



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA TUTELA DELLA PROPRIETÀ INDUSTRIALE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

UIBM

DOMANDA NUMERO	101997900583842
Data Deposito	21/03/1997
Data Pubblicazione	21/09/1998

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	B		
Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
B	09	B		

Titolo

PROCESSO DI CONVERSIONE TERMOCHIMICA DI RIFIUTI URBANI E SPECIALI IN PRODOTTI CHIMICI DI BASE E IMPIANTO PER EFFETTUARE IL PROCESSO.

Guido Per S.M. C.

DESCRIZIONE

dell'invenzione avente per titolo:

"Processo di conversione termochimica di rifiuti urbani e speciali in prodotti chimici di base e impianto per effettuare il processo"

della MONTEVENDA S.R.L. a Padova

depositata il **21 APR. 1997** presso l'Ufficio Provinciale dell'Industria, del

Commercio e dell'Artigianato di Ferrara al numero di domanda

FE 97 A00 000 4

La presente invenzione concerne un processo di conversione termochimica di rifiuti urbani e speciali in prodotti chimici di base ed un impianto per effettuare il processo.

Sono noti processi termici di pirolisi, gassificazione ed inertizzazione termica dei rifiuti, per ottenere composti organici ed inorganici commercializzabili.

Un noto processo di pirolisi, denominato THERMOSELECT (P. Pollesel, "Energy recovery from waste - the application of gassification technologies" in "La chimica e l'industria" n. 5\1996, pag. 603; E. De Fraja, M. Giugliano "Incenerimento - Recupero di energia", cap. III "Proposte impiantistiche innovative", in: Politecnico di Milano (Dipartimento di ingegneria idraulica, ambientale e del rilevamento - Sezione ambientale), ANDIS - Associazione nazionale di ingegneria sanitaria ambientale "Ingegneria dei rifiuti solidi urbani - XLIII Corso di aggiornamento in ingegneria sanitaria ambientale - Milano, 5-9 giugno 1995) prevede che questo avvenga in forma indiretta, e cioè non per combustione di una parte del materiale, ma per semplice riscaldamento di quest'ultimo; che la gassificazione avvenga a 2000°C separatamente rispetto alla pirolisi, e che l'inertizzazione avvenga ad opera della temperatura (compresa tra 1200 e 2000°C); quindi per decomposizione dei composti organici e per vetrificazione dei composti inorganici.

Inconveniente di questo noto processo consiste nelle elevate dispersioni di calore dovute allo scambio termico, nelle elevate spese di impianto dovute alla necessità di impiegare materiali in grado di sopportare le alte temperature, negli elevati costi di frantumazione del prodotto solido

Guilherme A. N. C.

nonché nella formazione di croste vetrose e nella conseguente erosione degli impianti.

Un altro noto processo di pirolisi, denominato KWU (E. De Fraja - M. Giugliano) prevede che questa avvenga in forma indiretta come nel caso precedente, ma che non vi sia gassificazione e che l'inertizzazione avvenga ad opera della temperatura, come nel caso precedente, a circa 1300°C.

Inconveniente di questo noto processo consiste nel fatto che esso opera a temperature elevate e con rendimenti bassi.

Un altro noto processo di pirolisi è descritto nel brevetto europeo n. 0292987. In esso la pirolisi avviene in forma indiretta come nel processo Thermoselect, la gassificazione avviene separatamente rispetto alla pirolisi e con l'aggiunta di materiale combustibile estraneo ai rifiuti, e l'inertizzazione avviene ad opera della temperatura come nel processo Thermoselect.

Inconveniente di questo noto processo è che esso richiede l'aggiunta di materiale combustibile.

Un altro noto processo, denominato PUROX, della Union Carbide Co. (C. Casci, L. Cassitto "Energia dai rifiuti urbani e industriali", CLUP, Milano, 1984; P. Pollesel) effettua solo una gassificazione ad alta temperatura con l'impiego di ossigeno puro e produce solo gas e scorie solide.

Inconveniente di questo noto processo consiste nel fatto che esso consente di ottenere solo gas e scorie solide e non liquidi, né oli, né catrami.

Un altro noto processo, denominato FLASCH PYROLYSIS SYSTEM "GARRETT" (C. Casci, L. Cassitto - A. Paratella, A. Buso, "Smaltimento dei rifiuti" Regione Veneto - Giunta Regionale, 1983) prevede di effettuare una

Guido - A. N. I.

pirolisi indiretta a 500°C ottenendo solamente oli combustibili molto viscosi e corrosivi con una spiccata tendenza a polimerizzare.

Un altro noto processo di pirolisi, denominato MONSANTO ENVIRO-CHEM SYSTEM "LANDGUARD" (C. Casci, L. Cassitto; P. Pollesel) prevede di effettuare la sola gassificazione, con l'invio di aria. Esso pone seri problemi nel controllo delle emissioni provenienti dalla combustione del gas.

Un altro noto processo di pirolisi, denominato ANDCO-TORRAX, della Carborundum Co. (C. Casci, L. Cassitto - P. Pollesel) è simile al processo PUROX, ma impiega una miscela di ossigeno e aria preriscaldata.

Un altro noto processo di pirolisi messo a punto dall'Università di Amburgo (A. Paratella, A. Buso) effettua la sola pirolisi di materie plastiche e gomma, per ottenere nerofumo, olio, gas, in reattore a letto fluido. Inconveniente di questo noto processo consiste nel fatto che esso opera solo con un ben preciso tipo di rifiuto.

Un altro noto processo, denominato PROCEDINE CORPORATION (A. Paratella, A. Buso) effettua la sola pirolisi diretta, come nel processo Thermoselect, sotto pressione di 3,4-7 atm., di materie plastiche fuse, in letto fluido. Oltre agli inconvenienti indicati per il processo Thermoselect, questo presenta l'ulteriore inconveniente di operare sotto pressione e quindi con tecnologie molto dispendiose, che tra l'altro non sono idonee per la produzione di liquidi e di catrami.

Un altro noto processo di pirolisi, denominato HERBOLD della Oscar Herbold di Mackeshein Germania (A. Paratella, A. Buso) effettua la sola pirolisi di pneumatici e di altre materie plastiche, lavorando in depressione pari a 40 mm di mercurio.

Guido A. N. I.

Un altro noto processo, denominato HERKO-KIENER prevede di effettuare la sola pirolisi indiretta, come nel processo Thermoselect, di rifiuti e fanghi di depurazione.

Un altro noto processo, denominato dei FORNI INCENERITORI prevede di effettuare una parziale combustione dei rifiuti con parziale gassificazione in difetto d'aria; i prodotti gassosi (fumi) vengono poi inertizzati separatamente per decomposizione termica in eccesso d'aria e scaricati nell'atmosfera; i prodotti solidi (ceneri) vengono scaricati senza essere inertizzati.

Inconveniente di questo noto processo consiste nel fatto che esso scarica nell'ambiente prodotti solidi e gassosi e non produce sostanze commercializzabili.

Un altro noto processo, denominato WRS (Waste Reclaim Loterios - "L'Indipendente" del 13 marzo 1996 pag. 28), prevede che la pirolisi avvenga in forma indiretta ad una temperatura di circa 500° C, che non vi sia gassificazione e che l'inertizzazione venga effettuata separatamente dalla pirolisi.

Inconvenienti di questo processo consistono in un più basso rendimento dello scambio termico offerto dalla pirolisi indiretta rispetto alla pirolisi diretta; nella impossibilità di recuperare l'anidride carbonica sviluppata dalla combustione; nella necessità di impiegare un forte quantitativo dei prodotti di pirolisi come combustibili per ottenere il calore per la pirolisi stessa; nell'impossibilità, data la bassa temperatura di processo, di convertire eventuali composti aromatici, clorurati ed ossinici eventualmente presenti nei

Guido A. N. L.

rifiuti; e nella possibilità che la pirolisi non sia omogenea, a causa delle dimensioni degli oggetti che costituiscono i rifiuti, i quali non vengono tritati.

Un altro noto processo impiegato per il trattamento dei rifiuti di Art nell'Oregon - USA ("INF-INN", n. 4, novembre 1996; "Energia, Ambiente, e Innovazione 1995, 8-9, 57) prevede di effettuare la pirolisi dei rifiuti a 310÷480 °C, di non effettuare la gassificazione, e di far avvenire l'inertizzazione separatamente dalla pirolisi.

Gli inconvenienti di questo processo consistono in problemi di emissione in atmosfera di piombo e mercurio e nell'impossibilità, data la bassa temperatura di pirolisi, di convertire eventuali composti aromatici, clorurati ed ossinici eventualmente presenti nei rifiuti.

Un altro noto processo, denominato processo DISMO I (EP-A2-0536468) prevede di operare ad alta temperatura (2200 °C) e ad alta pressione (100 bar), con gli inconvenienti di una scarsa durata e di alti costi dei materiali refrattari impiegati.

Scopo dell'invenzione è di eliminare tutti gli inconvenienti congiuntamente o disgiuntamente riscontrabili nei noti processi di conversione chimica dei rifiuti, e di ottenere da rifiuti urbani e speciali, pericolosi e non pericolosi, composti organici e inorganici commercializzabili.

Questo scopo ed altri che risulteranno dalla descrizione che segue sono raggiunti secondo l'invenzione con un processo di conversione termochimica di rifiuti urbani e speciali in composti chimici di base, caratterizzato dal fatto che, entro più ambienti termodinamici tra loro fisicamente interconnessi, si effettua sui rifiuti preventivamente additivati di sostanze inertizzanti:

Guido d. N. L.

- un'operazione di pirolisi a temperatura lentamente crescente a partire da 100°C fino a raggiungere almeno 700°C circa,
- un'operazione di gassificazione sui residui carboniosi provenienti dal precedente trattamento di pirolisi ad una temperatura compresa tra 700° e 1100°C circa, ad opera di ossigeno miscelato a vapor d'acqua e ad anidride carbonica, ottenendo idrogeno, ossido di carbonio ed anidride carbonica, che vengono utilizzati per condizionare il processo di pirolisi,
- un'operazione di inertizzazione dei composti di metalli pesanti, dei composti alogenati e dei composti aromatici ottenuti con i precedenti trattamenti di pirolisi e di gassificazione, sfruttando il calore sviluppantesi da detti trattamenti, le sostanze inertizzanti additivate e le sostanze stesse prodotte dal processo.

La presente invenzione viene qui di seguito ulteriormente chiarita in due sue preferite forme di pratica realizzazione ed in una variante esecutiva riportate a scopo puramente esemplificativo e non limitativo, con riferimento alle allegate tavole di disegni, in cui:

la figura 1 mostra schematicamente un impianto per effettuare il processo secondo l'invenzione in una prima forma di realizzazione,

la figura 2 lo mostra secondo la sezione orizzontale II-II di fig. 1,

la figura 3 lo mostra secondo la stessa vista di fig. 1 in una variante esecutiva,

la figura 4 lo mostra secondo la sezione orizzontale IV-IV di fig. 3, e

la figura 5 lo mostra schematicamente in una differente forma di realizzazione.

Guido

Come si è detto il processo secondo l'invenzione effettua i trattamenti di pirolisi, gassificazione ed inertizzazione dei rifiuti urbani e speciali, pericolosi e non pericolosi, preceduti, per quanto riguarda i rifiuti solidi, da un pretrattamento atto a:

- eliminare dai rifiuti parti metalliche e parti vetrose,
- ridurre la pezzatura dei rifiuti alle dimensioni di circa 1-3 cm,
- ridurre la quantità d'acqua presente nei rifiuti tramite evaporazione, e
- additivare ai rifiuti le sostanze inertizzanti.

Tale pretrattamento non viene effettuato sui rifiuti liquidi, che vengono direttamente immessi in processo.

La pirolisi viene effettuata secondo i criteri della distillazione secca del legno: lentamente ed in progressione di temperatura, cioè aumentando gradualmente la temperatura del materiale in fase di trattamento.

In questo modo si possono prelevare più miscele di prodotti volatili di pirolisi, ciascun prelievo corrispondendo ad un preciso intervallo di temperatura.

La temperatura della pirolisi varia da circa 100°C (con dapprima l'evaporazione dell'umidità e successivamente la liberazione dell'acqua di composizione) a circa 700-800°C, in cui rimane praticamente solo un residuo carbonioso.

Le modalità della gassificazione, avvenendo nello stesso ambiente fisico in cui avviene la pirolisi, consentono di accentuare le naturali caratteristiche riducenti dell'ambiente di pirolisi. Inoltre vengono assolutamente evitati gli effetti "flash", cioè le reazioni molto veloci con tempi di contatto rapidi tra i reagenti ed i prodotti di reazione.

Guido - b. H. J.

In questo modo possono avvenire tutte le reazioni, anche quella a cinetica molto lenta rispetto alla media delle altre reazioni di pirolisi, quali le saturazioni dei doppi legami, la riduzione dei legami ossinici e la decomposizione dei prodotti ossigenati con evoluzione di acqua e anidride carbonica. Si ottengono quindi, soprattutto per ciò che riguarda gli oli ed i catrami, prodotti poveri di ossigeno di legame e scarsamente insaturi.

Il controllo della pirolisi viene quindi esercitato tramite i seguenti parametri:

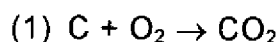
- la temperatura,
- la cinetica della pirolisi,
- le pressioni parziali dei prodotti di reazione.

La temperatura è regolata agendo sulle temperature dei gas prodotti nella zona di gassificazione; la cinetica di pirolisi è regolata tramite i tempi di permanenza del materiale da trattare e tramite la regolazione delle condizioni di temperatura e pressione parziale dei composti ottenuti dalla pirolisi; le pressioni parziali sono regolate tramite il controllo dei flussi di allontanamento dei prodotti volatili di reazione.

La gassificazione dei residui carboniosi provenienti dal precedente trattamento di pirolisi avviene ad una temperatura superiore a 700°C, ma inferiore a 1100°C ad opera di ossigeno gassoso miscelato a vapor d'acqua saturo e ad anidride carbonica gassosa.

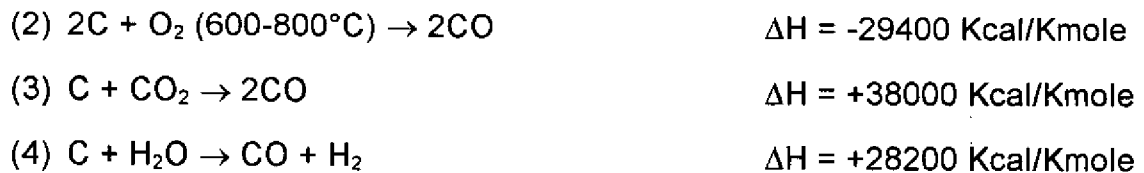
Tale ossigeno gassoso può essere costituito da ossigeno tecnico puro oppure da aria preferibilmente arricchita.

Le principali reazioni che intervengono sono le seguenti:



$$\Delta H = -97000 \text{ Kcal/Kmole}$$

Guido



in cui C deve essere inteso come "residuo carbonioso".

Le reazioni (1) e (2) sono normali reazioni di combustione; la reazione (2) viene però favorita rispetto alla reazione (1) con un opportuno controllo della temperatura tramite la regolazione delle reazioni (3) e (4), per contribuire, assieme ai prodotti di reazione delle medesime, ad accentuare il naturale ambiente riducente delle pirolisi.

Il calore prodotto dalle reazioni (1) e (2) consente di sviluppare la temperatura necessaria affinché avvengano le reazioni (3) (reazione di Boudouard) e (4).

Il regime è quindi autotermico, perchè una parte dei rifiuti viene sfruttata per le sue caratteristiche di combustibile, atto a produrre il calore necessario e più che sufficiente per svolgere il processo.

Le reazioni (3) e (4) sono fortemente endotermiche; grazie a loro è quindi possibile

- controllare la temperatura di gassificazione (cioè le reazioni (1) e (2)),
- controllare l'ambiente di pirolisi più o meno riducente,
- controllare le temperature del processo di pirolisi.

Il controllo delle reazioni (3) e (4) avviene tramite la regolazione delle pressioni parziali dell'anidride carbonica e del vapore acqueo surriscaldato. Tale regolazione è attuata tramite il controllo dei flussi di anidride carbonica e vapore acqueo surriscaldato, flussi che possono essere fissati anche pari a zero, per uno dei due gas o per entrambi.

Guido A. N. C.

Il controllo dell'equilibrio termico fra le reazioni (1) e (2) e le reazioni (3) e (4) consente quindi il controllo della temperatura di gassificazione, e quindi, tramite i gas da questa prodotti, anche il controllo delle pressioni parziali dei prodotti di pirolisi.

Altre importanti reazioni di gassificazione sono le reazioni di formazione del metano:



Queste reazioni non disturbano l'ambiente di pirolisi, essendo il metano un gas riducente, ma sono favorite da temperature troppo basse (400-600°C), tali cioè da contrastare le reazioni (3) e (4) e da raffreddare l'ultimo stadio della pirolisi. Sono quindi per lo più evitate durante lo svolgimento del processo.

La gassificazione avviene in presenza di ossigeno tecnico puro o aria arricchita e non di aria per i seguenti motivi:

- l'aria è composta per i 4/5 di azoto, il quale non interverrebbe in alcuna delle reazioni di processo, asportando invece la gran parte del calore prodotto dalla reazione di gassificazione e pirolisi, senza conversione dell'energia termica in energia chimica. Questa finalità della conversione dell'energia termica in energia chimica è invece scrupolosamente osservata nel processo secondo l'invenzione. Il calore asportato dall'azoto, essendo a bassa temperatura, risulterebbe anche difficilmente recuperabile come energia termica. Inoltre dovrebbe essere compensato con la combustione di maggiori quote di materiale, con conseguenti riduzioni del rendimento. Infine le dimensioni degli impianti industriali atti a svolgere il processo

Guido A. N. I.

secondo l'invenzione, dovrebbero essere aumentate proporzionalmente alla quantità di gas inerti in essa introdotti. L'azoto dovrebbe anche essere separato dai prodotti volatili di gassificazione e pirolisi, comportando ulteriori costi di lavorazione;

- la pressione parziale dell'ossigeno di gassificazione è regolata dalla presenza dell'anidride carbonica e del vapore acqueo saturo che partecipano alle reazioni (3) e (4). L'impiego di aria escluderebbe quindi, a causa della forte concentrazione di azoto, l'impiego di anidride carbonica e di vapore acqueo saturo (uno dei fondamenti del processo secondo l'invenzione), dal momento che si ridurrebbe eccessivamente la pressione parziale dell'ossigeno con conseguente inibizione delle reazioni di gassificazione;
- l'ossigeno tecnico puro, prima di intervenire nella gassificazione, completa l'eliminazione di residui carboniosi eventualmente presenti nei prodotti solidi di pirolisi, secondo la reazione 1,. Questo procedimento è reso possibile anche dalla bassa velocità di tutte le reazioni, e da una precisa particolarità impiantistica.

I rifiuti liquidi vengono preferibilmente iniettati direttamente nella zona di gassificazione o comunque in una zona ad elevata temperatura, allo scopo di evaporare l'acqua presente e di subire la pirolisi a quella temperatura.

Tutte le reazioni di pirolisi e di gassificazione avvengono in leggera sovrappressione, sufficiente soltanto a compensare le perdite di carico dei gas ed a permetterne quindi l'allontanamento. Infatti, qualunque aumento di pressione inibisce, in accordo con le leggi sull'equilibrio chimico, le reazioni (3) e (4) e diminuisce la volatilità dei composti pesanti (oli), che pertanto

Guido A. M.

tendono a permanere nell'ambiente di reazione, subendo un ulteriore cracking.

Il trattamento di inertizzazione riguarda i composti provenienti dai precedenti trattamenti di pirolisi e di gassificazione, e cioè i composti di metalli pesanti, i composti alogenati ed i composti aromatici.

L'inertizzazione dei metalli pesanti si attua additivando ai rifiuti polvere di materie ricche di silice pura o combinata, come silicato di calcio, silice, argilla, ecc..

Viene sfruttata la caratteristica dei silicati di avere bassi punti di fusione, e quindi di potersi formare in fase liquida alla temperatura di gassificazione. Questo vale con l'eccezione del silicato di alluminio, che fonde oltre i 1800°C. Gli ossidi di alluminio non sono però in alcuna misura solubili in acqua e non sono pertanto soggetti a dispersione per dilavamento, né tanto meno a dispersione in atmosfera, dal momento che gli impianti, con cui il processo secondo l'invenzione viene realizzato, non scaricano alcun gas o polvere.

La vetrificazione del residuo minerale viene evitata.

L'inertizzazione dei composti alogenati viene realizzata additivando ai rifiuti carbonato di calcio o composti simili, quali il carbonato di sodio, od i prodotti solidi ottenuti dal processo, essendo questi ricchi di ossidi liberi.

Alla temperatura iniziale del processo il carbonato di calcio reagisce con gli acidi alogendrici liberati negli stadi a temperatura più elevata, secondo la reazione:

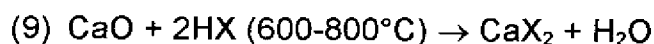


Guido A. N. C.

L'eccesso di carbonato di calcio permette che questa reazione avvenga su tutti i livelli di temperatura della pirolisi, fino al termine di questa, quando a circa 800°C il carbonato di calcio è decomposto completamente in ossido di calcio secondo la reazione:



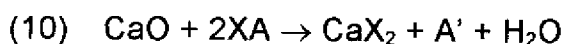
A questo livello l'ossido di calcio reagisce con gli acidi alogenidrici per salificarli secondo la reazione:



Non esistono alogenuri di calcio, magnesio, sodio e potassio dannosi per l'ambiente.

L'inertizzazione degli alogenuri alchilici e aromatici a più alto peso molecolare viene effettuata ad opera dell'ossido di calcio, in quanto essi si formano a temperature comparabili con quella in cui avviene la reazione (8).

La reazione schematica di inertizzazione è dunque la seguente:



A loro volta i composti alogenati che così si formano, tendono a ritrovarsi come radicali piuttosto che come composti stabili, e ad essere inertizzati come tali.

L'inertizzazione dei composti aromatici avviene in maniera differente, a seconda della natura di questi. E' noto che i composti aromatici si formano fino a temperature di circa 700-800°C, pari alle massime temperature di pirolisi del processo secondo l'invenzione. A queste temperature inoltre corrisponde la formazione dei composti aromatici di maggior peso molecolare (areni a nuclei condensati e areni polinucleari) per condensazione dei composti aromatici più leggeri.

Guido A. M. C.

Questa è però anche la temperatura di formazione della frazione più pesante della pirolisi, corrispondente alla formazione di catrami e oli pesanti: questa frazione non viene ulteriormente pirolizzata, ma prelevata come tale (come del resto avviene per tutte le altre frazioni).

Risulta quindi evidente che i composti aromatici vengono in parte allontanati come tali assieme agli oli pesanti ed ai catrami, ed in parte si trovano legati ad essi.

Nel primo caso l'inertizzazione avviene per inglobamento: l'alta viscosità degli oli e dei catrami, la bassa tensione di vapore dei composti aromatici simile a quella degli oli e dei catrami che li inglobano, il reciproco effetto solvente dovuto alla compatibilità chimica degli oli e dei catrami con i composti aromatici, impedisce la fuoriuscita di questi dalla massa. Nel secondo caso l'inertizzazione avviene per formazione di legami molecolari.

Da quanto detto risulta chiaramente che il processo secondo l'invenzione non è una successione di tre gruppi di reazioni (pirolisi, gassificazione, inertizzazione), ma una combinazione di tali gruppi di reazioni. Esso è infatti fondato sulla interazione di ciascuno di tali gruppi di reazioni con gli altri due, interazioni che avvengono come segue.

Per loro natura le reazioni di pirolisi si svolgono in ambiente riducente, dal momento che proprio dalla pirolisi si sviluppano gas con queste caratteristiche: ossido di carbonio fino a circa 300°C (assieme ad un'abbondante quantità di anidride carbonica); idrogeno, metano, etilene ed ancora ossido di carbonio (anche se in misura minore) oltre i 300°C fino a circa 700°C.

Guido A. N. C.

Nel processo secondo l'invenzione l'ambiente riducente è accentuato dalla presenza dei gas riducenti prodotti dalla gassificazione per controllare la capacità riducente dell'ambiente di pirolisi oltre che per favorire la produzione di idrogeno tale e quale e di prodotti scarsamente ossigenati e scarsamente insaturi.

Inoltre, tramite le reazioni di gassificazione (3) e (4), in quanto endotermiche, vengono controllate le reazioni esotermiche di pirolisi, le quali si svolgono a temperature maggiori di 270°C: le reazioni (3) e (4) infatti, essendo endotermiche, per progredire si servono del calore delle reazioni di gassificazione (1) e (2) e del calore delle reazioni esotermiche di pirolisi.

Il processo prevede quindi le seguenti zone entalpiche:

- fino a 270 °C circa: reazioni di pirolisi endotermiche;
- da 270°C circa a 700-800°C circa: reazioni di pirolisi esotermiche;
- oltre i 700-800°C circa: reazioni di gassificazione endotermiche ed esotermiche.

Le reazioni (3) e (4) regolano pertanto le reazioni (1) e (2) e le reazioni di pirolisi.

Controllando quindi l'equilibrio termico fra le reazioni (1), (2), (3) e (4) di gassificazione, è quindi possibile controllare anche la temperatura delle reazioni esotermiche di pirolisi. La regolazione di tali temperature avviene mediante la modulazione in entrata delle pressioni parziali dei tre gas ossigeno tecnico puro, anidride carbonica e vapore acqueo saturo.

Questo controllo delle temperature è indispensabile per orientare il processo verso la produzione di determinati composti.

Guido A. N. C.

Inoltre è possibile controllare l'intero processo anche tramite il controllo delle pressioni parziali di tutte le frazioni volatili. Questo controllo si attua soprattutto favorendo, o impedendo, l'allontanamento di determinate frazioni rispetto ad altre; si attua anche regolando le pressioni parziali dei gas riducenti di gassificazione (ossido di carbonio e idrogeno) tramite le reazioni (3) e (4) della gassificazione.

La regolazione delle reazioni di gassificazione (3) e (4) e delle reazioni esotermiche di pirolisi, tramite le reazioni di gassificazione (1) e (2), è fondamentale per regolare l'andamento dell'inertizzazione. Infatti la temperatura di gassificazione non deve generalmente spingersi oltre i 1100°C, per evitare la vetrificazione del residuo solido del processo, costituito interamente da materiali inorganici; inoltre, le reazioni di inertizzazione possono avvenire soltanto alle temperature in cui si svolgono le reazioni di pirolisi e di gassificazione.

Le reazioni di pirolisi, gassificazione, inertizzazione sono quindi combinate nel processo secondo l'invenzione in un preciso sistema che ha caratteristiche proprie rispetto alla pirolisi, alla gassificazione ed all'inertizzazione, considerate ciascuna a prescindere dalle altre.

Da quanto detto risulta chiaramente che rispetto alla tecnica anteriore il processo secondo l'invenzione introduce numerosi vantaggi, ed in particolare:

- la velocità della pirolisi, e quindi di tutte le reazioni di gassificazione e di inertizzazione, viene mantenuta bassa tramite il progressivo e controllato aumento della temperatura. Questo avviene al contrario dei processi finora elaborati, che operano a temperatura costante e con gradienti termici

Guido A.M.C.

elevati. Nel processo secondo l'invenzione vengono quindi evitati i processi "flash", che causano la presenza di composti troppo ossigenati ed insaturi nei prodotti della pirolisi;

- la pirolisi viene effettuata in progressione di temperatura, allo scopo di ottenere più miscele di prodotti (cioè una miscela per ogni arco di temperature), non un'unica miscela od un unico prodotto di pirolisi, come nei processi finora elaborati;
- i prodotti che si ottengono sono i seguenti: idrogeno, ossido di carbonio, anidride carbonica (che in parte viene reimpiegata nel processo per effettuare la reazione di gassificazione (3)), metano, etene e tracce di altri idrocarburi leggeri gassosi; acido pirolegnoso, cioè una miscela acquosa di acido acetico, acetone, metanolo ed altri composti ossigenati leggeri; oli catramici; catrami; solidi mineralizzati;
- l'inertizzazione avviene per addizione di silicati, carbonati inorganici ed inglobamento dei composti aromatici nei catrami e negli oli pesanti, viene effettuata alle corrispondenti temperature di pirolisi e per allontanamento dei composti aromatici assieme ai catrami ed agli oli pesanti, in essi legati od inglobati. I metalli pesanti si combinano coi silicati nella fase di gassificazione, senza vetrificare. Tutto questo permette di ottenere, a differenza dei noti processi, prodotti privi di caratteristiche inquinanti;
- il residuo carbonioso viene interamente gassificato, e il residuo di questa operazione viene successivamente lavato ad alta temperatura (tale cioè da consentire le reazioni di combustione) con ossigeno tecnico puro non miscelato. A differenza degli altri processi non è quindi presente alcun residuo carbonioso, per sua natura inquinante;

Guido A. N. C.

- si impiega una miscela gassificante composta da anidride carbonica, vapor d'acqua saturo, ossigeno tecnico puro; variando le pressioni parziali dei tre gas è possibile controllare la temperatura di gassificazione e quindi le temperature delle reazioni di pirolisi (cioè il gradiente termico dell'intero processo). A differenza degli altri processi, il gioco delle pressioni parziali dei tre gas permette quindi sia il controllo delle temperature, sia il controllo della componente riducente dell'ambiente di pirolisi;
- si impiega ossigeno tecnico puro anziché aria sostituendo i gas inerti, quali azoto, con anidride carbonica. A differenza degli altri processi si dispone quindi in questo modo di un gas (l'anidride carbonica) a doppia funzione: di inerte per la diluizione dell'ossigeno (e quindi di controllo della pressione parziale di quest'ultimo) e di partecipazione alle reazioni di gassificazione (reazione di Boudouard);
- viene evitata la vetrificazione del residuo solido, in quanto si opera a temperature inferiori a 1100°C . In questo modo, a differenza degli altri processi, grazie al tipo di inertizzazione, il residuo non contiene comunque composti inquinanti e non subisce indurimenti che ne ostacolano le operazioni di frantumazione. Si evitano inoltre i problemi connessi all'incrostazione ed all'erosione delle apparecchiature da parte della massa vetrosa fusa;
- a differenza degli altri processi si opera a temperature inferiori ai 1100°C ; il surplus di energia termica viene trasformato in energia chimica (producendo soprattutto idrogeno e ossido di carbonio). E' quindi possibile conseguire un notevole risparmio nelle spese di impianto, potendo impiegare materiali refrattari a basso costo. Inoltre è possibile disporre di

Guido A. N. V.

prodotti chimici quali idrogeno ed ossido di carbonio, invece che di energia termica, che è la forma di energia al più alto livello entropico;

- l'assenza di azoto dovuta all'impiego di ossigeno invece che di aria, evita la diluizione dei prodotti di pirolisi in tale gas; ciò comporta, a differenza di altri processi, una riduzione delle dimensioni dell'impianto e dei costi di esercizio, oltre ad una notevole semplificazione degli impianti di separazione dei gas;
- a differenza degli altri processi si ha flessibilità di produzione, cioè è possibile orientare la produzione stessa verso quei prodotti della pirolisi e della gassificazione di maggior interesse, tramite il controllo delle rispettive temperature;
- a differenza degli altri processi, il processo secondo l'invenzione offre due sistemi di impiego dei gas ottenuti: l'impiego di tali gas come prodotti chimici di base; oppure la combustione di tali gas, previa separazione dell'anidride carbonica, per la produzione di energia (ad esempio energia elettrica);
- a differenza degli altri processi, tutti i prodotti ottenuti con il processo secondo l'invenzione sono commercializzabili; nessuno dei prodotti cioè deve essere smaltito o scaricato;
- il regime del processo è autotermico.

I prodotti ottenuti dal processo possono necessitare, a seconda dell'impiego cui sono destinati, di ulteriori lavorazioni chimiche, fisiche, e/o chimico-fisiche, quali le seguenti.

- Prodotti gassosi: desolforazione, compressione, separazione, miscelazione, stoccaggio, combustione, immissione in gasdotti.

Guido A.M.

- Prodotti liquidi: desolforazione, distillazione, cracking, reforming, riduzione, ossidazione, miscelazione, stoccaggio, combustione, immissione in oleodotti.
- Prodotti solidi: lavaggio con o senza recupero delle sostanze dilavate, macinazione, sinterizzazione, separazione, miscelazione, stoccaggio, trasporto.
- Tutti o parte dei prodotti: separazione e miscelazione fra i prodotti gassosi, liquidi, e solidi ottenuti dal processo o dalle successive lavorazioni, fra loro o con altri prodotti estranei al processo.

Per attuare il processo ora descritto l'invenzione prevede tre differenti soluzioni impiantistiche, ed in particolare due relative ad un reattore monostadio (cfr. figg. 1-4) ed una relativa ad un reattore multistadio a letto fluido (cfr. fig. 5).

Con riferimento alle figg. 1 e 2 l'impianto comprende un reattore monostadio costituito da un cilindro verticale 1 alto da quattro a sei volte la larghezza. Esso è realizzato in materiale metallico con rivestimento interno in refrattario.

Alla parte alta del reattore 1 fa capo un condotto di alimentazione 2 dei rifiuti solidi pretrattati, provvisto di tramoggia di caricamento 3.

Alla parte bassa del reattore 1 fa capo un iniettore 7 per i rifiuti liquidi da trattare.

All'interno del reattore 1 sono previsti opportuni diaframmi 4 e griglie 5 in acciaio, aventi forma semicircolare, sovrapposti tra loro ed inclinati verso il basso con un angolo pari all'angolo di attrito del materiale in trattamento.

Guilherme A. M. D.

I diaframmi 4 impediscono la compattazione del materiale causata dal suo stesso peso; ne favoriscono il rimescolamento, favorendo di conseguenza il contatto fra il materiale ed i gas caldi; permettono il prelievo dei prodotti di pirolisi attraverso prese laterali 6 opportunamente distribuite lungo l'altezza del reattore 1, sotto le griglie 5 ed i diaframmi 4.

Le griglie 5 assolvono la medesima funzione dei diaframmi 4, sostenendo il materiale in trattamento, impedendone la compattazione e favorendone il rimescolamento. Esse inoltre ridistribuiscono nella massa i gas caldi, compresi i gas incondensabili reiniettati nel forno.

In corrispondenza delle prese laterali 6 di prelievo dei gas e dei prodotti di pirolisi sono previsti sistemi a labirinto od altri separatori, che impediscono il trascinamento di polveri e particelle di materiale.

Dal fondo 8 del reattore 1 si prelevano, attraverso gli ordinari sistemi di estrazione, i prodotti solidi mineralizzati.

Alla base del reattore 1 si innestano in modo opportuno tre collettori 9 per l'ossigeno, 10 per l'anidride carbonica e 11 per il vapor d'acqua. Un quarto collettore 12 è inoltre previsto per l'azoto, usato come gas di lavaggio durante il fermo del reattore. E' anche possibile usare come collettore dell'azoto uno dei tre collettori 9, 10 o 11.

I gas iniettati dal fondo del reattore operano e controllano la gassificazione del materiale completamente pirolizzato; i gas caldi provenienti dalla zona di gassificazione ed i prodotti incondensabili surriscaldati e reiniettati nel reattore sostengono la fase di pirolisi.

I gas ascendono lungo il reattore, all'interno del quale è mantenuta una temperatura variabile da circa 100°C nella parte alta, sino a 1100°C alla

Gulliver A.M. 7

base, mentre la massa di rifiuti in trattamento discende lungo il reattore stesso, incontrando i gas in controcorrente.

Il reattore 1 è provvisto di un albero coassiale 13, al quale sono fissati bracci 14 che, ruotando, impediscono l'eventuale formazione di ponti di materiale e facilitano la caduta del materiale stesso.

Il reattore illustrato nelle figure 3 e 4 costituisce una variante esecutiva del reattore già descritto e riporta gli stessi riferimenti numerici per le parti equivalenti. Esso differisce da questo per avere, al posto delle griglie e dei diaframmi semicircolari, piatti circolari orizzontali 15 alternativamente aperti in corrispondenza della zona centrale e della zona periferica per consentire che il materiale in trattamento, spinto da alette 16 applicate ai bracci 14, scenda verso il basso seguendo un percorso sostanzialmente a labirinto.

Il reattore multistadio (cfr. fig. 5) è costituito da un sistema di corpi cilindrici 21, equilateri o allungati, costruttivamente simili tra loro ma non necessariamente uguali, in numero preferibilmente compreso tra quattro e otto, denominati "stadi".

Ciascuno stadio 21 viene caricato superiormente, tramite un opportuno dispositivo 22, con materiale solido proveniente dallo stadio precedente (il primo stadio è caricato con i rifiuti attraverso una tramoggia di ingresso 23; il materiale solido uscente da ciascuno stadio passa nello stadio successivo; dall'ultimo stadio fuoriescono le ceneri, in maniera analoga a come avviene nel fondo del reattore monostadio dei precedenti esempi).

I rifiuti liquidi vengono caricati in uno stadio 21 a temperatura elevata, attraverso un iniettore 29.

Guido - L.N.C.

Il materiale caricato viene mantenuto fluidizzato all'interno di ciascuno stadio tramite l'iniezione dei gas incondensabili surriscaldati prodotti da uno stadio 21 o tramite la miscela gassificante di ossigeno 24, anidride carbonica 25 e vapor d'acqua 26. I gas incondensabili sostengono la pirolisi, la miscela di gas gassificanti sostiene la gassificazione, come avviene nel reattore monostadio.

Ciascuno stadio 21 del reattore multistadio opera a temperatura uniforme in tutto il suo volume, data l'elevata turbolenza della massa fluidizzata, ma a temperatura superiore a quella dello stadio precedente ed inferiore a quella dello stadio successivo.

I gas di pirolisi e gassificazione vengono prelevati da ciascuno stadio attraverso un opportuno dispositivo secondo le consuete tecnologie dei sistemi a letto fluido (per esempio un ciclone 27 od un altro separatore situato all'interno del corpo cilindrico 21). Anche le frazioni solide vengono prelevate da ciascuno stadio attraverso tradizionali dispositivi separatori 28. La tecnologia è quindi analoga a quella degli ordinari reattori a letto fluido.

Nell'ultimo stadio è iniettata la miscela gassificante di ossigeno, anidride carbonica e vapor d'acqua. Inoltre in almeno uno stadio ma preferibilmente in tutti gli stadi è previsto un iniettore 30 per l'azoto.

Ai fini del completo allontanamento delle tracce di sostanza organica e carbonio dalle ceneri e del recupero del calore residuo in esse contenuto, il materiale solido uscente dallo stadio principale di gassificazione viene passato in uno stadio ulteriore 21', ove è posto in contatto con l'ossigeno tecnico puro.

Guido L.N.C.

Mentre da un punto di vista impiantistico la soluzione illustrata nella fig. 5 differisce dalle soluzioni illustrate nelle figg. 1-4, dal punto di vista del processo le tre soluzioni sono equivalenti: le zone di diversa e crescente temperatura, raccolte nel reattore monostadio in un unico apparecchio, sono separate in una sequenza di distinti apparecchi nel reattore multistadio. Vi è una corrispondenza precisa tra ciascuna sezione del reattore monostadio e ciascuno stadio del reattore multistadio a letto fluido.

La presente invenzione è stata illustrata e descritta in due sue preferite forme di realizzazione ed in una variante esecutiva, ma si intende che altre varianti potranno ad esse in pratica apportarsi, senza peraltro uscire dall'ambito di protezione del presente brevetto per invenzione industriale.

Gulliver S.N.C.

RIVENDICAZIONI

1. Processo di conversione termochimica di rifiuti urbani e speciali in prodotti chimici di base caratterizzato dal fatto che entro più ambienti termodinamici tra loro fisicamente interconnessi, si effettua sui rifiuti preventivamente additivati di sostanze inertizzanti:

- un trattamento di pirolisi a temperatura lentamente crescente a partire da 100°C fino a raggiungere almeno 700°C,
- un trattamento di gassificazione sui residui carboniosi provenienti dal precedente trattamento di pirolisi ad una temperatura compresa tra 700 e 1100°C circa, ad opera di ossigeno miscelato a vapor d'acqua e ad anidride carbonica, ottenendo idrogeno, ossido di carbonio ed anidride carbonica, che vengono utilizzati per condizionare il trattamento di pirolisi, e
- un trattamento di inertizzazione dei composti dei metalli pesanti, dei composti alogenati e dei composti aromatici ottenuti con i precedenti trattamenti di pirolisi e di gassificazione, sfruttando il calore sviluppantesi da detti trattamenti, le sostanze inertizzanti additivate e le sostanze stesse prodotte dal processo.

2. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si prelevano durante il trattamento di pirolisi differenti miscele di prodotti volatili, corrispondenti a differenti intervalli di temperature.

3. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si controlla il processo di pirolisi tramite la regolazione della quantità di calore che si sviluppa dalle reazioni di gassificazione.

4. Processo secondo la rivendicazione 3 caratterizzato dal fatto che si controlla la quantità di calore che si sviluppa dalle reazioni di gassificazione

Spallone S.M.C.

regolando il rapporto tra reazioni esotermiche di gassificazione e reazioni endotermiche di gassificazione in base al valore delle pressioni parziali dell'ossigeno, del vapor d'acqua e dell'anidride carbonica regolato a sua volta dai flussi di tali composti che entrano nel processo.

5. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si controlla la cinetica della pirolisi agendo sui tempi di permanenza dei materiali da trattare nei rispettivi ambienti termodinamici.

6. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si controlla il trattamento di pirolisi agendo sulle pressioni parziali dei prodotti di reazione.

7. Processo secondo la rivendicazione 6 caratterizzato dal fatto che si regolano le pressioni parziali dei prodotti di reazione agendo sui flussi di allontanamento dei prodotti volatili di reazione.

8. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua il trattamento di inertizzazione dei metalli pesanti additivando ai rifiuti da trattare sostanze ricche di silice.

9. Processo secondo la rivendicazione 8 caratterizzato dal fatto che si additivano ai rifiuti da trattare silicati.

10. Processo secondo la rivendicazione 9 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare silicato di calcio.

11. Processo secondo la rivendicazione 8 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare silice.

12. Processo secondo la rivendicazione 8 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare vetro.

Guido A.M.C.

13. Processo secondo la rivendicazione 8 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare argilla.
14. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua il trattamento di inertizzazione dei composti alogenati additivando ai rifiuti da trattare carbonati di metalli alcalini e/o alcalino-terrosi.
15. Processo secondo la rivendicazione 14 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare carbonato di calcio.
16. Processo secondo la rivendicazione 14 caratterizzato dal fatto che si additiva ai rifiuti da trattare carbonato di sodio.
17. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua l'inertizzazione dei composti alogenati additivando ai rifiuti da trattare prodotti solidi ottenuti dal processo stesso.
18. Processo secondo la rivendicazione 17 caratterizzato dal fatto che si effettua l'inertizzazione dei composti alogenati additivando ai rifiuti da trattare prodotti ricchi di ossidi liberi.
19. Processo secondo la rivendicazione 17 caratterizzato dal fatto che si additivano ai rifiuti da trattare ossidi liberi.
20. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua il trattamento di inertizzazione degli alogenuri alchilici e aromatici ad opera di ossido di calcio.
21. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua il trattamento di inertizzazione degli alogenuri alchilici e aromatici ad opera di carbonato di calcio.

Guido A. N. L.

22. Processo secondo la rivendicazione 1 caratterizzato dal fatto che si effettua uno o più dei trattamenti in leggera sovrappressione sostanzialmente corrispondente alle perdite di carico dei gas durante il processo stesso.

23. Processo secondo la rivendicazione 1 da attuare in reattore a letto fluidizzato, caratterizzato dal fatto che si mantiene fluidizzato il letto ad opera dei gas provenienti dal processo stesso.

24. Processo secondo la rivendicazione 1 da attuare in reattore a letto fluidizzato, caratterizzato dal fatto che si mantiene fluidizzato il letto mediante iniezione di ossigeno e/o vapore acqueo e/o anidride carbonica di provenienza esterna.

25. Impianto per effettuare il processo secondo una o più delle rivendicazioni da 1 a 24 comprendente un reattore (1,21), mezzi (2,7,23,29) di caricamento entro il reattore dei rifiuti da trattare, e mezzi (6,8,27,28) di allontanamento del reattore dai prodotti solidi e gassosi ottenuti, caratterizzato dal fatto che nel reattore (1,21) sono previsti:

- differenti ambienti termodinamici fisicamente interconnessi tra loro,
- mezzi di caricamento dei rifiuti solidi (2,23) distinti dai mezzi di caricamento dei rifiuti liquidi (7,29),
- iniettori (9,10,11) per l'ossigeno, l'anidride carbonica ed il vapor d'acqua.

26. Impianto secondo la rivendicazione 25 caratterizzato dal fatto di comprendere un reattore (1) costituito da un corpo cilindrico, all'interno del quale sono disposti diaframmi (4) e/o griglie (5) in acciaio, inclinati verso il basso con un angolo sostanzialmente pari all'angolo di attrito dei rifiuti da trattare e con gli iniettori (9,10,11) disposti nella parte bassa di detto corpo cilindrico.

Guido A.M. 2

27. Impianto secondo la rivendicazione 26 caratterizzato dal fatto di comprendere nella parte bassa del corpo cilindrico (1) un iniettore (12) per l'azoto.
28. Impianto secondo la rivendicazione 26 caratterizzato dal fatto che il corpo cilindrico è interessato sulla parete laterale, in posizione sottostante le griglie (5) e/o i diaframmi (4), da prese laterali (6) per il prelievo dei prodotti gassosi, condensabili ed incondensabili.
29. Impianto secondo la rivendicazione 26 caratterizzato dal fatto che il corpo cilindrico (1) è dotato di un albero coassiale (13), rotante, al quale sono fissati bracci (14).
30. Impianto secondo la rivendicazione 26 caratterizzato dal fatto che in corrispondenza delle prese laterali di prelievo dei gas e dei prodotti di pirolisi sono previsti organi separatori.
31. Impianto secondo la rivendicazione 30 caratterizzato dal fatto che i separatori sono del tipo a labirinto.
32. Impianto secondo la rivendicazione 23 caratterizzato dal fatto di comprendere un reattore (1) costituito da un corpo cilindrico, all'interno del quale sono disposti piatti circolari sovrapposti (15) alternativamente aperti in corrispondenza della zona centrale e della zona periferica.
33. Impianto secondo le rivendicazioni 27 e 30 caratterizzato dal fatto che ciascun braccio (14) è inferiormente provvisto di alette (16) agenti sul sottostante piatto (15).
34. Impianto secondo la rivendicazione 25 caratterizzato dal fatto di essere costituito da un reattore comprendente più stadi a letti fluidi (21), ciascuno dei

Guido A.M.

quali operante ad una temperatura superiore rispetto a quella dello stadio precedente ed inferiore rispetto a quella dello stadio successivo.

35. Impianto secondo la rivendicazione 34 caratterizzato dal fatto di comprendere, in almeno uno stadio, un iniettore (30) per l'azoto.

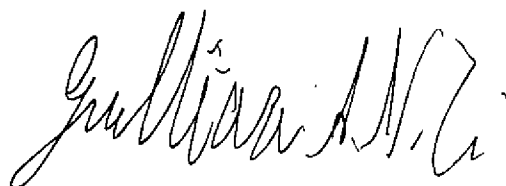
36. Impianto secondo la rivendicazione 34 caratterizzato dal fatto che ogni stadio (21) è interessato da almeno una presa per il prelievo dei prodotti gassosi condensabili e incondensabili.

37. Impianto secondo la rivendicazione 34 caratterizzato dal fatto che in corrispondenza delle prese laterali di prelievo dei gas e dei prodotti di pirolisi sono previsti organi separatori (27,28).

38. Impianto secondo la rivendicazione 37 caratterizzato dal fatto che i separatori (27,28) sono del tipo a ciclone.

39. Processo di conversione dei rifiuti urbani e speciali in composti di base secondo le rivendicazioni da 1 a 24, impianto per effettuare il processo secondo le rivendicazioni da 25 a 38 e sostanzialmente come illustrati e descritti.

MONTEVENDA S.R.L.



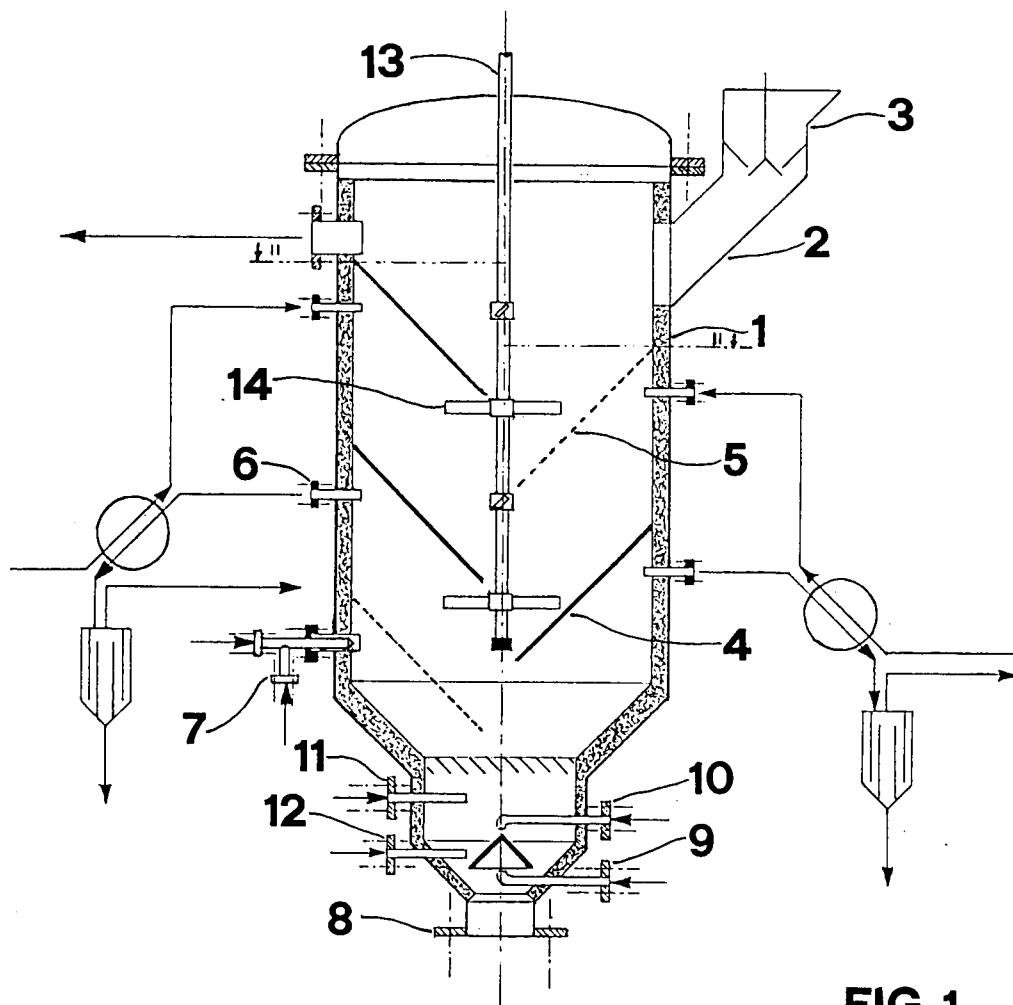


FIG. 1

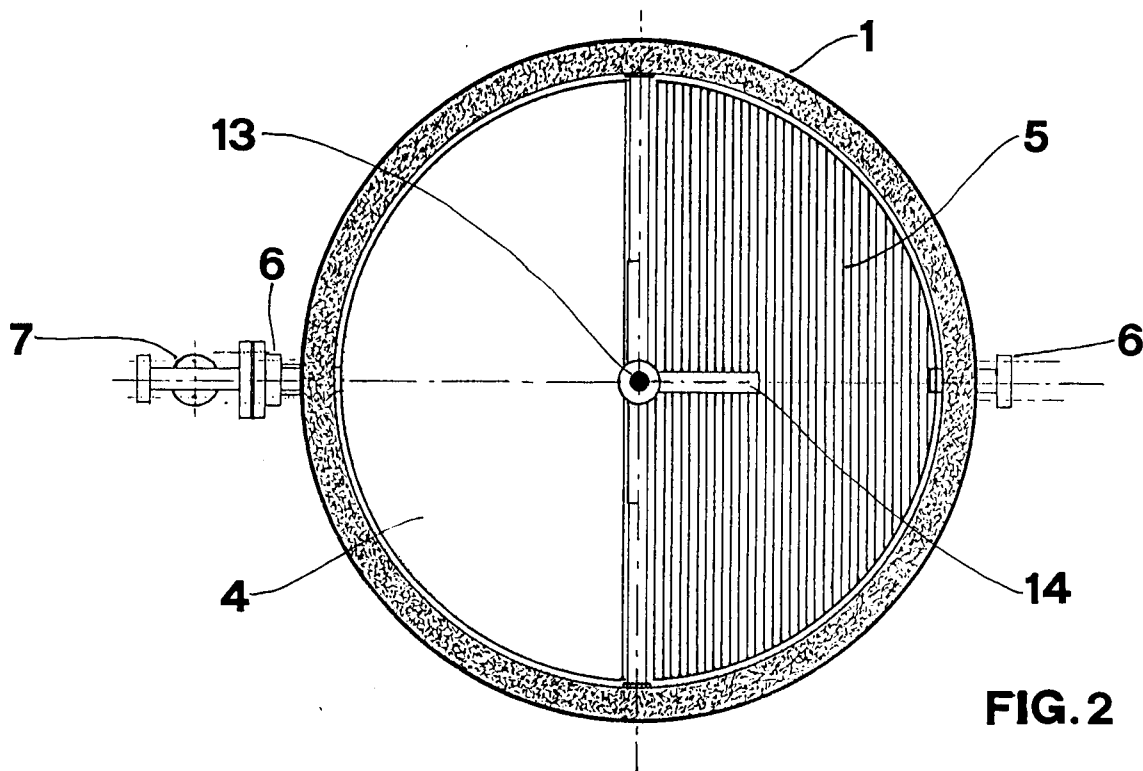


FIG. 2

Gulliver & Co., Inc.

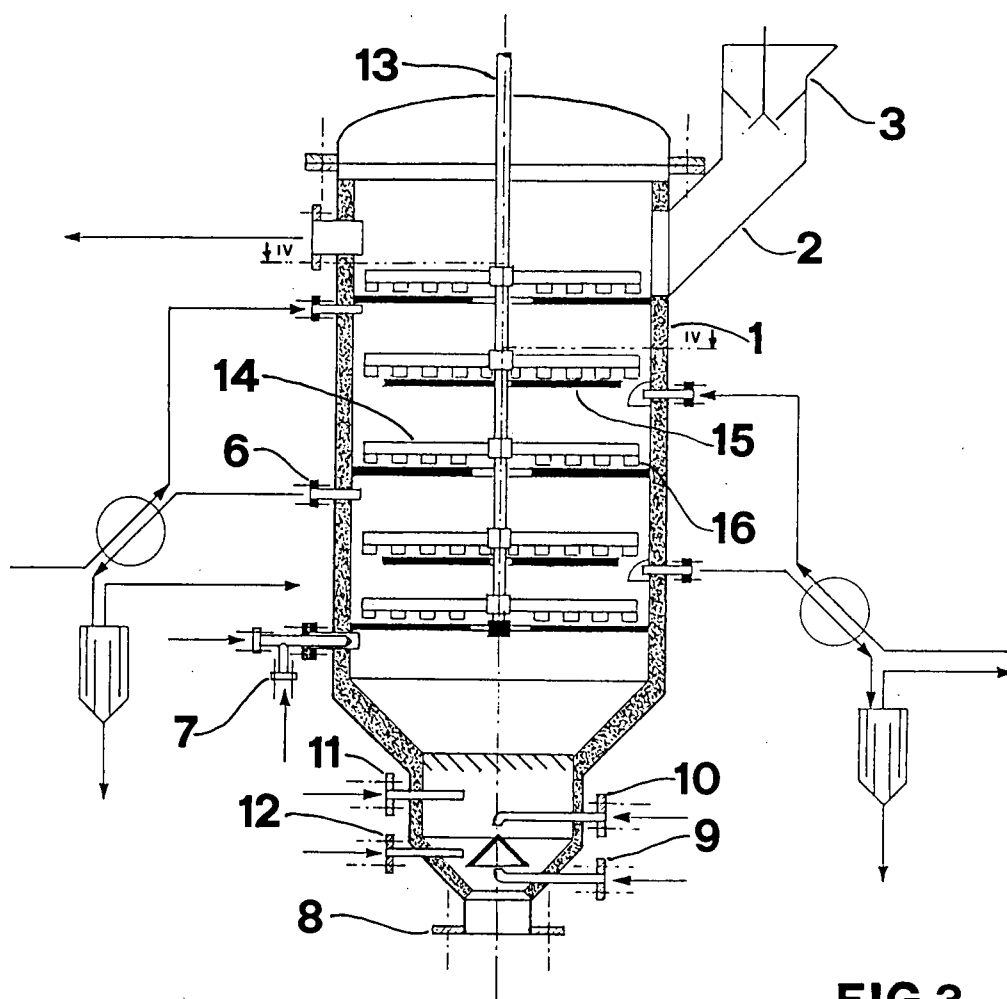


FIG. 3

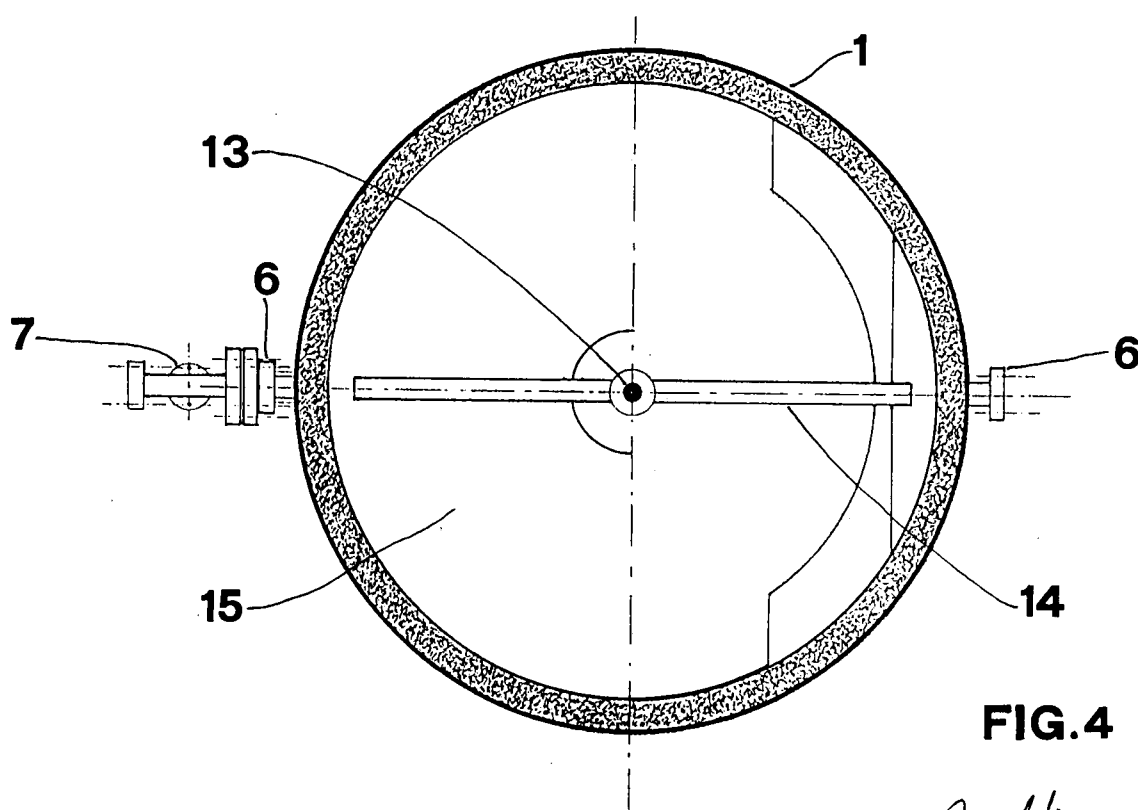


FIG. 4

Gutierrez H. L.

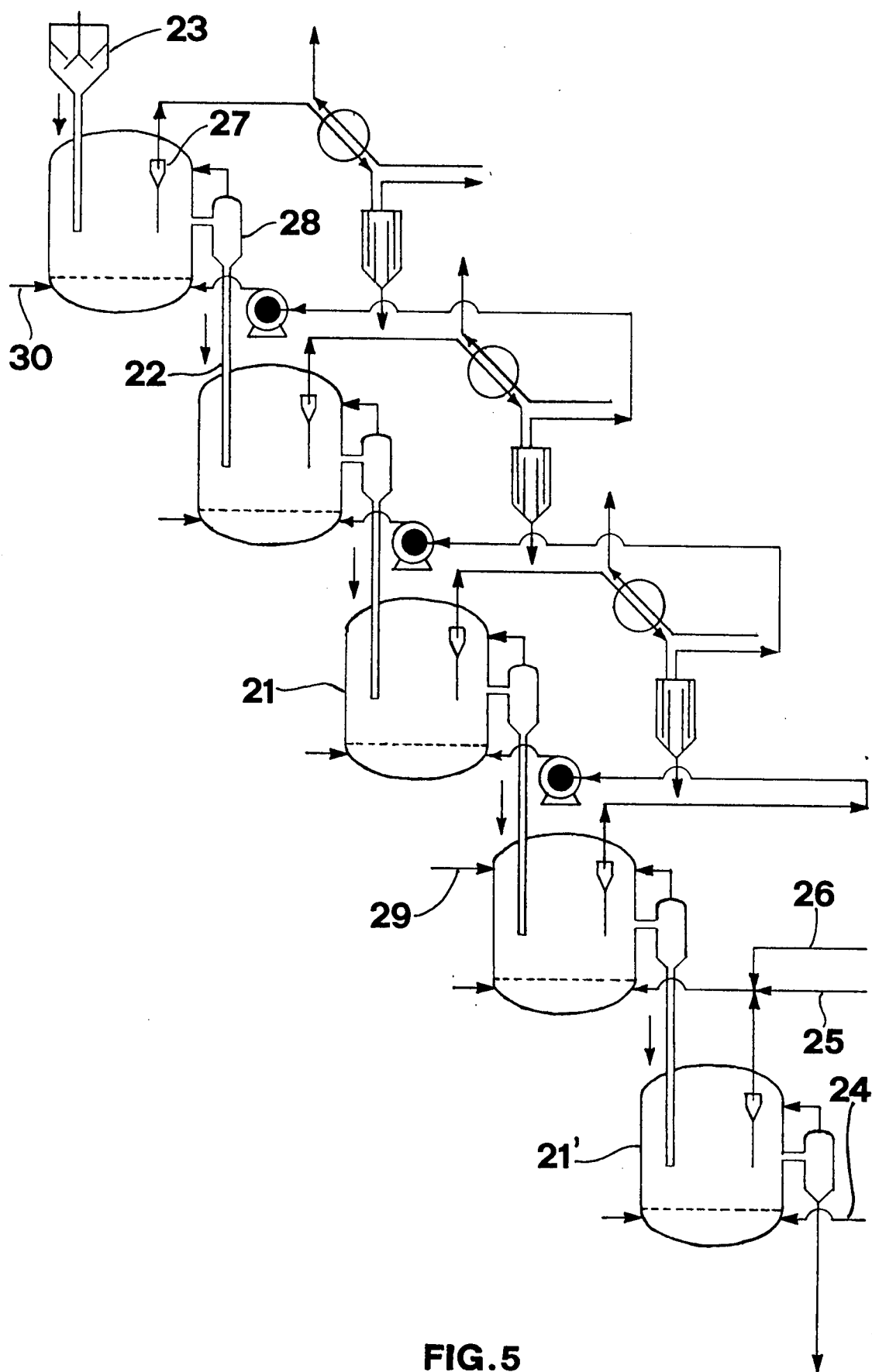


FIG.5

Gustafsson & W.