

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902058229A1

Publication Date

20131208

Applicant

CRUCCU MARIO

Title

PROCEDIMENTO DI PIROLISI DI MATERIALE A MATRICE ORGANICA.

Titolo: PROCEDIMENTO DI PIROLISI DI MATERIALE A MATRICE ORGANICA

Richiedente: CRUCCU MARIO

Descrizione

5 La presente invenzione riguarda un procedimento per la pirolisi di materiale carbonioso o almeno parzialmente carbonioso, quale quello derivante da biomasse o da rifiuti organici e misti di varia origine.

 La pirolisi è un processo di conversione
10 termochimica di materiali a matrice organica in prodotti finali combustibili, che avviene in assenza di ossigeno, o con una presenza così limitata di questo, tale da poter trascurare le reazioni di ossidazione, responsabili della formazione di composti quali diossine e furani. Rispetto
15 ai forni a combustione normalmente utilizzati per l'incenerimento dei rifiuti, i reattori pirolitici risultano quindi molto più sicuri e non richiedono dei sofisticati sistemi di abbattimento dei composti tossici di ossidazione che, in caso di avaria, riverserebbero
20 nell'atmosfera diossina e furani con grosso rischio per la salute e per l'ambiente.

 I prodotti della pirolisi sono gassosi, liquidi e solidi, in proporzioni che dipendono dai metodi di pirolisi, dai parametri di reazione e dal materiale con
25 cui viene alimentato il reattore pirolitico. Rispetto a

un processo di combustione diretta, la tecnologia pirolitica consente di trasferire ai prodotti, siano essi gassosi, liquidi o solidi, il contenuto energetico del materiale di partenza in un processo a basso impatto
5 ambientale. Negli studi sperimentali reperibili sia in letteratura che nella pratica industriale si osserva come tradizionalmente il processo di pirolisi sia stato usato per massimizzare la produzione del char (carbone) o più spesso quella dell'olio di pirolisi.

10 La scarsa attenzione dedicata finora alla produzione del combustibile gassoso è da imputare alla bassa resa in gas caratteristica della tecnologia pirolitica convenzionale, che si attesta ad un valore normalmente inferiore al 40% in peso del materiale di partenza.

15 Esiste una enorme variabilità nei processi e nei prodotti ottenibili, determinata dall'ampia possibilità di agire sui parametri che governano le reazioni di processo (temperatura, tempo di residenza, velocità di riscaldamento, pressione, granulometria del materiale di
20 alimentazione). Questo comporta che siano state fatte diverse classificazioni delle tecnologie pirolitiche esistenti, le più comuni delle quali si basano sulla temperatura di processo e sulla velocità di reazione.

In funzione della temperatura alla quale vengono
25 condotti, i processi pirolitici si distinguono in

pirolisi a bassa (400-600°C), media (600-1000°C) e alta temperatura (1000-2000°C). I processi di pirolisi a bassa e media temperatura (450-1000°C) si distinguono, a loro volta, per la tipologia di reattore nel quale sono
5 condotti:

1. il forno verticale, in cui il materiale organico viene alimentato dall'alto, essiccato e pirolizzato procedendo dall'alto verso il basso in controcorrente rispetto ai gas caldi. I residui
10 vengono recuperati nella sezione bassa del reattore, mentre i gas vengono evacuati dalla parte alta.

2. il forno rotativo, simile al forno verticale, caratterizzato da un più efficace trasporto del calore e da un miglior mescolamento
15 del materiale organico alimentato in virtù della loro rotazione. Per contro la pirolisi condotta in un reattore rotante è un processo più delicato, a causa dei rischi connessi con la possibilità di ingresso di aria in prossimità dei giunti di
20 rotazione.

3. il forno a letto fluido, cilindrico verticale, in cui il materiale organico da trattare, che necessita di pretrattamenti di triturazione e vagliatura, viene tenuto in sospensione da un flusso
25 gassoso ascensionale. All'interno del reattore viene

posto anche un inerte, di solito sabbia silicea, con il compito di favorire gli scambi termici e fornire al sistema una sufficiente inerzia termica. Tali forni sono molto complessi e di difficile conduzione.

I prodotti generati dai processi condotti nei forni precedentemente descritti sono generalmente:

- Polveri, composte prevalentemente da polverino di carbone. Sono più facilmente trattabili di quelle prodotte durante l'incenerimento, perché composte da particelle di dimensioni maggiori, a causa della temperatura di esercizio più bassa. Esse inoltre sono più concentrate, dato il volume minore della fase gassosa prodotta.

- Gas, costituito essenzialmente da idrogeno (H_2), monossido di carbonio (CO) e gas inerti dovuti alle infiltrazioni. È un gas con un potere calorifico compreso tra 12.500 e 20.900 kJ/Nm³. Non contiene ossidi di azoto a causa della temperatura moderata e dell'atmosfera fortemente riducente alla quale viene condotto il processo.

- Olio pirolitico, costituito principalmente da composti organici parzialmente ossidati (acidi, alcoli, esteri). È un combustibile che deve seguire un processo

depurativo a causa dei prodotti corrosivi del cloro e dello zolfo in esso contenuti. Può essere utilizzato per realizzare l'apporto endotermico necessario alle reazioni di pirolisi o essere valorizzato separatamente.

- 5 • Residuo solido o coke di pirolisi, che contiene un substrato minerale proveniente dalla frazione inorganica del rifiuto e un substrato organico carbonioso. Tale residuo può essere utilizzato come combustibile solido a valle di trattamenti depurativi, o trasformato in carbone
- 10 attivo.

La pirolisi ad alta temperatura (circa 2000°C) avviene con elevate velocità di reazione (pirolisi "flash") ed è caratterizzata da elevate rese di demolizione termica dei rifiuti in atmosfera riducente e

15 dalla minimizzazione della formazione dei composti intermedi di reazione. I reattori utilizzati sono elettrici tubolari nei quali il materiale organico finemente triturato si decompone nel corso della sua caduta verticale per effetto di intensi scambi di calore.

20 I problemi connessi con la compatibilità chimico-fisica dei materiali risultano minimizzati evitando il contatto rifiuto-parete, mantenendo separati i flussi da trattare dalle pareti radianti. L'esigua durata del trattamento è sufficiente a produrre un effluente gassoso "pulito",

minimizzando così la necessità di trattamento dei prodotti.

In base alle velocità di reazione, invece, le diverse tecnologie impiegate per la pirolisi di materiale
5 a matrice organica in scala pilota e industriale si distinguono in:

- Pirolisi veloce con temperature non superiori a 650°C, utilizzata per massimizzare la produzione di olio pirolitico. I processi attualmente esistenti sono: THIDE
10 (potenzialità 20.000 - 60.000 t/anno), GARRET, PYROCAL, KEINER, pirolisi sotto vuoto;

- Pirolisi veloce con temperature superiori a 650°C. Utilizzata per massimizzare la produzione di prodotti gassosi (Processo HTFW, processo AER);

- 15 • Pirolisi lenta con basse temperature (non superiori a 500°C). Si ottiene la massimizzazione della produzione di char attraverso reazioni secondarie di ripolimerizzazione e di coking;

- Pirolisi lenta con medie temperature (600°C). Si
20 ottiene la massimizzazione della produzione di olio e di gas di pirolisi. Si basano su questi parametri il processo NESA FLOWSHEET, il ROTOPYR, il D.R.P..

E' stato anche messo a punto un procedimento di pirolisi lenta che prevede l'aggiunta di una quantità in
25 lieve eccesso stechiometrico di acqua per favorire la

reazione con carbonio organico a dare idrogeno e ossido di carbonio, ma tale procedimento ha il limite che, nel caso in cui il materiale organico da trattare ha un contenuto d'acqua troppo elevato, in particolare maggiore
5 del 30%, il procedimento non è vantaggioso.

Il problema che sta alla base della presente invenzione è quello di mettere a disposizione un procedimento di pirolisi di materiale a matrice organica che risulti in una massimizzazione della produzione di
10 combustibile gassoso di alto valore e che sia applicabile ad ogni tipologia di materiale, indipendentemente dal suo contenuto d'acqua iniziale.

Tale problema è risolto da un procedimento di pirolisi come delineato nelle annesse rivendicazioni, le
15 cui definizioni formano parte integrante della presente descrizione.

La tecnologia pirolitica oggetto della presente invenzione si basa sulla combinazione di tre parametri di processo, cioè bassa velocità di reazione, regolazione
20 del contenuto di acqua e presenza di catalisi, consentendo di convertire il materiale a matrice organica di partenza, sia esso costituito da rifiuti o biomasse boschive od agricole, in gas di sintesi con una resa molto elevata.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi della presente invenzione risulteranno maggiormente dalla descrizione di un esempio di realizzazione, fatta qui di seguito a titolo indicativo e non limitativo, con riferimento alle
5 seguenti figure:

Figura 1 rappresenta una vista schematica di un'impianto di pirolisi per l'attuazione del procedimento dell'invenzione;

Figura 2 rappresenta una vista laterale in sezione
10 del reattore secondo l'invenzione.

Il processo dell'invenzione permette di ottenere una elevata resa in gas pirolitici mediante la combinazione di tre parametri fondamentali:

- a) velocità di reazione;
- 15 b) umidità;
- c) presenza di catalizzatori nel materiale a matrice organica da pirolizzare.

La velocità di reazione varia nell'intervallo di 0,5-1,5 ore, operando ad una temperatura compresa tra
20 400°C e 600°C, più preferibilmente tra 400°C e 500°C. Si configura pertanto come un processo di pirolisi lenta.

La quantità d'acqua è regolata in funzione del contenuto di carbonio del materiale da pirolizzare ed è maggiore di quella presente nei processi di pirolisi

noti. In generale, la quantità d'acqua nel materiale da pirolizzare è pari a circa il 30% in peso.

Con il termine "circa il 30% in peso" riferito al contenuto di acqua nel materiale da pirolizzare si
5 intende generalmente un contenuto acquoso compreso tra il 25% ed il 35% in peso.

I catalizzatori utilizzati per il processo di pirolisi della presente invenzione sono catalizzatori per reazioni di cracking, preferibilmente scelti tra
10 catalizzatori a base di ferro, nichel o cromo. Dal momento che si osserva un incremento delle proprietà catalitiche nell'ordine $Fe < Ni < Cr$, la scelta del catalizzatore più adatto viene fatta in funzione della reattività del materiale di partenza, che varia secondo
15 l'ordine biomasse > rifiuti organici a matrice prevalentemente polimerica (plastiche). Si utilizzerà quindi preferibilmente un catalizzatore meno attivo per un substrato più reattivo.

Preferibilmente tali metalli saranno in forma di
20 polvere con una granulometria non superiore a 1 mm. Preferibilmente, si utilizzano tra 100 e 300 mg di catalizzatore per kg di materiale da pirolizzare.

Gli scopi della presente invenzione sono raggiunti grazie ad un impianto e nello specifico ad un reattore
25 come qui di seguito delineati.

Con riferimento alle figure, un impianto secondo l'invenzione viene indicato nel suo complesso con il numero 1.

Il materiale a matrice organica (rifiuti, biomasse, ecc.) da pirolizzare viene trasferito da una vasca 10 ad una tramoggia 3 per mezzo di mezzi di trasporto 11, tipicamente coclee. Nella tramoggia 3 il materiale da pirolizzare viene addizionato del catalizzatore prescelto tramite il dosatore 2. La tramoggia 3 è posta sopra una coclea 4. Mezzi per il vuoto, quale una pompa da vuoto o ventola, provvedono ad evacuare l'aria assorbita nel materiale da pirolizzare, in modo da creare, all'interno del reattore 5 di pirolisi, un vuoto di circa 5-10 mm di colonna d'acqua.

La coclea 4 trasporta il materiale da pirolizzare all'interno del reattore di pirolisi 5.

Il reattore 5 comprende una camera di reazione 5a. La camera di reazione 5a è una camera cilindrica orizzontale rotante. Coassialmente ad essa è disposta una camera di combustione 6 fissa. La camera di combustione 6 è preferibilmente rivestita di refrattario.

La camera di reazione 5a comprende una prima porzione 7 di preriscaldamento, disposta a monte rispetto alla direzione di avanzamento del materiale da pirolizzare, ed una seconda porzione 8 di pirolisi,

disposta a valle della prima porzione di preriscaldamento 7.

La porzione di preriscaldamento 7 comprende sulla sua superficie esterna un'aletta elicoidale 9.

5 Il preriscaldamento del materiale da pirolizzare ha anche lo scopo di far evaporare tutta l'acqua in eccesso eventualmente presente, portando il suo contenuto al di sotto del 30% in peso. Il tenore di disidratazione viene regolato variando la velocità della coclea 4 e, quindi,
10 il tempo di permanenza in tale sezione 7. Anche una eccessiva o inferiore disidratazione non comporta, comunque, problemi in quanto nella parte successiva del reattore tutta l'acqua verrà evaporata e sarà disponibile per le reazioni con il carbonio di cracking della matrice
15 organica.

La camera di combustione 6 presenta a sua volta una prima porzione di preriscaldamento 12, che contorna la porzione di preriscaldamento 7 della camera di reazione 5a, ed una seconda porzione di riscaldamento 13, che
20 contorna la porzione di pirolisi 8 della camera di reazione 5a. In detta seconda porzione di riscaldamento 13 sono posizionati dei bruciatori 14. I bruciatori 14 sono disposti longitudinalmente lungo tutta la porzione di riscaldamento 13 della camera di combustione 6,
25 tipicamente nella sua parte inferiore. Il combustibile

per i bruciatori 14 potrà derivare sia da propano, metano e gasolio che da parte del gas pirolitico prodotto nel reattore 5 stesso (linea 24).

La distribuzione dei bruciatori 14 longitudinalmente
5 lungo l'intera superficie della porzione di pirolisi 8 della camera di reazione 5a permette di raggiungere temperature di pelle della porzione di pirolisi 8 di circa 800°C, ottimizzando il riscaldamento interno del reattore. In questo modo la resa di cracking è aumentata.

10 Prima di uscire dalla camera di combustione 6, i fumi di combustione, aventi una temperatura di circa 1200°C, passano attraverso la porzione di preriscladamento 12 percorrendo un percorso a spirale determinato dall'aletta elicoidale 9, massimizzando
15 quindi il tempo di contatto con la parete della porzione di preriscladamento 7 della camera di reazione 5a. I fumi vengono quindi evacuati attraverso la linea 19 aspirata da mezzi di aspirazione 20 e, dopo essere passati attraverso mezzi di scambio termico 21 ed opportuni mezzi
20 di depurazione con impiego di soluzione di urea in un reattore SNCR 21a, vengono scaricati da un camino 22.

Nei mezzi di scambio termico 21 viene preriscaldata l'aria che, attraverso la linea 23, viene immessa nei bruciatori 14 come comburente.

A valle della camera di reazione 5a, il reattore 5 comprende una camera ad asse verticale 15, aperta sul fondo da cui sono scaricate i il carbone con gli inerti tramite valvole a cassetto automatizzate. Gli inerti e il
5 carbone vengono raccolti in una vasca 16, da cui poi vengono trasferiti, tramite una coclea 17, ad un condotto 18 raffreddato ad acqua e quindi ai carrelli per la sua asportazione dall'impianto. Una parte di questi, sempre tramite la coclea 17, può essere inviata alla tramoggia 3
10 per il ricircolo e la massimizzazione della produzione di gas pirolitico.

Nel reattore 5, mantenuto ad una temperatura compresa tra 400°C e 500°C, tipicamente circa 450°C, ed in atmosfera carente in ossigeno, il materiale subisce un
15 processo termico di decomposizione ed il carbone così prodotto reagisce con l'acqua per formare il gas pirolitico (idrogeno ed ossido di carbonio) con una resa di circa l'80% in peso.

I gas pirolitici in uscita dalla camera di reazione
20 5a del reattore 5 vengono inviati, attraverso la linea 25, ad un ciclone 26 per l'eliminazione delle polveri. Il ciclone consente la separazione delle particelle solide o liquide presenti nel flusso gassoso sfruttando la forza centrifuga sviluppata dal moto vorticoso imposto al
25 flusso gassoso stesso.

Dal ciclone 26 i gas pirolitici, privati della maggior parte delle polveri, subiscono una fase di raffreddamento rapido (quench) da circa 450°C a circa 40-60°C. In tale fase si ottiene inoltre la condensazione
5 dei gas acidi (HCl, SO₂).

La fase di quench viene attuata aggiungendo acqua fredda ai gas sotto controllo di temperatura. I gas, in uscita dal ciclone 26 lungo la linea 27, vengono fatti passare attraverso una unità di raffreddamento rapido
10 munita preferibilmente di un condotto a sezione ristretta, dove, per effetto Venturi, l'acqua viene iniettata in forma finemente dispersa nel gas.

Il gas così raffreddato viene inviato ad un'unità di lavaggio 29. Tale unità di lavaggio consiste
15 preferibilmente in una torre di lavaggio (scrubber) che comprende un serbatoio verticale riempito con materiale inerte (spiralette). In tale serbatoio vengono alimentate, in controcorrente rispetto al flusso di gas, delle acque di lavaggio basiche, per la neutralizzazione
20 delle sostanze acide presenti nel gas pirolitico. Tali acque basiche potranno vantaggiosamente essere costituite da acqua miscelata a latte di calce.

Le acque di lavaggio, aventi una temperatura di circa 40-60°C, vengono inviate ad una vasca di
25 decantazione 30 per la separazione delle acque

chiarificate dai fanghi. I fanghi, tramite la linea 32a, vengono inviati in testa all'impianto nella tramoggia 3.

Le acque chiarificate vengono riavviate lungo la linea 32 all'unità di lavaggio 29 ed all'unità di
5 raffreddamento rapido 28.

Il gas pirolitico, uscente dall'unità di lavaggio 29 lungo la linea 33, viene fatto passare in un'unità di condensazione 31, dove le particelle liquide residue condensano e vengono quindi eliminate, ottenendo un gas
10 pirolitico di elevata purezza che permette elevate rese di trasformazione energetica.

In una forma di realizzazione, l'unità di condensazione 31 è costituita da uno scambiatore di calore a recupero gas-gas a serpentina associato ad un
15 gruppo frigo 31a, in cui il fluido refrigerante è ad esempio costituito da una soluzione di glicole etilenico.

In uscita dall'unità di condensazione 31 lungo la linea 34, il gas pirolitico purificato viene convogliato, per mezzo di opportuni mezzi di pompaggio 35 (ad esempio, aspiratori ad aspi rotanti), ad un polmone di accumulo 36
20 (accumulatore pressostatico a doppia membrana o gasometro).

Come detto in precedenza, il gas pirolitico può in parte essere inviato, lungo la linea 24, ai bruciatori
25 14, mentre la linea 37 lo conduce al gruppo di

cogenerazione 38, tipicamente costituito da un motore a combustione interna e da un alternatore calettato all'albero principale del motore.

In forme di realizzazione, il gas pirolitico
5 purificato può essere inviato, lungo la linea 39, ad una
torcia di emergenza 40, in cui il gas viene bruciato
prima dell'immissione in atmosfera. Questo accorgimento è
utile sia quando la produzione eccede la capacità del
polmone di accumulo 36 (il gas è inviato lungo la linea
10 41 invece che verso il polmone di accumulo 36), sia
quando fosse necessario procedere ad uno svuotamento
forzato del polmone di accumulo (linea 42).

Con il termine "linea" nella presente descrizione si
intende una tubazione in cui il gas circola in modo
15 naturale o forzato tramite opportuni mezzi di pompaggio o
aspirazione.

In una forma di realizzazione, l'impianto è dotato
di una linea 43, 44 per il ricircolo di un gas inerte
attraverso il reattore ed il ciclone 26. Questa linea
20 viene attivata nella fase di avvio e di fermata
dell'impianto. Il gas inerte, tipicamente azoto, viene
riscaldato all'interno del reattore 5, quindi viene fatto
ricircolare lungo la linea 25, il ciclone 26 e le linee
43, 44 in modo da riscaldare le tubazioni lungo il
25 percorso dei gas pirolitici in uscita dal reattore.

Questo evita la condensazione di idrocarburi liquidi che potrebbero riformarsi a basse temperature in tali tubazioni, depositandosi sulle pareti sia delle linee che del ciclone. Una volta che il reattore è avviato, la
5 stessa temperatura dei gas pirolitici mantiene la tubazione ad una temperatura sufficientemente alta da evitare la formazione di idrocarburi liquidi.

L'impianto di pirolisi secondo la presente invenzione può vantaggiosamente essere integrato con
10 un'unità di comando e controllo operante per mezzo di un algoritmo che, utilizzando come input la portata e la caratterizzazione del materiale a matrice organica alimentato al reattore e le caratteristiche di tutti i flussi entranti ed uscenti dal sistema, sia in termini
15 globali che per singolo componente, consente di effettuare i bilanci di materia e di energia.

L'impianto è dotato di opportuni rilevatori e/o sensori di temperatura, pressione e composizione per indagini chimico-analitiche sia sul gas pirolitico che
20 sui fumi prodotti, che creano un set di valori di parametri che viene utilizzato come input per l'unità di comando e controllo durante tutte le fasi di processo.

L'algoritmo matematico, in particolare, fornisce i seguenti output:

- La portata, la composizione media e le caratteristiche chimico-fisiche rilevanti del gas pirolitico prodotto, quali temperatura, viscosità, densità, potere calorifico;
- 5 • la portata del polverino di carbone prodotto ed il suo potere calorifico;
- la portata e la composizione dei fumi di combustione.
- la quantità di inerti da smaltire;
- 10 • le condense prodotte;
- la portata di gas pirolitico necessaria a mantenere nel reattore una temperatura di circa 450°C, necessaria all'instaurarsi delle reazioni di pirolisi;
- 15 • l'eccesso d'aria necessario alla combustione del gas pirolitico e dei combustibili ausiliari nel bruciatore del reattore.

Il processo di pirolisi secondo la presente invenzione comprende quindi in generale le seguenti fasi operative:

20

- a) mettere a disposizione un impianto come sopra definito;
- b) addizione di un catalizzatore di reazioni di cracking, preferibilmente scelto tra

catalizzatori a base di nichel, ferro o cromo,
a materiale a matrice organica;

c) preriscaldamento di detto materiale a matrice
organica e regolazione del contenuto di acqua a
circa il 30% in peso;

d) pirolisi lenta di detto materiale a matrice
organica e raccolta di gas pirolitici
comprendenti idrogeno e monossido di carbonio;

e) fase di raffreddamento rapido di detti gas
pirolitici;

f) fase di lavaggio di detti gas pirolitici
raffreddati.

La fase c) di preriscaldamento e regolazione del
contenuto d'acqua prevede normalmente l'evaporazione
dell'acqua in eccesso fino al raggiungimento della
quantità voluta, in quanto il materiale organico
tipicamente ha un contenuto d'acqua superiore al 30%.

Tuttavia, nel caso di un materiale organico con
contenuto d'acqua inferiore, la fase di regolazione può
prevedere l'aggiunta di un quantitativo d'acqua in modo
da ottenere un contenuto complessivo pari al valore
desiderato.

In una forma di realizzazione, il procedimento
dell'invenzione comprende una fase di avvio o di fermata
dell'impianto in cui viene fatto ricircolare nel reattore

5, lungo la linea 25 a valle del reattore 5 e nel ciclone 26 un gas inerte di preriscaldamento.

Il processo dell'invenzione ha numerosi vantaggi che in parte sono già stati evidenziati.

5 Il processo può essere applicato sia a biomasse agricole o forestali che ai rifiuti di qualunque natura, purchè contenenti una matrice organica, quali plastiche, carta, tessuti, organico putrescibile, ecc..

10 Il processo permette inoltre di massimizzare la produzione di gas pirolitico, utile fonte di energia. Si ottiene nel contempo una minima produzione di carbone ed una totale assenza di combustibili liquidi.

Il fabbisogno energetico dell'impianto è inoltre assicurato dal gas pirolitico prodotto.

15 L'aletta elicoidale 9 permette di prolungare il contatto dei fumi di combustione con la parete della porzione di preriscaldamento 7 della camera di reazione 5a.

20 Il preriscaldamento delle tubazioni e del ciclone con il gas inerte permette di evitare la condensa di idrocarburi liquidi.

La disposizione longitudinale dei bruciatori 14 aumenta l'efficienza di riscaldamento della porzione di pirolisi 8 della camera di reazione 5a.

La pirolisi lenta, umida e catalizzata secondo la presente invenzione può pertanto considerarsi una innovazione dei processi di pirolisi in quanto consente di ottenere la trasformazione del materiale a matrice
5 organica in gas di sintesi con una resa nettamente superiore a quella dei processi pirolitici convenzionali. Date le sue caratteristiche, il gas ottenuto può essere convertito in energia elettrica con semplici motori a combustione interna, motori la cui tecnologia è ormai
10 consolidata.

E' evidente che è stata descritta solo una forma particolare di realizzazione della presente invenzione, cui l'esperto dell'arte sarà in grado di apportare tutte quelle modifiche necessarie per il suo adattamento a
15 particolari applicazioni, senza peraltro discostarsi dall'ambito di protezione della presente invenzione.

RIVENDICAZIONI

1. Impianto per la pirolisi lenta di materiale a matrice organica, comprendente:

- una camera di reazione (5a) suddivisa in una
5 porzione di preriscaldamento (7) ed in una porzione di
pirolisi (8) a valle di detta porzione di
preriscaldamento (7);

- una camera di combustione (6) coassiale ed esterna
a detta camera di reazione (5a), detta camera di
10 combustione (6) essendo suddivisa in una porzione di
preriscaldamento (12), che contorna detta porzione di
preriscaldamento (7) della camera di combustione (5a), ed
in una porzione di riscaldamento (13) che contorna detta
porzione di pirolisi (8) della camera di reazione (5a),
15 detta porzione di riscaldamento (13) della camera di
combustione (6) ospitando dei bruciatori (14),

in cui:

- detta camera di reazione (5a) è rotante lungo un
asse orizzontale all'interno di detta camera di
20 combustione (6), e

- la superficie esterna della porzione di
preriscaldamento (7) della camera di reazione (5a)
comprende un'aletta elicoidale (9) che crea un percorso a
spirale per i gas di combustione generati dai bruciatori
25 (14).

2. Impianto secondo la rivendicazione 1, in cui detti bruciatori (14) sono disposti longitudinalmente per tutta la lunghezza della porzione di riscaldamento (13) della camera di combustione (6).

5 3. Impianto secondo la rivendicazione 1 o 2, comprendente mezzi di scambio termico (21) per i fumi di combustione evacuati dalla camera di combustione (6), in cui in detti mezzi di scambio termico (21) passa una linea (23) che conduce aria comburente nei bruciatori
10 (14).

4. Impianto secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 3, in cui, a valle del reattore (5), è disposto un ciclone (26) per l'eliminazione delle polveri dai gas di pirolisi.

15 5. Impianto secondo la rivendicazione 4, in cui, a valle del ciclone (26) è disposta una unità di raffreddamento rapido (28) per il raffreddamento dei gas di pirolisi ad una temperatura compresa tra 40°C e 60°C.

6. Impianto secondo la rivendicazione 5, in cui
20 detta unità di raffreddamento rapido (28) comprende un condotto a sezione ristretta per l'iniezione di acqua finemente dispersa.

7. Impianto secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui, a valle di detta unità di raffreddamento rapido
25 (28), è disposta un'unità di lavaggio (29).

8. Impianto secondo la rivendicazione 7, in cui detta unità di lavaggio (29) comprende un serbatoio verticale riempito con materiale inerte per il lavaggio del gas in controcorrente con una pioggia di acqua.

5 9. Impianto secondo la rivendicazione 7 o 8, in cui, a valle di detta unità di lavaggio (29) è disposta un'unità di condensazione (31) per i liquidi residui nel gas di pirolisi.

10 10. Impianto secondo la rivendicazione 9, in cui detta unità di condensazione (31) è uno scambiatore di calore a recupero gas-gas a serpentina associato ad un gruppo frigo (31a), in cui il fluido refrigerante è preferibilmente costituito da una soluzione di glicole etilenico.

15 11. Impianto secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 1 a 10, comprendente una linea (43, 44) per il ricircolo di un gas inerte riscaldato attraverso il reattore (5) ed il ciclone (26) durante la fase di avvio e di fermata dell'impianto.

20 12. Processo di pirolisi lenta di materiale a matrice organica, comprendente le seguenti fasi:

a) mettere a disposizione un impianto come definito in una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti;

25 b) aggiungere un catalizzatore di reazioni di cracking, preferibilmente scelto tra catalizzatori a base

di nichel, ferro o cromo, a detto materiale a matrice organica;

c) preriscaldare detto materiale a matrice organica e regolare il contenuto di acqua a circa il 30% in peso;

5 d) condurre una pirolisi lenta di detto materiale a matrice organica e raccogliere i gas pirolitici comprendenti idrogeno e monossido di carbonio;

e) raffreddare rapidamente detti gas pirolitici;

f) lavare detti gas pirolitici raffreddati.

10 13. Processo secondo la rivendicazione 12, in cui detta pirolisi lenta viene condotta per un tempo compreso tra 0,5 e 1,5 ore ad una temperatura compresa tra 400°C e 500°C, oppure a circa 450°C.

14. Processo secondo la rivendicazione 12 o 13,
15 in cui detto catalizzatore di reazioni di cracking viene addizionato in quantità di 100-300 mg per kg di materiale a matrice organica.

15. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 14, in cui detti gas pirolitici,
20 prima di essere soggetti a detta fase e) di raffreddamento rapido, subiscono un trattamento di depolverizzazione.

16. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 15, in cui detta fase e) di

raffreddamento rapido avviene mediante iniezione di acqua in detti gas pirolitici a temperatura controllata.

17. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 16, comprendente una fase di avvio
5 e/o di fermata dell'impianto in cui viene fatto ricircolare nel reattore (5), lungo la linea (25) a valle del reattore (5) e nel ciclone (26) un gas inerte di preriscaldamento, in cui detto gas inerte è preferibilmente azoto.

10 18. Processo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni da 12 a 17, in cui detti gas pirolitici sono utilizzati in un impianto di cogenerazione energia elettrica/calore.

CLAIMS

1. A plant for slow pyrolysis of organic matrix material, comprising:

- a reaction chamber (5a) divided into a pre-heating
5 portion (7) and a pyrolysis portion (8) downstream of
said pre-heating portion (7);

- a combustion chamber (6) that is co-axial with and
external to said reaction chamber (5a), said combustion
chamber (6) being divided into a pre-heating portion
10 (12), surrounding said pre-heating portion (7) of the
combustion chamber (5a), and a heating portion (13)
surrounding said pyrolysis portion (8) of the reaction
chamber (5a), said heating portion (13) of the combustion
chamber (6) housing burners (14),

15 wherein:

- said reaction chamber (5a) is rotatable along a
horizontal axis within said combustion chamber (6), and

- the outer surface of the pre-heating portion (7)
of the reaction chamber (5a) comprises a helicoidal fin
20 (9) creating a spiral path for the combustion gases
generated by the burners (14).

2. The plant according to claim 1, wherein said
burners (14) are arranged longitudinally throughout the
length of the heating portion (13) of the combustion
25 chamber (6).

3. The plant according to claim 1 or 2, comprising heat exchange means (21) for the combustion fumes that are evacuated from the combustion chamber (6), wherein a line (23) carrying comburent air into the
5 burners (14) passes in said heat exchange means (21).

4. The plant according to any one of the claims 1 to 3, wherein a cyclone (26) is arranged downstream of the reactor (5), for removing the powders from the pyrolysis gases.

10 5. The plant according to claim 4, wherein a rapid cooling unit (28) is arranged downstream of the cyclone (26), for cooling the pyrolysis gases to a temperature ranging between 40 °C and 60 °C.

6. The plant according to claim 5, wherein said
15 rapid cooling unit (28) comprises a narrowed cross-section duct for the injection of finely dispersed water.

7. The plant according to claim 5 or 6, wherein a washing unit (29) is arranged downstream of said rapid cooling unit (28).

20 8. The plant according to claim 7, wherein said washing unit (29) comprises a vertical tank filled with inert material for washing in counter-current the gas with a water rain.

9. The plant according to claim 7 or 8, wherein
25 a condensing unit (31) for the residual liquids in the

pyrolysis gas is arranged downstream of said washing unit (29).

10. The plant according to claim 9, wherein said condensing unit (31) is a coiled gas-gas recovery heat exchanger associated to a refrigeration unit (31a),
5 wherein the coolant fluid preferably consists of an ethylene glycol solution.

11. The plant according to any one of the claims 1 to 10, comprising a line (43, 44) for the recirculation
10 of a heated inert gas through the reactor (5) and the cyclone (26) during the plant starting and stopping step.

12. A process for slow pyrolysis of an organic matrix material, comprising the following steps:

a) providing a plant as defined in any one of the
15 previous claims;

b) adding a cracking reaction catalyst, preferably selected from nickel-, iron-, or chrome-based catalysts, to said organic matrix material;

c) pre-heating said organic matrix material and
20 adjusting the water content to about 30% by weight;

d) carrying out a slow pyrolysis of said organic matrix material, and collecting the pyrolytic gases comprising hydrogen and carbon monoxide;

e) quickly cooling said pyrolytic gases;

25 f) washing said cooled pyrolytic gases.

13. The process according to claim 12, wherein said slow pyrolysis is carried out during a period ranging between 0.5 and 1.5 hours, at a temperature ranging between 400 °C and 500 °C, or about 450 °C.

5 14. The process according to claim 12 or 13, wherein said cracking reaction catalyst is added in amounts of 100-300 mg per kg of organic matrix material.

15. The process according to any one of the claims 12 to 14, wherein said pyrolytic gases, before being
10 subjected to said rapid cooling step e), undergo a depulverization treatment.

16. The process according to any one of the claims 12 to 15, wherein said rapid cooling step e) takes place by means of a water injection at a controlled temperature
15 into said pyrolytic gases.

17. The process according to any one of the claims 12 to 16, comprising a step of starting and/or stopping of the plant, wherein a pre-heating inert gas is recirculated in the reactor (5) along the line (25)
20 downstream of the reactor (5) and in the cyclone (26), wherein said inert gas is preferably nitrogen.

18. The process according to any one of the claims 12 to 17, wherein said pyrolytic gases are used in an electricity/heat cogeneration plant.

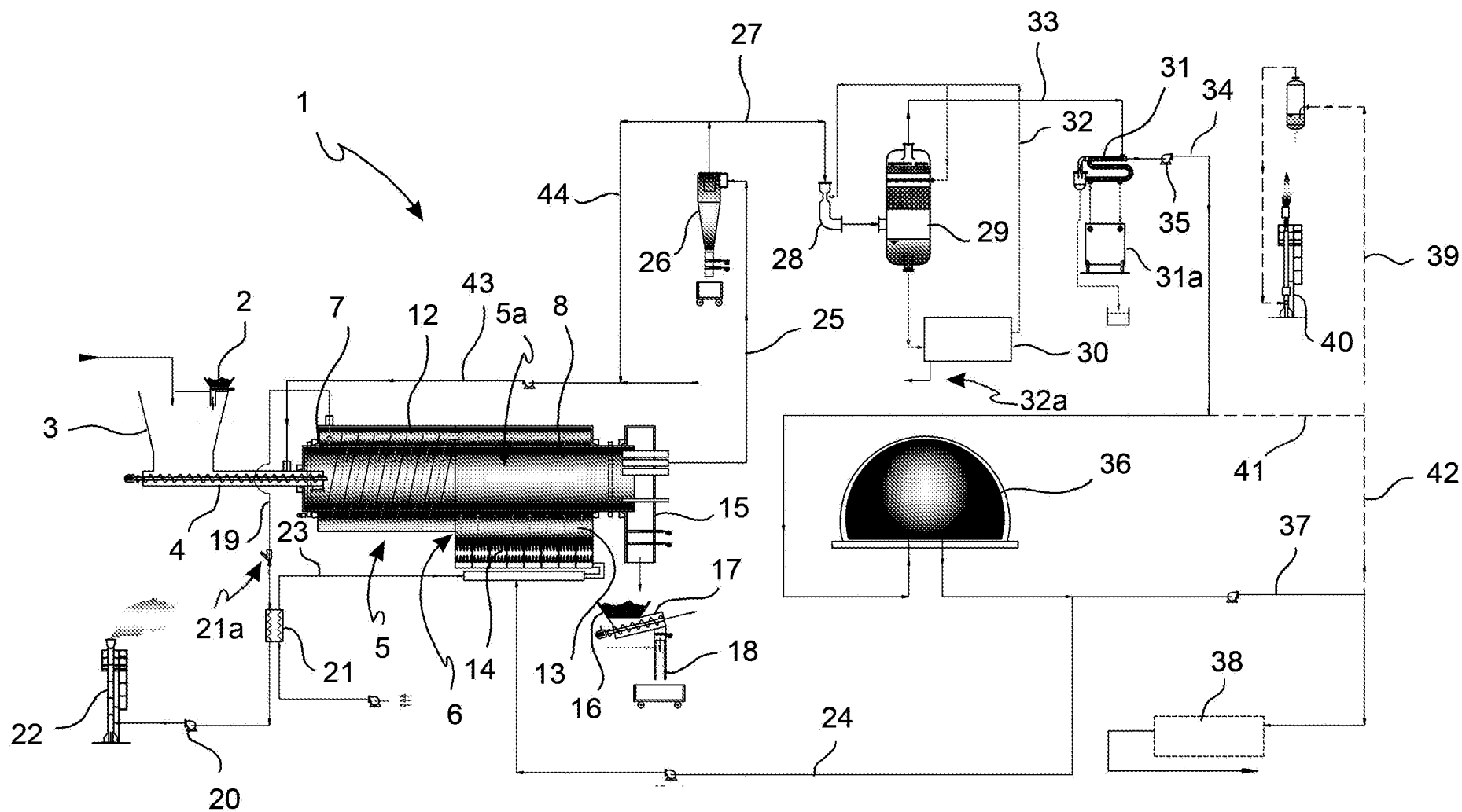


FIG. 1

