

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000031142
Data Deposito	13/12/2021
Data Pubblicazione	13/06/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	B	47	44

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	B	53	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	B	53	07

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	B	57	10

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
C	10	G	1	10

Titolo

Impianto e processo di pirolisi di materiale di scarto
--

DESCRIZIONE

annessa a domanda di brevetto per BREVETTO D'INVENZIONE INDUSTRIALE
avente per titolo:

“Impianto e processo di pirolisi di materiale di scarto”

A nome: QuantumKore Innovation Inc., con sede in New York (USA)

Mandatari: vedasi lettera d'incarico.

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce a un impianto e ad un processo di pirolisi di
5 materiale di scarto. La presente invenzione si riferisce in particolare ma non
esclusivamente alla conversione di materiale di scarto in biocarburante, sfruttando
il processo di pirolisi, con lo scopo primario di garantire uno sviluppo più
sostenibile (diminuire le emissioni di gas serra, aumentare l'efficienza energetica,
ridurre la congestione del traffico, creando città e ambienti più sicuri, più sani e più
10 vivibili, etc.).

Background dell'invenzione

La pirolisi è una delle tecniche principali per il riciclo e il recupero di materiali di
scarto in generale. La pirolisi come metodo per la produzione di biocarburante è
15 molto usata e viene applicata a materie prime di diversa natura, per esempio
pneumatici di scarto, miscele di plastiche, biomassa/materiali organici, come legno
e suoi derivati, residui della lavorazione del riso, residui di vendemmia, rifiuti solidi
urbani, etc.

La pirolisi è un processo termochimico che avviene in assenza di agenti ossidanti
20 e determina la decomposizione termica del materiale di scarto, ovvero è una
degradazione termica in atmosfera non ossidante. Il processo non può essere
invertito a causa dei cambiamenti nella composizione chimica dei materiali. I
prodotti della pirolisi comprendono uno scarto solido, olio di pirolisi liquido e gas
(syngas). Variando la temperatura e la velocità di riscaldamento si possono
25 spostare i prodotti verso la forma gassosa o verso la forma liquida.

In questo campo, la Richiedente ha innanzitutto osservato che gli impianti ed i processi di pirolisi noti sono poco efficienti in quanto non permettono di lavorare velocemente grandi quantità di materiale di scarto e quindi di produrre in tempi relativamente brevi consistenti quantitativi di olio di pirolisi.

5 La Richiedente ha quindi osservato che il costo dell'olio di pirolisi risulta ancora molto elevato proprio a causa delle inefficienze legate alla sua produzione.

La Richiedente ha anche osservato che gli impianti ed i processi di pirolisi noti permettono di ottenere olii pirolitici di bassa qualità che, per poter essere migliorati ed utilizzati ad esempio come biocarburanti, devono essere sottoposti a successivi
10 processi fisici e/o chimici che rendono complessi i processi/impianti di produzione e ne incrementano notevolmente i costi.

La Richiedente si è dunque posto come obiettivo quello di ideare un impianto ed un processo che consentano di incrementare la produttività degli olii di pirolisi e di diminuirne il costo.

15 La Richiedente si è anche posto come obiettivo quello di migliorare la qualità degli olii di pirolisi in modo da poterli utilizzare come biocarburanti di qualità senza la necessità di sottoporre l'olio ottenuto dalla pirolisi a successivi processi.

La Richiedente si è quindi posto come obiettivo quello di produrre, tramite pirolisi, olio di pirolisi ed eventualmente biocarburante di alto valore, tale da competere
20 con i combustibili fossili non rinnovabili ed eventualmente sostituirli.

Sommario

In un primo aspetto, l'invenzione si riferisce a un impianto di pirolisi di materiale di scarto, comprendente:

- 25 - una sezione di frantumazione e polverizzazione configurata per frantumare e polverizzare materiale di scarto;
- un forno miscelatore a trasporto continuo presentante un ingresso operativamente collegato alla sezione di frantumazione e polverizzazione e posto a valle della sezione di frantumazione e
30 polverizzazione, in cui il forno miscelatore a trasporto continuo è configurato per ricevere il materiale di scarto polverizzato, miscelarlo e

riscaldarlo fino a temperature pirolitiche per ottenere uno scarto solido ed un fluido pirolitico;

- una sezione di raffinazione e condensazione operativamente collegata ad una uscita del forno miscelatore a trasporto continuo e configurata per ricevere il fluido pirolitico e separare vapore pirolitico da altre frazioni del fluido pirolitico e far condensare detto vapore pirolitico fino ad ottenere olio di pirolisi e gas di pirolisi;
- una sezione di stoccaggio comprendente un serbatoio per olio di pirolisi ed un serbatoio per gas di pirolisi collegati tramite condutture alla sezione di raffinazione e condensazione.

In un secondo aspetto, l'invenzione si riferisce a un processo di pirolisi di materiale di scarto, opzionalmente eseguito attraverso l'impianto dell'aspetto precedente e/o di uno o più degli aspetti seguenti.

Il processo di pirolisi di materiale di scarto comprende alimentare il materiale di scarto lungo un percorso di lavorazione. Lungo detto percorso di lavorazione sono eseguite le seguenti fasi di lavorazione:

- frantumare e polverizzare il materiale di scarto;
- miscelare e riscaldare il materiale di scarto polverizzato fino a temperature pirolitiche per produrre uno scarto solido ed un fluido pirolitico;
- separare vapore pirolitico da altre frazioni del fluido pirolitico e far condensare detto vapore pirolitico fino ad ottenere olio di pirolisi e gas di pirolisi;
- raccogliere l'olio di pirolisi ed il gas di pirolisi in rispettivi serbatoi;

in cui il materiale di scarto polverizzato è miscelato e riscaldato mentre avanza lungo un tratto del percorso di lavorazione, opzionalmente in un forno miscelatore a trasporto continuo.

In un terzo aspetto, l'invenzione si riferisce all'uso di un catalizzatore super-acido per la produzione di olio di pirolisi tramite pirolisi di materiale di scarto, in cui la pirolisi è eseguita con l'impianto di uno o più degli aspetti qui descritti e/o secondo il processo di uno o più degli aspetti qui descritti.

In un ulteriore aspetto, l'impianto di pirolisi, il processo di pirolisi e l'uso del catalizzatore super-acido secondo la presente invenzione sono finalizzati alla

produzione di biocarburante, ovvero l'olio pirolitico è biocarburante o il biocarburante è ottenuto dall'olio pirolitico.

La Richiedente ha verificato innanzitutto che l'invenzione permette di produrre olio di pirolisi di elevata qualità con tempi e costi relativamente contenuti. Infatti, l'impianto ed in particolare il forno miscelatore operano in continuo ed in modo efficiente.

La Richiedente ha anche verificato che l'invenzione permette di produrre olio di pirolisi utilizzabile come biocarburante di qualità senza la necessità di sottoporre l'olio di pirolisi prodotto con l'impianto e secondo il processo dell'invenzione ad ulteriori lavorazioni. In altre parole, il prodotto finito più puro (olio pirolitico primario) che esce dall'impianto è biocarburante sostanzialmente pronto all'utilizzo. In particolare l'impianto ed il processo dell'invenzione sono in grado di produrre con continuità, a partire dal materiale di scarto, olio pirolitico e/o biocarburante e syn-gas (oltre a una parte di scarto solido) che sono prodotti finiti, ovvero possono essere utilizzati come fonti di energia di qualità.

La Richiedente ha verificato che l'impianto e il processo secondo l'invenzione permettono di ottenere olio pirolitico (primario più altre frazioni) con un rendimento di circa l'65% e con un rendimento di olio pirolitico primario di circa il. 65% olio di pirolisi, 25% syn-gas, 10% black char e residui quali ferro, vetro etc.

La Richiedente ha verificato che l'olio pirolitico primario può essere utilizzato come carburante senza alcun altro trattamento o con pochi trattamenti di raffinazione.

Di seguito sono presentati ulteriori aspetti dell'invenzione.

In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende un trasportatore alloggiato in una camera di liquefazione estendentesi tra l'ingresso e l'uscita del forno miscelatore a trasporto continuo.

In un aspetto, dimensioni della camera di liquefazione, come una lunghezza misurata tra l'ingresso e l'uscita e/o un diametro sono funzione della quantità di materiale di scarto da trattare.

In un aspetto, il trasportatore è disposto orizzontalmente.

In un aspetto, il trasportatore comprende almeno una vite senza fine.

In un aspetto, il trasportatore comprende una pluralità di viti senza fine, opzionalmente due o tre viti senza fine, fra loro parallele ed affiancate.

In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende un contenitore cilindrico alloggiante il trasportatore e delimitante la camera di liquefazione.

In un aspetto, il contenitore cilindrico presenta un asse longitudinale disposto orizzontalmente.

5 In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende almeno un motore collegato al trasportatore.

In un aspetto, il motore è collegato a detta almeno una vite senza fine per farla ruotare attorno ad un rispettivo asse longitudinale.

10 In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende almeno una apertura di scarico configurata per permettere lo scarico dello scarto solido dalla camera di liquefazione.

In un aspetto, l'apertura di scarico è disposta in corrispondenza di una porzione inferiore del forno miscelatore a trasporto continuo.

15 In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende una camera di combustione disposta almeno parzialmente attorno al trasportatore e separata dalla camera di liquefazione.

20 In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende ugelli di erogazione fiamma disposti nella camera di combustione e configurati per bruciare gas e generare calore, in cui detto calore è trasmesso per conduzione dalla camera di combustione alla camera di liquefazione.

In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende una parete cilindrica disposta attorno al contenitore cilindrico, in cui la camera di combustione è delimitata tra il contenitore cilindrico e la parete cilindrica.

25 In un aspetto, la parete cilindrica presenta un asse longitudinale disposto orizzontalmente.

In un aspetto, la camera di combustione è definita da una intercapedine tra il contenitore cilindrico e la parete cilindrica.

In un aspetto, il contenitore cilindrico presenta una finestra provvista di almeno un rispettivo sportello.

30 In un aspetto, la parete cilindrica presenta una finestra provvista di almeno un rispettivo sportello.

In un aspetto, la finestra del contenitore cilindrico e la finestra della parete cilindrica sono fra loro affacciate e definiscono detta apertura di scarico.

In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende almeno una coibentazione isolante disposta attorno alla parete cilindrica.

5 In un aspetto, gli ugelli di erogazione fiamma sono in collegamento di fluido, attraverso tubature, con il serbatoio per il gas di pirolisi per bruciare almeno parte del gas di pirolisi prodotto. In questo modo, l'efficienza dell'impianto/processo è incrementata.

10 In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende condutture di scarico fumi in collegamento di fluido con la camera di combustione.

In un aspetto, il forno miscelatore a trasporto continuo comprende un collettore in collegamento di fluido con la camera di combustione e con le condutture di scarico fumi.

In un aspetto, le condutture di scarico fumi comprendono un filtro ed un camino.

15 In un aspetto, un traslatore, opzionalmente un nastro di trasporto, è collocato al di sotto del forno miscelatore a trasporto continuo per ricevere lo scarto solido ed allontanarlo.

In un aspetto, il traslatore è parallelo al trasportatore.

In un aspetto, il traslatore è affacciato all'apertura di scarico.

20 In un aspetto, il traslatore si muove lungo una direzione opposta rispetto ad una direzione di avanzamento del materiale di scarto nel forno miscelatore a trasporto continuo.

In un aspetto, la sezione di frantumazione e polverizzazione comprende almeno un frantumatore, almeno un essiccatore ed almeno un polverizzatore.

25 In un aspetto, il frantumatore, l'essiccatore ed il polverizzatore sono disposti in successione.

In un aspetto, il frantumatore, l'essiccatore ed il polverizzatore sono collegati tra loro tramite nastri trasportatori.

30 In un aspetto, la sezione di frantumazione e polverizzazione comprende in successione: un primo nastro trasportatore, un primo frantumatore, un secondo nastro trasportatore, un secondo frantumatore, un terzo nastro trasportatore, un terzo frantumatore ed un polverizzatore.

In un aspetto, il secondo nastro trasportatore passa attraverso l'essicatore.

In un aspetto, il materiale di scarto frantumato viene essiccato mentre passa attraverso l'essicatore.

5 In un aspetto, una camera sottovuoto di estrazione ossigeno e/o un serbatoio alimentazione azoto è/sono operativamente frapposta/i tra la sezione di frantumazione e polverizzazione e l'ingresso del forno miscelatore a trasporto continuo, per eliminare agenti ossidanti prima di riscaldare il materiale di scarto polverizzato.

10 In un aspetto, la camera sottovuoto di estrazione ossigeno è collocata a monte del serbatoio alimentazione azoto.

In un aspetto, un soffiatore polveri è disposto a valle del polverizzatore.

In un aspetto, una tramoggia di alimentazione polveri è collocata tra il soffiatore polveri ed un ingresso del forno miscelatore a trasporto continuo.

15 In un aspetto, l'impianto comprende un trasportatore ausiliario, opzionalmente comprendente una vite senza fine, interposto tra la tramoggia di alimentazione polveri e l'ingresso del forno miscelatore a trasporto continuo.

In un aspetto, il trasportatore ausiliario passa attraverso la camera sottovuoto di estrazione ossigeno e/o il serbatoio alimentazione azoto.

20 In un aspetto, una estremità terminale del trasportatore ausiliario è collocata al di sopra dell'ingresso del forno miscelatore a trasporto continuo in modo che le polveri cadono per gravità dal trasportatore ausiliario nel forno miscelatore a trasporto continuo.

25 In un aspetto, la sezione di raffinazione e condensazione comprende una colonna di raffinazione e condensazione presentante un ingresso inferiore operativamente collegato all'uscita del forno miscelatore a trasporto continuo ed un'uscita superiore.

In un aspetto, l'ingresso inferiore è direttamente collegato all'uscita del forno miscelatore a trasporto continuo.

In un aspetto, l'uscita superiore è posta su una sommità della colonna.

30 In un aspetto, la colonna di raffinazione e condensazione presenta un'uscita inferiore posta su un fondo della colonna stessa.

In un aspetto, un serbatoio ausiliario per residuo di colonna è collegato all'uscita inferiore della colonna di raffinazione e condensazione.

In un aspetto, la colonna di raffinazione e condensazione comprende una pluralità di livelli o stadi di condensazione disposti uno sopra l'altro tra l'ingresso inferiore e l'uscita superiore, in cui, in corrispondenza di ciascuno di detti livelli o stadi, avviene la condensazione di una frazione del fluido pirolitico.

In un aspetto, ciascun livello è collegato ad un rispettivo serbatoio di stoccaggio.

In un aspetto, dall'uscita superiore fuoriesce la frazione di vapore più pura.

In un aspetto, la sezione di raffinazione e condensazione comprende un decantatore raffreddato in collegamento di fluido con l'uscita superiore della colonna di raffinazione e condensazione.

In un aspetto, il decantatore raffreddato presenta un'uscita superiore collegata al serbatoio per gas di pirolisi.

In un aspetto, il decantatore raffreddato presenta un'uscita inferiore collegata al serbatoio per olio di pirolisi.

In un aspetto, si prevede di aggiungere al materiale di scarto e/o al fluido pirolitico e/o al vapore pirolitico un catalizzatore appartenente alla famiglia dei catalizzatori super-acidi, per ridurre l'energia di attivazione e dunque accelerare le reazioni chimiche.

In un aspetto, il catalizzatore super-acido comprende o consiste in idrossido di zirconio solfatato.

In un aspetto, il catalizzatore è aggiunto al fluido pirolitico nella colonna di raffinazione e condensazione.

In un aspetto, il catalizzatore è aggiunto sotto forma di liquido e/o polvere.

In un aspetto, il catalizzatore è aggiunto al fluido pirolitico in corrispondenza di uno o più degli stadi di condensazione, opzionalmente in corrispondenza di uno o più degli stadi più in alto, opzionalmente negli ultimi tre stadi prima dell'uscita superiore.

In un aspetto, almeno parte del catalizzatore super-acido è recuperato dall'olio di pirolisi.

In un aspetto, il materiale di scarto polverizzato presenta particelle (e/o il polverizzatore è configurato per generare particelle di materiale di scarto

polverizzato) con un diametro sferico equivalente medio compreso tra 0,5mm e 1,5mm, opzionalmente compreso tra 1mm e 1,4mm.

In un aspetto, il materiale di scarto polverizzato è riscaldato (e/o il forno miscelatore a trasporto continuo è configurato per riscaldare il materiale di scarto polverizzato) fino a temperature pirolitiche comprese tra 430°C e 570°C, opzionalmente comprese tra 450°C e 550°C.

In un aspetto, il materiale di scarto polverizzato è riscaldato (e/o il forno miscelatore a trasporto continuo è configurato per riscaldare il materiale di scarto polverizzato) con una velocità di riscaldamento compresa tra 5°C/min e 20°C/min, opzionalmente compresa tra 5°C/min e 10°C/min.

In un aspetto, il materiale di scarto comprende biomassa/materiali organici, come ad esempio legno e suoi derivati, residui della lavorazione del riso, residui di vendemmia, rifiuti solidi urbani, etc.

In un aspetto, il materiale di scarto comprende inoltre materiali inorganici, come ad esempio pneumatici di scarto/esausti, miscele di plastiche, etc.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi risulteranno chiari a partire dalla descrizione dettagliata di una forma di realizzazione preferita, ma non esclusiva, di un impianto e di un processo di pirolisi di il materiale di scarto, preferibilmente ma non esclusivamente per la produzione di biocarburante in conformità con la presente invenzione.

Definizioni

Con il termine “diametro sferico equivalente” d_v si intende nel presente testo il diametro di una sfera che ha lo stesso volume della particella.

Con il termine “catalizzatore super-acido” si fa riferimento ai catalizzatori rappresentati da solfati di ossidi o idrossidi di elementi come zirconio, titanio, ferro, manganese, rodio, nickel, palladio e in generale elementi dei gruppi 3-10 (ex IIB-VIIIB) della tavola periodica. I maggiormente utilizzati sono solfati di ossidi o idrossidi di titanio e zirconio, che appartengono al gruppo 4 (ex IVB). Questi ultimi possono contenere altri metalli come platino, tungsteno, ittrio, etc.

Con l'aggettivo “continuo” riferito al forno miscelatore a trasporto continuo si intende che durante il riscaldamento pirolitico, il materiale di scarto viene

trasportato, ovvero non vi è un accumulo statico in un contenitore nel quale la biomassa è riscaldata. Ovviamente questo non significa che l'impianto e/o il forno non possano essere momentaneamente fermati. Ad esempio, il forno può essere fermato per scaricare lo scarto solido dall'apertura di scarico. L'impianto può
5 anche funzionare a batch, nel senso che viene caricata una quantità di materiale di scarto predeterminato, il quale, in continuo, transita da un ingresso dell'impianto (ovvero da un primo nastro trasportatore) e prosegue fino ai serbatoi di stoccaggio (olio di pirolisi/biocarburante e sue frazioni, syn-gas e scarti).

10 Descrizione dei disegni

Tale descrizione sarà esposta di seguito facendo riferimento all'insieme dei disegni, fornita semplicemente come esempio non limitativo, in cui:

le Figure 1A, 1B e 1C sono viste schematiche di parti successive di un impianto secondo l'invenzione;

15 la Figura 2 illustra una porzione ingrandita della parte di Figura 1B;

la Figura 3 è una diversa vista in sezione della porzione ingrandita di Figura 2;

la Figura 4 illustra una porzione ingrandita della parte di Figura 1C;

la Figura 5 mostra uno schema a blocchi di un processo secondo l'invenzione.

20 Descrizione dettagliata

Facendo riferimento alla unite figure schematiche 1A, 1B e 1C è identificato mediante il numero di riferimento 1 un impianto di pirolisi di materiale di scarto, ad esempio per la produzione di biocarburante. Negli esempi descritti nel prosieguo, il materiale di scarto è indicato, in via esemplificativa e non limitativa, come
25 biomassa di scarto, ma in generale il materiale di scarto può comprendere materiali organici ed anche inorganici.

La figura 1A illustra una prima parte dell'impianto 1. La biomassa di scarto è introdotta nell'impianto 1 attraversa un ingresso definito da un primo nastro trasportatore 2, situato all'estremità sinistra della figura 1A, ed immessa in un
30 primo frantumatore 3. Il primo frantumatore 3 provvede a ridurre in pezzi grossolani la biomassa. Ad esempio, il primo frantumatore 3 è del tipo a rulli

contrapposti. Ad esempio, i pezzi grossolani la biomassa presentano dimensioni medie superiori al centimetro.

La biomassa così frantumata esce dal primo frantumatore 3 ed è trasportata su un secondo nastro trasportatore 4 verso un secondo frantumatore 5. Durante il tragitto sul secondo nastro trasportatore 4, poiché il secondo nastro trasportatore 4 passa attraverso un essiccatore 6, la biomassa transita attraverso detto essiccatore 6 che provvede a privare la biomassa di almeno parte del proprio contenuto di umidità.

Nel secondo frantumatore 5, la biomassa viene ridotta in pezzi più piccoli. Ad esempio, il secondo frantumatore 5 è un mulino polverizzatore. Ad esempio, i pezzi di biomassa in uscita dal secondo frantumatore presentano dimensioni medie al di sotto di un centimetro.

La biomassa in uscita dal secondo frantumatore 5 è trasportata su un terzo nastro trasportatore 7 verso un terzo frantumatore 8. Nel terzo frantumatore 8, la biomassa viene ridotta in pezzi ancora più piccoli. Ad esempio, il terzo frantumatore 8 è un ulteriore mulino raffinatori.

Il terzo frantumatore 8 è operativamente collegato ad un polverizzatore 9 (figura 1B) nel quale la biomassa è trasformata in una polvere formata da particelle con un diametro sferico equivalente medio compreso tra 0,5mm e 1,5mm, opzionalmente compreso tra 1mm e 1,4mm.

Gli elementi sin qui descritti fanno parte di una prima sezione dell'impianto 1, ovvero di una sezione di frantumazione e polverizzazione.

Un soffiatore polveri 10 è collegato al polverizzatore 9 ed è disposto a valle del polverizzatore 9 in modo da trasportare la biomassa polverizzata fino ad una tramoggia 11 di alimentazione polveri. Il soffiatore polveri 10 comprende un tubo che si estende a partire dal polverizzatore 9 e termina al di sopra della tramoggia 11. La biomassa polverizzata è portata, ad esempio tramite getti di aria, fino sopra la tramoggia 11 e cade per gravità nella tramoggia 11 stessa.

Un'apertura inferiore della tramoggia 11 è collegata ad un trasportatore ausiliario 12 comprendente una vite senza fine 12A alloggiata in un apposito carter mossa da un motore 12B. Il carter presenta un ingresso superiore posto in prossimità di una propria estremità e comunicante con l'apertura inferiore della tramoggia 11 ed

un'uscita terminale collocata presso un'estremità opposta. La rotazione della vite senza fine 12A causa il trasporto e l'avanzamento della biomassa polverizzata dall'ingresso superiore verso l'uscita terminale del trasportatore ausiliario 12.

Il carter del trasportatore ausiliario 12 è integrato con una camera sottovuoto di estrazione ossigeno 13 e con un successivo serbatoio alimentazione azoto 14 tali per cui vite senza fine 12A e quindi anche la biomassa polverizzata da essa trasportata passano attraverso detta camera sottovuoto di estrazione ossigeno 13 e detto serbatoio alimentazione azoto 14, in modo da eliminare agenti ossidanti dalla biomassa polverizzata.

A valle del trasportatore ausiliario 12 è collocato un forno miscelatore a trasporto continuo 15. Il forno miscelatore a trasporto continuo 15, meglio visibile nelle figure 2 e 3, comprende un contenitore cilindrico 16 ed una parete cilindrica 17 disposta attorno al contenitore cilindrico 16. Il contenitore cilindrico 16 e la parete cilindrica 17 sono in acciaio e sono supportati da un basamento 18, ad esempio in cemento armato.

Il contenitore cilindrico 16 e la parete cilindrica 17 sono orizzontali, ovvero con propri assi longitudinali disposti orizzontalmente. Il contenitore cilindrico 16 è più lungo della parete cilindrica 17 che lo circonda e presenta una estremità prossimale ed una estremità distale, opposta all'estremità prossimale, che fuoriescono dalla parete cilindrica 17.

Il contenitore cilindrico 16 e la parete cilindrica 17 sono fra loro coassiali e radialmente distanziati in modo da delimitare tra di loro una intercapedine definente una camera di combustione 19.

Il contenitore cilindrico 16 delimita al proprio interno una camera di liquefazione 20 che alloggia un trasportatore definito da tre viti senza fine 21, fra loro parallele ed affiancate. Le viti senza fine 21 sono supportate esternamente alla camera di liquefazione 19. Un estremità delle viti senza fine 21 prossima alla estremità prossimale del contenitore cilindrico 16 è collegata ad un motore 22 posto sul basamento 18. Il motore 22 è configurato per far ruotare ciascuna delle viti senza fine 21 attorno ad un rispettivo asse longitudinale.

Il contenitore cilindrico 16 presenta un ingresso 16A posto presso la propria estremità prossimale e collegato all'uscita terminale del trasportatore ausiliario 14

tramite il serbatoio alimentazione azoto 14. Una estremità inferiore del serbatoio alimentazione azoto 14 si apre infatti nell'ingresso 16A ricavato in una parete laterale del contenitore cilindrico 16. Il contenitore cilindrico 16 presenta inoltre un'uscita 16B posta sulla propria estremità distale, per cui la biomassa polverizzata proveniente dal trasportatore ausiliario 12 cade per gravità dal serbatoio alimentazione azoto 14 fin dentro il contenitore cilindrico 16 attraverso il citato ingresso 16A.

Ugelli di erogazione fiamma 23 (meglio visibili nella figura 3) sono montati sulla parete cilindrica 17, si affacciano nella camera di combustione 19 e sono configurati per bruciare gas e generare calore, in cui detto calore è trasmesso per conduzione dalla camera di combustione 19 alla camera di liquefazione 20. Gli ugelli di erogazione fiamma 23 sono in collegamento di fluido, attraverso tubature 24 e pompe 24A, con una sorgente di gas. Gli ugelli di erogazione fiamma 23 erogano quindi il gas che brucia appena uscito dagli ugelli stessi, producendo fiamme nella camera di combustione 19. Come verrà dettagliato più avanti, la sorgente di gas è costituita da un serbatoio per il gas di pirolisi (syn-gas) prodotto dallo stesso forno miscelatore a trasporto continuo 15. Gli ugelli di erogazione fiamma 23 bruciano pertanto almeno parte del gas prodotto dalla stessa pirolisi.

Come illustrato nella figura 3, il contenitore cilindrico 16 presenta una finestra 25 provvista di un rispettivo sportello 26 e posta in corrispondenza di una propria porzione inferiore. Analogamente, anche la parete cilindrica 17 presenta una finestra 27 provvista di un rispettivo sportello 28 e posta in corrispondenza di una propria porzione inferiore in modo da risultare affacciata alla finestra ricavata nel contenitore cilindrico 16. Ciascuno degli sportelli 26, 28 comprende una coppia di paratie che sono mobili (ad esempio mosse da rispettivi attuatori pneumatici) tra una configurazione di chiusura ed una configurazione di apertura della rispettiva finestra 25, 27. Le citate finestre 25, 27 definiscono una apertura di scarico del forno miscelatore a trasporto continuo 15 configurata per permettere lo scarico di scarto solido dalla camera di liquefazione 20.

Un nastro di trasporto 29 è posizionato al di sotto del forno miscelatore a trasporto continuo 15 e al di sotto della citata apertura di scarico per ricevere lo scarto solido ed allontanarlo. In particolare, nella forma realizzativa illustrata, il nastro di

trasporto 29 è collocato all'interno di una cavità 30 delimitata dal basamento 18. Un ramo superiore del nastro di trasporto 29 è parallelo alle viti senza fine 21, si muove lungo una direzione opposta rispetto ad una direzione di avanzamento della biomassa nel forno miscelatore a trasporto continuo 15 ed è configurato per ricevere lo scarto solido che cade dall'apertura di scarico e trasportarlo, ad esempio, fino ad un apposito deposito, non illustrato.

Il forno miscelatore a trasporto continuo 15 comprende una coibentazione isolante 15A disposta attorno alla parete cilindrica.

Inoltre, condutture 31 di scarico fumi sono in collegamento di fluido con la camera di combustione 19 per rimuovere i fumi prodotti dalla combustione. Un collettore 32 è posto al di sopra della parete cilindrica 17 coibentata e riceve i fumi dalle condutture 31 per convogliarli attraverso un filtro 33 e poi verso un camino 34 (figura 1B).

Il forno miscelatore a trasporto continuo 15 è configurato per ricevere la biomassa polverizzata, miscelarla e riscaldarla fino a temperature pirolitiche, in modo da liquefarla parzialmente ed ottenere il citato scarto solido ed un fluido pirolitico. La biomassa è riscaldata nella camera di liquefazione fino a temperature pirolitiche, ad esempio di circa 500°C e con una velocità di riscaldamento di circa 10°C/min. La biomassa si riscalda e si trasforma mentre avanza dall'ingresso 16A verso l'uscita 16B del contenitore cilindrico 16 tramite il movimento delle viti senza fine 21.

Il fluido pirolitico fuoriesce dall'uscita 16B posta sulla estremità distale del contenitore cilindrico 16 con una frazione liquida ed una frazione di vapore o gassosa.

L'estremità distale del contenitore cilindrico 16 è collegata ad una colonna di raffinazione e condensazione 35 (figure 2 e 4). La colonna di raffinazione e condensazione 35 si sviluppa verticalmente e presenta un ingresso inferiore direttamente collegato all'uscita 16B del forno miscelatore a trasporto continuo 15, un'uscita superiore 36 posta su una sommità della colonna ed un'uscita inferiore 37 posta su un fondo della colonna stessa.

L'uscita inferiore 37 è collegata, tramite una rispettiva tubazione, ad un serbatoio ausiliario 38 per un residuo di colonna. L'uscita superiore 36 è collegata, tramite una rispettiva tubazione, con un decantatore raffreddato 39.

La colonna di raffinazione e condensazione 35 comprende inoltre una pluralità di livelli o stadi di condensazione 35A, 35B, 35C, 35D, 35E disposti uno sopra l'altro tra l'ingresso inferiore e l'uscita superiore 36, in cui, in corrispondenza di ciascuno di detti livelli o stadi 35A, 35B, 35C, 35D, avviene la condensazione di una frazione del fluido pirolitico. Ciascun livello o stadio 35A, 35B, 35C, 35D, 35E è collegato ad un rispettivo serbatoio di stoccaggio, non illustrato nei disegni allegati, per una rispettiva frazione dell'olio pirolitico.

Come ben visibile nelle figure 2 e 4, le viti senza fine 21 fuoriescono dalla estremità terminale 16B del forno miscelatore a trasporto continuo 15 e loro porzioni di estremità sono alloggiate nella colonna di raffinazione e condensazione 35.

La colonna di raffinazione e condensazione 35 riceve il fluido pirolitico e parti solide e/o in polvere di biomassa (non cadute attraverso l'apertura di scarico) che escono dall'estremità terminale 16B del forno miscelatore a trasporto continuo 15. Le parti solide e/o in polvere di biomassa cadono nell'uscita inferiore 37 e sono raccolte nel serbatoio ausiliario 38.

Il fluido pirolitico caldo sale nella colonna di raffinazione e condensazione 35 raffreddandosi man mano. Frazioni più pesanti del fluido pirolitico si separano per condensazione in ciascuno degli stadi 35A, 35B, 35C, 35D, 35E della colonna 35 (e sono raccolti nei rispettivi serbatoi non illustrati) e dall'uscita superiore 36 fuoriesce vapore pirolitico raffinato più puro che è convogliato nel decantatore raffreddato 39. Nel decantatore raffreddato 39, il vapore pirolitico raffinato è separato in olio pirolitico primario e gas pirolitico. L'olio pirolitico primario può costituire esso stesso biocarburante o può essere ulteriormente raffinato per ottenere biocarburante.

La colonna di raffinazione e condensazione 35 ed il decantatore raffreddato 39 costituiscono una sezione di raffinazione e condensazione dell'impianto 1.

Negli ultimi tre stadi 35C, 35D, 35E della colonna 35 prima dell'uscita superiore 36, viene inoltre aggiunto al fluido pirolitico un catalizzatore comprendente o

consistente in idrossido di zirconio solfatato. L'idrossido di zirconio solfatato viene preparato solfatando un precursore di idrossido di zirconio amorfo con solfato di ammonio. L'idrossido di zirconio è preparato mediante l'aggiunta controllata di una soluzione acquosa di ossicloruro di zirconio ($\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$) ad una soluzione tampone NH_4OH (2M)/ NH_4Cl (2M) per mantenere il pH a un valore costante di 10,5. Il solido viene filtrato e lavato accuratamente con acqua distillata per rimuovere i cloruri. L'idrossido di zirconio è poi sospeso in una soluzione acquosa di solfato di ammonio 1 N (20 ml soluzione/g di campione di idrossido di Zr). La miscela è agitata per 2 ore, lentamente evaporata fino a farla seccare ed infine calcinata in aria secca a 450°C per 3 ore prima dell'uso. L'area superficiale del campione è di $210 \text{ m}^2/\text{g}$ e il contenuto di solfato è di circa 2 gruppi per nm^2 . Almeno parte del catalizzatore super-acido è recuperato dall'olio di pirolisi (da quello più puro (olio pirolitico primario) e/o da una o più delle sue frazioni raccolte dagli ultimi tra stadi).

Il gas di pirolisi esce da un'uscita superiore 40 del decantatore raffreddato 39 e viene raccolto in un serbatoio per gas di pirolisi 41. Le tubature precedentemente citate che portano il gas agli ugelli di erogazione fiamma 23 sono collegate al serbatoio per gas di pirolisi 41 oppure direttamente all'uscita superiore 40 del decantatore raffreddato 39.

L'olio di pirolisi esce da un'uscita inferiore 42 del decantatore raffreddato 39 e viene raccolto in un serbatoio per olio di pirolisi 43, ovvero per il prodotto finito. Ad esempio, più impianti 1 come quello sino a qui descritto possono essere installati in uno stesso sito ed, eventualmente, dal serbatoio per olio di pirolisi 43 di ciascun impianto 1 il prodotto finito è inviato e raccolto in un serbatoio generale 44 di dimensioni maggiori tramite una pompa di sollevamento 45.

Lista elementi

- 1 impianto
- 2 primo nastro trasportatore
- 3 primo frantumatore
- 4 secondo nastro trasportatore
- 5 secondo frantumatore

	6	essicatore
	7	terzo nastro trasportatore
	8	terzo frantumatore
	9	polverizzatore
5	10	soffiatore polveri
	11	tramoggia
	12	trasportatore ausiliario
	12A	vite senza fine
	12B	motore
10	13	camera sottovuoto di estrazione ossigeno
	14	serbatoio alimentazione azoto
	15	forno miscelatore a trasporto continuo
	16	contenitore cilindrico
	16A	ingresso
15	16B	uscita
	17	parete cilindrica
	18	basamento
	19	camera di combustione
	20	camera di liquefazione
20	21	viti senza fine
	22	motore
	23	ugelli di erogazione fiamma
	24	tubature
	24A	pompe
25	25	finestra
	26	sportello
	27	finestra
	28	sportello
	29	nastro di trasporto
30	30	cavità
	31	condutture
	32	collettore

	33	filtro
	34	camino
	35	colonna di raffinazione e condensazione
	35A, 35B, 35C, 35D, 35E	livelli o stadi della colonna
5	36	uscita superiore
	37	uscita inferiore
	38	serbatoio ausiliario
	39	decantatore raffreddato
	40	uscita superiore
10	41	serbatoio per gas di pirolisi
	42	uscita inferiore
	43	serbatoio per olio di pirolisi
	44	serbatoio generale
	45	pompa di sollevamento

RIVENDICAZIONI

1. Impianto di pirolisi di materiale di scarto, comprendente:

- una sezione di frantumazione e polverizzazione configurata per frantumare e polverizzare materiale di scarto;

- un forno miscelatore a trasporto continuo (15) presentante un ingresso (16A) operativamente collegato alla sezione di frantumazione e polverizzazione e posto a valle della sezione di frantumazione e polverizzazione, in cui il forno miscelatore a trasporto continuo (15) è configurato per ricevere il materiale di scarto polverizzato, miscelarlo e riscaldarlo fino a temperature pirolitiche per ottenere uno scarto solido ed un fluido pirolitico;

- una sezione di raffinazione e condensazione operativamente collegata ad una uscita (16B) del forno miscelatore a trasporto continuo (15) e configurata per ricevere il fluido pirolitico e separare vapore pirolitico da altre frazioni del fluido pirolitico e far condensare detto vapore pirolitico fino ad ottenere olio di pirolisi e gas di pirolisi;

- una sezione di stoccaggio comprendente almeno un serbatoio per olio di pirolisi (43, 44) ed un serbatoio per gas di pirolisi (41) collegati tramite condutture alla sezione di raffinazione e condensazione.

2. Impianto secondo la rivendicazione 1, in cui il forno miscelatore a trasporto continuo (15) comprende:

- un trasportatore alloggiato in una camera di liquefazione (20) estendentesi tra l'ingresso e l'uscita del forno miscelatore a trasporto continuo (15), in cui opzionalmente il trasportatore comprende almeno una vite senza fine (21);

- una camera di combustione (19) disposta almeno parzialmente attorno al trasportatore e separata dalla camera di liquefazione (20).

3. Impianto secondo la rivendicazione 2, in cui il forno miscelatore a trasporto continuo (15) comprende ugelli di erogazione fiamma (23) disposti nella camera di combustione (19) e configurati per bruciare gas e generare calore, in cui detto calore è trasmesso per conduzione dalla camera di combustione (19) alla camera di liquefazione (20); in cui il forno miscelatore a trasporto continuo (15) comprende

almeno una apertura di scarico inferiore configurata per permettere lo scarico dello scarto solido dalla camera di liquefazione (20).

4. Impianto secondo la rivendicazione 3, in cui gli ugelli di erogazione fiamma (23) sono in collegamento di fluido con il serbatoio per il gas di pirolisi (43) per bruciare almeno parte del gas di pirolisi prodotto.

5. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui la sezione di frantumazione e polverizzazione comprende almeno un frantumatore (3, 5, 8), almeno un essiccatore (6) ed almeno un polverizzatore (9) collegati tra loro tramite nastri trasportatori (2, 4, 7); in cui una camera sottovuoto di estrazione ossigeno (13) e/o un serbatoio alimentazione azoto (14) è/sono operativamente frapposta/e tra la sezione di frantumazione e polverizzazione e l'ingresso (16A) del forno miscelatore a trasporto continuo (15) per eliminare agenti ossidanti prima di riscaldare il materiale di scarto polverizzato.

6. Impianto secondo una delle rivendicazioni precedenti, in cui la sezione di raffinazione e condensazione comprende:

- una colonna di raffinazione e condensazione (35) presentante un ingresso inferiore operativamente collegato all'uscita (16B) del forno miscelatore a trasporto continuo (15) ed un'uscita superiore (36); e
- un decantatore raffreddato (39) in collegamento di fluido con l'uscita superiore (36) della colonna di raffinazione e condensazione (35).

7. Processo di pirolisi di materiale di scarto, opzionalmente per la produzione di biocarburante, opzionalmente eseguito attraverso l'impianto delle rivendicazioni da 1 a 6, in cui il processo comprende alimentare materiale di scarto lungo un percorso di lavorazione, in cui lungo detto percorso di lavorazione sono eseguite le seguenti fasi di lavorazione:

- frantumare e polverizzare il materiale di scarto;
- miscelare e riscaldare il materiale di scarto polverizzato fino a temperature pirolitiche per produrre uno scarto solido ed un fluido pirolitico;
- separare vapore pirolitico da altre frazioni del fluido pirolitico e far condensare detto vapore pirolitico fino ad ottenere olio di pirolisi e gas di pirolisi;
- raccogliere l'olio di pirolisi ed il gas di pirolisi in rispettivi serbatoi;

in cui il materiale di scarto polverizzato è miscelato e riscaldato mentre avanza lungo un tratto del percorso di lavorazione.

8. Processo secondo la rivendicazione 7, in cui si prevede di aggiungere al materiale di scarto e/o al fluido pirolitico e/o al vapore pirolitico un catalizzatore, opzionalmente comprendente o consistente in idrossido di zirconio solfatato.

9. Processo secondo la rivendicazione 8, in cui il catalizzatore è aggiunto al vapore pirolitico in corrispondenza di uno o più di stadi di condensazione di una colonna di raffinazione e condensazione.

10. Processo secondo la rivendicazione 8 o 9, in cui il materiale di scarto polverizzato è riscaldato fino a temperature pirolitiche comprese tra 430°C e 570°C e con una velocità di riscaldamento compresa tra 5°C/min e 20°C/min; in cui il materiale di scarto polverizzato presenta particelle con un diametro sferico equivalente medio compreso tra 0,5mm e 1,5mm.

FIG.1A

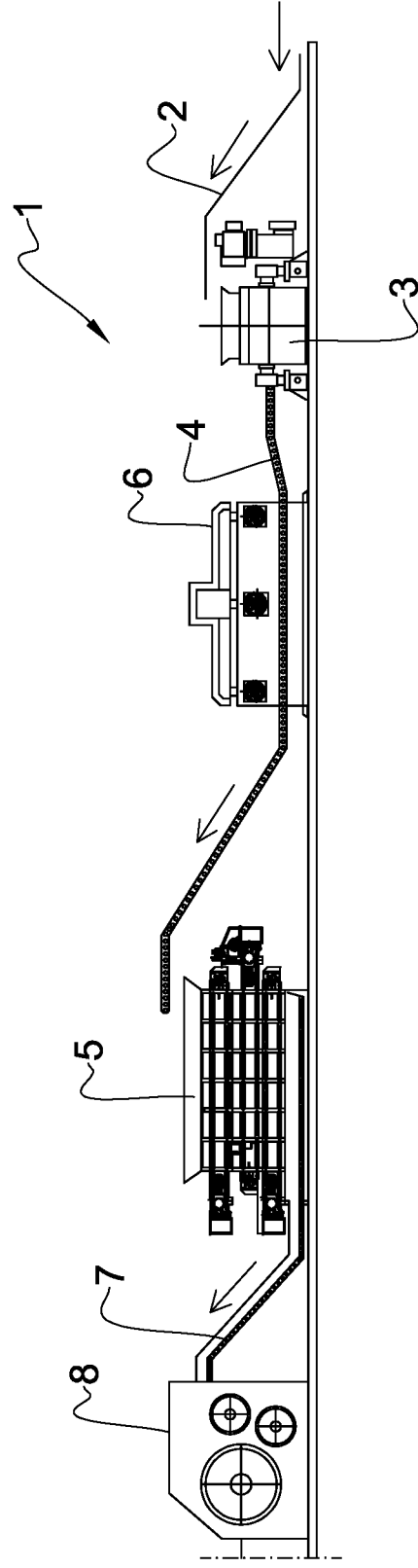


FIG.1B

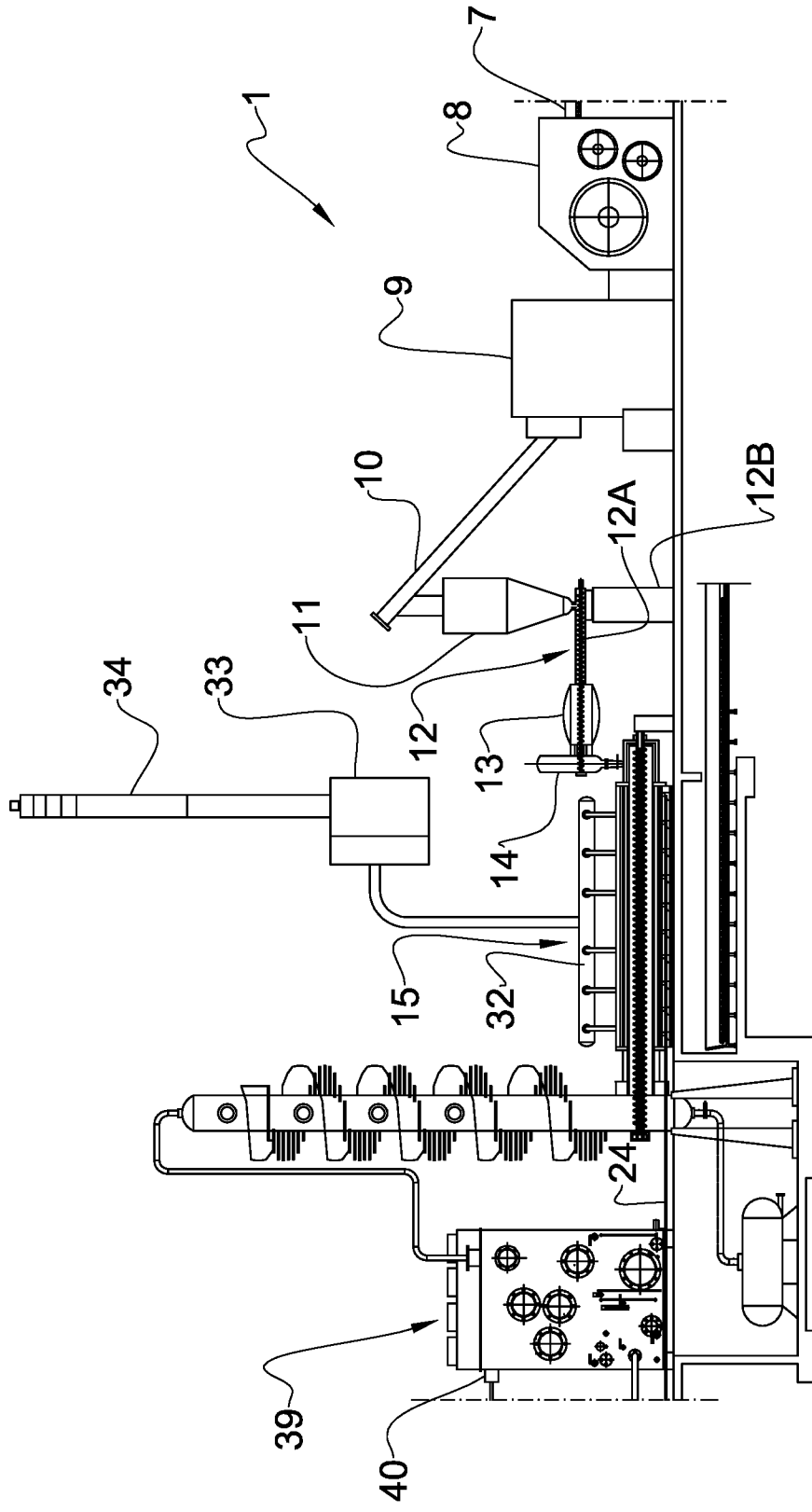


FIG.1C

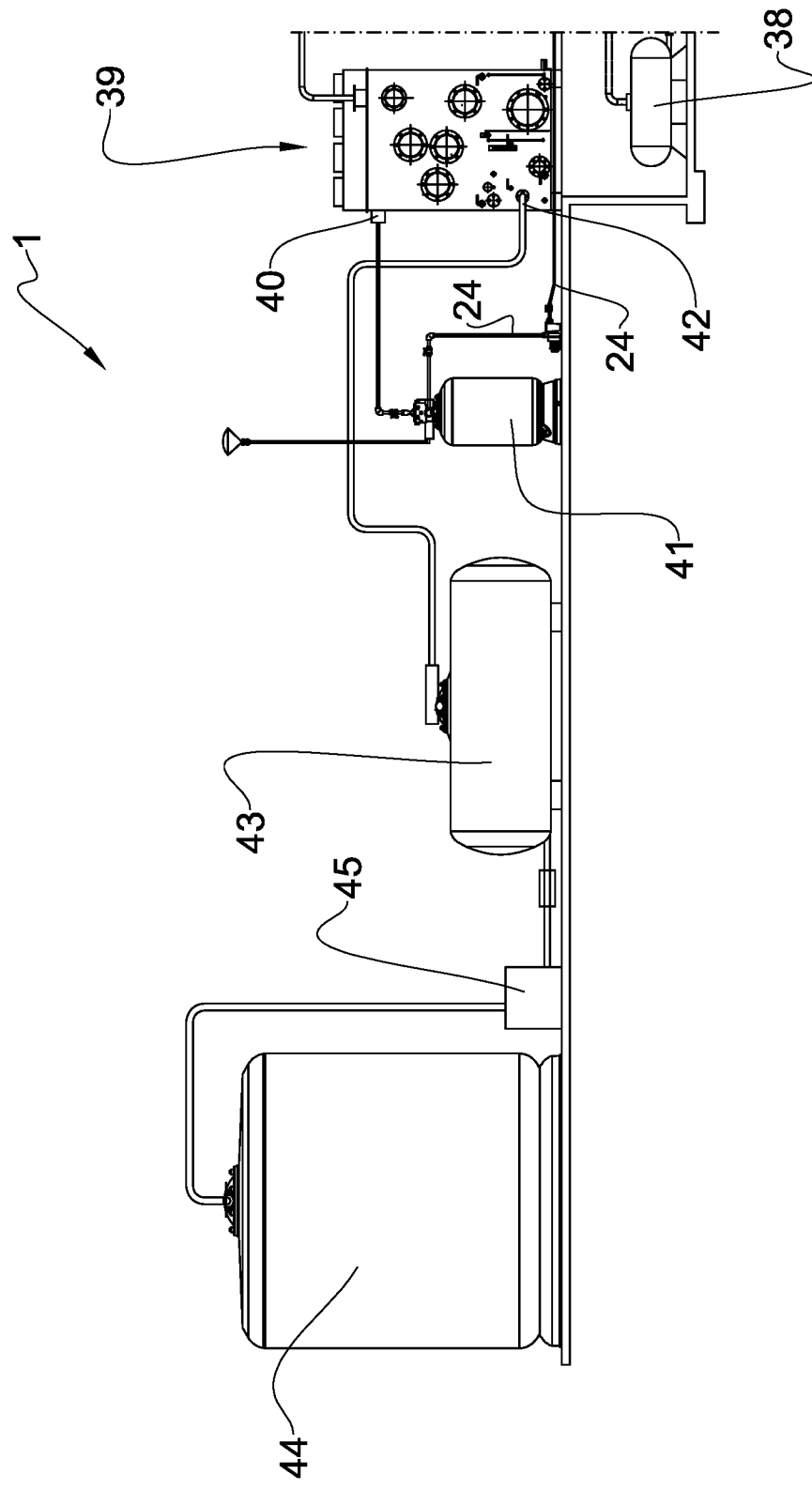


FIG. 2

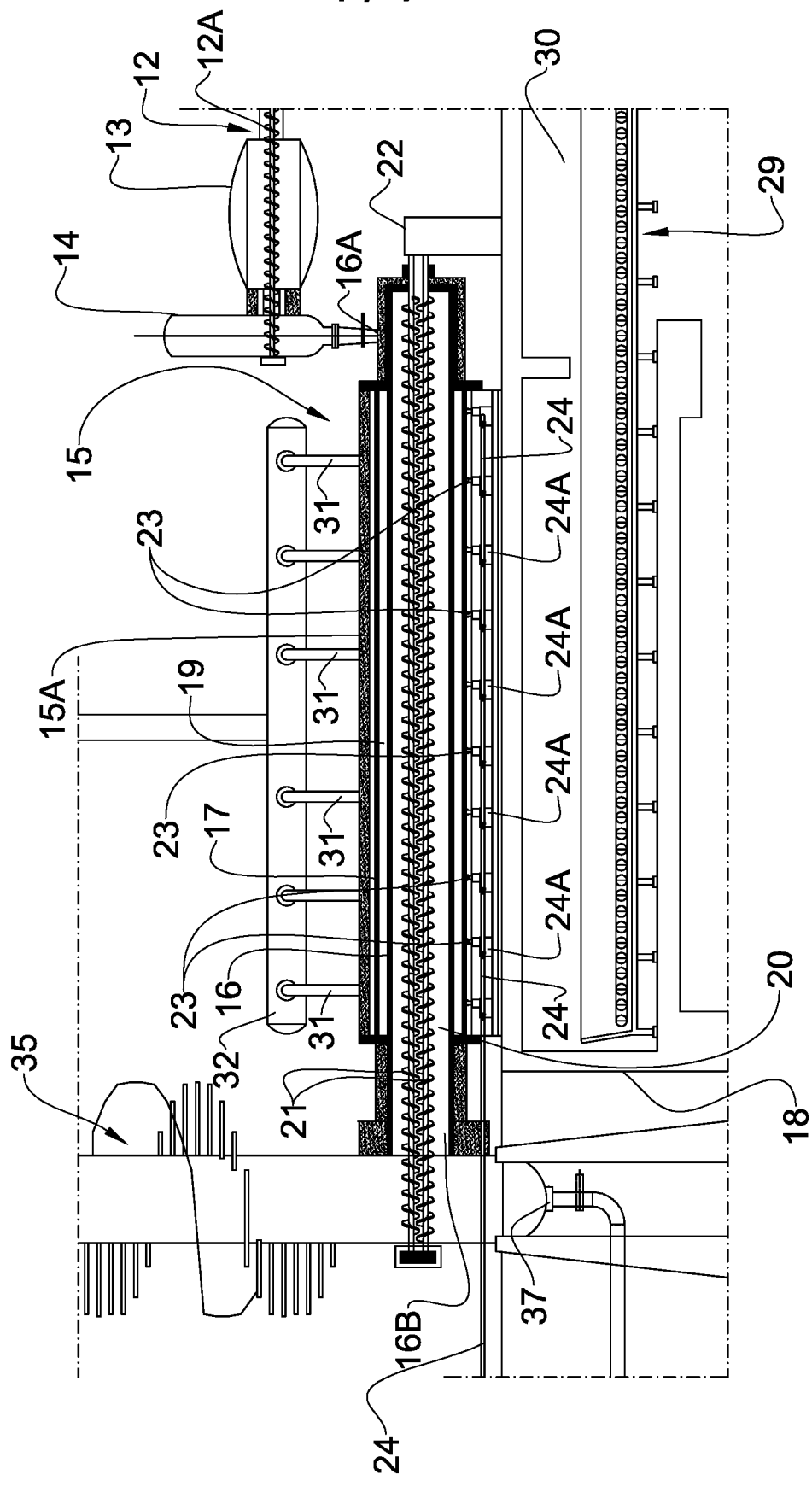


FIG.3

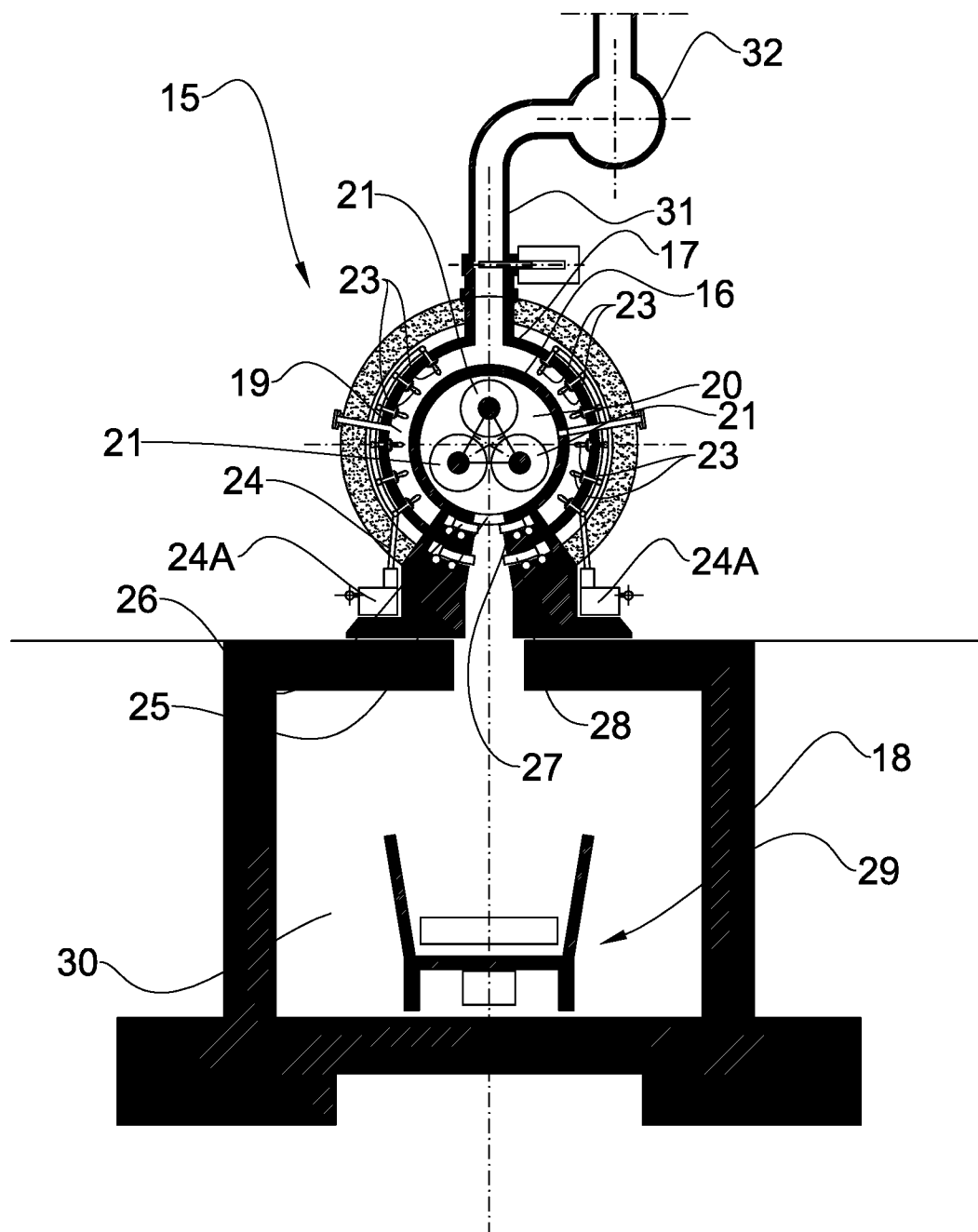


FIG.4

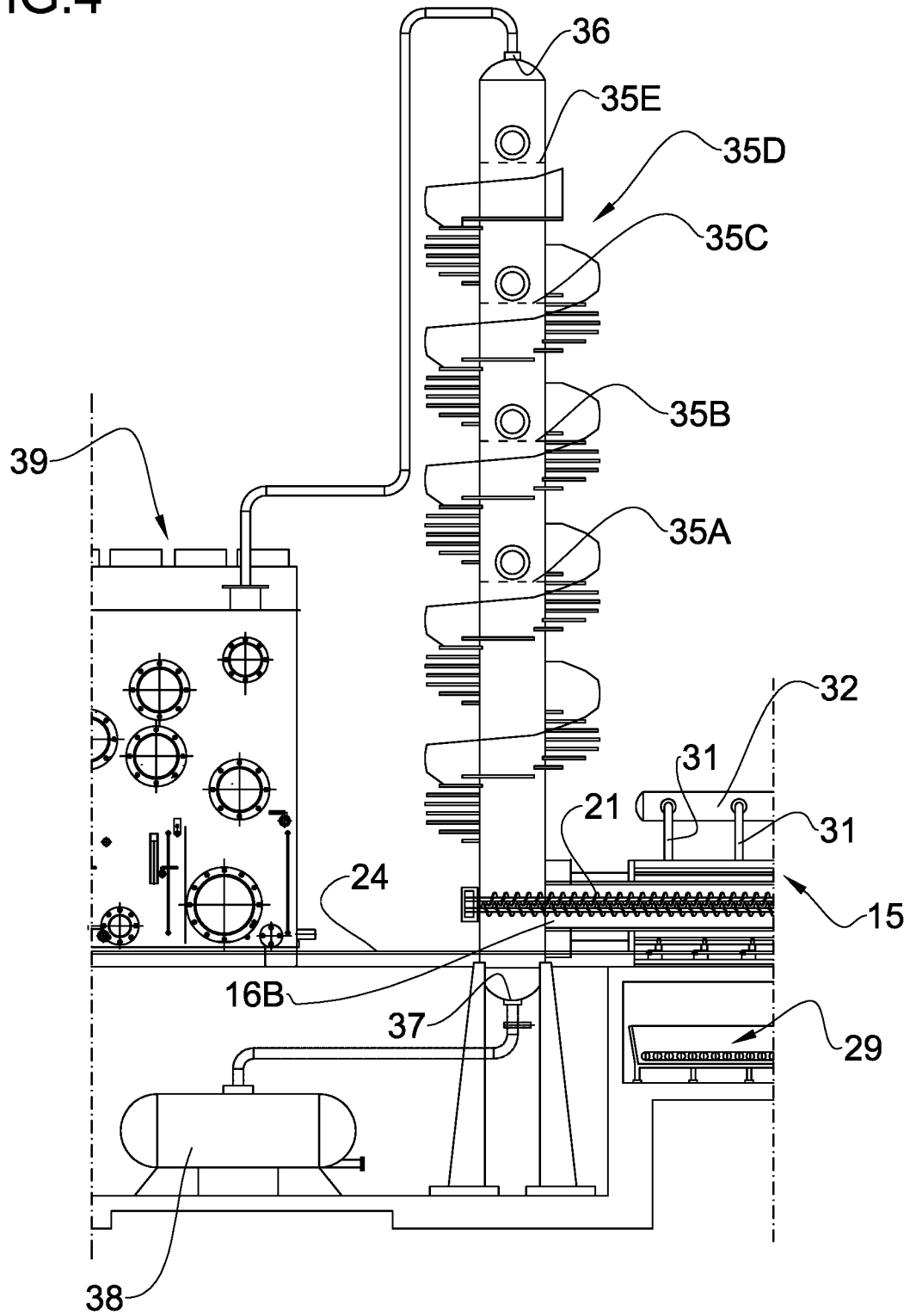


FIG.5

