

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902025571A1

Publication Date

20130823

Applicant

ITALCEMENTI S.P.A.

Title

APPARATO INTEGRATO PER LA PRODUZIONE DI CLINKER A PARTIRE DA
FARINA CRUDA

"Apparato integrato per la produzione di clinker a partire da farina cruda"

La presente invenzione riguarda un apparato integrato
5 per la produzione di clinker a partire da farina cruda.
Il processo di produzione del cemento è costituito
dalle seguenti fasi:

- estrazione delle materie prime dalle cave;
- preparazione delle materie prime in opportune
10 proporzioni e macinazione del mix di materie
prime;
- produzione di clinker (un semilavorato presente
nei cementi in quantità variabile dal 60% al 95%,
in funzione del tipo di cemento) attraverso un
15 processo chimico ad alta temperatura del mix di
materie prime macinato;
- produzione del cemento attraverso la macinazione
di clinker con correttivi di composizione quali
gesso e additivi (calcare, loppa, pozzolana).

20 Quindi il processo di produzione del clinker e poi del
cemento prevede industrialmente una serie di fasi
collegate e successive e la fase di cottura delle
materie prime è la fase che maggiormente caratterizza
l'intero processo di produzione.

25 Più precisamente, nel processo di produzione del
cemento secondo la tecnologia denominata "per via
secca", la miscela cruda è alimentata al forno sotto
forma di polvere. Tale polvere è prodotta in un
impianto di macinazione, direttamente collegato al
30 forno stesso, che sfrutta il residuo contenuto di
energia termica dei gas provenienti dal forno per

essiccare l'umidità naturalmente associata alle materie prime da macinare. Più precisamente, il clinker è ottenuto per cottura ad elevata temperatura di una miscela di materie prime costituite principalmente da calcare (carbonato di calcio) ed argilla (silice, allumina, ossidi di ferro, oltre ad acqua di cristallizzazione). Le materie prime sono miscelate allo stato solido nelle proporzioni desiderate e quindi macinate finemente sino ad ottenere una polvere omogenea denominata "farina cruda". Nella presente descrizione, per "farina cruda" è quindi da intendersi la polvere omogenea così ottenuta utilizzata come materiale di partenza per la produzione di clinker. Negli impianti di produzione di clinker noti dallo stato della tecnica, la farina cruda, prima di essere alimentata al forno rotante, è sottoposta ad un trattamento di preriscaldamento ed, eventualmente, di precalcinazione.

Una delle tecniche di preriscaldamento attualmente più impiegate si basa sull'impiego del cosiddetto "preriscaldatore a sospensione" o "preriscaldatore multistadio a cicloni" (di seguito anche solo "preriscaldatore" o PRS), costituito da una torre di cicloni in cui ciascuno stadio di preriscaldamento avviene in uno o più cicloni. In un tale tipo di preriscaldatore per primo ciclone, si intende il ciclone in cui avviene il primo stadio di preriscaldamento e la prima separazione tra farina preriscaldata e fumi di combustione, per secondo ciclone si intende il ciclone in cui avviene il secondo stadio di preriscaldamento e la seconda separazione tra farina preriscaldata e fumi di combustione e

analogamente sono definiti i successivi cicloni del preriscaldatore a cicloni multistadio. Nella presente descrizione, il primo ciclone del preriscaldatore, così come i successivi cicloni, sono sempre da intendersi secondo la precedente definizione.

La fase di preriscaldamento dei procedimenti secondo lo stato dell'arte è rappresentata e discussa con riferimento alle seguenti figure:

- Figura 1A, in cui è mostrata una rappresentazione schematica di un impianto di produzione di clinker secondo lo stato della tecnica comprendente un forno rotante dotato di preriscaldatore a sospensione a 4 stadi;

- Figura 1B, in cui è mostrata una rappresentazione schematica di un impianto di produzione di clinker secondo lo stato della tecnica comprendente un forno rotante dotato di preriscaldatore a sospensione a 5 stadi e di precalcinatore.

Un procedimento convenzionale secondo lo stato dell'arte è rappresentato e discusso con riferimento alla Figura 2, in cui è mostrata una rappresentazione schematica di un impianto di produzione di clinker secondo lo stato della tecnica.

Nelle suddette Figure 1A e 1B le linee a tratto pieno indicano i flussi di materiale solido, le linee tratteggiate i flussi di correnti gassose, mentre i numeri romani indicano gli stadi dei preriscaldatori a sospensione.

Le fasi di preriscaldamento e precalcinazione sono condotte, rispettivamente, nel preriscaldatore 1 e nel precalcinatore 2 (Figure 1A e 1B). La presenza di queste fasi permette di alimentare al forno rotante 3

la farina parzialmente calcinata (30-40%) e preriscaldata ad una temperatura di circa 950°C, con un notevole risparmio di energia nella successiva reazione di clinkerizzazione.

5 La presenza della fase di preriscaldamento, eventualmente accompagnata dalla fase di precalcinazione, permette inoltre di utilizzare forni rotanti di dimensioni ridotte, riducendo così le perdite di calore che si verificano in tali forni ed
10 aumentando l'efficienza energetica complessiva del processo di produzione del clinker.

Il preriscaldatore ha la funzione di riscaldare le materie prime da 40°C a 950°C ed è costituito, come detto, da una torre a più stadi di cicloni (normalmente
15 da 4 a 6 stadi), stadi disposti uno sull'altro a formare una torre di altezza variabile (sino anche a 130-150 m). Tale preriscaldatore può essere definito un preriscaldatore a cicloni multistadio. In ogni stadio lo scambio termico tra il materiale ed i gas di
20 combustione si realizza in due fasi:

- la dispersione del materiale finemente macinato nella corrente gassosa;
- la separazione del materiale solido dal gas, convogliando il gas polveroso in un ciclone in cui
25 per forza centrifuga la parte solida è spinta sulle pareti del ciclone e scaricata sul fondo conico.

Le materie prime alimentate nella parte alta della torre attraversano gli stadi di cicloni del PRS e si
30 riscaldano progressivamente:

- nel riscaldamento da 100°C a 450°C perdono l'acqua

che è presente legata sia fisicamente sia chimicamente;

- nel riscaldamento da 600°C a 950°C perdono la CO₂ per effetto della dissociazione del carbonato di calcio.

5 L'energia termica è fornita al processo dal bruciatore principale (posizionato sul tubo rotante) e, in caso di forni dotati di precalcinatore, dai bruciatori posizionati nel precalcinatore stesso. I gas risalgono
10 il tubo rotante e la torre del PRS dal basso verso l'alto, aspirati da un ventilatore installato sul condotto di uscita del primo stadio. Nel PRS lo scambio termico tra gas e materie prime determina una riduzione della temperatura dei gas da 900-1000°C a 310-330°C.

15 In funzione dell'umidità delle materie prime, i fumi in uscita dal PRS sono impiegati, in parte o totalmente, per l'essiccazione delle materie prime stesse.

Nella fase di preriscaldamento è di fondamentale importanza la durata del contatto fra la fase solida
20 (farina) e la fase gassosa (fumi di combustione del forno rotante). Il preriscaldatore a sospensione è costituito da una serie di cicloni proprio per garantire un tempo di contatto ottimale fra la fase solida e quella gassosa. Il primo stadio di
25 preriscaldamento, che avviene alla sommità della torre, può essere realizzato in due cicloni in parallelo per garantire una migliore efficienza di separazione della farina dalla corrente gassosa prima dell'uscita di quest'ultima dal preriscaldatore (come mostrato nelle
30 Figure 1A, 1B e 2).

Con riferimento alla Figura 1A, nel preriscaldatore a

cicloni multistadio 1 i fumi di combustione provenienti dal forno rotante 3 ed aventi una temperatura di circa 900-1000°C attraversano i cicloni dal basso verso l'alto (dal IV al I). La farina cruda di partenza è
5 miscelata ai fumi di combustione nel preriscaldatore 1, all'interno del quale è immessa attraverso un ingresso 4, posto alla sommità del preriscaldatore, tra il primo (I) ciclone e il secondo (II) ciclone. La farina cruda attraversa il preriscaldatore sino all'uscita nella
10 parte inferiore, trasportata da un ciclone al successivo dal flusso dei fumi di combustione. In ciascun ciclone circa l'80% della fase solida (farina) è separata dalla fase gassosa (fumi di combustione) per poi essere immessa nuovamente nella fase gassosa
15 entrante nel ciclone sottostante. La fase gassosa contenente la rimanente frazione solida (circa 20% della farina) fluisce, invece, al ciclone successivo soprastante.

Al fondo del preriscaldatore 1, si ottiene una farina
20 preriscaldata avente una temperatura di circa 950°C. Dall'ultimo stadio di preriscaldamento nel preriscaldatore a cicloni multistadio, la farina è scaricata direttamente nel forno rotante 3 per la successiva reazione di clinkerizzazione.

25 Negli impianti dotati di precalcinatore 2 (Figura 1B), la farina preriscaldata è alimentata dal preriscaldatore 1 ad un apposita camera di combustione 5, dotata di un bruciatore 6, all'interno della quale subisce un parziale processo di calcinazione. La farina
30 precalcinata lascia il precalcinatore 2 ed è alimentata, insieme con i fumi di combustione del precalcinatore 2, all'ultimo stadio (V) del

preriscaldatore 1 per poi proseguire verso il forno rotante 3. I fumi di combustione del precalcinatore 2 confluiscono con quelli del forno rotante 3 e risalgono il preriscaldatore 1 sino all'uscita di testa 7, dopo
5 il primo ciclone.

La corrente gassosa uscente attraverso l'uscita 7 del preriscaldatore, comprendente i fumi di combustione del forno rotante 3 e, eventualmente, quelli del precalcinatore 2, nonché la CO₂ prodotta dalla
10 dissociazione del carbonato di calcio, ha una temperatura di circa 300-330°C. Prima di essere rilasciata in atmosfera, questa corrente è generalmente utilizzata in altre fasi del processo di produzione del cemento (ad esempio, per la macinazione ed essiccamento
15 delle materie prime oppure come aria di combustione nel forno rotante o nel precalcinatore) per recuperarne il contenuto calorico.

La farina cruda è trasformata in clinker mediante cottura ad una temperatura di circa 1450°C in un forno
20 rotante (in inglese "rotary kiln") costituito essenzialmente da un cilindro rotante inclinato.

Il forno (tubo rotante) è costituito essenzialmente da un cilindro rotante inclinato ed ha la funzione di riscaldare le materie prime da 950°C a 1450°C. Il
25 materiale calcinato fino al 95%, quando l'impianto è dotato di precalcinatore, è alimentato al forno dallo scarico dello stadio inferiore del PRS e subisce, con il progressivo riscaldamento, la completa calcinazione e successivamente la reazione di formazione dei
30 silicati di calcio (principalmente silicato tricalcico e bicalcico - reazioni di clinkerizzazione) che

rappresentano i principali costituenti del clinker. Più precisamente, con il termine clinkerizzazione si intendono una serie di reazioni chimiche tra gli ossidi di calcio, silicio, alluminio e ferro favorite dalla fusione di una parte delle materie prime stesse (ossidi di alluminio, ferro ed altri elementi minori). L'energia necessaria per fare avvenire le reazioni di clinkerizzazione (circa il 40% del totale) è essenzialmente legata alla necessità di elevare la temperatura del materiale fino a 1450°C, temperatura alla quale le reazioni di clinkerizzazione si completano, essendo debolmente esotermiche.

L'energia necessaria è fornita al tubo rotante attraverso un bruciatore posto all'estremità opposta rispetto alla zona di carico delle materie prime, ed è trasmessa al materiale per irraggiamento nella zona del bruciatore (la fiamma presenta una temperatura di circa 2000°C) e per convezione e conduzione mediante i gas di combustione nella restante parte del forno.

I combustibili generalmente utilizzati sono il carbon fossile, il pet-coke, l'olio combustibile, il metano, oltre a combustibili alternativi come, ad esempio, le farine animali.

Al termine del trattamento di cottura, il clinker così ottenuto è scaricato dal forno rotante ed è rapidamente raffreddato in un raffreddatore ad aria al fine di stabilizzarlo.

Il raffreddatore, installato alla zona di scarico del forno rotante, ha la funzione di raffreddare il clinker dalla temperatura di 1300-1350°C a una temperatura di circa 100°C. E' costituito essenzialmente da una serie di piastre forate che permettono il passaggio dell'aria

di raffreddamento insufflata attraverso appositi ventilatori.

Il 50% circa dell'aria insufflata è poi recuperata nel forno (aria secondaria) e nel precalcinatore (aria
5 terziaria) come aria di combustione, mentre la restante parte è utilizzata per altre applicazioni (per esempio per la macinazione del cemento e/o del combustibile solido) oppure è immessa in atmosfera dopo opportuna filtrazione.

10 La preparazione del clinker in un impianto di produzione di cemento come quello sopra descritto genera enormi volumi di emissioni gassose, potenzialmente inquinanti per l'ambiente.

In primo luogo i gas in uscita dal PRS devono essere
15 raffreddati per portarli ad una temperatura adatta ad un successivo impiego. Per effettuare tale raffreddamento sono diffusamente impiegati due sistemi:

- torre di condizionamento, con l'impiego di acqua come mezzo di abbattimento della temperatura;
- 20 ➤ Scambiatori di calore, che si suddividono in:
 - o Scambiatori gas/aria, in cui si utilizza aria ambiente come mezzo di raffreddamento; in questo caso il calore scambiato è poi dissipato in atmosfera;
 - 25 o Scambiatori gas/olio diatermico, in cui si utilizza olio diatermico come mezzo di raffreddamento; in questo caso il calore scambiato è poi recuperato per altri impieghi;
 - 30 o Scambiatori gas/acqua-vapore in cui si utilizza vapore come mezzo di raffreddamento;

in questo caso il calore scambiato è poi recuperato per teleriscaldamento oppure per produrre energia elettrica e/o vapore.

In particolare, la corrente gassosa uscente dal preriscaldatore è caratterizzata dalla presenza di
5 sostanze inquinanti, quali ossidi di azoto (NO_x), ossidi di zolfo (in particolare SO_2) e da una elevata concentrazione di polveri.

Gli NO_x derivano principalmente dai processi di combustione che hanno luogo nel forno rotante e,
10 eventualmente, nel precalcinatore. Le principali tecniche attualmente impiegate per l'abbattimento degli NO_x nella corrente gassosa uscente dal preriscaldatore sono due:

15 - la riduzione selettiva non catalitica (Selective Non-Catalytic Reduction - SNCR) che prevede la reazione degli NO_x con un agente riducente nella zona ad alta temperatura del preriscaldatore;

- la riduzione catalitica selettiva (Selective
20 Catalytic Reduction - SCR) che prevede la reazione degli NO_x con un agente riducente (ad esempio, ammoniaca o urea) in presenza di un catalizzatore. La tecnica SNCR è efficace se impiegata su una corrente gassosa avente una temperatura di circa 800-900°C e
25 permette di abbattere sino al 65% degli NO_x presenti.

L'applicazione della tecnica SCR, di recente sviluppo nel settore della produzione del cemento, permette di raggiungere rese di abbattimento molto elevate (superiori al 90%) quando impiegata su una corrente
30 gassosa avente valori di temperatura compresi tra 300 e 400°C circa.

In considerazione di questo intervallo di temperatura

ottimale, il sistema di abbattimento SCR è installato negli impianti di produzione del clinker in corrispondenza dell'uscita di testa del preriscaldatore, dopo il primo ciclone, dove la
5 corrente gassosa uscente attraverso tale uscita, comprendente i fumi di combustione del forno rotante ed, eventualmente, quelli del precalcinatore, ha una temperatura di circa 300-330°C.

Il sistema di abbattimento catalitico degli ossidi di
10 azoto (SCR) è costituito essenzialmente da una serie di strati/moduli di catalizzatore e da una serie di ugelli per l'iniezione di ammoniaca. I fumi in uscita dal preriscaldatore a una temperatura di 320-350°C e con una concentrazione di NO_x di 1200-1500 mg/Nm³ sono
15 trattati con una soluzione ammoniacale e convogliati verso i moduli del catalizzatore in cui si svolge la reazione di riduzione tra NO_x e l'ammoniaca con formazione di azoto elementare e acqua.

La presenza di ossidi di zolfo, principalmente in forma
20 di SO₂, nei fumi di combustione uscenti dal preriscaldatore è fortemente sfavorita dalle condizioni operative del processo. In alcuni casi, tuttavia, sia per la presenza di solfuri nelle materie prime utilizzate, sia per condizioni transitorie non
25 sufficientemente ossidanti nel processo, si possono presentare emissioni di SO₂ di una certa entità.

L'abbattimento della SO₂ è realizzato generalmente mediante iniezione di composti a base di ossidi e/o idrossidi di calcio nei fumi di combustione con
30 conseguente formazione di solfato di calcio, che può essere convenientemente riciclato nel processo di

produzione del clinker. Alternativamente l'abbattimento della SO₂ può essere realizzato tramite iniezione di bicarbonato di sodio nei fumi di combustione in uscita dal PRS. Il bicarbonato di sodio a 180-200°C si trasforma in carbonato di sodio e permette l'abbattimento della SO₂ con elevata efficienza. Anche in questo caso il prodotto della reazione è riciclato all'interno del processo produttivo.

L'efficacia dell'abbattimento degli ossidi di zolfo in fase gassosa secondo le suddette tecniche è compromessa dalla presenza nei fumi di elevate concentrazioni di polveri.

I fumi di combustione uscenti dal preriscaldatore, dopo essere stati depurati degli NO_x e SO_x e dopo essere stati eventualmente riciclati attraverso altre fasi del processo produttivo per recuperarne il calore residuo, devono essere infine depolverati prima della loro immissione in atmosfera.

Il processo di depolverazione è normalmente realizzato tramite filtrazione con elettrofiltri (denominati anche precipitatori elettrostatici) oppure con filtri a tessuto, questi ultimi più largamente impiegati negli impianti di produzione del clinker.

Infatti le crescenti esigenze di qualità delle emissioni, soprattutto in termini di garanzia di continuità del rispetto di valori di emissione molto restrittivi, ha fatto propendere sempre di più la scelta impiantistica verso i filtri a tessuto. Per questo motivo, specialmente per i nuovi impianti la scelta del filtro a tessuto è pressoché obbligata e la tecnologia del filtro elettrostatico appare superata.

I filtri a tessuto, in funzione della tipologia del

materiale impiegato, sono però in grado di lavorare al massimo a temperature di 250°C e pertanto l'impiego dei filtri a tessuto obbliga all'installazione di opportuni sistemi di riduzione della temperatura dei gas da
5 filtrare (torri di condizionamento, scambiatori di calore, iniezione di aria di diluizione).

Alla luce della precedente analisi dei procedimenti e degli impianti secondo lo stato dell'arte, è importante rilevare che i fumi di combustione in uscita dal PRS
10 contengono una elevata quantità di calore sensibile che, se non riutilizzato nel processo produttivo (ad esempio per l'essiccazione delle materie prime), è generalmente dissipato tramite iniezione di acqua nella torre di condizionamento.

15 In diverse applicazioni industriali, il calore sensibile contenuto nei fumi di combustione uscenti dal PRS, come evidenziato in precedenza, è utilizzato proprio per l'essiccazione delle materie prime, ma molto spesso, in funzione del grado di umidità delle
20 materie prime stesse, una considerevole quota di calore residuo rimane disponibile ed è ugualmente dissipata nella torre di condizionamento.

Un procedimento convenzionale secondo lo stato dell'arte è rappresentato in Figura 2, in cui è
25 mostrata una rappresentazione schematica di un impianto di produzione di clinker secondo lo stato della tecnica comprendente un sistema di abbattimento SCR 8 direttamente a valle del PRS (preriscaldatore), seguito da un sistema di dissipazione del calore residuo
30 tramite una torre di condizionamento 13.

La dissipazione del calore residuo si traduce anche in un considerevole consumo di acqua.

Un ulteriore problema nei procedimenti ed impianti esistenti è legato proprio all'installazione di un sistema catalitico di abbattimento NOx e di un successivo sistema di recupero o di dissipazione del calore residuo contenuto nei fumi di combustione.

Infatti un sistema catalitico di abbattimento NOx e un successivo sistema di trattamento termico, cioè di recupero o dissipazione del calore residuo contenuto nei fumi di combustione, necessitano di considerevoli spazi a causa delle dimensioni degli apparati adibiti a tali scopi.

Negli impianti già esistenti, dove normalmente il layout dell'installazione non lascia spazi disponibili oltre a quelli necessari per la manutenzione degli apparati, la realizzazione di un sistema di abbattimento catalitico SCR degli NOx è spesso impraticabile.

La Richiedente ha sorprendentemente individuato una soluzione che permette di superare gli inconvenienti precedentemente evidenziati e rende possibile la realizzazione di un sistema di trattamento termico dei fumi di combustione uscenti dal PRS, integrato con un sistema catalitico di abbattimento NOx (SCR), in spazi ristretti, garantendo ottimi rendimenti di abbattimento degli inquinanti.

Scopo della presente invenzione è perciò quello di realizzare un apparato per superare gli inconvenienti evidenziati dallo stato della tecnica.

Oggetto della presente invenzione è quindi un apparato integrato per la produzione di clinker a partire da farina cruda, comprendente

- un forno rotante 3;

- un preriscaldatore 1 a cicloni multistadio collegato a valle di detto forno rotante 3 rispetto alla direzione di flusso dei fumi 10 di una combustione avente luogo in detto forno 3; eventualmente un
5 precalcinatore 2;
- un sistema catalitico di abbattimento degli NOx 8, collegato a valle di detto preriscaldatore 1 rispetto a detta direzione di flusso dei fumi di combustione 10;
- un sistema di trattamento termico 9, 13 dei fumi
10 uscenti dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx 8,
detto apparato essendo caratterizzato dal fatto che il sistema catalitico di abbattimento degli NOx 8 e il sistema di trattamento termico 9, 13 dei fumi uscenti
15 dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx 8 sono integrati in una unica struttura a torre 12.
L'apparato integrato secondo la presente invenzione può prevedere inoltre un sistema non catalitico di abbattimento degli NOx (SNCR).
- 20 Il sistema di trattamento termico dell'apparato integrato secondo la presente invenzione può essere un sistema di recupero del calore 9 o un sistema di dissipazione del calore 13, preferibilmente è un sistema di recupero del calore 9.
- 25 Ancora più preferibilmente il sistema di trattamento termico è un sistema di recupero termico a fascio tubiero (WHR).
In tale soluzione, i fumi in uscita dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx (SCR), depurati
30 quindi dagli ossidi di azoto, sono raffreddati da una serie di fasci tubieri attraversati da un fluido (olio diatermico o acqua), a sua volta impiegato nel ciclo

produttivo (ad esempio per la produzione di energia elettrica, produzione di vapore, produzione di acqua calda, ecc.).

La temperatura dei fumi in uscita dal WHR è regolata
5 mediante il flusso di fluido che attraversa i fasci tubieri.

Il sistema di dissipazione del calore è generalmente costituito da una torre di condizionamento (TC).

In particolare, l'apparato integrato secondo la
10 presente invenzione sfrutta per l'installazione del sistema SCR e dello scambiatore di calore o della torre di condizionamento, lo spazio convenzionalmente occupato dal condotto in uscita dal PRS che scende a terra.

15 Il principale vantaggio dell'apparato integrato secondo la presente invenzione è che esso permette allo stesso tempo di recuperare in modo efficace il calore residuo nei fumi, riducendo la superficie di dispersione, costituita dalle tubazioni di collegamento fra
20 preriscaldatore, sistema SCR e scambiatore a fascio tubiero e di ridurre per lo stesso motivo le perdite di carico della corrente gassosa, eliminando così perdite energetiche.

Si consideri che, essendo la torre del preriscaldatore
25 alta sino a 150 m, a seconda del numero di stadi di cui essa è composta, l'integrazione in una struttura del sistema SCR e del sistema di recupero energetico, permette di rendere "attivo" il condotto dei gas che dalla sommità del preriscaldatore scende fino a terra,
30 dove è posizionato l'eshaustore dei gas del forno di cottura (16 nelle figure 3 e 4), cioè il ventilatore che aspira i gas prodotti dall'impianto di cottura per

inviarli alla fase di processo della macinazione del
crudo. Nell'apparato integrato secondo la presente
invenzione, il condotto dei gas (downcomer) che dalla
sommità del preriscaldatore scende fino a terra è quasi
5 integralmente sostituito dai due elementi integrati in
una unica struttura, eliminando così le relative
dissipazioni di energia termica attraverso le sue
pareti e di energia elettrica necessaria a vincere la
relativa perdita di carico.

10 Tutto questo si aggiunge agli importanti vantaggi di
natura strutturale e impiantistica, risultando infatti
possibile avvalersi anche per il sistema SCR e per il
sistema di recupero di calore WHR, dei servizi già
presenti perché necessari per la torre del
15 preriscaldatore, quali scale di accesso, ascensori,
palchi di lavoro, ecc..

Pertanto l'apparato integrato secondo la presente
invenzione permette di recuperare il calore residuo
contenuto nei fumi di combustione, aumentando
20 l'efficienza complessiva del ciclo produttivo e
permettendo anche una notevole diminuzione del consumo
di acqua per il raffreddamento dei fumi.

I vantaggi della soluzione rappresentata dall'apparato
integrato secondo la presente invenzione sono anche
25 legati a:

- minori costi di installazione per la compattezza
del sistema che realizza in una unica torre le
funzionalità di abbattimento degli ossidi di azoto e di
trattamento termico dei fumi;
- 30 - una elevata efficienza di recupero termico nel
caso della forma di realizzazione che prevede il
sistema WHR, per effetto della ottimale distribuzione

del flusso dei fumi proveniente dal sistema SCR;

- la possibilità di installazione in spazi ristretti, ad esempio, ma non esclusivamente, tipici di layout già esistenti.

5 Inoltre l'apparato secondo la presente invenzione permette anche di prevedere, ove necessario, un sistema di prelievo di fumi ad alta temperatura in uscita dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx (SCR) e a monte del sistema di trattamento termico, dove i fumi
10 così prelevati sono sottoposti a iniezione di bicarbonato di sodio (NaHCO_3) per l'abbattimento della SO_2 .

Il bicarbonato di sodio deve infatti essere iniettato in una corrente gassosa avente una temperatura di circa
15 $180\text{--}200^\circ\text{C}$, che si può ottenere tramite diluizione con aria ambiente della corrente ad alta temperatura prelevata.

Il bicarbonato di sodio, una volta trasformato in carbonato di sodio (Na_2CO_3), è trasportato all'ingresso
20 del filtro di processo dove può effettuare l'abbattimento della SO_2 con elevata efficienza.

L'apparato integrato secondo la presente invenzione è rappresentato nelle Figure 3-5.

Forme di realizzazione dell'apparato integrato secondo
25 la presente invenzione sono rappresentate schematicamente nelle allegate Figure 3 e 4.

Nel processo attuato nell'apparato secondo la presente invenzione i fumi di combustione 10, provenienti dal
forno rotante 3, fluiscono dal basso verso l'alto nel preriscaldatore 1. In modo analogo a quanto avviene in
30 un impianto di produzione del clinker secondo la

tecnica nota, i fumi di combustione 10 entrano nel preriscaldatore 1 dal basso e risalgono i cicloni del preriscaldatore a cicloni multistadio 1 sino all'uscita 7 superiore.

- 5 La farina cruda che entra in 4 è miscelata con i fumi di combustione 10 uscenti dal preriscaldatore 1, con preriscaldamento della farina cruda per contatto con i fumi di combustione 10, e formazione di una corrente gassosa contenente una farina cruda parzialmente
10 preriscaldata in sospensione che si muove verso il successivo stadio del PRS.

La farina cruda sottoposta a preriscaldamento in un preriscaldatore a sospensione parte da una temperatura di circa 40°C e raggiunge valori di temperatura
15 nell'intervallo 270-360°C dopo avere attraversato almeno i primi due stadi di preriscaldamento. Attraverso il passaggio nei successivi stadi di cicloni del preriscaldatore 1, si completa il preriscaldamento della farina cruda sino alla temperatura di ingresso al
20 forno rotante (circa 950°C). La farina cruda preriscaldata sino a una temperatura di circa 950°C è scaricata dal fondo del preriscaldatore 1 nel forno rotante 3 per la successiva reazione di clinkerizzazione.

- 25 I fumi di combustione uscenti in 7 dal preriscaldatore 1 sono quindi sottoposti a ulteriori trattamenti di depurazione degli inquinanti e/o trattamenti termici.

Nella forma di realizzazione preferita dell'apparato secondo la presente invenzione illustrata in Figura 3,
30 i fumi di combustione lasciano il preriscaldatore attraverso l'uscita 7 ed entrano nella torre 12 per essere sottoposti a ulteriori stadi di trattamento di

depurazione degli inquinanti e/o di trattamento termico. A tal fine l'apparato oggetto della presente invenzione prevede un sistema di abbattimento degli NO_x 8. Preferibilmente, si tratta di un sistema di

5 riduzione catalitica selettiva (SCR) dove si realizza un processo di riduzione catalitica selettiva per mezzo di agenti riducenti (ad esempio, ammoniaca). L'agente riducente può essere alimentato nella corrente gassosa a monte del dispositivo SCR 8. Alternativamente, come

10 agente riducente può essere utilizzata anche l'ammoniaca eventualmente presente nella stessa corrente di fumi di combustione sottoposta al trattamento SCR. Quest'ammoniaca deriva dal trattamento termico delle materie prime alimentate al

15 preriscaldatore ed è trasportata dai fumi di combustione sino al catalizzatore del sistema SCR. Se la quantità di ammoniaca derivante dalle materie prime non è sufficiente, è possibile alimentare nella corrente gassosa sottoposta a SCR una quantità

20 aggiuntiva di ammoniaca o altro agente riducente. Il calore residuo dei fumi di combustione uscenti dal sistema SCR 8 può essere recuperato utilizzando opportuni mezzi di recupero del calore. A tal fine, l'apparato secondo la presente invenzione può

25 comprendere, ad esempio, uno scambiatore di calore di tipo aria/aria, aria/olio diatermico, aria/acqua-vapore (vedi scambiatore di calore 9 in Figura 3) oppure una torre di condizionamento ad acqua (torre di condizionamento 13 in Figura 4).

30 Un altro trattamento cui è possibile sottoporre i fumi di combustione uscenti dal preriscaldatore 1 è un processo di abbattimento degli ossidi di zolfo

(desolforazione), in particolare di abbattimento della SO_2 . Preferibilmente, come detto in precedenza, questo processo prevede l'iniezione di composti a base di ossidi e/o idrossidi di calcio nei fumi di combustione, 5 mediante un opportuno sistema di iniezione. Il suddetto processo di desolforazione può essere realizzato indifferentemente prima o dopo il processo di abbattimento degli NO_x , ma nella soluzione secondo la presente invenzione mostrata in Figura 5 è realizzato 10 dopo l'abbattimento degli NO_x . Infatti i fumi in uscita dal sistema di abbattimento SCR 8 sono prelevati mediante un sistema di prelievo 14 e sono sottoposti a iniezione di bicarbonato di sodio (NaHCO_3) in 15 per l'abbattimento della SO_2 .

15 I fumi di combustione così trattati, inoltre, possono essere alimentati ad altre fasi del processo di produzione del clinker e, più in generale, ad altre fasi del processo di produzione del cemento (ad esempio, nella macinazione ed essiccamento delle 20 materie prime oppure come aria di combustione nel forno rotante e/o nel precalcinatore) per recuperarne il calore residuo prima dell'immissione in atmosfera.

La soluzione secondo la presente invenzione è applicabile anche in impianti di produzione di clinker 25 dotati di precalcinatore. In tal caso, i fumi di combustione del forno rotante sono alimentati al precalcinatore e da esso, insieme con i fumi di combustione del precalcinatore, al preriscaldatore a sospensione 1.

30 L'apparato secondo la presente invenzione e il processo in esso realizzato presentano, come evidenziato in

precedenza, diversi vantaggi rispetto agli apparati noti dallo stato della tecnica.

I principali vantaggi della soluzione rappresentata dall'apparato secondo la presente invenzione, sono

5 anche legati a:

- minori costi di installazione per la compattezza del sistema che realizza in una unica torre le funzionalità di abbattimento degli ossidi di azoto e di trattamento termico dei fumi;
- 10 - una elevata efficienza di recupero termico nel caso della forma di realizzazione che prevede il sistema WHR, per effetto della ottimale distribuzione del flusso dei fumi proveniente dal sistema SCR;
- la possibilità di installazione in spazi
- 15 ristretti, ad esempio, ma non esclusivamente, tipici di layout già esistenti.

20

Bird & Bird

RIVENDICAZIONI

- 1) Apparato integrato per la produzione di clinker a partire da farina cruda, comprendente
- un forno rotante (3);
 - 5 - un preriscaldatore (1) a cicloni multistadio collegato a valle di detto forno rotante (3) rispetto alla direzione di flusso dei fumi (10) di una combustione avente luogo in detto forno (3); eventualmente un precalcinatore (2);
 - 10 - un sistema catalitico di abbattimento degli NOx (8), collegato a valle di detto preriscaldatore (1) rispetto a detta direzione di flusso dei fumi di combustione (10);
 - un sistema di trattamento termico (9, 13) dei fumi
 - 15 uscenti dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx (8),
- detto apparato essendo caratterizzato dal fatto che il sistema catalitico di abbattimento degli NOx (8) e il sistema di trattamento termico (9, 13) dei fumi uscenti
- 20 dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx (8) sono integrati in una unica struttura a torre (12).
- 2) Apparato secondo la rivendicazione 1, in cui il sistema di trattamento termico (9, 13) è un sistema di recupero del calore (9) o un sistema di dissipazione
- 25 del calore (13), preferibilmente è un sistema di recupero del calore (9).
- 3) Apparato secondo la rivendicazione 1, in cui il sistema di trattamento termico (9, 13) è un sistema di recupero termico a fascio tubiero (WHR).
- 30 4) Apparato secondo la rivendicazione 2, in cui il sistema di dissipazione del calore (13) è costituito da una torre di condizionamento (TC).

5) Apparato secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui è presente un sistema di prelievo (14) di fumi ad alta temperatura in uscita dal sistema catalitico di abbattimento degli NOx (8) e a monte del sistema di trattamento termico (9,13) e un successivo sistema di iniezione di bicarbonato di sodio (NaHCO_3) (15) nei fumi così prelevati per l'abbattimento della SO_2 .

6) Apparato secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, in cui è presente anche un sistema non catalitico di abbattimento degli NOx (SNCR).

15

Bird & Bird

CLAIMS

- 1) Integrated apparatus for the production of clinker from raw meal, comprising:
- a rotary kiln (3);
 - 5 - a multistage cyclone preheater (1) connected downstream of said rotary kiln (3) with respect to the direction of flow of the fumes (10) of a combustion taking place in said kiln (3);
 - a catalytic system of NOx removal (8), connected
 - 10 downstream of said preheater (1) with respect to said direction of flow of the combustion fumes (10);
 - a heat treatment system (9, 13) of the fumes leaving the catalytic system of NOx removal (8),
 - said apparatus being characterized in that the
 - 15 catalytic system of NOx removal (8) and the heat treatment system (9, 13) of the fumes leaving the catalytic system of NOx removal (8) are integrated in a single tower structure (12).
- 2) An apparatus according to claim 1, wherein the
- 20 heat treatment system (9, 13) is a system of heat recovery (9) or a system of heat dissipation (13), preferably it is a system of heat recovery (9).

3) An apparatus according to claim 1, wherein the heat treatment system (9, 13) is a tube bundle heat recovery

- 25 (WHR) system.

4) An apparatus according to claim 2, wherein the heat dissipation system (13) consists of a conditioning tower (TC).

5) An apparatus according to any of the preceding

- 30 claims, wherein it is present, upstream of the heat treatment system (9,13), a system (14) of extraction of the high temperature combustion fumes coming out of the

- 2 -

catalytic system of NO_x removal (8), and a subsequent injection system of sodium bicarbonate (NaHCO₃) (15) in the so extracted fumes for the removal of SO₂.

6) An apparatus according to any of the preceding
5 claims, wherein it is further present a non-catalytic system of NO_x (SNCR) removal.

10 Bird & Bird

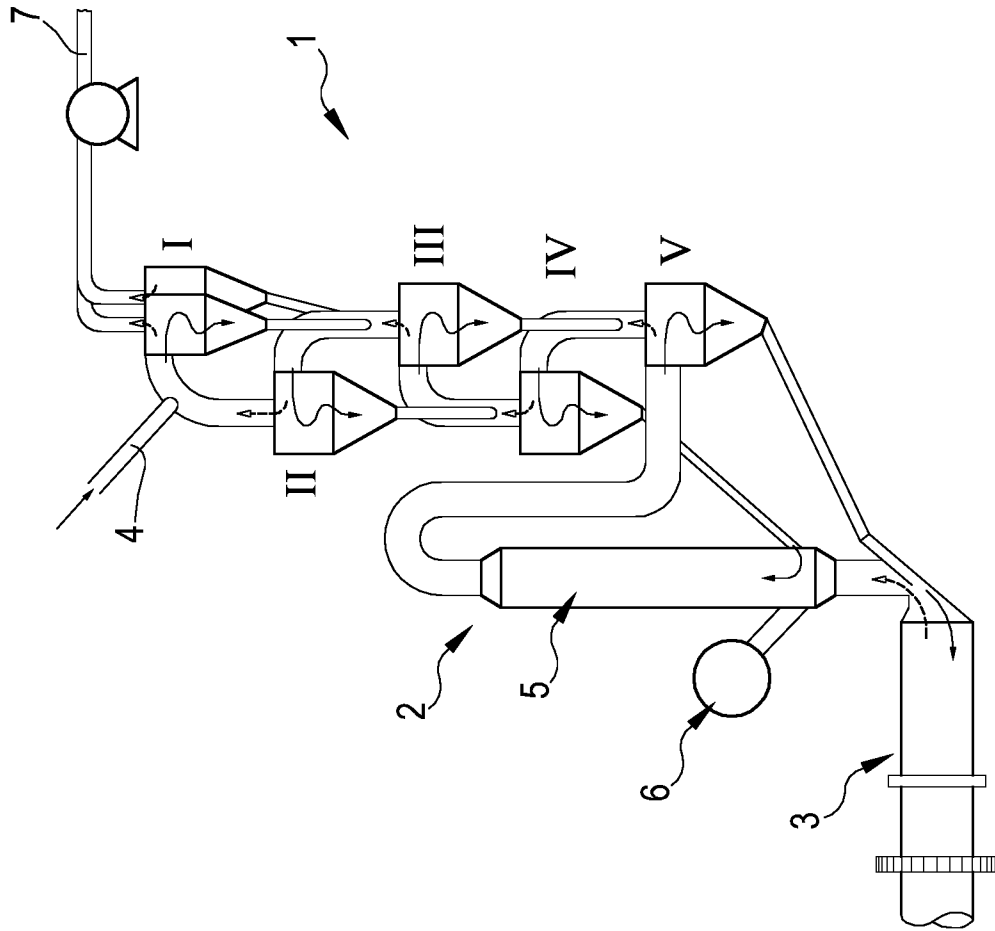


FIG.1B

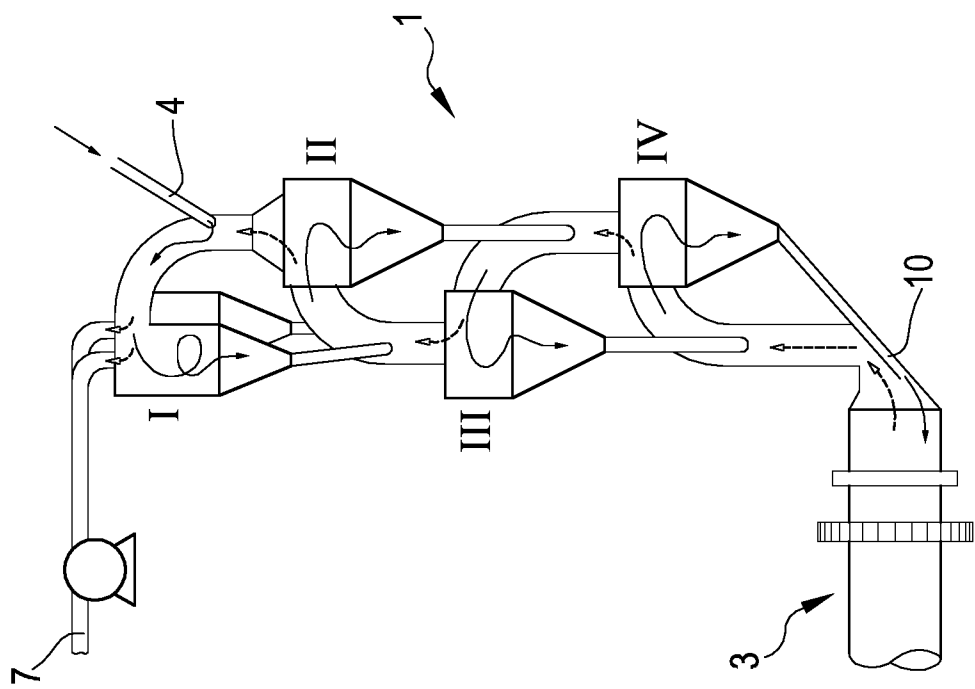


FIG.1A

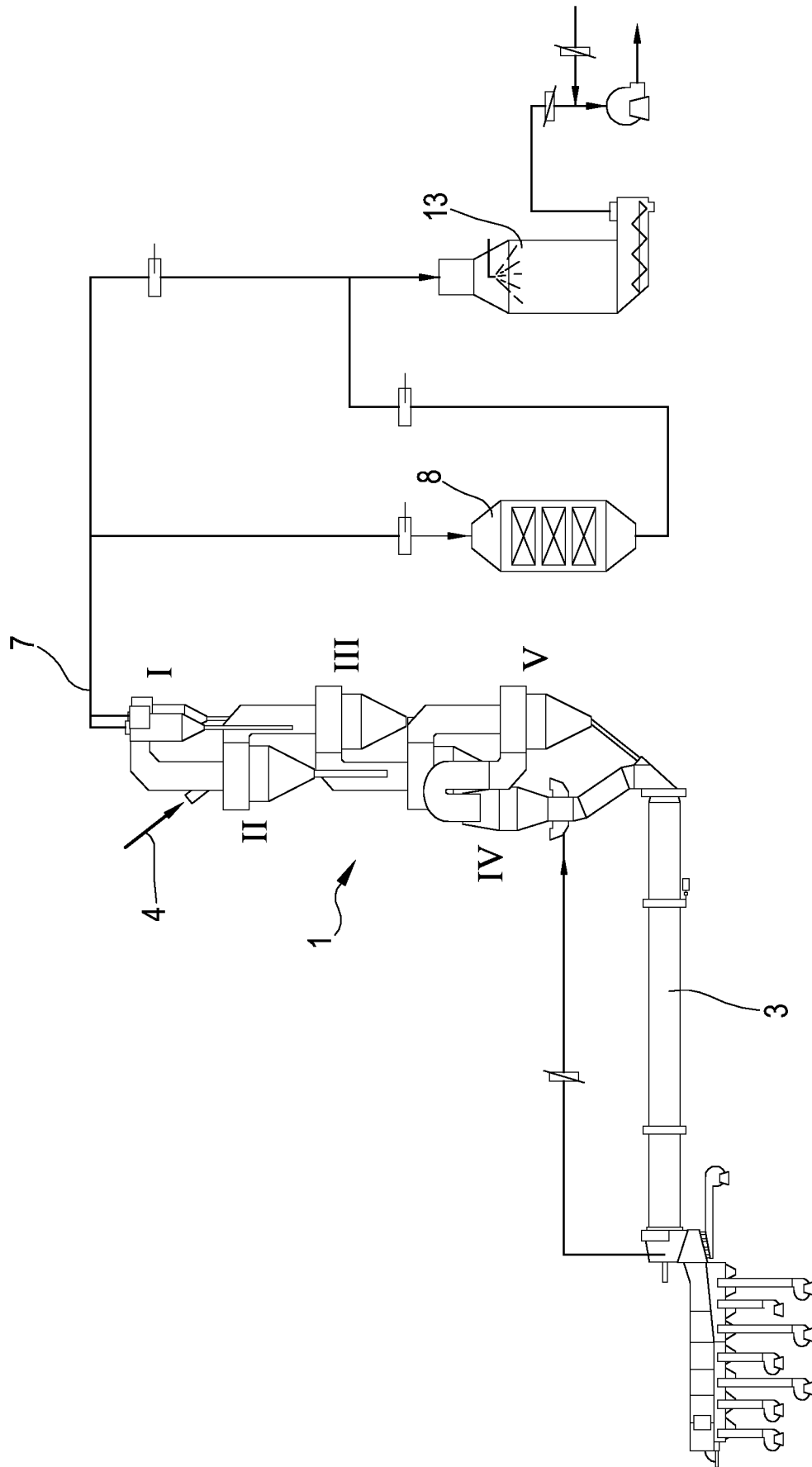


FIG.2

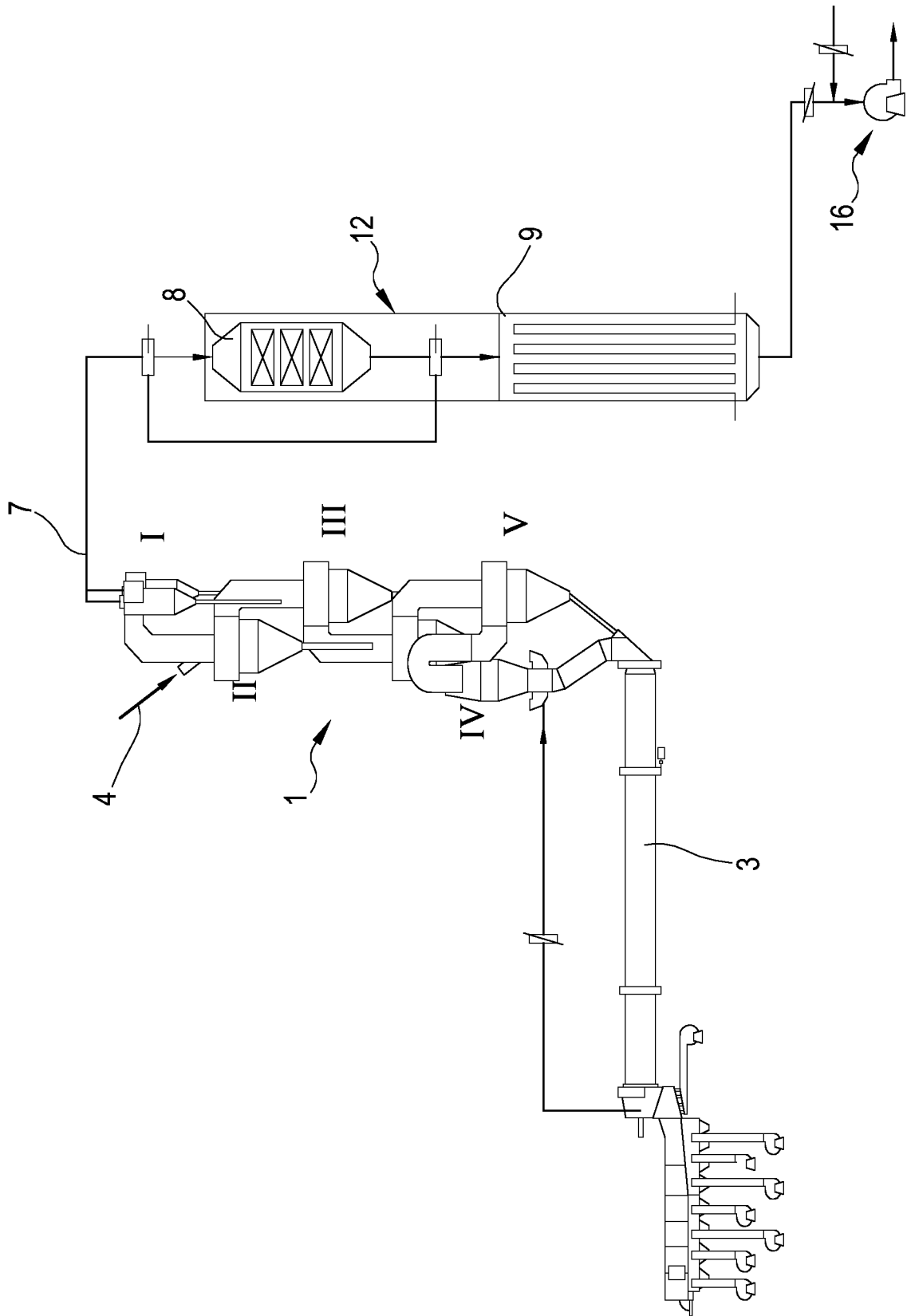


FIG.3

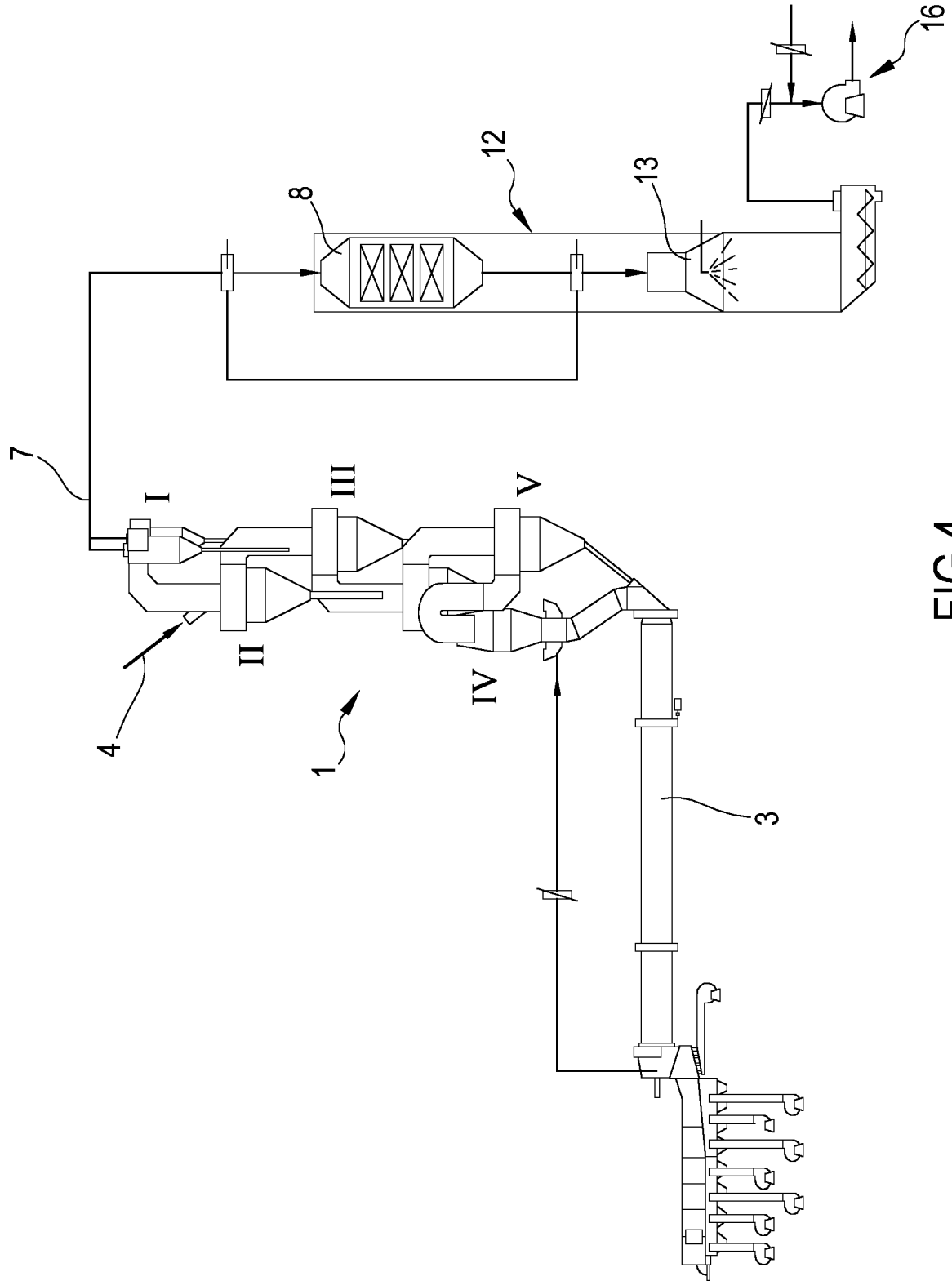


FIG.4

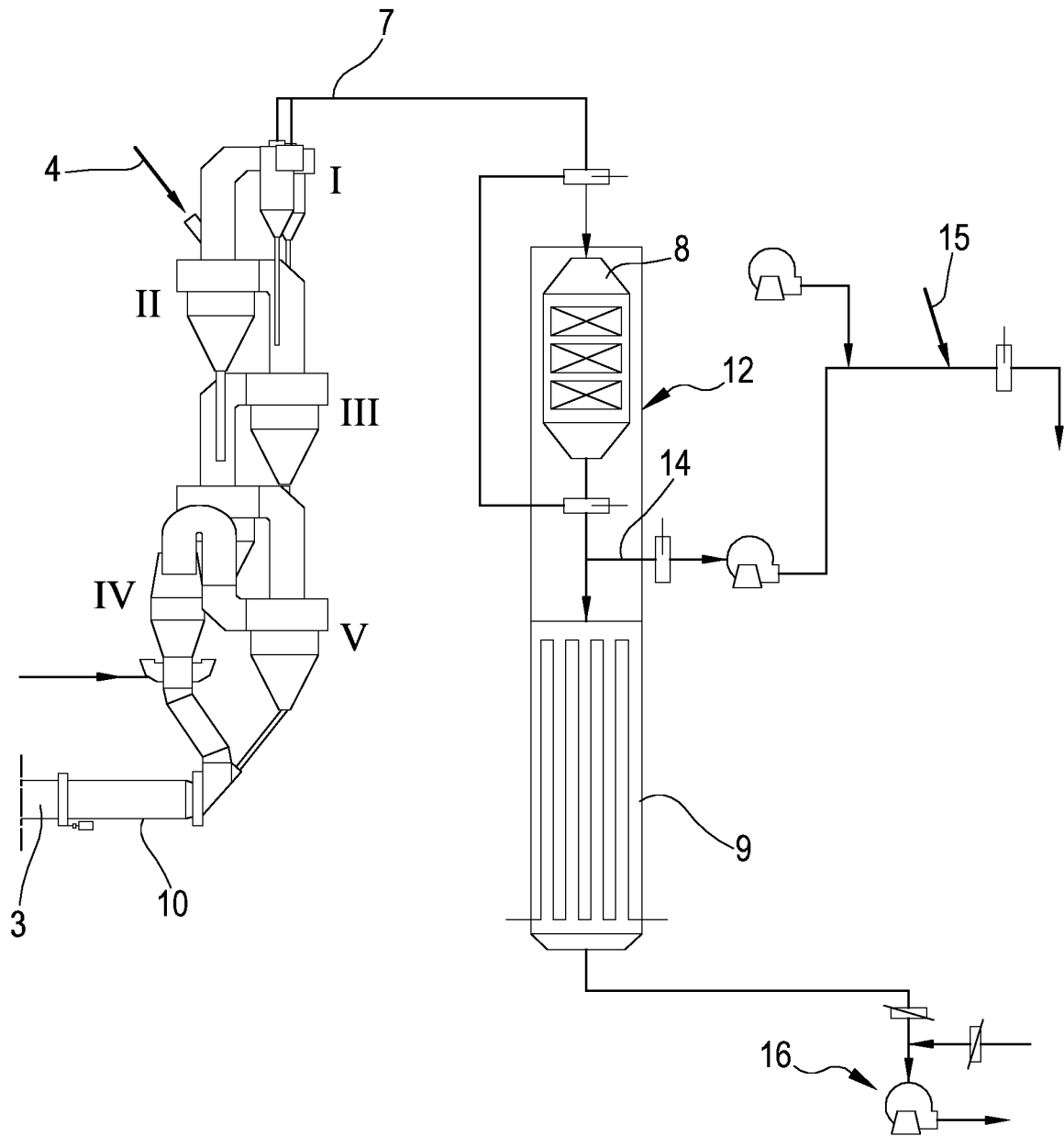


FIG.5