

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901993947A1

Publication Date

20130507

Applicant

STARA GLASS S.P.A.

Title

FORNO DA VETRO PROVVISIO DI UN GRUPPO SCAMBIATORE DI CALORE

DESCRIZIONE

del brevetto per invenzione industriale dal titolo:

"FORNO DA VETRO PROVVISIO DI UN GRUPPO SCAMBIATORE DI CALORE"

di STARA GLASS S.P.A.

di nazionalità italiana

con sede: PIAZZA ROSSETTI, 3A/1

GENOVA (GE)

Inventori: BRUNO Giampaolo, MOLA Alessandro, SANTERO Augusto

La presente invenzione è relativa ad un forno da vetro provvisto di un gruppo scambiatore di calore.

Com'è noto, i forni da vetro in continuo lavorano con temperature dell'ordine di 1500-1600 °C e sono provvisti di scambiatori di calore per pre-riscaldare l'aria comburente tramite il calore posseduto dai fumi in uscita dalla camera di combustione del forno.

Normalmente, per pre-riscaldare l'aria comburente a temperature di circa 1200-1300 °C si utilizzano scambiatori di calore di tipo rigenerativo, i quali comprendono almeno una coppia di camere di rigenerazione realizzate in materiale refrattario ed aventi rispettive bocche superiori che comunicano con la camera di combustione del forno. Tali forni sono denominati anche come "forni a camere". Se le

due camere in materiale refrattario sono disposte posteriormente, il forno viene denominato "endport" o "forno con fiamma ad U"; se più camere sono disposte sui lati del forno, quest'ultimo viene denominato "sideport".

Per quanto riguarda il funzionamento, il flusso di aria comburente da un ingresso dello scambiatore passa in una delle camere di rigenerazione ed infine entra nella camera di combustione del forno; nel contempo, i fumi escono dalla camera di combustione, passano nell'altra camera di rigenerazione, dove cedono calore, ed escono da un'uscita dello scambiatore. Un sistema di valvole è previsto per invertire il flusso di aria comburente ed il flusso di fumi tra le due camere di rigenerazione con cicli di durata determinata (tipicamente di circa 20 minuti), per cui il calore accumulato nella camera di rigenerazione dove fluiscono i fumi viene ceduto all'aria comburente che transita durante il ciclo successivo.

È sempre più sentita l'esigenza di abbassare le emissioni inquinanti dei fumi, in particolare gli ossidi di azoto, caratteristici in combustioni ad alta temperatura come nel caso del vetro. A tale scopo, si punta a creare, in camera di combustione, condizioni riducenti, immettendo una quantità di aria comburente inferiore a quella prevista dal rapporto stechiometrico. Nel contempo, per limitare la formazione di ossidi di carbonio e di prodotti incombusti,

si deve completare la combustione in uno stadio successivo. In questo modo, gran parte della combustione viene sviluppata in condizioni riducenti in un primo stadio, con un flusso principale di aria comburente, e si completa la combustione in un secondo stadio, con un flusso secondario di aria comburente denominata comunemente "aria di post-combustione" o "aria di staging".

Nei sistemi di post-combustione noti, l'aria di post-combustione è prelevata dall'ambiente esterno e quindi ha una temperatura relativamente bassa. Utilizzando tali sistemi, la quantità di calore ceduta ai fumi nel secondo stadio sarebbe relativamente bassa, ed occorrerebbero un tempo ed una quantità di aria relativamente elevati per completare la post-combustione.

Scopo della presente invenzione è quello di realizzare un forno da vetro provvisto di un gruppo scambiatore di calore, il quale consenta di risolvere in maniera semplice ed economica gli inconvenienti sopra esposti.

Secondo la presente invenzione viene realizzato un forno da vetro provvisto di un gruppo scambiatore di calore come definito nella rivendicazione 1.

L'invenzione verrà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, che ne illustrano un esempio di attuazione non limitativo, in cui:

- la figura 1 illustra in pianta, in modo schematico e

parziale, una preferita forma di attuazione del forno da vetro provvisto di un gruppo scambiatore di calore secondo la presente invenzione; e

- la figura 2 illustra una variante del forno da vetro della figura 1.

In figura 1, con 1 è indicato un forno da vetro (schematicamente illustrato), il quale comprende una camera di combustione 2 (parzialmente illustrata) alimentata tramite gas combustibile oppure olio combustibile in modo noto non descritto in dettaglio.

Il forno da vetro 1 comprende inoltre un gruppo scambiatore di calore atto a riscaldare un flusso di aria 3 che entra attraverso un ingresso 4 dall'ambiente esterno, ad una temperatura di circa 25 °C. Il calore per riscaldare il flusso di aria 3 viene ceduto da un flusso di fumi 5 che esce dalla camera di combustione 2.

Il gruppo scambiatore di calore comprende uno scambiatore 10 di calore di tipo rigenerativo, il quale comprende, a sua volta:

- due camere 11 di rigenerazione, in materiale refrattario, aventi rispettive bocche 12 superiori che sono distinte tra loro e che comunicano con la camera di combustione 2 tramite rispettivi condotti, denominati torrini 13 e realizzati in materiale refrattario;

- un'uscita 14, la quale è collegata alla parte inferiore delle camere 11 tramite rispettivi condotti 15 separati e comunica selettivamente con le camere 11 per fare defluire il flusso di fumi 5;
- un ingresso 16, il quale è collegato ad entrambi i condotti 15 tramite rispettive tubazioni 17 separate e comunica selettivamente con le camere 11 per convogliare un flusso di aria comburente 18; e
- un insieme di valvole di inversione 19a,19b (schematicamente illustrate), le quali sono disposte nelle tubazioni 17 e, rispettivamente, nei condotti 15 (in posizione intermedia tra l'uscita 14 e l'uscita delle tubazioni 17 nei condotti 15).

Le valvole 19a,19b sono comandate da una centralina 20 di controllo e comando (schematicamente illustrata) in modo automatico, secondo una strategia non descritta in dettaglio, per essere commutate in maniera sincronizzata tra loro ed invertire il flusso di aria comburente 18 ed il flusso di fumi 5 tra le camere 11 con cicli di durata determinata (ad esempio, di 20 minuti).

Le valvole 19b dei condotti 15 possono comprendere rispettive paratie o saracinesche mobili (non illustrate), le quali, quando sono in una posizione di chiusura, sono a contatto con i fumi, da un lato, e con aria riscaldata, dall'altro lato.

Le eventuali paratie sono raffreddate al loro interno tramite aria, ad esempio aria prelevata dall'aria esterna a temperatura ambiente; oppure ciascuna valvola 19b può essere costituita da una coppia di paratie o saracinesche, le quali sono mobili insieme e definiscono tra loro una intercapedine quando sono in posizione di chiusura. Tale intercapedine, se i regimi termici lo richiedono, può ricevere aria di raffreddamento (ad esempio aria prelevata dall'ambiente esterno) per effetto di una depressione presente naturalmente nell'intercapedine stessa.

Ancora con riferimento alla figura 1, le camere 11 alloggianno rispettivi fasci di elementi 22 di accumulo termico, di tipo noto e non descritto in dettaglio, i quali accumulano calore durante il ciclo in cui la relativa camera 11 è attraversata dal flusso di fumi 5, e durante il ciclo successivo cedono il calore accumulato al flusso di aria comburente 18 che passa in tale camera 11 in senso opposto prima di entrare nella camera di combustione 2.

Il gruppo scambiatore di calore comprende, inoltre, uno scambiatore 25 di calore di tipo recuperativo, realizzato preferibilmente in materiale metallico, operante in maniera continua, ossia senza inversioni di flusso tra i fumi e l'aria, e disposto in serie, a monte dello scambiatore 10 considerando il senso di avanzamento del flusso di aria comburente 18.

Lo scambiatore 25 comprende due passaggi 26 e 27. Il passaggio 27 riceve il flusso di fumi 5 da un ingresso 30 coincidente con l'uscita 14 e convoglia il flusso di fumi 5 verso un'uscita 31 che comunica con un camino (non illustrato), preferibilmente tramite l'interposizione di un impianto di filtraggio (non illustrato), in modo da scaricare i fumi nell'ambiente. Il passaggio 26 convoglia il flusso di aria 3 dall'ingresso 4 verso un'uscita 28 che comunica con l'ingresso 16 tramite una tubazione 29. Il passaggio 26 comprende due intercapedini disposte attorno a rispettivi tubi verticali, che fanno parte del passaggio 27: l'aria ed i fumi fluiscono in controcorrente e scambiare calore attraverso le pareti metalliche dei tubi verticali che separano i passaggi 26,27.

Preferibilmente, la tubazione 29 ha una derivazione definita da una tubazione 35, grazie alla quale è possibile spillare aria riscaldata 36 dal flusso di aria 3. L'aria riscaldata 36 è "pulita" ossia è convogliata in condotti distinti da quelli dei fumi e può essere utilizzata per scopi diversi, ad esempio per teleriscaldamento, per preriscaldare il combustibile da inviare alla camera di combustione 2 e/o il materiale che deve essere fuso (tale materiale è definito da materie prime, oppure da una miscela di materie prime e di rottami di vetro da riciclare).

La portata di aria riscaldata 36 spillata viene regolata da una valvola 37 (schematicamente illustrata) disposta nella tubazione 35 e comandata dalla centralina 20 in funzione di parametri memorizzati e di segnali forniti da sensori (non illustrati), di modo che il flusso di aria comburente 18 rimasta ed entrante nello scambiatore 10 abbia la portata teorica necessaria per ottenere una determinata potenza termica, e/o una determinata temperatura, e/o un determinato rapporto stechiometrico con il combustibile nella camera di combustione.

Secondo varianti non illustrate, lo scambiatore 25 è costituito da due o più stadi recuperativi disposti in serie, ed eventualmente è previsto uno spillamento di aria riscaldata tra tali stadi.

In uso, i fumi hanno una temperatura di circa 1500° C in corrispondenza delle bocche 12, una temperatura di 650-1050 °C all'uscita 14 / ingresso 30, e di circa 200 °C in corrispondenza dell'uscita 31; e l'aria ha una temperatura di 300-750 °C all'uscita 28 / ingresso 16, e di circa 1250 °C in corrispondenza delle bocche 12.

I torrini 13, selettivamente, possono ricevere un flusso di aria di post-combustione 38 per ottenere una post-combustione nei fumi uscenti, dopo che il flusso di aria comburente 18 è stato bruciato con il combustibile in condizioni riducenti nella camera di combustione 2.

Secondo l'invenzione, il flusso di aria di post-combustione 38 è formato da aria che è stata riscaldata dal gruppo scambiatore di calore del forno da vetro 1, per cui la temperatura dell'aria di post-combustione è decisamente superiore alla temperatura ambiente.

Nella forma di attuazione della figura 1, l'aria di post-combustione è derivata da un punto a monte delle camere 11, ossia è definita da aria che è stata riscaldata dallo scambiatore 25. In particolare, l'aria di post-combustione è derivata tramite un condotto 39, il cui ingresso comunica con l'ingresso 16 e l'uscita 28. In altre parole, il condotto 39 è una derivazione che spilla aria di post-combustione dall'aria che è stata pre-riscaldata dall'intero scambiatore 25.

Il condotto 39 si divide in due rami 40, che terminano rispettivamente nei torrini 13 e sono provvisti di rispettive valvole 19c (schematicamente illustrate) comandate dalla centralina 20 in modo sincronizzato con le valvole 19a e 19b per aprire / chiudere i rami 40 in modo selettivo e lasciare fluire il flusso di aria di post-combustione 38 nel torrino 13 dove passano i fumi, mentre viene bloccato il passaggio di aria verso l'altro torrino 13, dove scorre invece il flusso di aria comburente 18.

Quando vengono invertiti il flusso di aria comburente 18 ed il flusso di fumi 5 tra le camere 11, le valvole 19c

vengono commutate anch'esse (quella che era aperta diventa chiusa, e quella che era chiusa diventa aperta), in modo da cambiare il torrino 13 dove provocare la post-combustione.

Preferibilmente, sono previste una o più valvole di regolazione per variare la portata del flusso di aria di post-combustione 38. Convenientemente, le valvole 19c sono configurate in modo da svolgere non solo la funzione di intercettazione, ma anche questa funzione di regolazione della portata, variando il proprio grado di apertura in risposta al comando della centralina 20.

Nella forma di attuazione della figura 1, l'aria di post-combustione è "pulita", ossia non è entrata in contatto con i fumi, per cui la sua composizione può essere determinata.

Secondo una variante non illustrata, lo scambiatore 25 è costituito da più stadi recuperativi disposti in serie, e l'ingresso del condotto 39 comunica con una zona intermedia del passaggio 26 tra tali stadi.

La figura 2 mostra una variante i cui componenti sono indicati ove possibile dai medesimi numeri di riferimento della figura 1. A differenza della figura 1, il gruppo scambiatore di calore potrebbe essere costituito solamente dallo scambiatore 10, ossia essere privo dello scambiatore 25 recuperativo. I due torrini 13 comunicano tra loro attraverso un condotto 42, realizzato preferibilmente in

materiale ceramico.

Il torrino 13 in cui scorre aria comburente opera naturalmente ad una pressione maggiore di quella nel torrino 13 in cui scorrono i fumi. Pertanto, una parte dell'aria comburente può naturalmente essere spillata attraverso il condotto 42, prima di arrivare alla camera di combustione 2, in risposta alla differenza di pressione tra i due torrini 13, quindi senza necessità di azionare alcuna valvola di intercettazione.

Preferibilmente, una valvola di regolazione 43 in materiale ceramico è comunque prevista nel condotto 42, al fine di calibrare la portata del flusso di aria di post-combustione 38 che arriva dal torrino 13 adiacente.

Il flusso di aria di post-combustione 38 viene convogliato in maniera adeguata dalle forme prescelte dal condotto 42, il quale è appositamente dimensionato in modo da garantire la portata in base alle esigenze. Ad esempio, se si ritiene di lavorare nella camera di combustione in condizioni riducenti in forma limitata viene deviata una piccola quota di aria di combustione verso il torrino opposto, convogliandone la gran parte verso la camera di combustione per la combustione primaria. Viceversa, se sono richieste condizioni riducenti più pronunciate, si aumenta la quota inviata direttamente nel torrino dei fumi togliendola da quella prevista per la combustione primaria.

L'impianto di figura 1 mostra l'applicazione della post-combustione ad un forno dotato di sistema di recupero del calore di tipo ibrido rigenerativo/recuperativo, mentre la variante di figura 2 è applicabile anche ad un tradizionale forno di tipo solamente rigenerativo.

In questa variante, l'aria di post-combustione è "sporcata" dal passaggio nelle camere 11, ma raggiunge una temperatura decisamente più elevata (circa 1250 °C). Inoltre la soluzione è relativamente più compatta e ha un numero minore di componenti, rispetto alla forma di attuazione di figura 1.

Da quanto sopra esposto, è evidente come il forno da vetro 1 riesca a ridurre l'inquinamento dei fumi da ossidi di azoto generando condizioni riducenti nella camera di combustione 2 e provocando una post-combustione nei fumi uscenti attraverso i torrini 13.

Il calore provocato dalla post-combustione innalza la temperatura dei fumi, i quali cedono tale calore poi all'aria comburente (e quindi dell'aria di post-combustione) attraverso il gruppo scambiatore di calore.

L'aria di post-combustione, essendo riscaldata, ha una temperatura decisamente superiore a quella dell'ambiente esterno, per cui la post-combustione può raggiungere facilmente una efficienza elevata ed essere completata in tempi brevi e con quantità d'aria limitate. Nel contempo,

non sono richiesti sistemi di riscaldamento aggiuntivi, oltre al gruppo scambiatore di calore già previsto normalmente nel forno da vetro 1.

Da quanto precede appare, infine, evidente che al forno da vetro 1 descritto possono essere apportate modifiche e varianti che non esulano dal campo di protezione della presente invenzione, come definita dalle rivendicazioni allegate.

In particolare, lo scambiatore di tipo recuperativo potrebbe avere caratteristiche costruttive diverse da quelle mostrate a titolo di esempio. Inoltre, le tubazioni 17 potrebbero confluire direttamente nelle camere 11 in parallelo ai condotti 15.

Inoltre, l'aria di post-combustione potrebbe essere immessa nei torrini 13 in posizione diversa da quella schematicamente indicata, ad esempio tramite un condotto che attraversa la volta o tetto dei torrini 13.

RIVENDICAZIONI

1.- Forno da vetro (1) comprendente:

- una camera di combustione (2);
- un gruppo scambiatore di calore atto a pre-riscaldare aria comburente tramite calore di fumi prodotti nella detta camera di combustione (2); detto gruppo comprendendo un primo scambiatore di calore (10), il quale è di tipo rigenerativo e comprende:

- a) almeno due camere di rigenerazione (11) comunicanti con detta camera di combustione (2) attraverso rispettivi torrini (13);
- b) mezzi valvolari di inversione (19a,19b) comandabili in modo da invertire un flusso di aria comburente (18) ed un flusso di fumi (5) tra le dette camere di rigenerazione (11) con cicli di durata determinata;

caratterizzato dal fatto di comprendere mezzi di convogliamento (39;42) terminanti in detti torrini (13) per immettere aria di post-combustione (38); detti mezzi di convogliamento (39;42) derivando detta aria di post-combustione da aria comburente che è stata pre-riscaldata da detto gruppo scambiatore di calore.

2.- Forno da vetro secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di convogliamento sono provvisti di valvole di regolazione della portata.

3.- Forno da vetro secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di convogliamento comprendono un primo condotto (42) che mette in comunicazione i detti torrini (13).

4.- Forno da vetro secondo la rivendicazione 1 o 2, caratterizzato dal fatto che detto gruppo scambiatore di calore comprende un secondo scambiatore di calore (25), il quale è di tipo recuperativo ed è disposto a monte del detto primo scambiatore di calore (10); detti mezzi di convogliamento comprendendo un secondo condotto (39), che deriva detta aria di post-combustione da un punto a monte delle dette camere di rigenerazione (11) e che si divide in due rami (40); detti rami (40) terminando rispettivamente in detti torrini (13) ed essendo provvisti di rispettive valvole di intercettazione (19c); dette valvole di intercettazione (19c) essendo comandate in modo sincronizzato con detti mezzi valvolari di inversione (19a,19b) per aprire/chiudere detti rami (40) in modo selettivo ed immettere detta aria di post-combustione nei fumi uscenti dalla detta camera di combustione (2).

5.- Forno da vetro secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che dette valvole di intercettazione definiscono anche rispettive valvole di regolazione della portata.

6.- Forno da vetro secondo la rivendicazione 4 o 5,

caratterizzato dal fatto che detto secondo scambiatore di calore (25) comprende un'uscita d'aria comburente (28) collegata con un ingresso d'aria comburente (16) del detto primo scambiatore di calore (10) e comunicante con un ingresso del detto secondo condotto (39).

p.i.: STARA GLASS S.P.A.

Paolo LOVINO

TITLE: GLASS FURNACE PROVIDED WITH A HEAT EXCHANGER
ASSEMBLY

CLAIMS

1.- A glass furnace (1) comprising:

- a combustion chamber (2);
- a heat exchanger assembly adapted to preheat comburent air by heat of flue gas produced in said combustion chamber (2); said assembly comprising a first heat exchanger (10), which is of the regenerative type and comprises:

a) at least two regeneration chambers (11) communicating with said combustion chamber (2) through respective eyes (13);

b) inversion valve means (19a, 19b) controllable so as to invert a comburent air flow (18) and a flue gas flow (5) between said regeneration chambers (11) with cycles having a determined duration;

characterised by comprising piping means (39; 42) ending in said eyes (13) for leading post-combustion air (38); said piping means (39; 42) drawing said post-combustion air from comburent air which has been preheated by said heat exchanger assembly.

2.- The glass furnace according to claim 1, characterised in that said piping means are provided with flow rate adjusting valves.

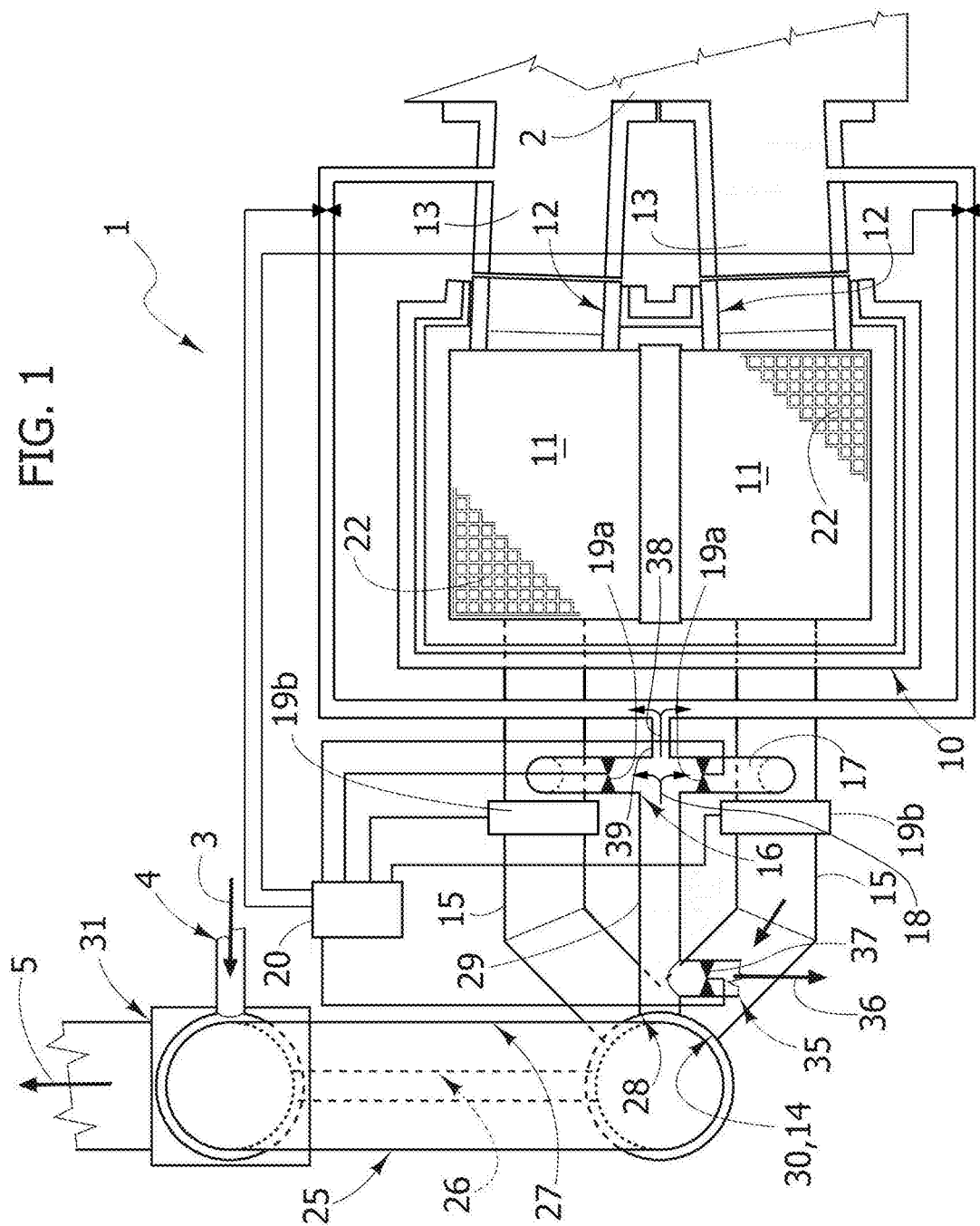
3.- The glass furnace according to claim 1 or 2, characterised in that said piping means comprise a first duct (42) which connects said eyes (13).

4.- The glass furnace according to claim 1 or 2, characterised in that said heat exchanger assembly comprises a second heat exchanger (25), which is of the recuperative type and is arranged upstream of said first heat exchanger (10); said piping means comprising a second duct (39), which draws said post-combustion air from a point upstream of said regeneration chambers (11) and splits into two branches (40); said branches (40) ending respectively in said eyes (13) and being provided with respective shut-off valves (19c); said shut-off valves (19c) being controlled synchronously with said inversion valve means (19a, 19b) to selectively open/close said branches (40) and lead said post-combustion air in the flue gas coming out from said combustion chamber (2).

5.- The glass furnace according to claim 4, characterised in that said shut-off valves also define respective flow rate adjusting valves.

6.- The glass furnace according to claim 4 or 5, characterised in that said second heat exchanger (25) comprises a comburent air outlet (28) connected with a comburent air inlet (16) of said first heat exchanger (10) and communicating with an inlet of said second duct (39).

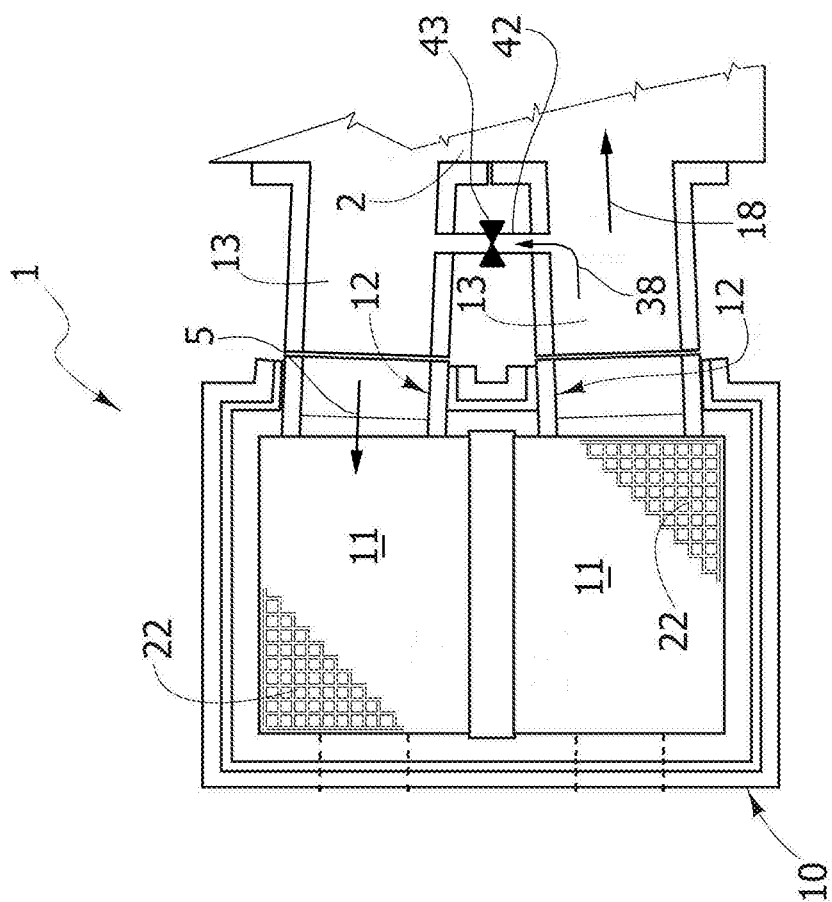
FIG. 1



p.i.: STARA GLASS S.P.A.

Paolo LOVINO
(Iscrizione Albo nr. 999/B)

FIG. 2



p.i.: STARA GLASS S.P.A.

Paolo LOVINO
(Iscrizione Albo nr. 999/B)