



CONFEDERAZIONE SVIZZERA

ISTITUTO FEDERALE DELLA PROPRIETÀ INTELLETTUALE

⑪ CH 689 354 A5

⑤① Int. Cl.⁶: C 10 B 053/00
F 23 G 005/02
B 09 B 003/00

Brevetto d'invenzione rilasciato per la Svizzera ed il Liechtenstein

Trattato sui brevetti, del 22 dicembre 1978, fra la Svizzera ed il Liechtenstein

⑫ FASCICOLO DEL BREVETTO A5

②① Numero della domanda: 00111/94

②② Data di deposito: 14.01.1994

②④ Brevetto rilasciato il: 15.03.1999

④⑤ Fascicolo del
brevetto pubblicato il: 15.03.1999

⑦③ Titolare/Titolari:
Ensofor S.A., 6985 Curio (CH)

⑦② Inventore/Inventori:
Jaccard, Léon, Curio (CH)
Jaccard, Jean-Patrick, Curio (CH)

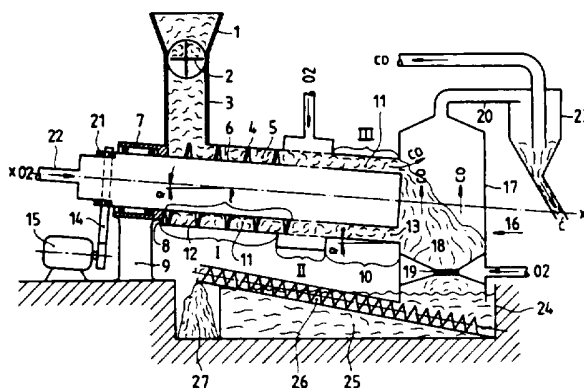
⑦④ Mandatario:
Dipl.-Ing. Carlo Gaggini, Via Madonna della Salute 5,
6900 Massagno (CH)

⑤④ Procedimento per trattare prodotti di scarto ed in particolare i rifiuti solidi urbani e dispositivo per realizzare il procedimento.

⑤⑦ L'invenzione concerne un procedimento per trattare i prodotti di scarto, ed in particolare i rifiuti solidi urbani, per combustione. Il procedimento inventivo comprende i passi di:

- compattazione del materiale in un canale tubolare (5) di forma preferibilmente circolare,
- trattamento termico del materiale durante il suo passaggio nel canale 5, che può essere di gassificazione o di pirólisi, con temperatura di trattamento di almeno 1100°C,
- combustione del materiale all'uscita del canale 5 in un gassogeno a controcorrente 16 noto.

Il procedimento è caratterizzato dal fatto che il canale tubolare 5 è essenzialmente orizzontale con la sua parte inferiore d'uscita formante tuttavia preferibilmente un angolo di inclinazione a compreso tra 0 e 10°, e che il materiale forma nel canale tubolare 5 uno strato avente uno spessore compreso tra 5 e 20 cm, e preferibilmente tra 8 e 15 cm. In una forma preferita di realizzazione il materiale attraversa il canale tubolare 5 sottoforma di corpo essenzialmente circolare cilindrico cavo nel mezzo.



Descrizione

La presente invenzione concerne un procedimento per trattare prodotti di scarto, e in particolare i rifiuti solidi urbani, come dal prologo della rivendicazione 1, nonché un dispositivo per realizzare il procedimento, come dal prologo della rivendicazione 7.

L'eliminazione degli scarti prodotti dalla società nelle sue più svariate attività, ed in particolare dei cosiddetti rifiuti solidi urbani, è oggi un compito di grande attualità, visti i pericoli di inquinamento atmosferico ed idrico che tale eliminazione comporta se eseguita in modo errato. Sono dunque già stati proposti molti sistemi di eliminazione degli scarti, in particolare per ciò che concerne i rifiuti solidi urbani provenienti dalle economie domestiche. Proprio questi ultimi causano i problemi più difficili da risolvere, poiché si tratta di rifiuti sparsi su tutto il territorio, e dunque difficilmente organizzabili per quanto ne concerne la raccolta, ed estremamente eterogenei, poiché contengono, seppure in quantità piccola, tutto ciò che il mercato offre, dalle plastiche ai metalli pesanti, dai composti chimici più svariati alle sostanze organiche di ogni tipo. Neppure la cosiddetta raccolta separata dei rifiuti, ossia la separazione dei rifiuti alla fonte – in metalli riciclabili, componenti vegetali ed organiche compostabili, sostanze combustibili ecc. – sembra poter risolvere alla radice il problema della eliminazione dei rifiuti solidi urbani, pur rimanendo un prezioso mezzo per la riduzione della quantità di rifiuti prodotti pro capite.

Sia qui sin d'ora detto che la presente invenzione fa riferimento esplicito alla eliminazione dei rifiuti solidi urbani quali uno degli esempi di problema per il quale urge trovare soluzioni migliori: tuttavia la tecnica qui spiegata non è limitata a questo genere di rifiuti, potendo essa venir impiegata in generale per la eliminazione per combustione di quasi tutte le sostanze solide, prese le dovute precauzioni per quanto concerne la formazione di fumi pericolosi ed il loro trattamento.

La tecnica oggi più usata per l'eliminazione dei rifiuti solidi urbani è quella del loro incenerimento nei cosiddetti forni a griglia. Si tratta di impianto di solito di grossa potenza nei quali i rifiuti vengono bruciati su una griglia di considerevoli dimensioni, lunga spesso più di 20 metri. I più moderni forni a griglia di questo tipo possiedono griglie a sbarre mobili, onde omogeneizzare da un lato la combustione ed evitare la formazione dei temuti canali preferenziali attraverso i quali passa l'aria di combustione insufflata ed anche per meglio eliminare le scorie. È noto che questi tipi di forni, di tecnologia alquanto primitiva, hanno lo svantaggio di produrre fumi caldi di composizione estremamente eterogenea, come sono eterogenee le condizioni di combustione sulla griglia: le zone di combustione ad alta temperatura sono quelle dove migliore è l'apporto di ossigeno, mentre in quelle meno alimentate d'ossigeno, rispettivamente aria, il materiale brucia a bassa temperatura, intendendo con ciò le temperature minori di quelle necessarie per spaccare le molecole costituenti i catrami, le diossine, i furani ecc., temperature che sono al di sopra di 1000°C. L'impiego dei forni a griglia convenzionali esige dunque

un impegno considerevolissimo per il lavaggio efficace dei fumi di scarico, con aumento dei costi relativi. D'altra parte non si è mai certi di avere eliminato totalmente le diossine altamente inquinanti dopo che le stesse sono state necessariamente prodotte nella combustione.

Sono già state fatte molte proposte per migliorare le condizioni di combustione dei rifiuti solidi urbani, tra le quali quella più nota nella letteratura brevettuale è quella di eseguire la pirolisi del materiale ad alta temperatura.

Una proposta di questo tipo viene ad es. descritta nel brevetto svizzero CH-A 631 479, nel quale viene descritto un procedimento per trasformare gli scarti mediante pirolisi ed un dispositivo per realizzare lo stesso. In questo documento il materiale da pirolizzare viene introdotto tramite una coclea in un contenitore di pirolisi costituito da un tubo chiuso, al quale viene alimentato calore tramite una camera di bruciatori che circonda il contenitore pirolitico. Il contenitore stesso è disposto in modo inclinato verso il basso, cosicché, all'uscita del contenitore pirolitico, i gas ed i vapori di pirolisi vengono recuperati tramite una conduttura, ed in parte impiegati per riscaldare per combustione la camera che circonda il contenitore pirolitico, mentre le parti incombuste vengono raccolte in un secondo contenitore disposto pure all'uscita del contenitore pirolitico. In questo secondo contenitore, dotato di una valvola di scarico, si raccolgono dunque tutti gli scarti della combustione, ed in particolare i metalli non volatilizzati nel contenitore pirolitico, le scorie incombuste ed i prodotti carbonizzati. Lo svantaggio di questo sistema, che lavora con temperature di pirolisi di soli circa 760° consiste nel fatto che esso non permette di evitare la formazione di diossine e furani e che produce un eccesso di prodotti solo carbonizzati, ma non definitivamente combusti, che devono venir riciclati in altro modo.

Un sistema più completo di soluzione dei problemi, che costituisce lo Stato della Tecnica dal quale la presente invenzione muove, è descritto nella PCT-WO 81103 629, che concerne un procedimento e dispositivo di trattamento di prodotti umidi, intendendo per prodotti umidi i rifiuti solidi urbani.

In questo dispositivo noto dei lingotti di prodotti disidratati per compressione sono spinti in un canale rettilineo fino ad un forno. I gas caldi del forno, passando attorno al canale, lo riscaldano fino ad una temperatura compresa tra 350 e 1200°C, ricavando così dal materiale contenuto nel canale, per pirolisi, del gas combustibile e del carbone. Una parte dei prodotti ottenuti viene bruciata ed il calore ricavato è utilizzato per riscaldare i rifiuti contenuti nel canale. In questo documento viene dunque mostrato chiaramente un canale nel quale i rifiuti solidi urbani, dopo essere stati compressi tramite una pressa per allontanarne l'acqua, vengono sottoposti ad un processo di pirolisi per poi venir bruciati in un forno verticale, assimilabile ad un gassogeno a controcorrente, disposto all'uscita del canale. I fumi caldi prodotti nel forno lambiscono il canale di pirolisi e gli cedono il calore necessario all'operazione. Sia qui precisato che il forno è da equiparare ad un gassogeno a controcorrente poi-

ché – pur non essendo denominato esplicitamente con queste definizioni – ne presenta le caratteristiche, essendo esso dotato di un imbuto nel quale viene alimentata l'aria per la combustione primaria. A controcorrente risulta essere il gassogeno per il fatto che i fumi formati nel focolare vanno nella direzione opposta del materiale che cade nel forno, con tutte le conseguenze, note all'uomo del mestiere, per quanto riguarda l'estrazione da parte dei gas dei fumi di sostanze ancora presenti nel materiale non completamente carbonizzato. Il canale di pirolisi mostrato in questo documento, di forma circolare, deve avere, per potere ottenere la pirolisi completa del materiale che lo attraversa, una lunghezza di circa 25 m per un diametro del canale di 38 cm, e di circa 12 m per un diametro del canale di 25 cm, con una temperatura esterna al canale di 800–1000°C. Lo svantaggio principale della soluzione qui mostrata è appunto dato dalla difficoltà di ottenere la pirolisi completa del materiale in un canale pieno, ad es. di forma circolare. Infatti già la lunghezza di 12 m per un canale di soli 25 cm di diametro, pari a 4,9 dm² di superficie, è molto considerevole, poiché limita molto la capacità di smaltimento dei rifiuti. Inoltre i gas di pirolisi uscenti dal canale a temperatura relativamente bassa non danno garanzie di assenza di gas tossici negli stessi, sicché sussistono anche qui tutti i problemi legati al lavaggio dei fumi sopracitati in relazione ai forni a griglia.

Dalla EP-A 0 565 935 si conosce altresì un gassogeno ad equicorrente, comprendente una coclea verticale che spinge il materiale da gassificare verso l'alto attraverso una zona di combustione primaria costituita da un anello al quale l'aria di combustione viene alimentata tanto dall'interno che dall'esterno dell'anello. A tale zona fa poi seguito, verticalmente verso l'alto, la zona di gassificazione vera e propria, nella quale il biossido di carbonio, prodotto nella zona della combustione primaria, viene trasformato in monossido di carbonio, che viene inviato all'uso previsto. Questa soluzione con camera di combustione primaria anulare mostra la possibilità di creare una superficie di combustione di grande ampiezza pur mantenendo piccole le dimensioni radiali dell'anello stesso attraverso il quale il materiale passa, ossia lo spessore del materiale. Questa soluzione offre cioè condizioni ideali di combustione, nelle quali tutto il materiale viene trattato allo stesso modo, poiché la temperatura è omogenea su tutta la superficie, malgrado la grande superficie realizzabile dell'anello: basta infatti scegliere il diametro interno dell'anello di grandezza sufficiente.

Questo tipo di gassogeno, ideale per la combustione di materiali privi di residui pesanti quali in particolare metalli ad alta temperatura di fusione, non può venir impiegato per la combustione dei rifiuti solidi urbani, poiché, essendo basato sul sistema della circolazione del materiale fino a completo esaurimento di tutte le sostanze combustibili ma non disponendo di un sistema di allontanamento dei metalli e dei minerali fusi, tenderebbe ad intasarsi con tali materiali, che si raccoglierebbero sul suo fondo, riempendolo in breve tempo ed impe-

dendo così l'ulteriore funzionamento del gassogeno.

Tuttavia da questo gassogeno si ricava l'insegnamento legato ai vantaggi di una corona circolare quale camera di combustione, rispettivamente di trasmissione del calore.

Lo Stato della Tecnica conosce altresì dei tentativi più recenti tesi a migliorare le condizioni di lavoro descritte nella succitata PCT-WO 81/03629, come la EP-A 0 443 596 e la EP-A0 520 086. Questi documenti non apportano però in effetti nulla di nuovo per ciò che concerne l'eliminazione degli svantaggi della soluzione precedente, poiché le caratteristiche di funzionamento del canale pirolitico non sono affatto migliorate, in quanto né dai documenti citati, né dagli impianti sperimentali realizzati nel frattempo dalla depositante ditta Thermoselect AG di Vaduz, non sono stati resi noti dei dati che possano essere di aiuto in questo ordine di idee. I canali di pirolisi realizzati nella pratica da Thermoselect sono infatti di sezione rettangolare con dimensioni di circa 40 cm × 100 cm e lunghezze di circa 8–10 m, ossia canali che sono ancora più inadatti di quello divulgato nella PCT-WO 81/03629 per potere realizzare la pirolisi completa della colonna di materiale passante, cioè la pirolisi fin nel cuore del materiale.

Scopo della presente invenzione è dunque di proporre un procedimento per trattare dei prodotti di scarto, ed in particolare i rifiuti solidi urbani, impiegando le conoscenze precedenti derivanti dalla PCT-WO 81/03629 e EPO-A 0 565 935, e migliorando però tali procedimenti e dispositivi noti onde ottenere:

a) che il materiale venga trattato nel canale essenzialmente orizzontale fino nel suo cuore pur mantenendo dimensioni di lunghezza accettabili e comunque inferiori a 10 m,

b) che i fumi fuoriscenti dall'impianto provengano da materiali che sono stati obbligatoriamente sottoposti per un periodo sufficiente di tempo ad una temperatura di almeno 1200°C, onde garantire che le molecole di catrame, diossine, furani ecc siano state crechizzate con certezza e non siano dunque più presenti nei fumi,

c) che l'energia prodotta dalla combustione dei prodotti di scarto rispettivamente dai rifiuti solidi urbani possa venir recuperata ottimalmente.

Questi scopi principali, ed altri secondari che verranno citati nel corso della descrizione, vengono ottenuti con un procedimento conforme alla parte caratterizzante della rivendicazione 1 e con un relativo dispositivo di realizzazione conforme alla parte caratterizzante della rivendicazione 7.

Altri vantaggi sono poi oggetto delle rivendicazioni dipendenti e verranno citati al momento opportuno.

L'invenzione viene ora meglio descritta con l'aiuto di due esempi di realizzazione corredati delle relative figure.

Queste mostrano:

fig. 1 Una veduta schematica di un impianto dotato di un canale tubolare e di un gassogeno a

controcorrente, come quello citato nella PCT-WO/03629, nel quale però il materiale, nel canale orizzontale, viene sottoposto a gassificazione;

fig. 2 Un impianto in veduta schematica pure dotato di un canale tubolare essenzialmente orizzontale e di un gassogeno a controcorrente come nella PCT-WO/03629, nel quale il materiale, come nello Stato della Tecnica, viene sottoposto a pirolisi, tuttavia a condizioni nuove ed inventive.

Prima di descrivere le figure singolarmente, vogliamo fare una considerazione generale valida per tutte le stesse. Nelle figure non si è tenuto espressamente conto dei problemi legati ai materiali, cioè alle loro necessità di resistenza meccanica né di isolamento termica. Gli impianti mostrati nelle figure sono cioè rappresentati schematicamente, quel tanto che basta per spiegarne il funzionamento. È poi evidente che determinate parti degli impianti soggetti ad elevate temperature saranno fatte di materiali refrattari o ceramici adatti, altre parti delle quali si vogliono limitare le perdite di calore verso l'esterno possiederanno un rivestimento termico di spessore adatto ecc. Tutti questi provvedimenti sono alla portata di qualsiasi uomo del mestiere e non abbisognano dunque di particolari spiegazioni. Si tratta di problemi di dimensionamento non inventivi.

Nella fig. 1 è rappresentato un impianto inventivo mediante il quale possiamo ora descrivere il provvedimento inventivo ed una prima forma di realizzazione pratica. Secondo il provvedimento inventivo, i rifiuti solidi urbani vengono compressi dapprima in un canale tubolare chiuso all'entrata in modo stagno. Nella fig. 1 si vede con 1 una tramoggia di alimentazione chiusa alla sua estremità inferiore con una valvola a stella 2. Questa alimenta materiale, nella fattispecie rifiuti solidi urbani di granulometria adeguata, eventualmente preventivamente sminuzzati mediante un'apposita sminuzzatrice inserita a valle dell'impianto, in un bocchettone di alimentazione 3, che si apre sul lato superiore di un cilindro, che costituisce la parete esterna 4 del canale tubolare 5.

Il canale tubolare 5 contiene nel suo interno un tubo coassiale 6 ruotante in un cuscinetto di supporto 7 al quale è fissata anche la parete frontale 8 del canale tubolare 5. Il cuscinetto 8 è ora inventivamente disposto in modo tale che l'asse x-x del canale tubolare 5 è essenzialmente orizzontale come disposizione generale, ma è inventivamente inclinato verso il basso, nel senso di spostamento del materiale, di un angolo compreso tra 0° e 10°. Nella soluzione della fig. 1 questa inclinazione dell'asse x-x è ottenuta semplicemente inclinando verso destra (dato che in questa figura il materiale si sposta da sinistra a destra) il cuscinetto di supporto 7 rispetto al suo sostegno 9 sul pavimento orizzontale. Sia qui già sin d'ora stabilito che la soluzione qui mostrata con l'asse x-x del canale 5 inclinato è una soluzione particolare nell'ambito dell'invenzione. Questo esige infatti solo che la generatrice del canale tubolare 5 nel punto inferiore del canale e nella parte terminata dello stesso sia inclinata verso il basso con un angolo compreso tra 0° e 10°. Ciò significa che si potrebbe anche fare un

canale 5 con l'asse x-x perfettamente orizzontale, e con solo la generatrice del canale, nella zona suddetta indicata, con 10 nella fig. 1, inclinata con l'angolo α suddetto verso l'uscita del canale. Anche una simile soluzione sarebbe perfettamente compresa nell'ambito dell'invenzione. Infatti l'inclinazione della generatrice 10 del canale tubolare 5, o di tutto il canale stesso, ha l'unico scopo di permettere ai materiali che fondono nel canale nel corso del trattamento termico (e può trattarsi di metalli, vetro ecc.) di scorrere sul fondo del canale più facilmente, raggiungendo così l'uscita più rapidamente. In generale una certa inclinazione dell'asse x-x del canale 5 nel senso di spostamento del materiale favorisce lo spostamento dello stesso lungo il canale 5, ma non è condizione necessaria, poiché anche con un angolo α uguale a zero i liquidi prodotti nel canale finiscono per venir evacuati verso il lato opposto, sospinti dal materiale fresco che avanza. Il tubo interno coassiale 6 è di diametro minore del tubo esterno 4, cosicché tra questi due tubi viene a formarsi una camera anulare su tutta la lunghezza del canale tubolare 5. Il tubo interno porta sulla sua superficie esterna e lungo una prima parte della sua lunghezza una coclea 12 di alimentazione che trasporta il materiale dal bocchettone di alimentazione 3 fino allo sbocco 13 del canale 5. La coclea 12 ha dunque la funzione di spingere avanti il materiale proveniente dalla tramoggia di alimentazione 1 e dalla valvola a stella 2 in cariche successive, e compattarlo o comprimerlo nel canale tubolare 5. Sia però chiaro che la funzione di compattamento della coclea 12 non è equivalente a quella della pressa del succitato documento predivulgato. Infatti tanto nella PCT-WO 81/03629 che nelle seguenti EP-A 0 443 596 e EP-A 0 520 086 la funzione della pressa era quella di creare un tampone nel canale stagno ai gas, affinché i gas sviluppati nel canale non potessero ritornare indietro. Questo effetto di chiusura stagna era necessario perché, per ottenere un alto effetto di compattezza e di eliminazione dell'acqua, si sottoponeva il materiale ad altissime pressioni, ciò che può venir fatto solo con presse discontinue che non possono garantire la chiusura stagna. Nella presente forma di realizzazione si è per contro rinunciato all'elevata compattazione, accontentandosi dell'effetto ottenuto mediante la coclea. Grazie a ciò è però possibile lavorare con un'alimentazione semi-continua del materiale, tramite la valvola a stella 2, che assicura un più che sufficiente effetto di chiusura stagna. Si tenga pure presente che la presenza di acqua nei rifiuti solidi urbani può tornare utile, poiché, se si tratta il materiale a temperatura sufficientemente elevata, l'idrogeno che se ne ottiene va ad arricchire il gas ottenuto dalla pirolisi, di per sé relativamente povero in calorie.

Dalla fig. 1 si vede poi come il tubo interno 6 venga azionato a monte del cuscinetto di supporto 7 mediante un mezzo di trasmissione 14 adatto ed un motore o motoriduttore 15. La conformazione generale del canale tubolare 5 è ora molto simile, a parte la disposizione essenzialmente orizzontale e l'alimentazione laterale, a quella descritta nella sopracitata EP-A 0 565 935, che descrive un gasso-

geno ad equicorrente. Facciamo dunque qui riferimento anche a questo documento, onde evitare di ripeterci inutilmente. Si tratta dunque, per ciò che concerne il canale tubolare 5 della fig. 1, di un gassogeno ad equicorrente, nel quale cioè i rifiuti compattati durante il loro trasporto nel canale subiscono un trattamento termico, come previsto dal procedimento inventivo, costituito da un processo di gassificazione con alimentazione di ossigeno e/o di aria dall'esterno.

Dal punto di vista processuale, nel canale tubolare 5 avviene un trattamento termico dei rifiuti compattati, che vengono riscaldati fino ad una temperatura T di almeno 1100°C, così da trasformare almeno una parte del carbonio contenuto nei rifiuti in CO (monossido di carbonio). Nella soluzione specifica della fig. 1, corrispondente alla forma di esecuzione preferenziale delle rivendicazioni 7 e 10, la camera anulare 11 del canale tubolare 5 è suddivisa, nella sua lunghezza, in tre zone, che, nel senso di spostamento del materiale, sono:

– La prima zona, indicata con I e detta anche zona di trasporto, nella quale il tubo interno 6 presenta la coclea di alimentazione 12 e si estende fino a circa la metà della lunghezza della camera anulare 11. Questa lunghezza è necessaria onde garantire un sufficiente effetto di compattazione del materiale, che potrebbe anche venir favorito mediante il sistema (non mostrato) di fare una coclea «restringentesi» verso destra.

– La seconda zona, detta zona della combustione primaria ed indicata con II, nella quale tanto il tubo interno 6 che il tubo esterno 4 presentano una corona di fori attraverso i quali viene alimentato ossigeno e/o aria da entrambi i lati della camera anulare 5. In questa zona avviene la reazione termica inventiva, consistente nella reazione esotermica $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 97$ calorie, con la quale i rifiuti solidi urbani vengono riscaldati fino ad almeno 1100°.

La terza zona, detta zona di gassificazione indicata con III, nella quale il biossido di carbonio, formato dalla combustione parziale dei rifiuti nella seconda zona II, viene trasformato in monossido di carbonio, entrando in contatto con il carbone ancora presente nel materiale, secondo la reazione endotermica $CO_2 + C \rightarrow 2CO - 39$ calorie.

Il funzionamento di un gassogeno ad equicorrente come quello testè descritto e composto dalle tre zone susseguenti I-III è ampiamente descritto nella domanda di brevetto succitata, perché qui sono inutili altri dettagli. Vogliamo solo sottolineare che, nel processo inventivo realizzato quale prima forma preferenziale con il dispositivo della fig. 1, il trattamento termico, che deve avvenire ad almeno 1100°C per eliminare i pericoli di formazione di diossina e furani, è un processo di gassificazione, conformemente alla caratteristica della rivendicazione 3.

All'uscita del canale anulare i prodotti non ancora combustibili vengono poi, in modo in sé noto, bruciati in un gassogeno a controcorrente verticale, indicato con 16 in generale. In questo gassogeno, la cui costruzione corrisponde quasi perfettamente (salvo alcuni perfezionamenti di dettaglio sui quali ritorneremo) a quella mostrata nella PCT-WO 81/03629 i

materiali non ancora combustibili e non trasformabili in monossido di carbonio vengono separati per fuoriuscita dalla sua parte inferiore sottoforma di scorie e cenere. Un simile gassogeno a controcorrente verticale 16, noto nelle sue componenti, è costituito da un involucro cilindrico 17 con asse verticale. Il canale tubolare 5 sbocca, con la sua camera anulare 11 piena di materiale, nella parte verticale del gassogeno 16. Al di sotto del punto di sbocco il gassogeno 16 presenta un restringimento conico 18 alla base del quale una corona di fori 19 lascia entrare dell'ossigeno e/o dell'aria radialmente. Si forma così in questa zona il focolare, nel quale avviene, come è noto, la combustione primaria secondo la formula $C + O_2 \rightarrow CO_2 + 97$ calorie, seguito dalla trasformazione di gassificazione $CO_2 + C \rightarrow 2CO - 39$ calorie con la quale viene formato il monossido di carbonio che, unendosi a quello che già viene prodotto nel gassogeno ad equicorrente, viene allontanato mediante la tubazione di scarico dei fumi sulla cupola del gassogeno 16. Si noti qui che il gassogeno a controcorrente 16, nel quale i gas di combustione, ed il CO in particolare, incontrano sul loro cammino il materiale da gassificare proveniente dal canale tubolare 5 non presenta gli svantaggi succitati dei gassogeni a controcorrente, cioè l'estrazione dai materiali dei catrami ecc., poiché tali materiali sono già stati crechizzati, cioè spaccati molecularmente, nel corso del trattamento termico inventivo che avviene ad almeno 1100°C, nel canale tubolare 5, sicché il pericolo di estrazione degli stessi da parte dei fumi caldi e di loro condensazione nei canali ecc. più non esiste. È per questo motivo che diventa possibile l'impiego di un gassogeno a controcorrente 16 invece che di un più complesso gassogeno ad equicorrente.

La caratteristica fondamentale della presente invenzione consiste ora nel fatto che il materiale attraversa il canale tubolare 5 conservando, in ogni punto del canale 5 successivo al punto nel quale ha inizio il trattamento termico e su tutta la lunghezza restante, una sezione anulare con uno spessore compreso tra 5 e 20 cm preferibilmente tra 8 e 15 cm.

Grazie a questa caratteristica, che stabilisce i limiti di spessore entro i quali può variare lo strato di rifiuti solidi urbani, si garantisce che il trattamento termico, sia che si tratti di una gassificazione come mostrato nell'esempio della fig. 1, sia che si tratti di una pirolisi come verrà mostrato più sotto in un ulteriore esempio di realizzazione, avvenga omogeneamente su tutto lo strato di materiale, ossia che la temperatura di gassificazione sia raggiunta in tutto l'anello di materiale secondo la soluzione della fig. 1, rispettivamente che la pirolisi possa avvenire su tutta la sezione anulare del materiale passando dal canale 5 nella soluzione che descriveremo più sotto corrispondente alla fig. 2. Grazie a questo provvedimento si viene cioè a creare condizioni di lavoro accettabili, inversamente a quanto avveniva secondo lo Stato della Tecnica precedente, nel quale la pirolisi era sempre incompleta poiché limitata ad uno strato esterno della colonna di materiale. La presente invenzione mette cioè a profitto l'insegnamento della EP-A 0 565 935 per quanto con-

cerne la formazione di un anello di materiale con alimentazione di ossigeno e/o aria e/o calore tanto dall'esterno che dall'interno, con la conseguente possibilità, benvenuta in un'applicazione di grande potenza come quelle previste per l'incenerimento dei rifiuti solidi urbani, di aumentare la sezione totale del passaggio del materiale senza aumentare lo spessore al di là dei limiti massimi, ma aumentando il diametro interno, operazione per la quale non ci sono limiti apparenti.

I materiali, rispettivamente i rifiuti solidi urbani, compattati nella prima zona I del canale tubolare 5, si spostano dunque, secondo una forma preferenziale dell'invenzione, lungo il canale 5 sottoforma di corpo essenzialmente circolare cilindrico o cavo nel mezzo. Questa forma, che non è l'unica pensabile, poiché il corpo anulare potrebbe anche avere una forma poligonale o rettangolare ecc., ha però il vantaggio di facilitare la soluzione costruttiva della fase di compattazione, poiché permette l'uso di una coclea ruotante 12. Le altre soluzioni esigerebbero l'impiego, pure pensabile, di sistemi di compattazione a pressa rettilinea più complessi, anche se noti.

Secondo una forma pure preferita di realizzazione del processo inventivo, applicabile tanto alla soluzione della fig. 1 che a quella della fig. 2, si prevede poi che il monossido di carbonio prodotto nel canale tubolare 5 ed i prodotti non ancora combusti presentino una temperatura maggiore di 1300°C. Questa temperatura rafforza ulteriormente la garanzia che le molecole di catrame, di diossina e dei furani siano spaccate nei gas che entrano nel gassogeno a controcorrente 16 e non possono dunque più provocare difficoltà nel trattamento dei fumi fuoriuscenti dalla tubazione 20.

Per terminare la descrizione del dispositivo della fig. 1, si noti che il tubo interno ruotante 4 ruota su un cuscinetto di supporto 7 dotato dei necessari anelli di tenuta stagna (non indicati) per renderlo stagno rispetto all'interno della camera anulare 11. Inoltre esso è dotato di un raccordo e cuscinetto 21 per un tubo fisso 22 di alimentazione di ossigeno e/o aria nel tubo interno 4, pure dotato dei necessari provvedimenti per renderlo stagno ai gas. La tubazione 20 è raccordata ad un filtro separatore di polvere, ad es. un filtro a ciclone 23 come mostrato nella fig. 1, la cui funzione è di separare le particelle solide trascinate incombuste dai fumi del gassogeno 16 e del canale tubolare 5: tali particelle (in particolare di carbone) possono disturbare la fase successiva di sfruttamento dei fumi prodotti, sicché è meglio separarle dagli stessi.

Per quanto concerne le lavorazioni successive cui vengono sottoposti i fumi, contenenti in gran parte monossido di carbonio nonché azoto se si eseguono le combustioni previste nel gassogeno ad equicorrente del canale 5 e nel gassogeno a controcorrente 16 con aria, basterà dire che il monossido di carbonio è previsto per venire sfruttato, previa combustione in una caldaia od in un motore, il potere calorico, mentre per quanto concerne gli altri gas e vapori (ad es. i vapori di metalli leggeri e a bassa temperatura di fusione) gli stessi verranno recuperati con le note tecniche di lavaggio dei fumi. Un eventuale contenuto di idrogeno nei fumi, prove-

niente dall'evaporazione e dalla dissociazione dell'acqua, ad alta temperatura, contenuta nei rifiuti solidi urbani o eventualmente ad essi aggiunta appositamente, sarà benvenuta poiché servirà ad aumentare il potere calorico dei gas prodotti.

Al di sotto del focolare del gassogeno 16, formato dalla corona di fori 19, si raccoglie poi il materiale di scarto che non può bruciare, ossia, i metalli ed i minerali fusi (ad es. silicio, alluminio), provenienti dal canale tubolare 5 dopo il trattamento termico avvenuto nel corso del loro passaggio attraverso la camera di combustione primaria II, nonché tutti i metalli solidi, le scorie e le ceneri incombuste. Questi materiali cadono in una vasca 24 riempita di acqua 25, nella quale essi solidificano sottoforma di perle più o meno grandi di scorie. Questo materiale si raccoglie sul fondo della vasca e ne viene allontanato tramite una coclea 26 che lo trasporta ad un serbatoio di raccolta 27 degli scarti solidi. È poi chiaro che da questi scarti si possono ricavare, per separazione, i materiali che si desiderano riciclare: il resto andrà in discarica, quale materiale congelato in perle di vetro e quindi innocuo per l'ambiente.

Nella fig. 2 è ora mostrata una variante di esecuzione del procedimento inventivo, con il dispositivo corrispondente.

Secondo questa variante di realizzazione, il trattamento termico cui vengono sottoposti i rifiuti compattati durante il loro trasporto nel canale tubolare 5 è un processo di pirolisi con apporto di calore dall'esterno ma senza l'alimentazione di ossigeno e/o aria.

L'impianto della fig. 2 realizzante la pirolisi del materiale al posto della gassificazione, come nel caso dell'impianto della fig. 1, si differenzia dallo stesso solo per alcuni dettagli costruttivi, che verranno contrassegnati da nuovi numeri di riferimento. Per contro tutti gli elementi della fig. 2 uguali nelle funzioni e nella forma agli elementi corrispondenti della fig. 1 verranno contrassegnati con gli stessi numeri di riferimento di quelli della fig. 1 e non verranno più descritti nei dettagli. Si assume dunque che la loro funzione venga ricavata dalla descrizione precedente.

Secondo un'altra variante del procedimento inventivo, pure realizzata e descritta nel dispositivo rappresentato nella fig. 2, per riscaldare il materiale durante il processo di pirolisi nel canale tubolare 5 si brucia una parte del monossido di carbonio prodotto tanto nel processo di pirolisi nel canale tubolare 5 che in quello di combustione nel gassogeno 16.

La differenza fondamentale tra il dispositivo della fig. 1 e quello della fig. 2 è che quest'ultimo presenta, al posto delle zone I-III in cui è suddivisa la camera anulare 11 del canale tubolare 5, solo due zone A e B, che, nel senso di spostamento del materiale, ossia da sinistra a destra nella fig. 2, sono:

— La prima zona, detta zona di trasporto A, nella quale il tubo interno 6 presenta la coclea di alimentazione 12 che si estende fino a circa un terzo della lunghezza totale della camera anulare 11.

— La seconda zona, detta zona di pirolisi B, estendentesi dal punto finale della zona A fino al

termine della camera anulare 11, nella quale tanto dall'interno del tubo interno 6 che dall'esterno del tubo esterno 4 viene alimentato calore per conduzione attraverso le pareti del tubo interno 5, rispettivamente del tubo esterno 4.

In questo caso dunque nella zona B della camera anulare 5 il materiale viene carbonizzato per pirolisi senza alimentazione esterna di ossigeno e/o aria, bensì trasformando il carbone presente in grande quantità nei rifiuti solidi urbani, sottoforma per lo più di cellulosa, mediante l'ossigeno pure presente nel materiale stesso, secondo la reazione che per la cellulosa, la cui formula generale è $C_6H_{10}O_5$, ha la forma seguente $C_6H_{10}O_5 + \text{calore} \rightarrow 5CO + CH_4 + 3H_2$.

Il potere calorifico di questo miscuglio di gas, comprendente il CO (e nel nostro schema della fig. 2 ci siamo limitati a mostrare questo gas, pur sapendo che nel gaso fuoriuscente all'estremità della camera anulare 11 sono contenuti altri gas combustibili) è piuttosto elevato ed è comunque adatto ad uno sfruttamento diretto.

Per completare sia qui citato che, a seconda del tenore in acqua del combustibile, si può formare, per reazione pirolitica, anche del metano CH_4 , che pure serve ottimamente quale gas combustibile.

In questa forma di realizzazione dell'invenzione è dunque importante che le pareti del tubo interno 6 e del tubo esterno 4, nella zona B, siano fatte in modo da garantire la migliore conducibilità calorica. Esse possono ad es. presentare delle alette (non mostrate) per aumentare il coefficiente di conducibilità termica.

Onde ottenere l'apporto di calore desiderato, al tubo esterno 4, questo è circondato da una camera esterna 28 formata da un tubo di rivestimento 29, alimentato opportunamente con un fluido caldo tramite la tubazione 30. Analogamente il tubo interno 6 ne contiene un altro nel suo interno, indicato con 31, tramite il quale all'interno del tubo 6 può venire alimentato un fluido caldo. La temperatura di fluidi alimentati al tubo 31, rispettz. alla camera 28, deve essere tale da garantire il raggiungimento di una temperatura, durante il processo di pirolisi, corrispondente al trattamento termico che sta alla base del processo inventivo, di almeno 1100° . Nella sua forma più generale sarà dunque sufficiente riscaldare la parete esterna del tubo esterno 4 tramite la camera esterna 28 e la parete interna del tubo interno 6 con un qualsiasi fluido caldo a temperatura sufficiente.

La fig. 2 mostra però già una variante preferita per realizzare l'apporto di calore necessario alla pirolisi, nella quale il calore alimentato per conduzione attraverso la parete del tubo esterno 4, rispettz. del tubo interno 6, dalla camera anulare 11 nella zona di pirolisi B viene generato alimentando in una camera 32 che lambisce la parete interna del tubo interno 6, rispettz. nella camera 28 che lambisce la parete esterna del tubo esterno 4, del monossido di carbonio proveniente dalla cupola 33 del gassogeno a controcorrente 16, (cioè dalla tubazione 30 previo passaggio dal filtro a ciclone 23) ed in parte generato per pirolisi nella camera anulare 5, e dall'ossigeno, rispettz. dell'aria. Nella fig. 2 si di-

stinguono così, oltre alla già citata tubazione 30 che alimenta in questo caso in CO, essendo collegata direttamente con la tubazione che proviene dal filtro a ciclone 23, la camera 28, anche la analoga tubazione 34, pure collegata con la tubazione proveniente dal ciclone, nonché le due ulteriori tubazioni di alimentazione di ossigeno e/o aria 35 e 36. La tubazione 34 è fatta da un tubo che penetra coassialmente nell'interno del tubo interno 6 fino alla sua estremità: il monossido di carbonio, alimentato quale carburante, fuoriesce assialmente all'estremità del tubo 34. La condotta 36, alimentante come detto ossigeno e/o aria di combustione per bruciare il CO del tubo 34, sbocca nel tubo interno 31, dove poi, essendo il tubo interno 31 ruotante poiché fissato con opportune alette 37 al tubo 6 ruotante per potervelo centrare, il raccordo tra il tubo 36 ed il tubo 31 è del tipo stagno a rotazione, indicato con 38. Anche tra la tubazione interna 34 ed il tubo 36 è pure previsto un raccordo ruotante stagno 39. La parte terminale del tubo 31 è ora porosa o provvista di fori, ossia atta a lasciar passare l'ossigeno, rispettz. l'aria che giunge attraverso il tubo 31. In questo modo il monossido di carbonio fuoriuscente dalla tubazione interna 34 secondo la freccia f lambisce dall'esterno la parete esterna porosa 40 del tubo 31 ed incontra l'ossigeno e/o l'aria alimentata, bruciandosi e producendo il calore che, trasmesso alla parete interna del tubo 6, serve per la pirolisi. Un meccanismo analogo si svolge poi per quanto concerne il tubo esterno 4 nella zona B: qui l'ossigeno e/o l'aria viene alimentato tramite il tubo di alimentazione 35, mentre il monossido di carbonio giunge attraverso la tubazione 30. Anche in questo caso una parte della parete del tubo di rivestimento 29, quella indicata con 41, è porosa, e lascia passare l'ossigeno e/o l'aria che entra in contatto immediato con il monossido di carbonio: si ottiene anche qui lo sviluppo di calore necessario per riscaldare il tubo esterno 4 nella zona di pirolisi B, rispettz. il tubo interno 6 nella stessa zona. La reazione relativa è la seguente: $2CO + O_2 \rightarrow 2CO_2 + 136 \text{ calorie}$. Il biossido di carbonio che si forma viene allontanato, a bassa temperatura, attraverso le due tubazioni di scarico 42 e 43.

Nella fig. 2 è pure indicato a trattini come il tubo interno coassiale 6 può, se richiesto, venir supportato anche alla sua altra estremità, quella dello sbocco nel gassogeno a controcorrente 16, tramite un albero di prolungamento 44 ed un supporto 45. Nel caso della soluzione della fig. 2 può poi essere utile utilizzare l'albero di supporto 44 quale albero cavo per l'alimentazione del monossido di carbonio al posto della tubazione 34. Ciò per ragioni di semplicità.

Per quanto concerne i vantaggi e gli svantaggi reciproci dei dispositivi mostrati e descritti nelle fig. 1 e 2, si vede subito che il dispositivo della fig. 1 è di costruzione più semplice, poiché necessita di meno tubi coassiali e di un numero inferiore di raccordi stagni. Un altro suo vantaggio è che i materiali impiegati vengono meno sottoposti a stress termico che nella soluzione del dispositivo della fig. 2, poiché le elevatissime temperature regnano in linea di massima solo nella zona II di combustione pri-

maria. Nella zona III la reazione è endotermica e dunque c'è già un certo raffreddamento.

Dal punto di vista energetico e dei gas ottenuti si noterà che i due sistemi di trattamento dei rifiuti solidi urbani si equivalgono perfettamente qualora si supponga di alimentare sempre solo ossigeno e non aria, come invece anche previsto. Infatti se nel caso del dispositivo della fig. 1 si alimenta il gassogeno ad equicorrente del canale tubolare 5 con aria, per ragioni di comodità e di costi, si avrà anche uno sviluppo di azoto e di composti di ossido di azoto, che vengono ad impoverire il gas prodotto, diluendolo, e possono creare alcuni problemi noti di inquinamento. Le stesse considerazioni si possono fare a proposito del funzionamento del gassogeno a controcorrente 16, per il quale il funzionamento con solo ossigeno porterebbe alcuni considerevoli vantaggi processuali, compensati però eventualmente dai costi maggiori di esercizio.

Si noti altresì che il sistema mostrato di alimentazione del calore di pirolisi nel caso del dispositivo della fig. 2 è solo una delle possibilità offerte dalla tecnica per tale scopo. Altre possibilità potrebbero essere quelle, pure applicate nella pratica, di un riscaldamento tramite resistenza elettrica oppure mediante il calore provocato da bruciatori separati.

La caratteristica fondamentale dell'invenzione, che deve sempre essere presente qualunque sia il sistema di alimentazione del calore nel trattamento termico di gassificazione e/o di pirolisi cui viene sottoposto il materiale prima della combustione finale nel forno o gassogeno a controcorrente 16, è quella che delimita lo spessore del materiale, nel punto dove ha inizio il trattamento termico, entro 5 e 20 cm, essendo tali limiti dettati da problemi di capacità dell'impianto e di granulometria dei rifiuti quello inferiore e da problemi di omogeneità del trattamento termico sia di gassificazione che di pirolisi, quello superiore.

Sia infine citato che la forma tubolare circolare del canale 5, mostrata nei due esempi di realizzazione del procedimento, non è da considerare quale l'unica forma di canale tubolare 5 possibile, bensì quale forma preferenziale di tale canale. Essa ha infatti tutti i vantaggi insiti nella forma circolare, riassumibili nell'equidistanza di tutti i punti della periferia dal centro. Grazie a questa proprietà risulta più facile realizzare dei processi di lavoro con condizioni di lavoro omogenee o costanti. Inoltre tale forma facilita il trasporto continuo del materiale mediante una coclea, come mostrato. Tuttavia in linea di massima anche dei canali di forma diversa da quella circolare, ad es. quadratici, rettangolari, esagonali, ecc. potrebbero venir impiegati per realizzare l'invenzione, avendo cura di costituire uno strato di materiale di spessore compreso nei limiti succitati. Anche tali soluzioni sono dunque da considerare comprese nell'ambito di questa invenzione.

Rivendicazioni

1. Procedimento per trattare prodotti di scarto ed in particolare i rifiuti solidi urbani, comprendenti le seguenti fasi note:

- compressione dei prodotti di scarto in un canale tubolare (5) chiuso all'entrata in modo stagno,
- trattamento termico dei prodotti di scarto compattati durante il loro trasporto lungo il canale (5) fino alla temperatura T di almeno 1100°C, così da trasformare almeno una parte del carbonio contenuto nei rifiuti in monossido di carbonio,
- combustione dei prodotti di scarto non ancora combusti in un gassogeno a controcorrente verticale (16) con separazione dei prodotti non combustibili e trasformazione di tutto il carbonio ancora rimanente in monossido di carbonio, caratterizzato dal fatto che
- il trattamento termico avviene durante uno spostamento dei prodotti di scarto nel canale (5) lungo un percorso inclinato dall'alto verso il basso con angolo di inclinazione compreso tra 0 e 10°,
- il prodotto di scarto attraversa il canale tubolare (5) conservando, in ogni punto del canale (5) successivo al punto nel quale ha inizio il trattamento termico e su tutta la lunghezza restante, una sezione anulare con uno spessore compreso tra 5 e 20 cm, preferibilmente tra 8 e 15 cm.

2. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che i rifiuti compattati si spostano lungo il canale tubolare (5) sotto forma di corpo essenzialmente circolare cilindrico cavo nel mezzo.

3. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il trattamento termico cui vengono sottoposti i rifiuti compattati durante il loro trasporto nel canale (5) è un processo di gassificazione con alimentazione di ossigeno e/o aria dall'esterno.

4. Procedimento secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che il trattamento termico cui vengono sottoposti i rifiuti compattati durante il loro trasporto nel canale tubolare (5) è un processo di pirolisi con apporto di calore dall'esterno ma senza alimentazione di ossigeno e/o aria.

5. Procedimento secondo le rivendicazioni 1, 3 o 4 caratterizzato dal fatto che all'uscita del canale (5) il monossido di carbonio prodotto ed i prodotti non ancora combusti presentano una temperatura maggiore di 1300°.

6. Procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che per riscaldare il materiale durante il processo di pirolisi nel canale tubolare (5) si brucia una parte del monossido di carbonio prodotto tanto nel processo di pirolisi nel canale tubolare (5) che in quello di combustione nel gassogeno (16).

7. Dispositivo per realizzare il procedimento secondo la rivendicazione 1, comprendente

- un canale tubolare (5) nel quale i rifiuti vengono compressi e sottoposti al trattamento termico,
- un gassogeno a controcorrente verticale nel quale sbocca lateralmente il canale tubolare (5) e nella cui parte inferiore restringentesi è situato il focolare alimentato con ossigeno e/o aria per la combustione dei prodotti non ancora combusti caratterizzato dal fatto che il canale tubolare (5) è costituito da un doppio tubo formante tra la parte esterna del tubo interno (6) e la parte interna del tubo esterno (4) una camera anulare (11) percorsa dal materiale,

che il tubo interno è ruotante attorno al suo asse longitudinale e porta sulla sua superficie esterna, almeno lungo la parte iniziale I della sua lunghezza, una coclea (12) di alimentazione che trasporta il materiale dal bocchettone di alimentazione (3) allo sbocco nel gassogeno, comprimendo il materiale stesso,

– la camera anulare (11), a partire dal punto nel quale ha inizio il trattamento termico, ha uno spessore radiale compreso tra 5 e 20 cm, preferibilmente tra 8 e 15 cm, e che l'asse di rotazione (x-x) del canale tubolare (5) è essenzialmente orizzontale, ma che comunque la generatrice (10) del punto più basso del tubo esterno (4), almeno nella parte terminale del canale (5), è inclinata verso il basso nel senso di spostamento del materiale con un angolo α compreso tra 0 e 10°.

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che l'asse del canale tubolare (5) è orizzontale, ma il tubo esterno (4) è conico almeno nella sua parte terminale nel senso di un allargamento nella direzione di spostamento del materiale, così che la generatrice (10) nel suo punto più basso, almeno nella parte terminale del canale (5), è inclinata verso il basso nel senso di spostamento del materiale di un angolo α compreso tra 0 e 10°.

9. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che l'alimentazione dei rifiuti nella camera anulare (5) del canale avviene tramite una valvola a stella stagna (2).

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, per realizzare il procedimento secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che la camera anulare (11) del canale tubolare (5) è suddivisa, nella sua lunghezza, in tre zone, che, nel senso di spostamento del materiale, sono:

– la prima zona, detta zona di trasporto (I), nella quale il tubo interno (6) presenta la coclea di alimentazione (12) che si estende fino a circa metà della lunghezza della camera anulare (11)

– la seconda zona, detta zona della combustione primaria (II), nella quale tanto il tubo interno (6) che il tubo esterno (4) presentano una corona di fori attraverso i quali viene alimentato ossigeno e/o aria da entrambi i lati della camera anulare (5)

– la terza zona, detta zona di gassificazione (III), nella quale il biossido di carbonio formato dalla combustione parziale dei rifiuti nella seconda zona (II), viene trasformato in monossido di carbonio, entrando in contatto con il carbone ancora presente nel materiale trasportato.

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 7 per realizzare il procedimento secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che la camera anulare (11) del canale tubolare (5) è suddivisa, nella sua lunghezza, in due zone (A e B) che, nel senso di spostamento del materiale, sono:

– la prima zona, detta zona di trasporto (A), nella quale il tubo interno (6) presenta la coclea di alimentazione (12) e che si estende fino a circa un terzo della lunghezza totale della camera anulare (11),

– la seconda zona, detta zona di pirolisi (B), nella quale tanto dall'interno del tubo interno (6) che dall'esterno (4) viene alimentato calore per conduzione

attraverso le pareti del tubo interno (6), rispettivamente del tubo esterno (4).

12. Dispositivo secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che il calore alimentato per conduzione attraverso la parete del tubo interno (6), rispettivamente dal tubo esterno (4), della camera anulare (11) nella zona di pirolisi (B) viene generato alimentando in una camera (32) che lambisce la parete interna del tubo interno (6), rispettivamente nella camera (28) che lambisce la parete esterna del tubo esterno (4), del monossido di carbonio proveniente dalla cupola (33) del gassogeno a controcorrente (16), ed in parte generato per pirolisi nella camera anulare (11), e dell'ossigeno, rispettivamente dell'aria provocando così nelle due camere (28, 32) citate la combustione del monossido di carbonio.

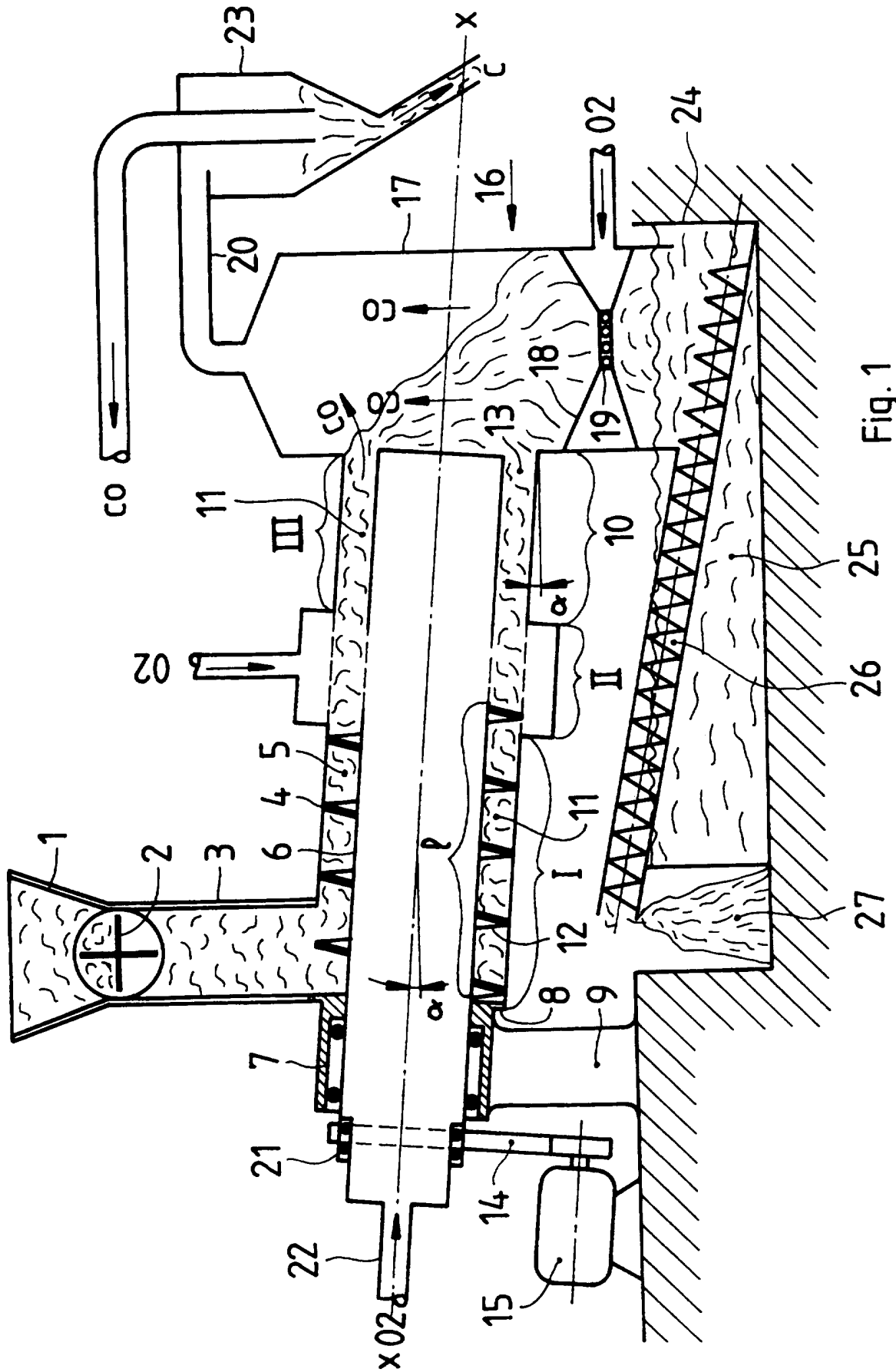


Fig. 1

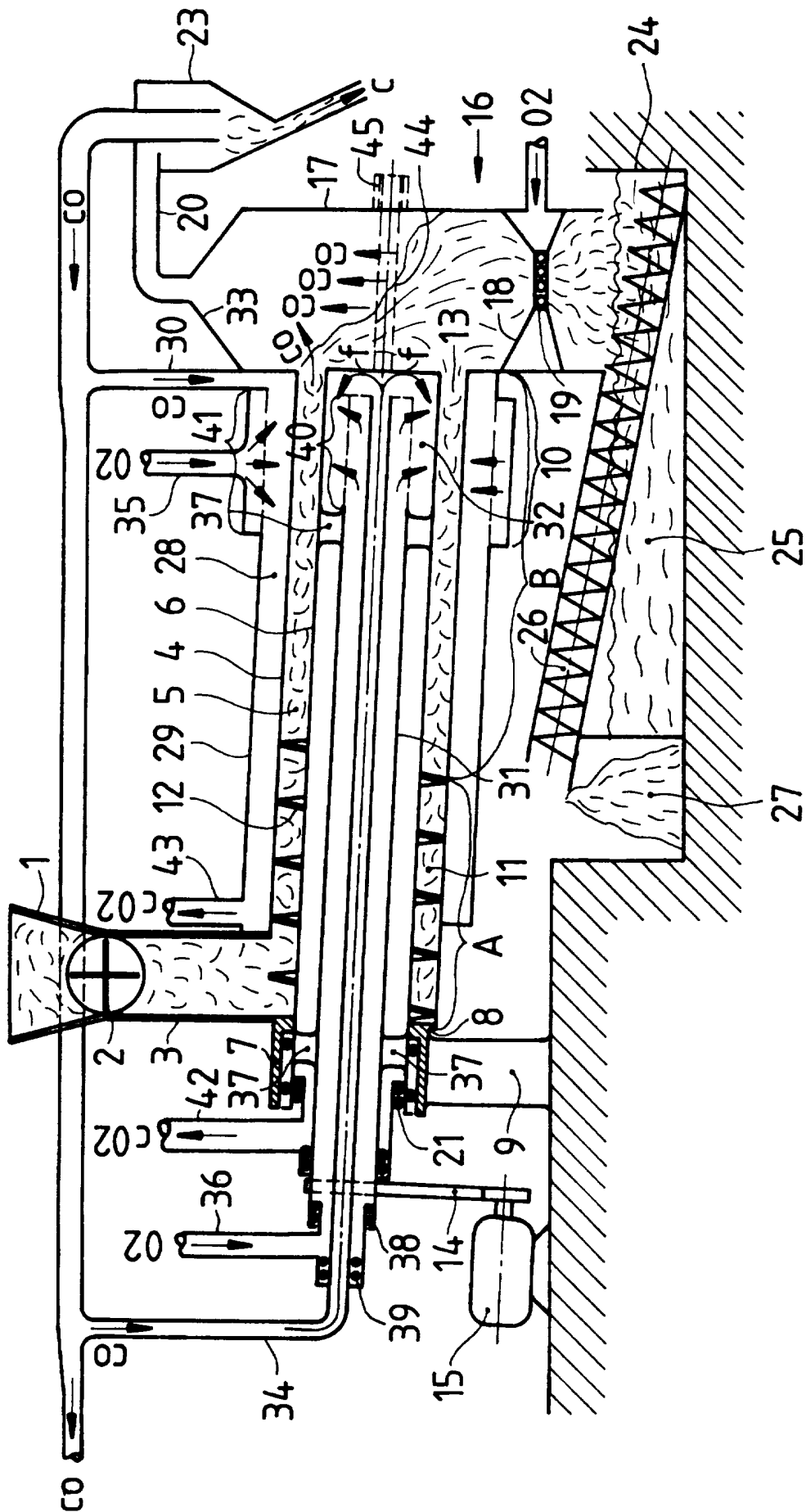


Fig. 2