotti gassosi liberati da cui, attraverso la formazione di prodotti intermedi (es. idrogeno), si formano CO_2 e H_2O .

Nello stadio finale dei processi di combustione rimane, quale prodotto della degradazione termica del combustibile ligneo, il carbone solido che è

dapprima gassificato sul letto di braci e alla fine ossidato nella fase gassosa. Infine, quale residuo solido della combustione, rimangono le ceneri.

Dal punto di vista costruttivo, il combustore ibrido pirolitico secondo la presente invenzione comprende un reattore costituito da:

- Una camera pirolitica (CPI) rivestita con materiale refrattario.
- Un livellostato (1) per combustibili solidi con granulometria di dimensioni non superiori ad 8 cm, preferibilmente fino a 3 cm, come ad esempio: pellet, nocciolino, gusci tritati, cippato, ecc., che è configurato per mantenere un livello di riempimento del pellet non solo uniforme ma anche compatto all'interno della camera pirolitica (CPI).
- Mezzi meccanici (6) disposti sul fondo della camera pirolitica (CPI), come ad esempio una griglia rotante, per l'espulsione delle ceneri esauste verso il cassetto ceneri (7).
- Una zona di ossigenazione inferiore (2), avente una sezione trasversale minore di quella della camera pirolitica (CPI), per l'introduzione di aria primaria (IAP).
- Una camera di combustione a fiamma diretta (3)

con sezione trasversale maggiore rispetto alla zona di ossigenazione inferiore (2) contenente al proprio interno un corpo deflettore alettato (5) configurato per imprimere una componente rotatoria al flusso gassoso creando moti vorticosi centrifughi mirati all'abbattimento delle polveri grossolane; in cui detta camera di combustione (3) ha una sezione trasversale maggiore rispetto a quella della zona di ossigenazione inferiore (2).

- Una zona di ossigenazione superiore (4) avente una sezione trasversale minore di quella della camera di combustione (3), per l'introduzione di aria secondaria (IAS).
- Un cappello superiore (8) di inversione del flusso dei gas esausti verso lo scambiatore di calore a fascio tubiero verticale.

Secondo una caratteristica peculiare del trovato, il reattore del combustore ibrido pirolitico che si descrive, presenta due camere di combustione: una inferiore (CPI) che sfrutta i principi della pirolisi in assenza di fiamma e una superiore (3) che sfrutta i principi della combustione a fiamma diretta.

La camera di combustione pirolitica (CPI) è

dotata sul proprio fondo di un accenditore a phon per il surriscaldamento (non accensione) del pellet e di un sistema meccanico rotante (6) per l'espulsione delle ceneri verso un cassetto di raccolta (7) sottostante.

Nell'esempio realizzativo illustrato, l'introduzione del pellet avviene mediante un sistema a coclea con caduta dall'alto nella camera pirolitica (CPI). Per mantenere costante il livello di riempimento della camera pirolitica (CPI) è previsto un livellostato (1) per combustibili solidi che è operativamente connesso con una coclea per effettuare il riempimento della camera pirolitica (CPI) ad una opportuna altezza, ed è inoltre configurato per spianare e distribuire in modo uniforme il pellet su tutte le pareti della camera pirolitica stessa.

Secondo il trovato, il pellet (o il combustibile solido) presente nella camera pirolitica (CPI) è sottoposto - a partire dalla zona più bassa - ad un flusso di aria calda generato dall'azione del phon, che è configurato per generare in tale zona una temperatura localizzata inferiore a quella di accensione del pellet. Infatti, in tale maniera il pellet viene lentamente carbonizzato liberando così

gas puro da destinare alla camera di combustione (3) dove avviene la vera e propria combustione del gas generato dalla pirolisi del combustibile.

Nella preferita forma realizzativa che si descrive, il livellostato (1) per combustibili solidi granulari o di piccola pezzatura è costituito sostanzialmente da una piastra di forma circolare con una pluralità di fori per far passare liberamente il gas generato dal surriscaldamento del pellet nella camera pirolitica (CPI) che risale verso la zona di ossigenazione inferiore (2) e contemporaneamente livellare il pellet ad una adeguata altezza della camera pirolitica (CPI).

Il flusso di gas generato dalla pirolisi del pellet nella camera di combustione pirolitica (CPI), una volta attraversata la piastra traforata del livellostato (1), raggiunge una restrizione preferibilmente conica della parte superiore della camera di combustione pirolitica (CPI) verso la zona di ossigenazione inferiore (2) dove è previsto un condotto di ingresso aria primaria (IAP). Grazie alla suddetta restrizione conica, il flusso dei gas di pirolisi acquisisce una maggiore velocità mentre si mescola con l'aria primaria per poi sfociare in una camera di combustione (3) che è una "camera di

combustione a fiamma diretta” dove il flusso di gas rallenta: per questo motivo tale camera di combustione (3) costituisce una sorta di camera di calma.

Come si è già accennato, la seconda area di ossigenazione, che è la zona di ossigenazione superiore (4), è preferibilmente caratterizzata dalla presenza di un corpo deflettore alettato che ha la funzione di imprimere un moto rotatorio ai gas di combustione, per farli miscelare meglio con l'aria secondaria che entra a valle della camera di combustione (3) a fiamma diretta, in corrispondenza di una zona di ossigenazione superiore (4) avente una sezione ridotta rispetto a quella della camera di combustione stessa, in modo che i gas acquistino una maggiore velocità mescolandosi con l'aria secondaria. Detta aria secondaria viene alimentata in tale zona di ossigenazione superiore (4) attraverso un apposito condotto di ingresso dell'aria secondaria (IAS).

Una volta espansi e temporaneamente rallentati nella camera di combustione (3), dove rilasciano la maggior parte delle polveri grossolane, i gas di combustione proseguono il loro percorso completando la combustione con l'aria secondaria secondo i

principi della combustione.

Si riporta nel seguito un confronto dei valori misurati durante le prove sperimentali in una caldaia di tipo noto, rispetto a quelli ad una caldaia secondo l'invenzione.

media valori			
ppm CO	ppm NO _x	% η	0,%
22	105	93,6	6,9

andamento CO e NO_x in una caldaia di tipo noto: senza livellostato a piastra per combustibili solidi e senza corpo deflettore alettato (Fig. 1A).

media valori			
ppm CO	ppm NO _x	% η	0,%
14	113	96,9	4,4

andamento Co e Nox in una caldaia secondo il trovato: con livellostato a piastra per combustibili solidi e con corpo deflettore alettato (Fig. 1B).

Come si può notare dalle misurazioni effettuate sul campo e sopra riportate, la regolazione della combustione in termini di bilanciamento del braciere e di miscelazione dell'aria ha comportato anche una diminuzione dei ppm di monossido di carbonio.

Inoltre, a parità di potenza termica, erogata il consumo di combustibile è diminuito comportando un sensibile miglioramento del rendimento della caldaia.

Pertanto, nel complesso l'invenzione ha comportato un:

- Miglioramento sul rendimento
- Riduzione dei consumi di combustibile
- Abbassamento dei valori di CO
- Abbassamento dei valori di NO_x, nel rispetto dei limiti stabiliti dalle norme e dai regolamenti Italiani più restringenti

Nel seguito, sono riportati i valori convertiti al 10% come richiesto dalla normativa Europea e al 13% come richiesto Regolamento DM del 7 Novembre 2017 n. 186.

Valori senza livello stato a piastra per combustibili solidi e senza corpo deflettore alettato:

CO al	10%	=	21	mg/Nm ³
CO al	13%	=	13	mg/Nm ³
NO _x al	10%	=	168,0	mg/Nm ³
NO _x al	13%	=	112,2	mg/Nm ³

Valori con livello stato a piastra per combustibili solidi e con corpo deflettore alettato:

CO al	10%	=	12	mg/Nm ³
CO al	13%	=	8	mg/Nm ³
NO _x al	10%	=	153,6	mg/Nm ³
NO _x al	13%	=	111,7	mg/Nm ³

POLVERI e PERFORMANCE

Abbiamo sin qui parlato del monossido di

carbonio e del monossido di azoto, e concludiamo la trattazione con i quantitativi delle polveri, che nelle caldaie di vecchia generazione di potenza compresa da 20 a 100 KWatt sono pari a 40-60 mg/Nm³.

Il D.M 186 presenta una classificazione delle prestazioni degli apparecchi di nuova generazione suddivisa in stelle ambientali. La classe più alta è denominata a 5 STELLE. L'apparecchio con 5 stelle rientrerebbe tra quelli più altamente performanti con accesso a tutti gli incentivi europei senza limiti di zona.

L'obiettivo del presente trovato è proprio quello di raggiungere tali valori, per non avere limiti di installazione né di incentivazione

Classe 5 stelle

Tipo di generatore	PP (mg/Nm ³)	COT (mg/Nm ³)	NOx (mg/Nm ³)	CO (mg/Nm ³)	η (%)
Camini aperti	25	35	100	650	85
Camini chiusi, inserti a legna	25	35	100	650	85
Stufe a legna	25	35	100	650	85
Cucine a legna	25	35	100	650	85
Stufe ad accumulo	25	35	100	650	85
Stufe, inserti e cucine a pellet - Termostufe	15	10	100	250	88
Caldaie	15	5	150	30	88
Caldaie (alimentazione a pellet o a cippato)	10	5	120	25	92

PP = Particolato primario, COT = carbonio organico totale, NOx = Ossidi di azoto,
CO = Monossido di carbonio, η = Rendimento

Da report CS20-0057416-01 IMQ SPA risulta che un prototipo sperimentale del trovato, da 31 kWatt,

installato in condizioni ottimali ha riportato le seguenti performance:

CO al 13%	Mg/Nm³	9
No_x	Mg/Nm³	80
Polveri	Mg/Nm³	4,6
Rendimento	%	93,8
Classe ambientale	5 stelle	

RIVENDICAZIONI

1. Combustore ibrido pirolitico a combustibile solido granulare con piccola pezzatura, del tipo dotato di scambiatore di calore a fascio tubiero verticale, caratterizzato dal fatto comprendere un reattore che prevede due camere di combustione: una inferiore (CPI) che sfrutta i principi della pirolisi in assenza di fiamma e una superiore (3) che sfrutta i principi della combustione a fiamma diretta.

2. Combustore ibrido pirolitico secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che detto reattore comprende, a partire dal basso verso l'alto:

- Una camera pirolitica (CPI) con rivestimento in materiale refrattario;
- Un livellostato (1) per combustibili solidi granulari con pezzatura fino a 8 cm, come ad esempio pellet, nocciolino, gusci tritati, cippato, ecc., configurato per mantenere uniforme il livello di riempimento del combustibile e per mantenere tale combustibile compatto all'interno della camera pirolitica (CPI);
- Una zona di ossigenazione inferiore (2), avente una sezione trasversale minore di quella della camera pirolitica (CPI), per l'introduzione di

aria primaria (IAP);

- Una camera di combustione a fiamma diretta (3) con sezione trasversale maggiore rispetto alla zona di ossigenazione inferiore (2) contenente al proprio interno un corpo deflettore alettato (5) configurato per imprimere una componente rotatoria al flusso gassoso creando moti vorticosi centrifughi mirati all'abbattimento delle polveri grossolane; in cui detta camera di combustione (3) ha una sezione trasversale maggiore rispetto a quella della zona di ossigenazione inferiore (2);
- Una zona di ossigenazione superiore (4) avente una sezione trasversale minore di quella della camera di combustione (3), per l'introduzione di aria secondaria (IAS);
- Un cappello superiore (8) di inversione del flusso dei gas esausti verso lo scambiatore di calore a fascio tubiero verticale;

in cui detto livellostato (1) è operativamente connesso con dei mezzi di alimentazione del combustibile nella camera pirolitica (CPI) azionabili per mantenere costante il livello del combustibile stesso.

3. Combustore ibrido pirolitico secondo la

rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che detta camera di combustione pirolitica (CPI) è dotata, in prossimità del proprio fondo, di un accenditore a phon per il surriscaldamento senza accensione del combustibile.

4. Combustore ibrido pirolitico secondo la rivendicazione 2 o 3, caratterizzato dal fatto che sul fondo della camera pirolitica (CPI) sono disposti dei mezzi meccanici (6), come ad esempio una griglia rotante, per l'espulsione delle ceneri esauste verso almeno un cassetto di raccolta (7) sottostante.

5. Combustore ibrido pirolitico secondo una o più delle rivendicazioni da 2 in poi, caratterizzato dal fatto che l'alimentazione del combustibile solido avviene mediante un sistema a coclea con caduta dall'alto nella camera pirolitica (CPI).

6. Combustore ibrido pirolitico secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che per mantenere costante il livello di riempimento della camera pirolitica (CPI) detto livellostato (1) per combustibili solidi è configurato per azionare detta coclea per mantenere il riempimento della camera pirolitica (CPI) ad una prefissata altezza, ed è inoltre configurato per spianare e distribuire

in modo uniforme il combustibile su tutte le pareti della camera pirolitica stessa.

7. Combustore ibrido pirolitico secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che detto phon è configurato per applicare un flusso di aria calda che investe il combustibile solido presente nella camera pirolitica (CPI) - a partire dalla zona più bassa - tale da per generare in questa zona una temperatura localizzata inferiore a quella di accensione del combustibile stesso; ottenendosi così che quest'ultimo sia lentamente carbonizzato liberando di conseguenza gas puro da destinare alla camera di combustione (3) dove avviene la vera e propria combustione del gas generato dalla pirolisi del combustibile.

8. Combustore ibrido pirolitico secondo una o più delle rivendicazioni da 2 in poi, caratterizzato dal fatto che il livellostato (1) per combustibili solidi granulari o di piccola pezzatura è costituito sostanzialmente da una piastra di forma circolare con una pluralità di fori, per far passare liberamente il gas generato dal surriscaldamento del pellet nella camera pirolitica (CPI) che risale verso la zona di ossigenazione inferiore (2) e contemporaneamente per livellare il combustibile ad una pre-

fissata altezza della camera pirolitica (CPI).

9. Combustore ibrido pirolitico secondo una o più delle rivendicazioni da 2 in poi, caratterizzato dal fatto che nella parte superiore della camera di combustione pirolitica (CPI), è prevista una restrizione preferibilmente conica di collegamento con la zona di ossigenazione inferiore (2) dove è previsto un condotto di ingresso dell'aria primaria (IAP); ottenendosi così che il flusso dei gas di pirolisi, in risalita dalla camera di combustione pirolitica (CPI), acquisisca una maggiore velocità e si mescoli con l'aria primaria per poi sfociare nella camera di combustione (3) che è una "camera di combustione a fiamma diretta" più ampia della zona di ossigenazione inferiore (2), dove il flusso di gas rallenta nuovamente.

10. Combustore ibrido pirolitico secondo una o più delle rivendicazioni da 2 in poi, caratterizzato dal fatto che detto corpo deflettore alettato (5), che è configurato per imprimere un moto rotatorio al flusso dei gas di pirolisi per farli miscelare meglio con l'aria secondaria entrante a valle della camera di combustione (3) a fiamma diretta, in corrispondenza di una zona di ossigenazione superiore (4); in cui detta aria secondaria è

alimentata in tale zona di ossigenazione superiore (4) attraverso un apposito condotto di ingresso dell'aria secondaria (IAS), e la zona di ossigenazione superiore (4) ha una sezione ridotta rispetto a quella della camera di combustione (3) in modo che i gas acquistino una maggiore velocità mescolandosi con l'aria secondaria per completare la combustione secondo i principi della combustione.

11. Processo per la combustione di combustibile ligneo solido granulare o di piccola pezzatura mediante un combustore ibrido pirolitico secondo le rivendicazioni precedenti, caratterizzato dal fatto di comprendere le seguenti fasi:

- Riscaldamento del combustibile attraverso l'irraggiamento della fiamma, del letto di braci e delle pareti della camera di combustione.
- Essiccazione del combustibile attraverso l'evaporazione e il rilascio dell'acqua che avviene a partire da 100°C.
- Decomposizione pirolitica della sostanza secca del combustibile ligneo, per effetto di una temperatura di almeno 150°C, che libera la componente volatile del combustibile stesso che rappresenta circa 85% in composizione ponderale.
- Gassificazione della sostanza secca con ossigeno

e formazione di gas incombusti (CO e C_nH_m) e carbone solido (da circa 250°C).

- Gassificazione del carbonio solido con CO_2 , vapore d'acqua e O_2 e formazione di CO (da 500°C).
- Ossidazione dei gas combustibili e produzione di CO_2 e H_2O nell'ambito di un intervento di temperatura tra 700 e 1400°C , sino a 2000°C .
- Trasferimento del calore dei fumi allo scambiatore a fascio tubiero.

12. Processo secondo la rivendicazione precedente, caratterizzato dal fatto che per mantenere attivo il processo di gassificazione e ottenere la potenza termica voluta, nella zona della decomposizione pirolitica è alimentata dell'aria, chiamata aria primaria.

13. Processo secondo la rivendicazione 11 o 12, caratterizzato dal fatto che nella fase di gassificazione viene generato il calore necessario alla reazione dei prodotti pirolitici gassosi, in presenza di ossigeno dell'aria; a tale scopo viene raggiunta una temperatura superiore ai 500°C per far sì che i prodotti pirolitici solidi e gassosi possano essere aggrediti.

Per la Richiedente,
il Rappresentante.

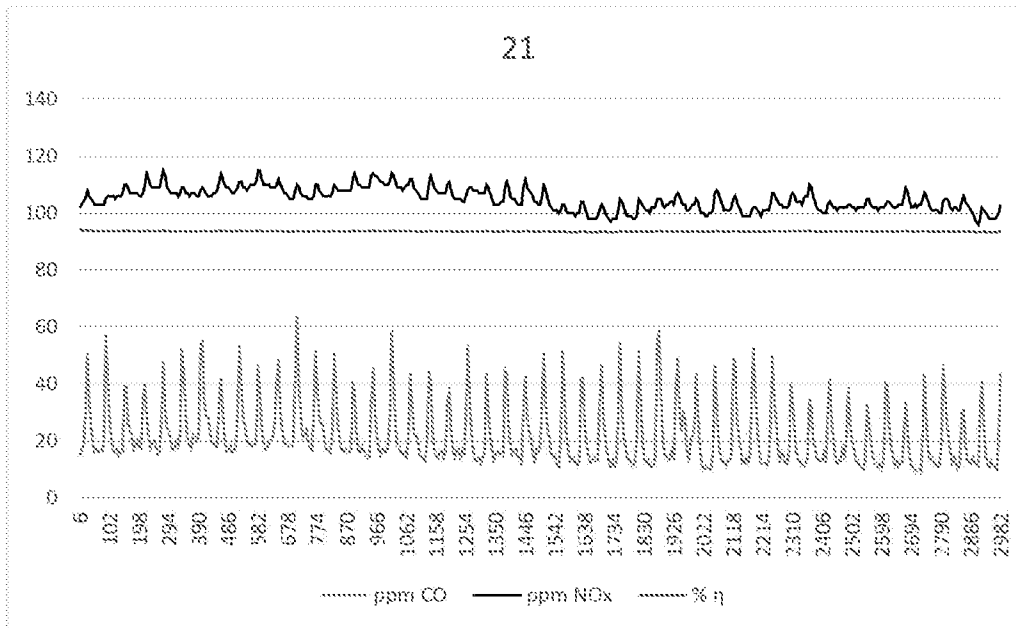


Fig. 1A

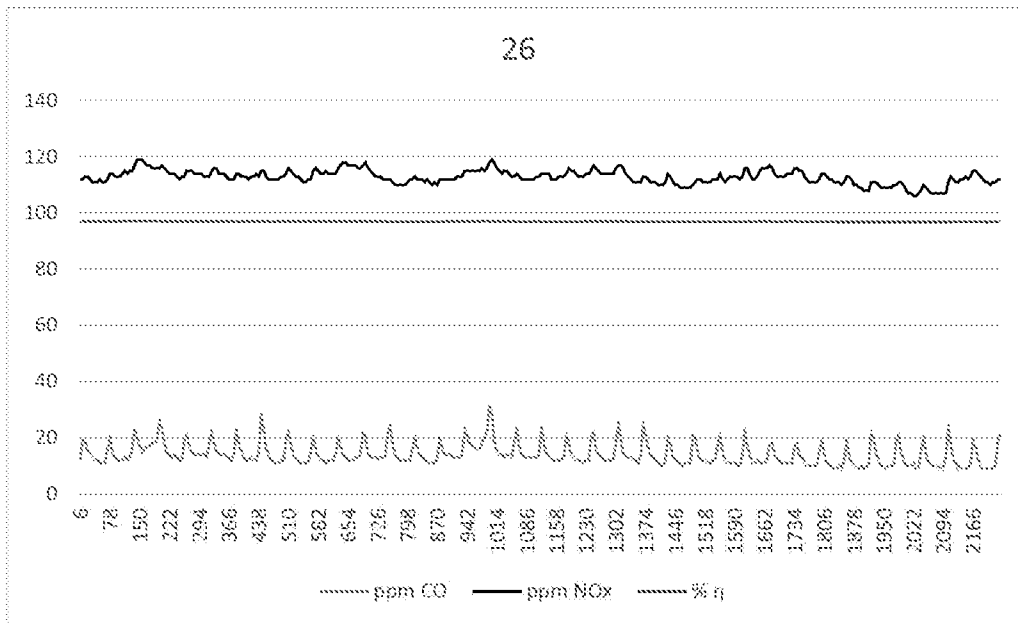


Fig. 1B

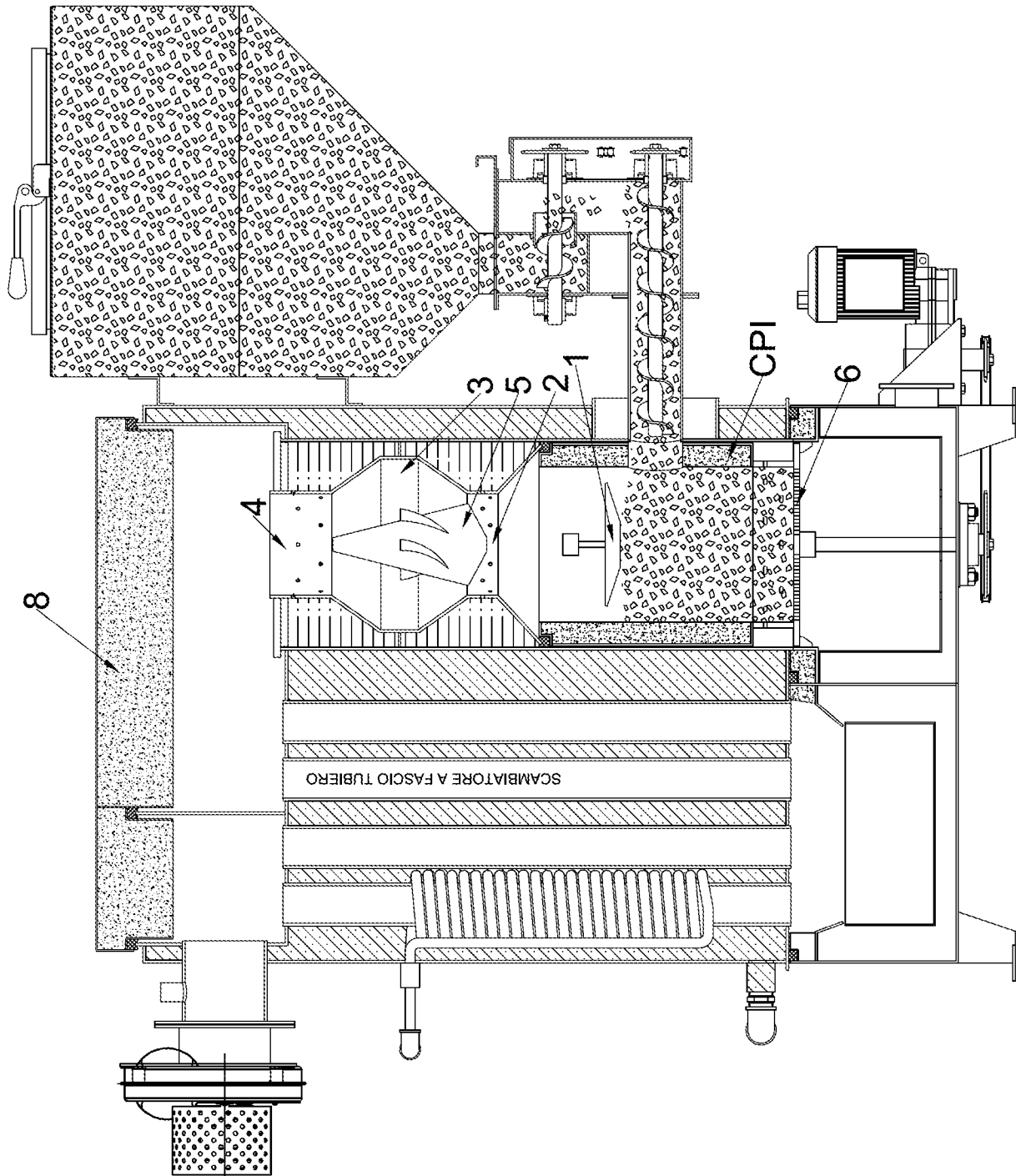


FIG.2

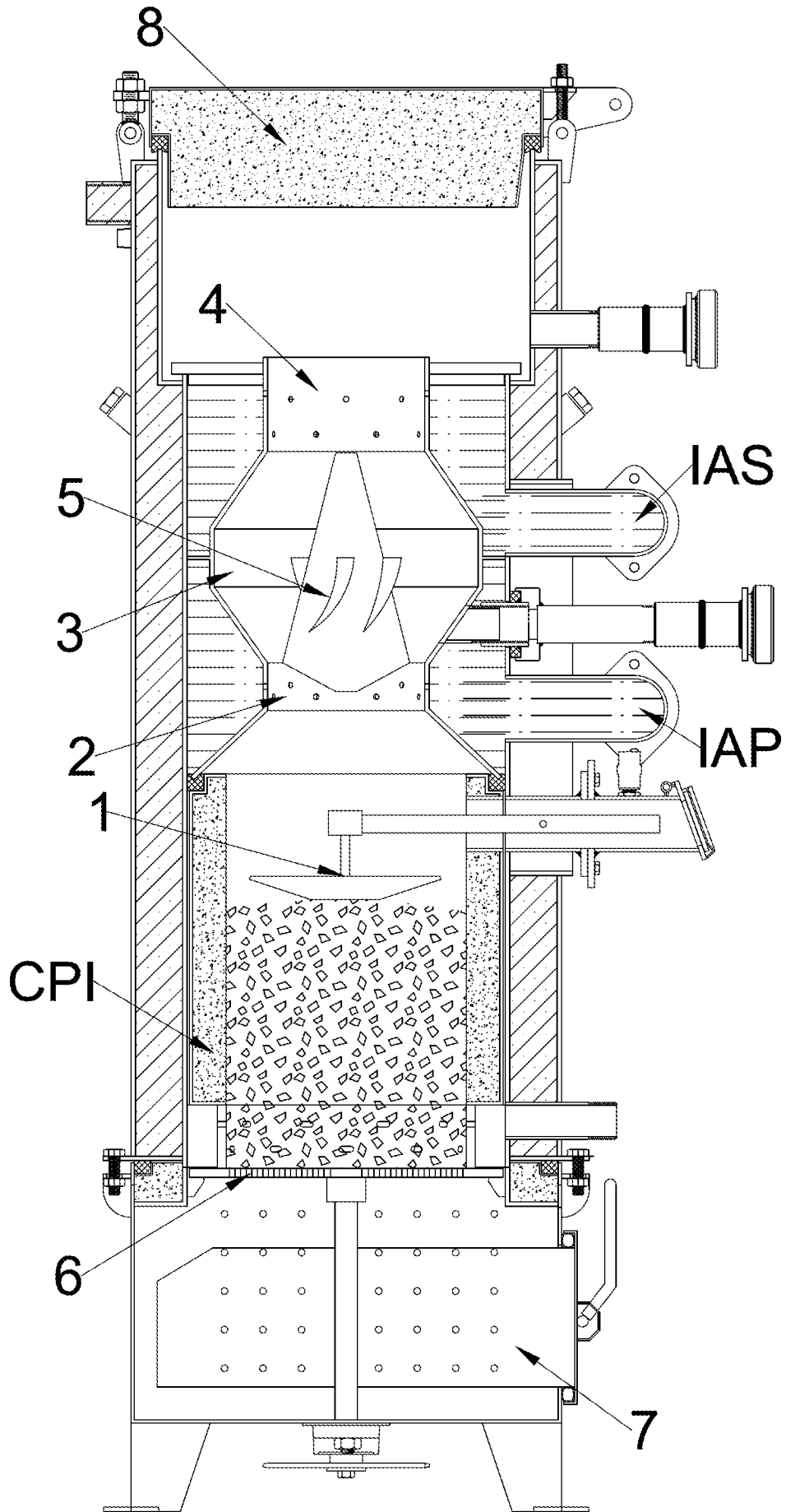


FIG.3

SEZ. CAMERA COMBUSTIONE

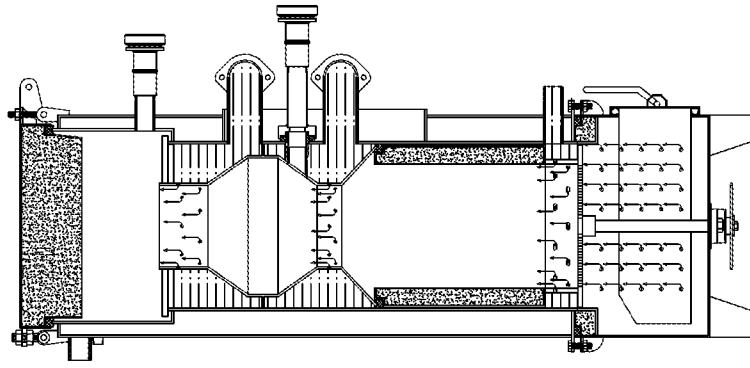


FIG.4

VISTA ANTERIORE

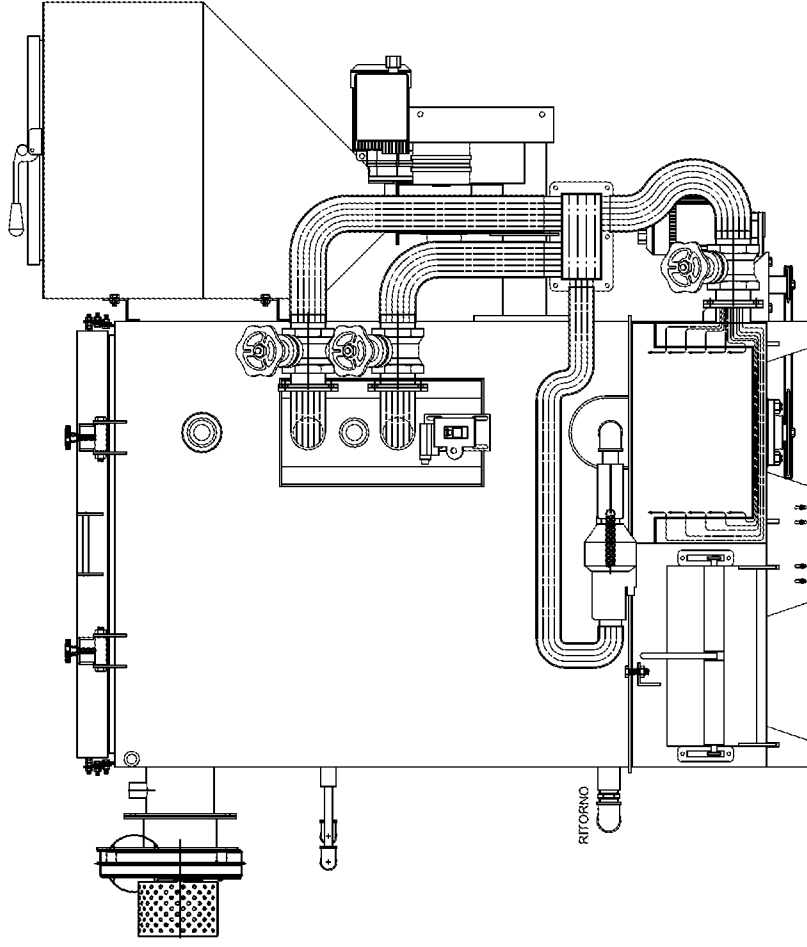


FIG.5

VISTA LATERALE DESTRO

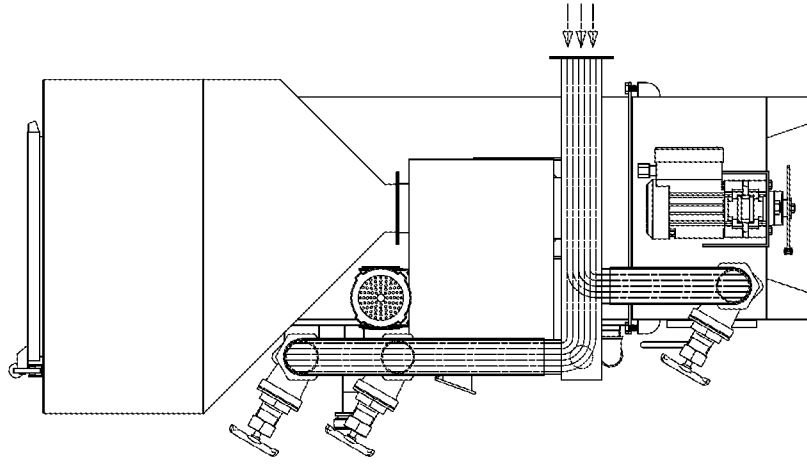


FIG.6

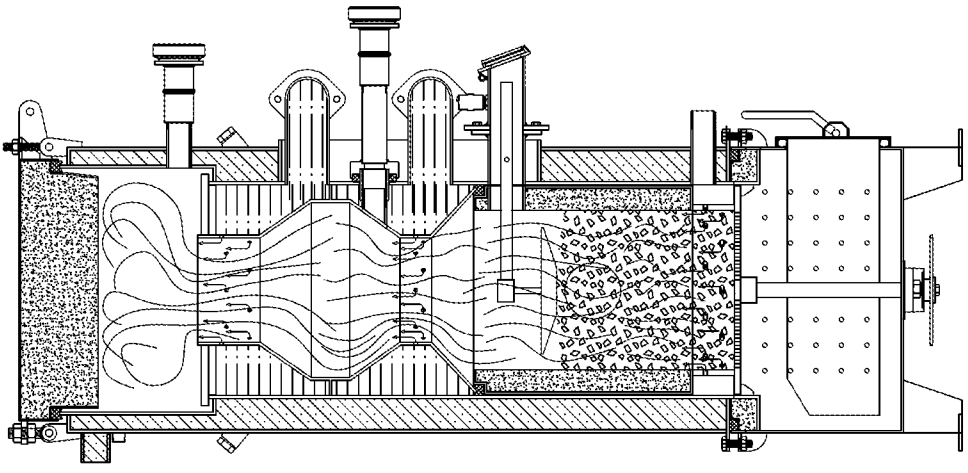


FIG.8

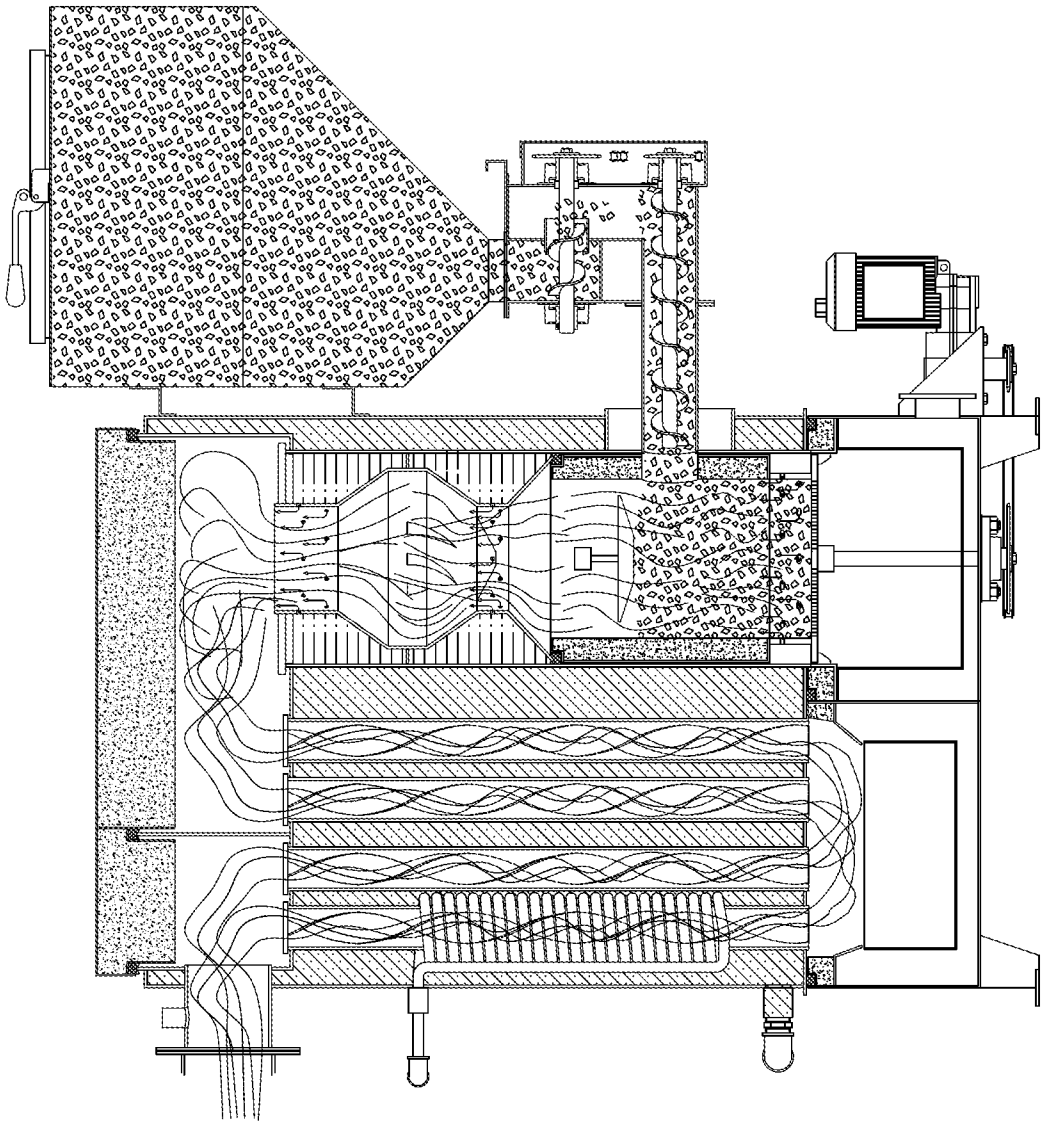


FIG.7