

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902098471A1

Publication Date

20140506

Applicant

ITALCEMENTI S.P.A.

Title

PROCEDIMENTO INTEGRATO PER LA GENERAZIONE DI ENERGIA
ELETTRICA E RELATIVO APPARATO

"Procedimento integrato per la generazione di energia elettrica e relativo apparato"

La presente invenzione riguarda un procedimento
5 integrato per la generazione di energia elettrica e
relativo apparato.

Più precisamente la presente invenzione si riferisce a
un procedimento originale e innovativo per migliorare
il recupero di energia elettrica, applicato a un
10 processo per la produzione di clinker.

Il processo di produzione del clinker e quindi del
cemento prevede industrialmente una serie di fasi
collegate e successive. La fase di cottura delle
materie prime è la fase che maggiormente caratterizza
15 l'intero processo di produzione.

La fase di cottura è preceduta dalle fasi di estrazione
delle materie prime da cava, miscelazione delle materie
prime in opportune proporzioni per ottenere la miscela
cruda da clinker per cemento ed è seguita dalla fase di
20 macinazione del clinker con correttivi di composizione
quali gesso, calcare, loppa e pozzolana.

Il ciclo tecnologico nel suo complesso e la fase di
cottura in modo particolare sono stati nel tempo
soggetti a due principali trasformazioni: la prima
25 riguarda il processo in sé. Si è passati infatti da una
tecnologia denominata "per via umida", nella quale la
miscela cruda era alimentata al forno sotto forma di
melma acquosa, a una tecnologia "per via semisecca", in
cui la miscela cruda era alimentata al forno in forma
30 di granuli ottenuti aggiungendo limitate quantità di
acqua alla miscela cruda macinata a secco, per arrivare
poi all'attuale tecnologia denominata "per via secca",

nella quale la miscela cruda è alimentata al forno sotto forma di polvere.

La presente invenzione è riferita proprio al processo a secco per la produzione di clinker.

5 Come precedentemente indicato, nell'ambito del processo a secco, le materie prime (calcare e argilla), finemente macinate e omogeneizzate in un impianto di macinazione, sono introdotte dall'alto in una torre a
10 cicloni in cui la farina cruda è riscaldata fino a una temperatura di circa 1000°C, sfruttando il contenuto di energia termica dei gas provenienti dal forno.

La torre a cicloni è normalmente costituita da 4 o 5 cicloni, dove il solido e le fasi gassose entrano in contatto intimo dando luogo a uno scambio termico molto
15 efficiente. Come indicato in precedenza, la fase di cottura delle materie prime è la fase che maggiormente caratterizza l'intero processo di produzione e la più recente evoluzione di questa fase di cottura riguarda l'introduzione del calcinatore. Nel calcinatore, che è
20 costituito da una camera verticale installata fra il forno e la torre a cicloni, si ha l'immissione della maggior parte dell'energia necessaria al processo, energia necessaria per il riscaldamento e la decarbonatazione del calcare contenuto nella miscela
25 cruda. Si tratta di un vero e proprio reattore nel quale la reazione di decarbonatazione procede in modo quasi completo e dove l'energia termica è sostanzialmente fornita da un bruciatore.

A seconda del numero di cicloni che costituiscono la
30 torre a cicloni, la temperatura dei gas in uscita varia da 300°C a 350°C. Tale residuo contenuto di energia termica dei gas provenienti dal forno e che hanno

attraversato la torre a cicloni, è impiegato nell'impianto di macinazione della materia prima per essiccarne i componenti, eliminando l'umidità naturalmente associata alle materie prime da macinare.

5 Prima di entrare nell'impianto di macinazione della materia prima, i gas sono normalmente raffreddati in una torre di condizionamento per raggiungere la temperatura ottimale (150-250°C).

Normalmente i gas in uscita dalla torre a cicloni
10 presentano un contenuto di ossigeno uguale al 3% circa e un contenuto di CO₂ uguale al 20/30% circa (CO₂ che proviene dall'ossidazione del combustibile e dalla decomposizione del calcare).

Anche quando la torre a cicloni è dotata di un ultimo
15 ciclone avente lo scopo di depolverare, il contenuto di polvere nei gas raggiunge circa 60 g/Nm³.

La farina cruda, lasciando il calcinatore, entra nel forno rotante, dove si formano i costituenti fondamentali del clinker, cioè silicati e alluminati di
20 calcio. Infatti, grazie al combustibile introdotto alla testa forno, il materiale grezzo raggiunge la temperatura di 1400/1500°C sufficiente per la produzione di clinker. La leggera inclinazione del forno combinata con la sua lenta rotazione permette di
25 spostare la massa del materiale dall'ingresso all'uscita del forno.

Il clinker prodotto, in uscita dal forno, cade su una griglia forata mobile che trasporta il materiale, mentre lo raffredda con un flusso di aria fresca a
30 temperatura ambiente. Una parte dell'aria di raffreddamento, preriscaldata dal clinker caldo, è impiegata poi quale aria comburente del combustibile

introdotta nel forno (aria secondaria) e nel calcinatore (aria terziaria).

Il clinker alla temperatura di 80/100°C è inviato allo stoccaggio per poi essere macinato e miscelato con gli
5 additivi necessari per ottenere un cemento della qualità desiderata.

Una quantità consistente di aria proveniente dal raffreddamento del clinker, a una temperatura di circa 300°C, non può essere riutilizzata come aria comburente
10 nel processo ed è quindi disponibile per il recupero del calore residuo o può essere rilasciata nell'atmosfera, previa depolverazione mediante opportuni filtri.

Il contenuto di umidità delle materie prime gioca un
15 ruolo determinante nella gestione dei flussi di calore e quindi nella possibilità di prevedere e realizzare un recupero di calore dai fumi esausti allo scopo di produrre energia.

Nel caso infatti di materie prime che presentano
20 un'umidità elevata, il calore dei gas provenienti dalla torre a cicloni e dalla fase di raffreddamento del clinker è utilizzato, rispettivamente, nell'impianto di macinazione della farina cruda e nell'impianto finale di macinazione del cemento, proprio per mantenere sotto
25 controllo il contenuto di umidità della farina cruda e del cemento.

Conseguentemente, la quantità di calore recuperata dal processo di produzione del clinker aumenta o diminuisce in funzione dell'umidità delle materie prime alimentate
30 all'impianto di macinazione.

Inoltre occorre ricordare che le condizioni dei gas di processo possono variare al variare della quantità di

clinker prodotto nel forno e al variare della composizione e delle caratteristiche delle materie prime.

5 Considerando inoltre la grande quantità di polveri nei gas, uno degli aspetti più critici nel recupero del calore residuo è la capacità di separare e rimuovere la polvere dai gas.

10 La separazione delle polveri avviene per gravità nel corpo dello scambiatore di calore per cui grande attenzione deve essere posta anche alla progettazione dei dispositivi di scambio termico, al fine di evitare l'accumulo di polveri e non penalizzare il trasferimento di calore.

15 Conseguentemente ogni spazio, dove la polvere potrebbe accumularsi, deve essere dotato di tramogge e di dispositivi di evacuazione, quali doppie valvole o valvole rotanti, adatti a scaricare il solido, mantenendo allo stesso tempo il sistema sigillato. Ciò è fondamentale perché l'intero sistema, che costituisce
20 la linea di combustione, è mantenuto sotto pressione negativa. Per lo stesso motivo tutti gli involucri dei vari elementi e le condutture devono essere realizzati a tenuta d'aria.

25 La progettazione del sistema di recupero del calore residuo deve essere quindi effettuata sulla base della composizione, portata e temperatura del flusso di gas disponibile e conoscendo la quantità di calore necessaria nei diversi impianti di macinazione.

30 Il recupero del calore residuo dai gas di processo e la generazione di energia è una pratica comune nell'industria del cemento.

Lo scopo di tale pratica è sostanzialmente il seguente:

ridurre il consumo di energia attraverso la conversione del calore in eccesso, che dovrebbe essere alternativamente rilasciato nell'atmosfera, in energia elettrica.

5 Il modo più comune per realizzare tale obiettivo è installare all'uscita del forno e del raffreddatore uno scambiatore di calore a fascio tubiero e mantello, adatto a generare vapore d'acqua leggermente surriscaldato da espandere poi in una turbina a
10 condensazione accoppiata a un generatore elettrico.

Come ben noto, il vapore d'acqua durante l'espansione tende a condensare parzialmente e le gocce che si formano, attraversando la turbina, possono danneggiarne le pale. Per questo motivo il vapore è surriscaldato
15 quanto più possibile e l'espansione del vapore è regolata in modo tale da non incrementare eccessivamente la proporzione del condensato nel vapore.

Quando la temperatura dei gas residui derivanti dal
20 processo di produzione del clinker è molto bassa, per il recupero del calore residuo è conveniente utilizzare un ciclo Rankine organico (ORC) alimentato da un circuito chiuso a fluido diatermico monofase. La tecnologia ORC si basa su una turbina a condensazione
25 in cui il fluido motore è un composto organico che ha la caratteristica di vaporizzare a una temperatura relativamente bassa e di espandersi nella turbina senza necessità di surriscaldamento.

La turbina funziona pertanto regolarmente, senza alcuna
30 sollecitazione derivante da condizioni di temperatura, pressione e umidità del vapore.

I limiti delle tecnologie attualmente disponibili sono

- il basso rendimento e i costi di installazione elevati. Il basso rendimento dipende principalmente dal livello di temperatura cui il calore proveniente dalla linea di combustione è disponibile. In generale la bassa
- 5 temperatura dei fumi penalizza il rendimento termodinamico. Inoltre la scarsa efficienza del ciclo rende necessario dissipare un'ingente quantità di calore a temperatura ambiente con il ricorso a equipaggiamenti ingombranti e costosi.
- 10 Allo scopo di risolvere tale problema, si stanno sviluppando nuove apparecchiature, ma il limite termodinamico è ancora evidente.
- I procedimenti dello stato dell'arte presentano quindi i suddetti inconvenienti.
- 15 Il Richiedente ha quindi sorprendentemente individuato un procedimento integrato per il recupero di calore residuo da un impianto per la produzione di clinker e generazione di energia elettrica, che permette di superare gli inconvenienti dei processi secondo lo
- 20 stato dell'arte e può anche essere applicato direttamente sul sito di produzione del clinker e integrato in impianti di produzione del clinker già esistenti.
- Scopo della presente invenzione è giungere a un
- 25 procedimento integrato per la generazione di energia elettrica mediante integrazione del calore residuo recuperato da un impianto per la produzione di clinker e del calore generato da un impianto a concentrazione solare (CSP).
- 30 In particolare, l'integrazione della tecnologia a concentrazione solare (nota in inglese come CSP, *Concentrating Solar Power*) con il tradizionale processo

di recupero del calore residuo, ha sorprendentemente consentito di realizzare condizioni ottimali per il funzionamento di un impianto di generazione di energia elettrica ad alto rendimento, atto quindi a generare
5 energia elettrica mediante la combinazione di calore residuo recuperato dal processo di produzione del clinker e di calore generato dall'irraggiamento solare. Un impianto CSP consiste principalmente di diversi moduli solari a concentrazione progettati per
10 recuperare il calore della radiazione solare, riscaldando un fluido diatermico che scorre all'interno di un ricevitore.

Il trasferimento di calore avviene per irraggiamento tra il sole e la superficie del ricevitore.
15 L'irradiazione del ricevitore è migliorata mediante l'adozione di specchi e lenti destinati a concentrare i raggi solari su una piccola superficie del ricevitore. Il fattore di concentrazione è uguale al rapporto tra la superficie irradiata degli specchi e la superficie
20 su cui è concentrata l'irradiazione.

Un fluido diatermico primario, circolando all'interno del ricevitore, si riscalda e asporta il calore generato dalla concentrazione dei raggi solari. Il fluido diatermico primario trasferisce il calore a un
25 fluido secondario, che è normalmente il fluido motore di un ciclo Rankine a vapor d'acqua. In alcuni casi può essere prevista l'interposizione di un terzo fluido diatermico, mentre vi sono anche alcune tecnologie che permettono il riscaldamento diretto e vaporizzazione
30 nel ricevitore.

Il fluido diatermico primario normalmente utilizzato è scelto, a seconda della temperatura massima di lavoro,

fra olio sintetico, sali fusi di metalli alcalini o aria. Grazie inoltre ai recenti sviluppi dei dispositivi di concentrazione (specchi e lenti) è possibile raggiungere temperature superiori ai 600°C.

5 Gli impianti CSP sono normalmente dotati di un accumulatore di calore in cui è possibile accumulare per diverse ore il calore solare generato. Tale aspetto è particolarmente interessante laddove sia presente la necessità di massimizzare la produzione di energia
10 elettrica in determinate ore del giorno o quando è importante mantenere costante la produzione di energia. Quando l'accumulatore di calore è sufficientemente grande, è possibile mantenere in servizio continuo il turbogeneratore e così generare l'energia elettrica
15 giorno e notte.

Questo permette anche di realizzare un procedimento e un impianto ancora più interessanti da un punto di vista ecologico ed economico.

In particolare, il procedimento integrato per la
20 generazione di energia elettrica mediante integrazione del recupero di calore residuo da un impianto per la produzione di clinker e del recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP), prevede le seguenti fasi:

- 25 a) recupero del calore residuo dei gas di processo tramite passaggio dei gas di processo in uno scambiatore di calore che alimenta un ciclo di Rankine dove il fluido di trasporto è olio diatermico;
- b) una porzione del fluido di trasporto impiegato
30 nella fase a) è deviata e posta a contatto con un fluido diatermico proveniente dall'impianto che opera secondo la tecnologia CSP;

c) tale porzione di fluido di trasporto proveniente dalla fase b), a temperatura incrementata, è rinviata al sistema di recupero del calore residuo dei gas di processo.

5 Il procedimento integrato per la generazione di energia elettrica mediante combinazione del recupero di calore residuo da un impianto per la produzione di clinker e del recupero di calore da un impianto a concentrazione solare (CSP), realizza così il recupero del calore
10 totale residuo via un ciclo Rankine a fluido organico(ORC).

In maggiore dettaglio uno scambiatore di calore a fascio tubiero è installato in modo da intercettare il flusso dei gas dal forno e rimuovere il calore residuo
15 dei gas di processo mediante riscaldamento di olio diatermico. L'olio riscaldato trasporta il calore recuperato dai gas di processo a un impianto di produzione di energia elettrica basato su un ciclo Rankine a fluido organico(ORC).

20 L'integrazione dell'impianto solare CSP nel circuito del fluido di trasporto è realizzata mediante la fase b) del procedimento precedentemente descritta, cioè con la deviazione di una determinata quantità di olio dal circuito principale.

25 Nel circuito principale, che porta l'olio caldo al sistema ORC, si prevede una ramificazione con una tubatura che indirizza parte del flusso di olio diatermico al campo solare. Il flusso di olio diatermico deviato, varia dal 30 al 50% in volume
30 rispetto al flusso principale di olio diatermico ed è regolato in funzione della quantità di calore generato dai moduli solari.

Una pompa a velocità variabile permette di regolare il flusso in modo da non superare la temperatura massima ammissibile dell'olio che nel caso qui esemplificato è uguale a 300°C.

5 Il trasferimento di calore dal CSP all'olio è realizzato mediante uno scambiatore di calore a fascio tubiero supplementare, in cui l'olio circola nel lato tubi e il fluido diatermico nel lato mantello. Il fluido diatermico che ha ceduto calore all'olio, esce
10 dallo scambiatore di calore e ritorna nuovamente ai moduli solari. L'olio, riscaldatosi a spese del calore solare, rientra nel circuito principale a una temperatura superiore.

Il calore generato dai moduli solari si aggiunge così
15 al calore recuperato dai gas di processo provenienti dalla linea di produzione del clinker, contribuendo ad aumentare la produzione di energia elettrica e l'efficienza complessiva della trasformazione del calore in energia elettrica.

20 La particolarità della tecnologia CSP di generare calore ad alta temperatura è utilizzata per migliorare il rendimento del processo di trasformazione del calore in energia elettrica.

In generale l'efficienza della generazione di energia è
25 influenzata dal livello di temperatura alla quale il calore residuo del processo industriale è reso disponibile. In linea di principio più bassa è la temperatura della sorgente di calore residuo, più bassa è l'efficienza della trasformazione. Con la
30 disponibilità di una fonte di calore a circa 600°C, quale quella dei più avanzati impianti CSP, il rendimento termodinamico può essere notevolmente

migliorato, rispetto a una generazione che sfrutti esclusivamente il calore residuo di un impianto di produzione di clinker, giungendo fino a valori prossimi al 18/20%.

5 La presente invenzione si riferisce anche a un apparato per l'attuazione del procedimento integrato secondo la presente invenzione.

In particolare il procedimento integrato e l'apparato secondo la presente invenzione consentono di
10 ottimizzare tale recupero di calore di processo residuo e di calore proveniente dall'impianto solare, portando a un maggiore incremento dell'efficacia complessiva del sistema integrato, rispetto alla semplice sommatoria dei due recuperi.

15 E' ulteriore oggetto della presente invenzione un apparato per la generazione di energia elettrica mediante integrazione di un sistema per il recupero di calore residuo dei gas di processo di un impianto per la produzione di clinker e di un sistema per il
20 recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP), caratterizzato dal fatto che detto apparato prevede un ciclo Rankine per il recupero del calore residuo dei gas di processo dove il fluido di trasporto del ciclo Rankine è inviato al sistema per il
25 recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP).

Il procedimento integrato e l'apparato secondo la presente invenzione sono rappresentati nella Figura 1.
La figura 1 è una rappresentazione schematica del
30 processo e apparato in accordo con la presente invenzione.

Con riferimento alla Figura 1, nel circuito principale

1, che porta l'olio caldo dallo scambiatore di calore 2 al sistema ORC 3, si prevede una tubatura 4 che indirizza parte del flusso di olio caldo allo scambiatore di calore a fascio tubiero e mantello 5 del sistema CSP. Una pompa a velocità variabile (non mostrata in figura 1) permette di regolare il flusso in modo da non superare la temperatura massima ammissibile dell'olio.

Il trasferimento di calore dai gas di processo provenienti dall'impianto per la produzione di clinker all'olio è realizzato, come detto, mediante lo scambiatore di calore a fascio tubiero 2, in cui l'olio circola nel lato tubi e i gas di processo nel lato mantello. Più precisamente i gas caldi sono alimentati in 6, cedono calore all'olio ed escono tramite la linea 7 dallo scambiatore di calore 2. L'olio freddo, entrato nello scambiatore a una temperatura di 120/140°C circa in 8, riscaldatosi a spese del calore dei gas di processo, è inviato a una temperatura di circa 220/240°C nel circuito principale dell'olio 1.

Anche il trasferimento di calore dal sistema CSP all'olio è realizzato mediante uno scambiatore di calore a fascio tubiero supplementare 5, in cui l'olio circola nel lato tubi e il fluido diatermico nel lato mantello. Il fluido diatermico, in entrata tramite la linea 9, cede calore all'olio, esce tramite la linea 10 dallo scambiatore di calore 5 e ritorna nuovamente ai moduli solari. L'olio, riscaldatosi a spese del calore solare, rientra mediante la linea 11 nel circuito principale dell'olio 1 a una temperatura superiore.

Allo scopo di meglio illustrare l'invenzione è ora fornito il seguente esempio da ritenersi a scopo

illustrativo e non limitativo della stessa.

Esempio 1

Integrazione CSP/ORC - Esempio numerico realizzato nello stabilimento di Ait Baha

- 5 Nell'impianto per la produzione di clinker situato ad Ait Baha, la linea di produzione clinker è dotata di un sistema di recupero del calore residuo della torre a cicloni e di un sistema di generazione di energia elettrica.
- 10 Precisamente è stato impiegato olio diatermico per trasferire il calore residuo dei gas di processo all'impianto di generazione, utilizzando la tecnologia OCR per la produzione di energia.
- L'olio diatermico è stato fatto circolare a una portata
- 15 in volume di 180 m³/h (corrispondente a una portata in massa di 46 kg/sec) e la sua temperatura massima all'uscita dello scambiatore di processo è uguale a circa 220°C.
- Quindi l'olio in entrata al sistema OCR è a una
- 20 temperatura di circa 220°C, mentre in uscita dal sistema OCR è a una temperatura di circa 120°C.
- Quando la linea di produzione del clinker lavora alla sua capacità nominale pari a 5000 ton/giorno, la potenza termica recuperabile è equivalente a circa
- 25 12000 kW. A tale regime, il massimo risultato netto del sistema di generazione è pari 1200 kW elettrici con un'efficienza netta complessiva del 10%.
- Al fine di integrare l'impianto CSP nel circuito principale e poter così arrivare a sfruttare la
- 30 capacità marginale dell'ORC, un flusso di 60 m³/h di olio a 220°C è stato deviato dal circuito principale e inviato a uno scambiatore di calore atto a trasferire

il calore generato dall'impianto solare all'olio. Per evitare il surriscaldamento dell'olio e rendere agevole il funzionamento del sistema, l'impianto solare è dotato di un accumulatore di calore adatto ad
5 accumulare calore durante il giorno e rilasciarlo durante la notte.

Nella stagione estiva (da aprile a ottobre) la produzione dalla centrale solare durante il periodo di massimo irraggiamento, ossia mediamente dalle 8.00 alle
10 18.00 (10 ore), equivale a una potenza termica media di 3000 kW.

Considerando che una parte del calore generato è accumulata nell'accumulatore di calore e regolando il processo per mantenere costante la quantità di calore
15 trasferito all'olio durante le 24 ore, si ottiene una potenza termica media scambiata in continuo pari a 1250kW, ottenuta come la quantità totale generata moltiplicando la potenza media dell'irraggiamento pari a 3000 kW per le 10 ore medie di irraggiamento:

20 $3000 \times 10 = 30.000 \text{ kWh}$ di energia recuperata.

Ripartendo tale energia nell'arco delle 24 ore, cosa possibile perché disponibile un accumulatore di calore di dimensione adeguata, la potenza media trasferita all'olio equivale al totale dell'energia immagazzinata
25 $30.000 \text{ kWh}/24 \text{ ore} = 1250 \text{ kW}$.

Quindi considerando il flusso di $60 \text{ m}^3/\text{h}$ equivalente a $15 \text{ kg}/\text{sec}$ di olio a 220°C , la potenza termica media di 1250 kW e il calore specifico medio dell'olio pari a $2,6 \text{ kJ}/\text{kg } ^\circ\text{C}$, si ottiene un aumento della temperatura
30 dell'olio di 32°C ($1250/(15 \times 2,6)$).

L'olio di ritorno al circuito principale a 252°C ($220+32$) è stato quindi miscelato con l'olio a 220°C e

il risultato finale è un incremento complessivo della temperatura dell'olio prima dell'entrata nel sistema ORC.

5 Considerando che circa 1/3 della portata dell'olio è derivata, l'effetto complessivo dell'operazione è di aumentare la temperatura media dell'olio di 10°C: in conclusione l'olio è stato portato a una temperatura di circa 230°C (220+10).

10 L'effetto combinato del calore aggiuntivo recuperato dal CSP e l'aumento di temperatura in ingresso del sistema di generazione permettono di aumentare la produzione di energia e l'efficienza complessiva del ciclo termodinamico.

15 Secondo le valutazioni condotte, il calore totale trasferito al sistema di generazione di energia è uguale a circa 13.156 kW e l'efficienza complessiva passa dal 10 al 12%, generando così una quantità netta di 1580 kW di potenza elettrica (circa il 30% in più).

20 Le figure 2 e 3 riportano uno schema del processo con i numeri sopra evidenziati relativi al recupero di calore residuo dei gas di processo, rispettivamente senza e con integrazione del recupero di calore proveniente dall'impianto CSP.

25 Bird & Bird

RIVENDICAZIONI

- 1) Procedimento integrato per la generazione di energia elettrica mediante integrazione del recupero di calore residuo da un impianto per la produzione di clinker e del recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP), prevede le seguenti fasi:
- 5 a) recupero del calore residuo dei gas di processo tramite passaggio dei gas di processo in uno scambiatore di calore che alimenta un ciclo di Rankine dove il fluido di trasporto è olio diatermico;
- 10 b) una porzione del fluido di trasporto impiegato nella fase a) è deviata e posta a contatto con un fluido diatermico proveniente dall'impianto che opera secondo la tecnologia CSP;
- 15 c) tale porzione di fluido di trasporto proveniente dalla fase b), a temperatura incrementata, è rinviata al sistema di recupero del calore residuo dei gas di processo.
2. Procedimento integrato secondo la rivendicazione 20 1, caratterizzato dal fatto che nella fase b) la porzione del fluido di trasporto impiegato nella fase a), che è deviata e posta a contatto con il fluido diatermico proveniente dall'impianto che opera secondo la tecnologia CSP, varia dal 30 al 50% in volume
- 25 rispetto al flusso principale del fluido di trasporto.
3. Procedimento integrato secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, caratterizzato dal fatto che il flusso del fluido di trasporto è regolato in modo tale da non superare la temperatura massima ammissibile
- 30 dell'olio.
4. Apparato per la generazione di energia elettrica mediante integrazione di un sistema per il recupero di

calore residuo dei gas di processo di un impianto per la produzione di clinker e di un sistema per il recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP), caratterizzato dal fatto che detto
5 apparato prevede un ciclo Rankine per il recupero del calore residuo dei gas di processo dove il fluido di trasporto del ciclo Rankine è inviato al sistema per il recupero di calore da un impianto per la concentrazione solare (CSP).

10 5. Apparato secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che il ciclo Rankine per il recupero del calore residuo dei gas di processo è un ciclo ORC.

15

Bird & Bird

CLAIMS

1. An integrated process for the production of electrical power by integration of the recovery of waste heat from a plant for the production of clinker and the recovery of heat from a plant for solar power concentration (CSP), comprising the following steps:
- 5 a) recovery of the waste heat of process gases through passage of process gas in a heat exchanger which feeds a Rankine cycle where the transport fluid is diathermic oil;
- 10 b) a portion of the transport fluid used in step a) is deflected and placed in contact with a diathermic fluid coming from the plant operating according to the CSP technology;
- 15 c) said portion of the transport fluid, coming from step b) and having an increased temperature, is sent back to the recovery system of the process gas waste heat.
2. The integrated process according to claim 1, characterized in that in step b) the portion of the transport fluid used in step a), which is deflected and placed in contact with a diathermic fluid coming from the plant operating according to the CSP technology, ranges of from 30 to 50% by volume with respect to the
- 25 main flow of transport fluid.
3. The integrated process according to any one of the preceding claims, characterized in that the flow of transport fluid is adjusted in such a way as not to exceed the maximum allowable temperature of the oil.
- 30 4. Apparatus for the production of electrical power by integration of a system for the recovery of waste heat of process gases of a plant for the production of

clinker and a system for the recovery of heat from a
plant for solar power concentration (CSP),
characterized in that said apparatus includes a Rankine
cycle for the recovery of the waste heat of the process
5 gases where the transport fluid of the Rankine cycle is
sent to the system for the recovery of heat from a
plant for the solar power concentration (CSP).

5. Apparatus according to claim 4, characterized in
that the Rankine cycle for the recovery of the waste
10 heat of the process gas is an ORC cycle.

Bird & Bird

15

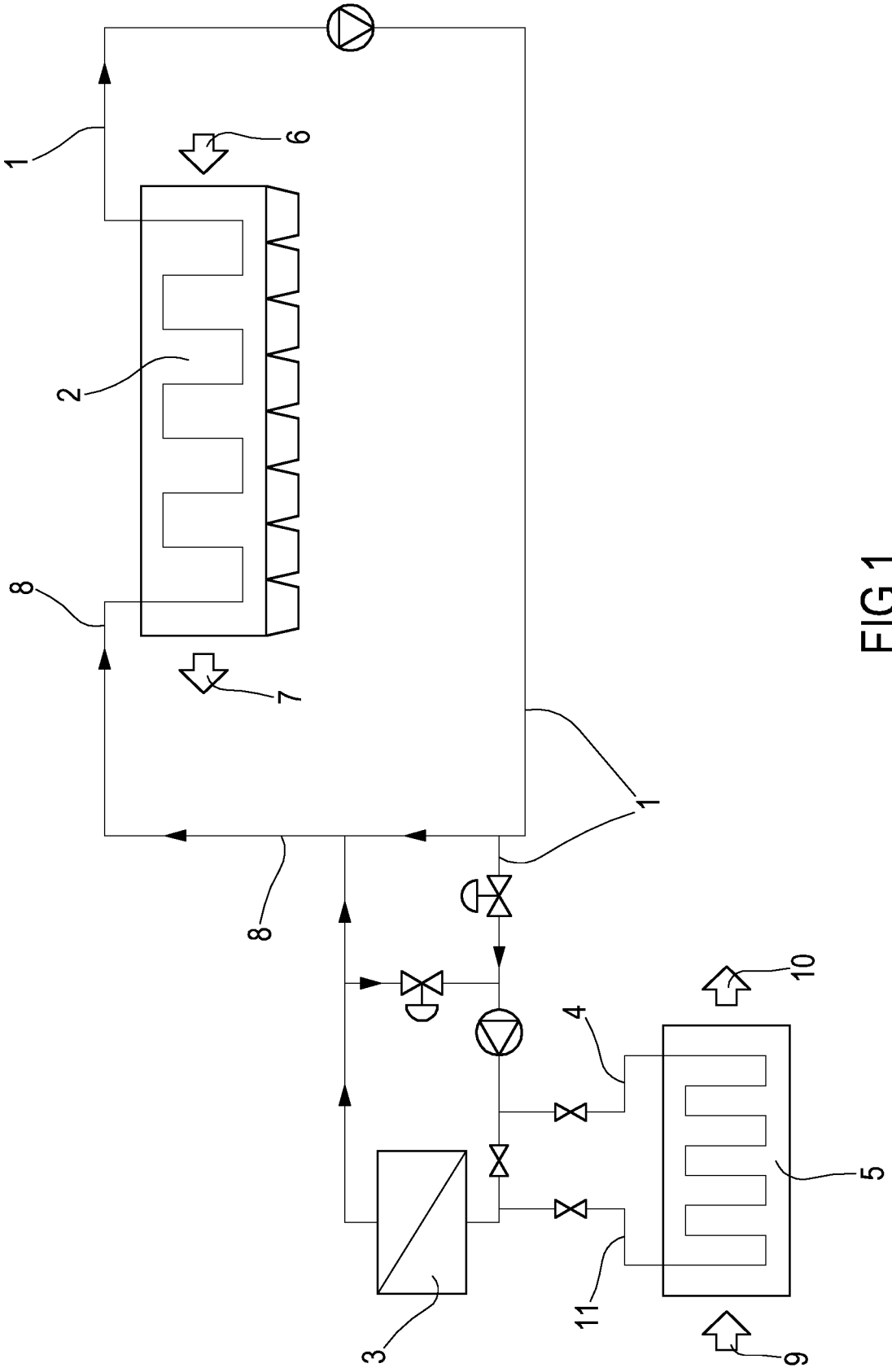
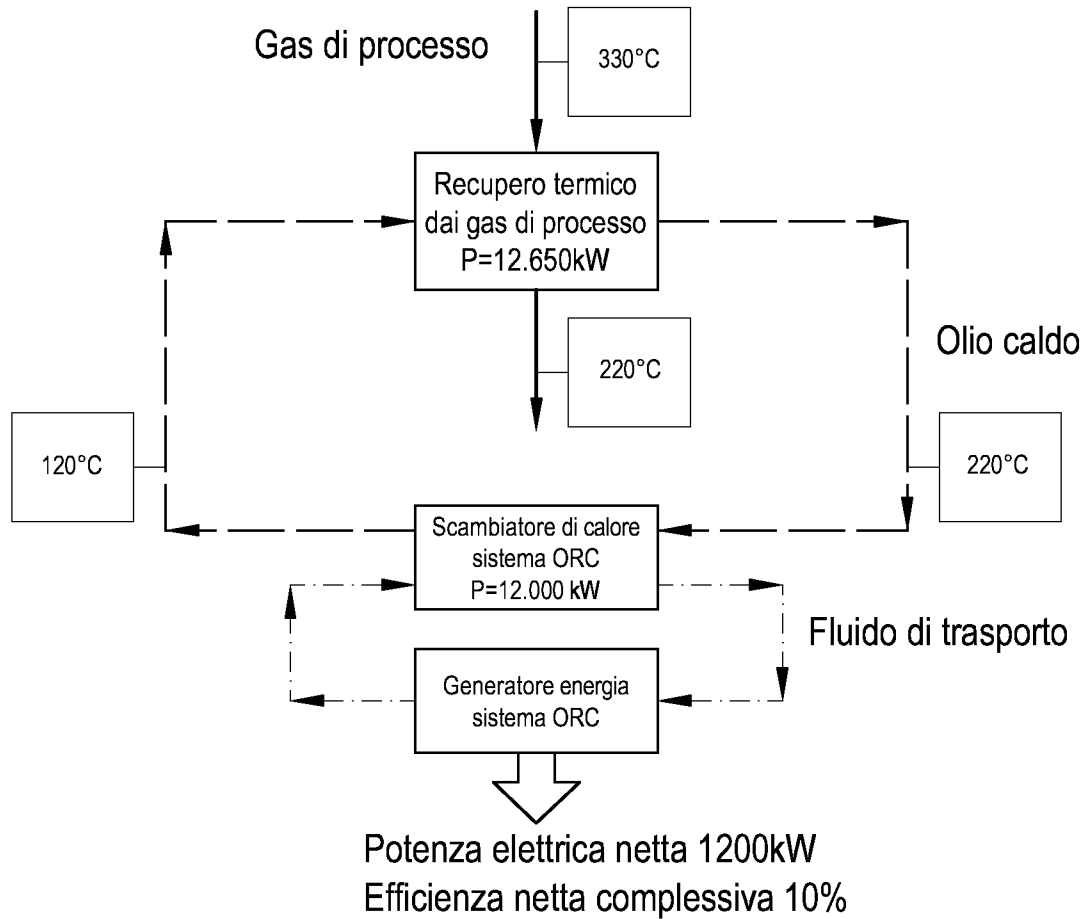


FIG.1

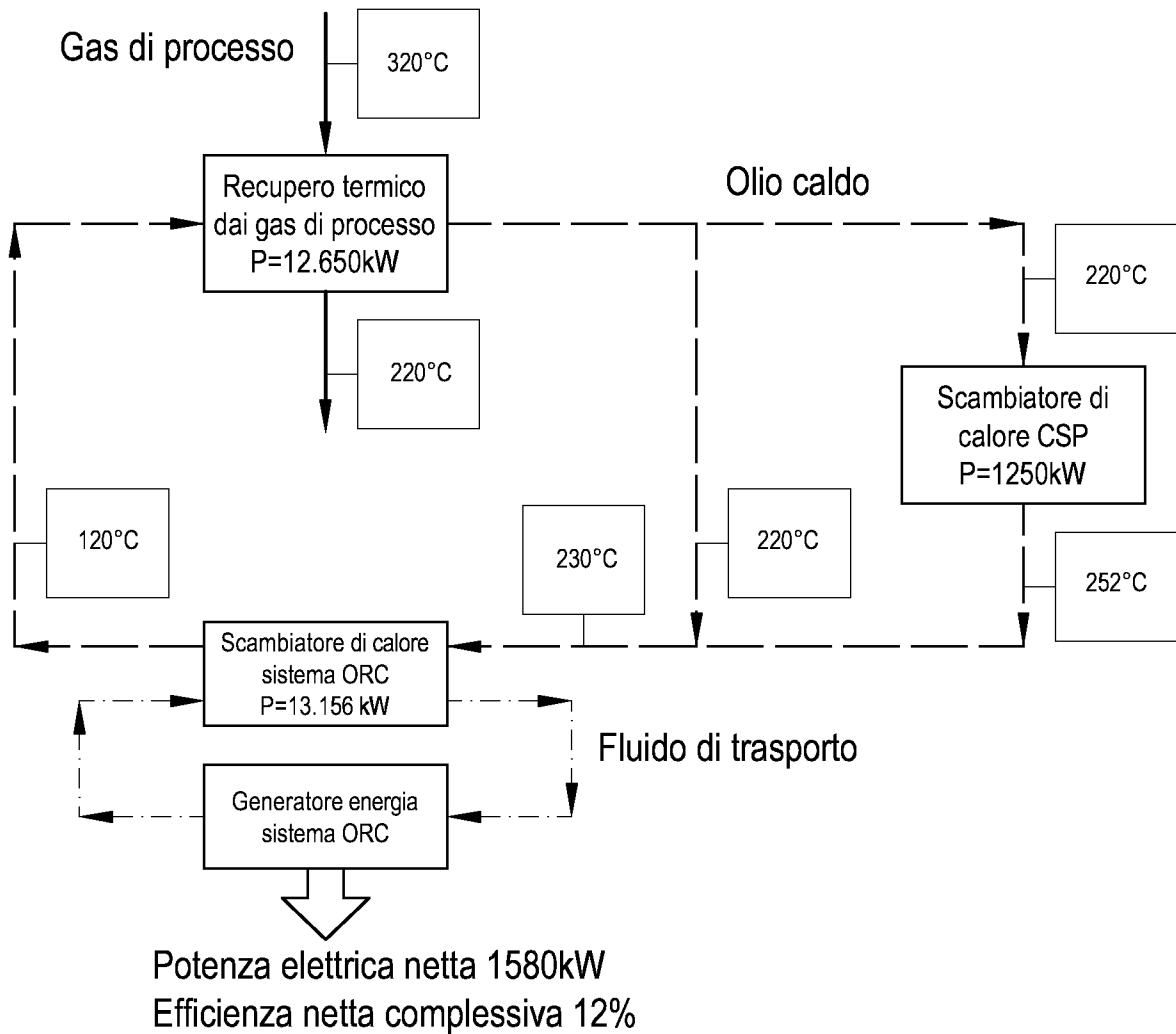
FIG.2



Bilancio termico

Calore gas di processo	12650kW
Calore olio caldo	11960kW
Dissipazione	690kW

FIG.3



Bilancio termico

Calore da processo + CSP	13900kW
Scambiatore di calore ORC	13156kW
Dissipazioni	744kW