

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902060123A1

Publication Date

20131214

Applicant

EUGE S.R.L.

Title

IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI GAS DI SINTESI E METODO DI  
PRODUZIONE DEL GAS

TITOLO: IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI GAS DI SINTESI E  
METODO DI PRODUZIONE DEL GAS.

----

La presente invenzione riguarda un impianto per la  
5 produzione di gas di sintesi o syngas da materiali  
preferibilmente biomasse ed ancor più preferibilmente  
biomassa di origine organica, attraverso i processi di  
pirolisi, gassificazione e reforming.

È noto il processo di pirolisi il quale, a seguito del  
10 riscaldamento sostanzialmente in assenza di ossigeno,  
attraverso un processo di dissociazione molecolare delle  
sostanze immesse, preferibilmente organiche, consente di  
realizzare una fase solida costituita essenzialmente da  
carbone, una fase gassosa che comprende, in proporzioni  
15 variabili, principalmente idrocarburi.

La percentuale fra fase solida e gassosa è funzione  
dei parametri della reazione quali ad esempio tempo di  
attuazione del processo e temperatura a cui avviene la  
reazione.

20 Tale processo avviene essenzialmente a temperature  
comprese fra i 400÷700 °C.

Gli idrocarburi compresi nella fase gassosa hanno una  
struttura molecolare molto complessa, con ridotto potere  
combustibile.

25 È noto, inoltre, il processo di gassificazione il  
quale consta in un'ossidazione incompleta di un  
combustibile solido, in presenza di un agente gassificatore  
atto a cedere ossigeno, ad una temperatura compresa fra i  
800÷1300 °C, e in ambiente carente di ossigeno.

30 Sono noti diverse tipologie di gassificatori, quali ad  
esempio sono denominati: gassificatori a letto fisso o

downdraft; gassificatori a letto fluido ed i gassificatori a letto trascinato.

Sono noti impianti piro-gassificatori, normalmente realizzati sfruttando una delle tipologie di gassificatori sopraccitati, i quali comprendono in un unico involucro sia lo stadio di pirolisi sia lo stadio di gassificazione. Le due fasi non sono quindi nettamente distinguibili.

È noto che tale tipologia d'impianti di piro-gassificazione risulta molto instabile e difficilmente controllabile, infatti, una volta avviato l'impianto, nel caso in cui sia introdotta della biomassa con diversa densità, dimensione e tipologia, rispetto a quella prestabilita iniziale, il processo di piro-gassificazione potrebbe destabilizzarsi o addirittura interrompersi. Nel caso di interruzione del processo di piro-gassificazione è richiesto quindi di svuotare l'impianto e riportarlo a regime, con una conseguente perdita di tempo e di materia prima.

Il gas di sintesi prodotto dagli impianti dell'arte nota risulta di scarsa qualità ed è richiesto per tali impianti un'ulteriore passo di purificazione del gas sintetizzato per eliminare la componente dannosa del gas prodotto, in special modo della fase gassosa derivante dal processo di pirolisi.

Infatti, il gas di sintesi derivante dal processo di pirolisi comprende altre sostanze le quali riducono notevolmente la qualità del gas di sintesi. Tali sostanze sono ad esempio catrame e/o il tar.

La presenza di tali sostanze all'interno del gas di sintesi rende lo stesso gas scarsamente applicabile per la combustione in motori, a causa dei catrami e tar, i gas di

scarico derivanti dalla combustione risultano notevolmente inquinanti.

I sistemi dell'arte nota risultano inoltre condizionati dal materiale introdotto all'interno 5 dell'impianto in quanto il processo di pirolisi richiede che il prodotto introdotto sia sufficientemente uniforme, con pezzatura prestabilita e con una percentuale di umidità prestabilita. Queste condizioni necessarie per il corretto svolgimento del processo risultano molto instabili e 10 difficilmente controllabili, comportando così la produzione di un gas di sintesi di scarsa qualità.

È noto, inoltre, dal brevetto IT1352596 un impianto per lo smaltimento di rifiuti solidi il quale è costituito da un ambiente in cui avviene il processo di pirolisi, e da 15 altri due successivi ambienti di gassificazione. In tale tipologia di gassificatore il gas di pirolisi non viene in contatto con la parte solida presente nel primo stadio di gassificazione. Sono inoltre disposti all'interno dell'ambiente di gassificazione, mezzi bruciatori per la 20 combustione parziale della fase solida prodotta dalla fase di pirolisi.

La presente invenzione si propone di risolvere i problemi sopracitati, realizzando un impianto per la produzione di gas di sintesi, sfruttando i processi di 25 pirolisi e gassificazione, ed implementando un metodo automatico di produzione dello stesso gas, al fine di ottenere un gas di sintesi di elevata qualità.

I processi di pirolisi e gassificazione avvengono in due ambienti distinti realizzando un impianto modulabile, 30 in grado di controllare con elevata precisione lo svolgersi del processo per l'ottenimento di un gas di sintesi di elevata qualità.

Un aspetto della presente invenzione riguarda un impianto per la produzione di gas di sintesi, con le caratteristiche dell'allegata rivendicazione 1.

Un ulteriore aspetto della presente invenzione 5 riguarda un metodo per la produzione di gas di sintesi, con le caratteristiche dell'allegata rivendicazione 9.

Le caratteristiche accessorie sono riportate nelle allegate rivendicazioni dipendenti.

Le caratteristiche ed i vantaggi dell'impianto e del 10 metodo di produzione associato, saranno chiari ed evidenti dalle seguente descrizione di una forma di realizzazione e dalle figure indicate le quali mostrano nel dettaglio:

- le figure 1A e 1B mostrano l'impianto secondo la 15 presente invenzione, in particolare la figura 1A, l'impianto in una vista prospettica, la figura 1B in sezione in una vista frontale l'impianto per la produzione di gas di sintesi secondo la presente invenzione;
- la figura 2 mostra in una sezione frontale il forno di pirolisi compreso nell'impianto di figura 1B;
- la figura 3 mostra in una sezione frontale il 20 reattore di gassificazione e reforming compreso nell'impianto di figura 1B;
- la figura 4 mostra in una sezione frontale il sistema di trasporto per convogliare la fase solida 25 derivante dal processo di pirolisi, verso il reattore di gassificazione e reforming, compreso nell'impianto di figura 1B;
- la figura 5 mostra un particolare del reattore di gassificazione, in particolare il letto di gassificazione e 30 la vasca idraulica di contenimento;

• le figure 6A e 6B illustrano il letto di gassificazione in due diverse viste, la figura 6A mostra il letto in una sezione in pianta, la figura 6B mostra il letto in una vista laterale.

5 • la figura 7 mostra uno schema a blocchi stilizzati dell'unità di controllo ed i dispositivi da esso operativamente connessi.

Con riferimento alle citate figure, l'impianto per la produzione di gas di sintesi, comprende un forno di pirolisi 3 in cui avviene la pirolizzazione in modo continuo nel tempo di un quantitativo predeterminato di materiale, atto a generare una fase solida e una fase gassosa; un reattore di gassificazione e reforming 5, in cui avviene la gassificazione della fase solida e il reforming della fase gassosa derivante dal processo di pirolisi, preferibilmente a sviluppo verticale; un sistema di trasporto 7 per il passaggio della fase solida fra il forno di pirolisi 3 e il reattore 5 ed un condotto 4 di connessione fra il forno 3 e il reattore di gassificazione 5 per il flusso della fase gassosa.

Ai fini della presente invenzione con il termine "un quantitativo predeterminato di materiale, si intende che all'interno del forno di pirolisi 3 viene inserito un quantitativo predeterminato di materiale, ad esempio 25 biomassa, in funzione della velocità di immissione dello stesso materiale nel forno 3 da parte di un dispositivo di carico 2. Tale dispositivo di carico è controllato tramite un'unità di controllo 9, compresa nell'impianto 1, secondo la presente invenzione.

30 Il forno di pirolisi comprende una prima coclea 31 ed una seconda coclea 32, gestita da detta unità di controllo

9, atte a controllare la velocità di pirolisi del materiale, ad esempio biomassa, in esso inserito.

Nella forma di realizzazione preferita dell'impianto secondo la presente invenzione viene utilizzata della 5 biomassa, preferibilmente di origine organica.

Il sistema di trasporto 7 comprende almeno un mezzo di trasporto elicoidale (71, 72), gestito da detta unità di controllo 9, atte a regolare l'afflusso di fase solida al reattore 5.

10 Il sistema comprende almeno un punto d'immissione della fase gassosa "A", il quale è al più a livello di un letto di gassificazione 51, compreso nel reattore 5, su cui giace la fase solida. Tale disposizione obbliga la fase gassosa, generatasi nel forno di pirolisi 3, a transitare attraverso la fase solida la quale è ardente. Tale 15 passaggio forzato della fase gassosa permette di gassificare e consentire il reforming in modo ottimale della stessa fase gassosa scomponendo la molecola in molecole più brevi, più adatte ad essere bruciate nella 20 combustione e con molecole derivanti dalla combustione semplici quali anidridi carboniche.

Nella forma di realizzazione preferita dell'impianto 1, illustrata ad esempio nelle figure 1A, 1B, 3 e 5, il reattore di gassificazione 5 comprende una torre di 25 gassificazione 50, preferibilmente a sezione circolare, la quale a sua volta comprende una porzione verticale 501, con un'asse longitudinale "Z", alla cui estremità inferiore sono comprese delle fessure 502, preferibilmente a sviluppo verticale. Detta torre di gassificazione 50 è 30 preferibilmente costruita nella parte interna, con diametri di diversa dimensione. Eventualmente, il diametro interno della torre 50 è costante dalla base alla sommità, con

proporzioni di altezza pari ad almeno due volte all'estensione longitudinale del forno di pirolisi 3.

Il reattore 5, comprende inoltre una seconda porzione 503 la quale realizza una struttura coassiale o a camicia 5 35 in cui è posizionato il forno di pirolisi 3.

Detta seconda porzione 503 ha un asse longitudinale il quale si sviluppa sostanzialmente trasversalmente all'asse longitudinale "Z" della porzione verticale 501, ad esempio lungo un secondo asse "X".

10 Tale seconda porzione 503 è congiunta all'estremo superiore della porzione verticale 501 ed è raccordata tramite una prima sezione curva, come ad esempio illustrato in figura 1B. La seconda porzione 503 all'estremo opposto comprende un punto di prelievo o spillatura del gas di 15 sintesi "C" prodotto dall'impianto 1, secondo la presente invenzione.

Preferibilmente, detta seconda porzione 503, dello stesso diametro della torre di gassificazione 50, comprende due sezioni rettilinee, fra loro disassate rispetto a detto 20 asse "Z". Tali sezioni rettilinee sono fra loro raccordate tramite una seconda sezione curva come visibile nelle figure 1B e 3. Ognuna di dette sezioni longitudinali ha un'estensione longitudinale sostanzialmente pari all'estensione longitudinale del forno di pirolisi 3.

25 Detto letto gassificatore 51 comprendente una griglia 511 su cui giace la fase solida. La griglia 511 è realizzata preferibilmente in acciaio ad alta resistenza termica, quale ad esempio inconel, oppure di tipo ceramico, ad esempio allumina.

30 La griglia 511 è atta a sostenere la fase solida nel letto di gassificazione 51.

Detto reattore 5 comprende uno strato esterno realizzato in materiale metallico "M", ed uno strato interno realizzato in materiale refrattario "R", preferibilmente malta cementizia refrattaria, atta a resistere a temperature superiori ai 1500°C.

Il reattore 5 all'estremo inferiore della porzione verticale 501 è posizionato all'interno di una vasca di contenimento 52 la quale può essere riempita d'acqua. Il livello dell'acqua all'interno della vasca 52 è gestito dall'unità di controllo 9. Se il livello dell'acqua supera una predeterminata soglia, chiude ermeticamente l'ambiente interno dell'impianto 1 e del processo di pirogassificazione dall'ambiente esterno.

Dette fessure 502 a sviluppo verticale consentono il passaggio di aria dall'esterno all'interno del reattore 5 se il livello dell'acqua scende al disotto dell'estremo superiore di tali fessure 502.

Preferibilmente, l'impianto 1 viene assemblato in modo tale che detta vasca sia disposta al di sotto del livello del suolo "S", e che detto letto di gassificazione 51 sia sostanzialmente al livello del suolo "S", durante il funzionamento a regime dell'impianto.

Ai fini della presente invenzione, con il termine "letto di gassificazione 51 sia sostanzialmente al livello del suolo" si intende che la griglia 511 è posta ad una quota dal suolo "S" preferibilmente pari a zero.

Come sopracitato, all'interno del forno di pirolisi 3 le biomasse inserite, per effetto della temperatura e della carenza di ossigeno, si dividono in una fase solida ed una gassosa. Come illustrato nelle figure 1A e 2, il forno 3 ha una forma sostanzialmente longitudinale lungo detto secondo asse "X". Il forno 3 comprende un involucro esterno 30, di

contenimento, al cui interno sono posizionate dette prima e seconda coclea (31, 32). Le coclee (31, 32) avanzano lungo assi fra loro paralleli e a loro volta paralleli a detto secondo asse "X". Dette coclee (31, 32) sono movimentate preferibilmente tramite motori elettrici, ad esempio brushless, i quali sono controllati da detta unità di controllo 9.

Detto involucro esterno 30 ha una sezione trasversale con estensione trasversale inferiore alla dimensione trasversale della seconda porzione 503 della torre di gassificazione 50.

Il forno 3 è preferibilmente posto su una pluralità di sostegni 34. Tale differenza dimensionale crea la detta suddetta struttura coassiale 35. La struttura coassiale 35 consente il passaggio del gas di sintesi verso il punto di prelievo o spillatura "C". Lo stesso gas di sintesi cedendo parte del calore intrinseco al forno di pirolisi 3, il quale a sua volta, per conduzione, scalda la biomassa in esso presente alla temperatura ideale per la realizzazione della reazione di pirolisi.

Preferibilmente, all'interno del forno di pirolisi è presente una temperatura compresa fra 350 °C ed i 700°C.

Tramite detto dispositivo di carico 2 la biomassa, prima di essere inserita nel forno di pirolosi 3, viene compressa.

La compressione della biomassa ha lo scopo di eliminare gradualmente l'aria e l'ossigeno nella biomassa stessa, in modo controllato, e favorire l'innesto del processo di pirolisi.

La struttura e le caratteristiche dell'impianto, secondo la presente invenzione, permette che la biomassa introdotta all'interno del forno 3 raggiunga rapidamente

una temperatura di circa 350°C. Il repentino riscaldamento della biomassa fa sì che il processo di pirolisi sia svolto a temperature tali da evitare per lo più la formazione di tar o catrame, che come noto di formano a temperature 5 inferiori ai 350°C.

Il repentino surriscaldamento della biomassa è garantito dall'elevata temperatura all'interno del forno 3 e della sua stessa conformazione. Negli impianti dell'arte nota a causa della conformazione e della ridotta 10 temperatura all'interno del forno stesso, la biomassa si riscaldava lentamente, iniziando il processo di pirolisi già a temperature inferiori a 350°C, generando così tar e catrami.

Come illustrato in figura 2, detto dispositivo di carico 2 comprende una pluralità di chiuse 23, tali da impedire l'ingresso di aria all'interno del dispositivo di carico 2, una prima tramoggia 21, atta a regolare l'afflusso di biomassa ad una coclea di compattamento 22, la quale compatta la biomassa per eliminare l'aria che potrebbe essere imprigionata in bolle d'aria fra il particolato della biomassa. Il dispositivo di carico 2 permette di introdurre le biomasse nell'impianto 1 in modo controllato e continuo nel tempo, impedendo l'introduzione 15 di aria, ed in special modo ossigeno in essa contenuto, la quale compatta la biomassa per eliminare l'aria che potrebbe essere imprigionata in bolle d'aria fra il particolato della biomassa. Il dispositivo di carico 2 permette di introdurre le biomasse nell'impianto 1 in modo controllato e continuo nel tempo, impedendo l'introduzione di aria, ed in special modo ossigeno in essa contenuto, 20 la quale compatta la biomassa per eliminare l'aria che potrebbe essere imprigionata in bolle d'aria fra il particolato della biomassa. Il dispositivo di carico 2 permette di introdurre le biomasse nell'impianto 1 in modo controllato e continuo nel tempo, impedendo l'introduzione di aria, ed in special modo ossigeno in essa contenuto, 25 la quale compatta la biomassa per eliminare l'aria che potrebbe essere imprigionata in bolle d'aria fra il particolato della biomassa. Tale sistema di alimentazione, per effetto compattante della coclea, genera un tappo di biomassa che alimenta in continuo il processo.

Inoltre, in una forma di realizzazione preferita, per consentire l'immissione regolare della biomassa, senza

realizzare sacche d'aria indesiderate, detta prima tramoggia 21 può comprende una rotocella 211.

Ogni elemento compreso nel dispositivo di carico 2, è preferibilmente movimentato tramite almeno un motore 5 elettrico, ad esempio brushless, controllato da detta unità di controllo 9.

Detta prima coclea 31, compresa nel forno di pirolisi 3, ha un senso di avanzamento opposto rispetto alla seconda coclea 32, in modo tale che la biomassa inserita in una 10 prima estremità del forno 3 proceda per tutta la lunghezza del forno 3 stesso sino al secondo estremo e, successivamente, torni verso il primo estremo del forno 3 tramite detta seconda coclea 32. Tale configurazione permette di incrementare il tempo di permanenza delle 15 biomasse all'interno del forno 3, ed esempio raddoppiando il tempo di permanenza all'interno del forno di pirolisi.

Tale movimentazione di andata e ritorno delle biomasse lungo l'estensione longitudinale del forno 3 consente di pirolizzare in ciclo continuo le biomasse stesse.

20 L'utilizzo di almeno due coclee, permette la regolazione del processo di pirolisi cui devono essere sottoposte le biomasse. Infatti, in funzione della velocità di avanzamento delle coclee stesse, è possibile regolare il tempo di permanenza delle biomasse nel forno 3, e quindi il 25 grado di pirolizzazione delle biomasse stesse.

Detto condotto 4 comprende almeno due valvole, non illustrate, controllate da detta unità di controllo, per la gestione del flusso della fase gassosa del forno di pirolisi 3 al reattore 5.

30 Detto sistema di trasporto 7 comprende preferibilmente una seconda tramoggia 70, la quale riceve la fase solida in

uscita dal forno 3 e due coclee (71, 72) poste fra loro in cascata, come ad esempio illustrato in figura 4.

Preferibilmente ogni dispositivo compreso nel sistema di trasporto 7 è movimentato tramite almeno un motore, ad 5 esempio brushless, controllato da detta unità di controllo 9.

Detta seconda tramoggia 70 regola l'approvvigionamento della terza coclea 71, la quale sfocia nella quarta coclea 72.

10 Detta quarta coclea 72 termina nel reattore 5 in un punto d'immissione della fase solida "B". Il sistema di trasporto 7 comprende una struttura coassiale o camicia, non illustrata nel dettaglio, la quale circonda dette coclee (71, 72).

15 Tramite una valvola 504, controllata dall'unità di controllo 9, è possibile recuperare parti delle ceneri precipitate durante il transito del gas all'interno del forno 3 di pirolisi. Tali ceneri sono riportate all'interno 20 del processo di gassificazione attraverso la quarta coclea 72.

Preferibilmente, detto almeno un punto d'immissione della fase gassosa "A", è posto al di sotto di un punto d'immissione della fase solida "B", in modo tale che il gas sia costretto a passare nella fase solida ardente 25 posizionata in corrispondenza della griglia 511. Durante il passaggio della fase gassosa attraverso la fase solida, avviene la fase di reforming della fase gassosa prodotta durante il processo di pirolisi.

Preferibilmente, il punto d'immissione "A" è tale che 30 la fase gassosa sia convogliata alla base della griglia 511 di sostegno.

Nella forma di realizzazione preferita, sono compresi due punti d'immissione della fase gassosa "A", una a livello della griglia 511 ed una al di sotto della griglia stessa, come visibile nelle figure 1B, 3, 5 e 6A. In questo modo la fase gassosa e la fase solida della pirolisi sono totalmente ri - processati all'interno del reattore di gassificazione e reforming 5, poiché tale fase gassosa percorre interamente tale reattore 5.

Il punto d'immissione fase solida "B" è posto ad una predeterminata quota rispetto alla griglia 511, in modo tale che a pieno regime dell'impianto si possa accumulare un quantitativo di fase solida sopra la griglia compreso fra 1,5 e 2,5 metri, lungo cui la fase gassosa sia obbligata a transitare.

Per tale motivo il punto d'immissione fase solida "B" deve trovarsi ad una quota dalla griglia ad esempio superiore ai 2,5 metri.

L'impianto 1, secondo la presente invenzione, comprende inoltre, una pluralità di sensori 91, posizionati sia nel forno di pirolisi 3 sia nel reattore 5, operativamente connessi a detta unità di controllo 9, atti a determinare i parametri di funzionamento dell'impianto stesso, come illustrato in figura 7.

I sensori sono preferibilmente uno o più sensori di temperatura 91a, disposti in modo tale da misurare la temperatura in una pluralità di punti dell'impianto 1; uno o più sensori di pressione 91b, atti a misurare la pressione interna all'impianto in predeterminati punti, e uno o più sensori di analisi della composizione 91c, atti ad analizzare la composizione del gas di sintesi nei diversi punti dell'impianto.

L'impianto 1, secondo la presente invenzione, comprende inoltre almeno un sensore di posizione 91d, ad esempio un radar o un dispositivo ad ultrasuoni, o un dispositivo ottico, atto a rilevare il livello di riempimento del letto di gassificazione 51 di fase solida.

I sensori di temperatura 91a, ad esempio termocoppie, misurano la temperatura in predeterminati punti dell'impianto 1, preferibilmente con maggior concentrazione lungo la torre di gassificazione 50, e a diverse distanze rispetto all'asse longitudinale "Z" della torre stessa, com'è visibile nelle figure allegate.

I sensori di pressione 91b, ad esempio un pressostato per alte temperature, sono atti a misurare la pressione all'interno dell'impianto 1 in determinati punti dell'impianto stesso.

I sensori di analisi della composizione 91c sono atti a determinare la composizione del gas di sintesi in diversi punti dell'impianto 1, in modo continuo nel tempo, ad esempio prelevandone piccoli campioni.

L'impianto secondo la presente invenzione, comprende almeno un impianto d'immissione 6, atto ad immettere almeno una componente gassosa all'interno del reattore 5, per controllare la reazione di gassificazione e di reforming. Tali impianti d'immissione 6 sono gestiti e controllati dall'unità di controllo 9.

Ogni impianto 6, non illustrate nel dettaglio, comprende una pluralità di tubature atte a trasportare la componente gassosa verso l'impianto di produzione del gas di sintesi 1.

L'impianto, secondo la presente invenzione, comprende almeno un impianto d'immissione ossigeno 61 ed almeno un impianto di immissione aria 62. Tali due impianti (61, 62)

sono atti a favorire la reazione di gassificazione e di reforming, ad esempio consentendo di aumentare la temperatura all'interno del reattore 5.

Almeno un impianto d'immissione d'ossigeno 61 ed un  
5 impianto di immissione aria 62, sono entrambi connessi al  
reattore 5 in prossimità della griglia 511 di sostegno, al  
fine di apportare la corretta quantità di aria e/o di  
ossigeno al processo di gassificazione e reforming delle  
fasi solida e gassosa. Le quantità di aria e di ossigeno  
10 addotte al processo sono controllate automaticamente da  
detta unità di controllo 9.

Inoltre, almeno un impianto d'immissione ossigeno 61 è  
posto nella sommità della torre 50.

L'impianto per la produzione di gas di sintesi 1  
15 comprende inoltre almeno un impianto d'immissione azoto 63,  
il quale è attivo ad ostacolare o bloccare, almeno in parte,  
la reazione di gassificazione e reforming.

Quest'ultimo impianto immissione azoto 63 è attivo a  
controllare l'impianto 1, ed in caso di reazione  
20 incontrollata, ad esempio a causa di un aumento della  
temperatura in almeno un punto dell'impianto, al di sopra  
di una soglia critica predeterminata, frena la reazione o  
addirittura spegne l'impianto 1.

Ai fini della presente invenzione con il termine  
25 frenare o spegnere l'impianto s'intende che l'unità di  
controllo 9 immette azoto all'interno dell'impianto 1 modo  
che l'impianto riduca la produzione di gas di sintesi o  
termini la produzione, facendo venir meno le condizioni per  
la reazione di gassificazione e reforming, con tempi di  
30 reazione ridotti dell'impianto 1 inferiori rispetto al  
decadimento naturale.

In caso di reazione incontrollata, l'unità di controllo 9, oltre ad attivare il circuito d'immissione azoto 63, ferma l'approvvigionamento di biomasse nel forno 3, bloccando il dispositivo di carico 2, ferma 5 l'approvvigionamento di fase solida al sistema di trasporto da parte della seconda coclea 32 e l'approvvigionamento di fase solida all'interno del reattore 5, bloccando il sistema di trasporto 7. Tali contromisure sopraelencate consentono sostanzialmente di bloccare la reazione di pirogassificazione e quindi spegnere l'impianto.

Su detta griglia 511 si accumulano le scorie o residui solidi del processo di gassificazione della fase solida.

Il letto di gassificazione 51 è movimentabile al fine di estrarre lo stesso letto 51, ed in particolare la 15 griglia 511, dalla torre di gassificazione 50 e rimuovere i residui o scorie, attraverso un movimento semovente ad esempio indotto da un attuatore 522.

Tale movimentazione del letto 51 consente di trasferire e decantare i residui o scorie, quali ceneri, 20 all'interno della vasca di contenimento 52, contenente acqua. La cenere precipitata nella vasca 52 è separata dall'acqua con opportuno sistema di filtrazione non illustrato nel dettaglio.

Detto attuatore è atto a movimentare detto letto di 25 gassificazione 51 lungo detto asse verticale "Z", abbassandolo per trasferire i residui o scorie nella vasca 52 e sollevandolo per portare tale letto 51 nuovamente nella corretta posizione nella torre di gassificazione 50.

La movimentazione del letto 51 è controllata da detta 30 unità di controllo 9, la quale attiva detto attuatore 522 per la movimentazione del letto 51.

Il metodo per la produzione di gas di sintesi, secondo la presente invenzione, attraverso un processo concatenato di pirolisi e di gassificazione e reforming delle biomasse, permette di ottenere gas di sintesi d'elevata qualità, con 5 ridotta quantità di tar e catrame.

Ai fini della presente invenzione con il termine gas di sintesi di elevata qualità s'intende un gas in cui la presenza di tar e/o catrame e/o alti inquinanti è trascurabile, e la parte combustibile dello stesso gas 10 comprende monossido di carbonio "CO" ed idrogeno "H<sub>2</sub>" in percentuali, per ogni gas, superiore al 20%, preferibilmente comprese fra 20% ed il 30%.

Il metodo di produzione comprende le seguenti fasi operative automatiche:

- 15        • controllo di una pluralità di parametri di funzionamento dell'impianto 1;
- immissione del materiale, ad esempio della biomassa, a quantitativi controllati, all'interno del forno di pirolisi 3;
- 20        • controllo velocità di pirolisi biomasse del materiale.
- controllo quantità d'immissione fase solida nel reattore 5;
- 25        • controllo quantità d'immissione fase gassosa, nel reattore 5;
- controllo dell'immissione di componente gassosa, tramite una pluralità d'impianti di immissione 6, in funzione di detta pluralità di parametri di funzionamento dell'impianto, determinati in tempo reale.

30        Il passo di controllo di una pluralità di parametri prevede di misurare in una pluralità di punti dell'impianto

diversi parametri quali la temperatura, tramite i sensori di temperatura 91a, la pressione, tramite detti sensori di pressione 91b, e la composizione del gas di sintesi, tramite i sensori 91c; inoltre viene monitorato il livello 5 di riempimento del letto di gassificazione tramite detto almeno un sensore di posizione 91d.

Le temperature, le pressioni e la composizione del gas di sintesi, misurati da tali sensori (91a, 91b, 9c) sono ricevuti dall'unità di controllo 9 la quale li elabora, ad 10 esempio confrontando la misura di temperatura di ogni sensore con un corrispettivo livello minimo ed un livello massimo, e/o confrontando il livello di pressione di ogni sensore con un corrispettivo livello minimo ed un livello massimo, e/o confrontando la composizione del gas di 15 sintesi con una composizione del gas desiderata.

In funzione di tali parametri misurati l'unità di controllo 9 agirà sui sistemi compresi nell'impianto per regolarizzare il processo e realizzare un gas di sintesi 1, secondo la presente invenzione.

20 Infatti, in funzione delle temperature rilevate, l'unità di controllo 9 è atta a velocizzare o rallentare la velocità di pirolisi della biomassa, agendo sulla velocità di rotazione della prima e seconda coclea (31, 32); regolare l'immissione della fase solida nel reattore 5, 25 controllando detto sistema di trasporto 7; regolare l'immissione di almeno una componente gassosa tramite detto almeno un impianto di immissione 6, e regolare l'apporto di biomassa all'interno del forno di pirolisi 3, controllando detto dispositivo di carico 2.

30 In funzione delle pressioni rilevate, l'unità di controllo 9 è in grado di azionare sistemi di sicurezza in grado di riportare la pressione all'interno dell'impianto,

in almeno in un punto, alla condizione di ottimale di funzionamento.

Inoltre, in funzione delle composizioni del gas di sintesi rilevate, l'unità di controllo 9 è in grado di 5 aumentare o diminuire la temperatura all'interno dell'impianto al fine di favorire la reazione di pirogassificazione.

Ad esempio, caso in cui almeno una temperatura, rilevata tramite detti sensori di temperatura 91a, è 10 inferiore ad un valore prestabilito viene immesso ossigeno in almeno un punto del reattore 5 tramite detto impianto di immissione ossigeno 6.

Precedentemente al suddetto passo d'immissione della biomassa, a quantitativi controllati, svolta dal 15 dispositivo di carico 2, un flusso di biomasse, ad esempio vegetali, è convogliato verso il dispositivo di carico 2, ad esempio tramite un sistema di nastri trasportatori. Come sopracitato, l'accesso delle biomasse al forno di pirolisi 3, avviene attraverso detto dispositivo di carico 2, il 20 quale per effetto combinato di detta pluralità di chiuse 24, di detta coclea compattatrice 22, e preferibilmente di detta rotocella 211, consente l'introduzione delle biomasse nell'impianto 1 in modo continuativo, impedendo tuttavia d'introdurre ossigeno all'interno del processo di pirolisi; 25 contemporaneamente, le stesse producono un isolamento dell'ambiente esterno rispetto alle condizioni interne al forno pirolisi 3.

Durante il passo di controllo velocità di pirolisi delle biomasse svolta in continuo nel tempo, a seguito dei 30 risultati ottenuti, durante il passo di controllo di una pluralità di parametri, è regolata la velocità di avanzamento della prima e seconda coclea (31, 32).

Preferibilmente, il passo di controllo di una pluralità di parametri è eseguito ad intervalli regolari, anche durante lo svolgimento degli altri passi sopracitati.

Nel successivo passo di controllo quantità 5 d'immissione fase solida nel reattore 5, tramite il sistema di trasporto 7, la fase solida, derivante dal precedente processo di pirolisi, è convogliata verso il reattore 5.

Il controllo e la regolazione dell'immissione della fase solida all'interno del reattore 5 permette di 10 regolarizzare il processo di gassificazione e reforming, consentendo di mantenere le condizioni di funzionamento ideali nel letto di gassificazione 51, regolando il quantitativo di fase solida presente sulla griglia 511.

Preferibilmente, svolto contestualmente al passo di 15 controllo d'immissione della fase solida, è svolto il passo di controllo immissione fase gassosa nel reattore 5.

In tale passo l'unità di controllo 9, a seguito dei parametri ottenuti nel passo di controllo dei suddetti parametri, regola la pressione e la quantità di gas della 20 fase gassosa da introdurre nel reattore 5. Inoltre nella forma di realizzazione in cui sono presenti due punti d'immissione fase gassosa "A", sempre in funzione di detti parametri, l'unità di controllo 9 è in grado di azionare quanti e quali punti d'immissione "A" debbano essere aperti 25 per l'immissione della fase gassosa nel reattore stesso, agendo su opportune valvole, non illustrate, ad esempio in funzione della pezzatura della fase solida proveniente dal processo di pirolisi.

Il passo di controllo dell'immissione di una componente 30 gassosa, in funzione della pluralità di parametri di funzionamento dell'impianto misurati, viene svolta tramite detta pluralità d'impianti d'immissione 6.

Detto almeno un impianto immissione ossigeno 61 e detto almeno un impianto immissione aria 62 entrano all'interno del reattore 5 in prossimità della griglia 511 di sostegno, preferibilmente al di sopra, rispetto all'asse 5 "Z".

Ogni impianto d'immissione 6 apporta la corretta quantità di componente gassosa, in particolare d'aria e di ossigeno, al processo di gassificazione e reforming delle fasi solida e gassosa. Le quantità di aria e di ossigeno 10 addotte al processo sono controllate automaticamente attraverso l'unità di controllo 9, ad esempio sistemi logici di tipo elettronico.

La gestione dell'impianto per la produzione del gas di sintesi prevede i seguenti passi:

- 15        • attivazione dell'impianto.
- controllo della pluralità di parametri di funzionamento dell'impianto 1;
- inizio immissione del materiale, ad esempio della biomassa, a quantitativi prestabili, all'interno del 20 forno di pirolisi 3;
- controllo velocità di pirolisi del materiale;
- controllo quantità di immissione fase solida nel reattore 5;
- controllo quantità di immissione fase gassosa nel 25 reattore 5;
- controllo immissione componente gassosa, in funzione dei parametri di funzionamento rilevati precedentemente;
- estrazione o spillatura del gas di sintesi 30 prodotto.

Il passo di attivazione dell'impianto prevede che l'impianto sia riscaldato fino al raggiungimento delle temperature d'esercizio. Il passo di attivazione può essere attuato tramite i sistemi classici utilizzati per l'attivazione degli impianti tradizionali, quali ad esempio bruciatori. Inoltre, abbassando il livello d'acqua nella vasca di contenimento 52 si porta l'impianto, secondo la presente invenzione, a funzionare come combustore di un combustibile posto nel letto di gassificazione, quale ad esempio biomassa carbonizzata. L'abbassamento del livello dell'acqua consente all'aria di entrare all'interno dell'impianto 1. L'ingresso d'aria svolge la funzione di comburente scaldando di conseguenza il letto di gassificazione 51 e, per propagazione, l'intero impianto 1.

Tale passo continua sino a che non si sono raggiunte le temperature ottimali di funzionamento delle varie parti dell'impianto.

Al raggiungimento delle condizioni ottimali di temperatura, il livello dell'acqua all'interno della vasca 52 è aumentato e l'impianto torna a funzionare come impianto di piro-gassificazione e non più come combustore.

Per determinare il raggiungimento delle condizioni operative ottimali dell'impianto 1 si ripete il passo di controllo della pluralità di parametri.

Terminato tale passo di attivazione, si giunge al passo d'inizio immissione biomassa all'interno del forno di pirolisi 3. In tale passo s'inizia l'immissione della biomassa la quale è pirolizzata, con il principio descritto precedentemente.

Il passo di controllo velocità di pirolisi delle biomasse, permette di regolare la permanenza delle biomasse

all'interno del forno 3, al fine di ottenere il rapporto fra fase solida e fase gassosa ottimale.

Tramite il passo di controllo quantità d'immissione fase solida nel reattore 5, è regolato l'approvvigionamento 5 della fase solida all'interno del reattore 5 al fine di controllare al meglio il processo di gassificazione. Quest'ultimo passo è preferibilmente svolto in parallelo al passo di controllo immissione fase gassosa nel reattore 5, per ottenere la gassificazione ottimale della fase solida e 10 il reforming della fase gassosa. Tale soluzione permette di ottenere un gas di sintesi di elevata qualità, cioè privo delle componenti gassose indesiderate normalmente prodotte dagli impianti dell'arte nota.

Durante il passo di controllo immissione componente 15 gassosa, in funzione dei parametri di funzionamento rilevati precedentemente, l'unità di controllo 9 permette di controllare l'impianto 1, controllando l'immissione della componente ossidante per la gassificazione e reforming, sia per controllare la temperatura del reattore 20 5.

Quando il ciclo di piro-gassificazione è terminato, si passa al passo di estrazione o spillatura del gas di sintesi prodotto. In tale passo è estratto il gas di sintesi il quale è raffreddato tramite sistemi scambiatori 25 di calore, e filtrato, con i sistemi noti al tecnico del ramo e non illustrati nel dettaglio.

Il calore contenuto nel gas di sintesi è utilizzato recuperando l'energia termica in esso contenuta.

Il passo di filtraggio è svolto, tramite appositi 30 sistemi di filtraggio, atti a eliminare eventuale particolato presente nel gas. Tale sistema di filtraggio è di semplice realizzazione poiché il gas prodotto

dall'impianto 1, secondo la presente invenzione, risulta già di elevata qualità.

L'impianto 1 secondo la presente invenzione, una volta giunto a regime, è in grado di produrre gas di sintesi 5 ininterrottamente.

Lo smaltimento delle ceneri residue dal processo, viene svolta periodicamente durante il normale funzionamento dell'impianto stesso. Infatti, la griglia 51 semovente è periodicamente azionata, a periodi di tempo 10 predeterminati, in modo tale che parte delle ceneri che giacciono su di essa cadano nella vasca di contenimento 52. Tali ceneri saranno opportunamente smaltite.

Il sistema comprende inoltre almeno un'interfaccia utente 92 è atta a rendere accessibili, ad esempio in modo 15 visivo e/o sonoro, eventuali informazioni d'interesse dell'utente sul funzionamento dell'impianto 1.

Le scorie o residui solidi del processo di gassificazione delle biomasse che si accumulano gradualmente sulla griglia di sostegno 511, attraverso un 20 movimento semovente della griglia stessa, come sopracitato, consente di trasferire e decantare i residui o scorie all'interno della vasca 52 contenente acqua. I residui o scorie, ad esempio ceneri, precipitano nella vasca 52 e successivamente separate dall'acqua con opportuno sistema 25 di filtrazione.

Il gas di sintesi prodotto dall'impianto secondo la presente invenzione è filtrato con sistemi classici, senza l'ausilio d'impianti di purificazione complessi per l'eliminazione del tar.

30 Il processo di pirolisi delle biomasse è svolto in totale carenza di ossigeno, mentre nel processo di gassificazione e reforming, essendo in ambienti separati ed

indipendenti, è immesso ossigeno in quantità stechiometrica per regolare il processo di gassificazione e reforming e poter così ottenere un gas di sintesi di elevata qualità.

Il gas di sintesi prodotto dall'impianto 1, secondo la 5 presente invenzione, può essere utilizzato come combustibile per motori a combustione interna, anche motori con turbina, poiché il gas di sintesi ha ridottissima quantità di tar e totale assenza di catrame, i quali sono notoriamente dannosi per qualsiasi tipologia di motori a 10 combustione.

## RIFERIMENTI NUMERICI:

	Impianto	1
	Dispositivo di carico	2
	Prima tramoggia	21
5	Rotocella	211
	Coclea di compattamento	22
	Chiuse	23
	Forno di pirolisi	3
	Invólucro esterno	30
10	Prima coclea	31
	Seconda coclea	32
	Sostegni	34
	Struttura coassiale o camicia	35
	Condotto	4
15	Reattore di gassificazione e reforming	5
	Torre di gassificazione	50
	Porzione verticale	501
	Fessure	502
	Prima porzione	503
20	Valvola	504
	Letto di gassificazione	51
	Griglia	511
	Vasca di contenimento	52
	Attuatore	522
25	Impianti di immissione	6
	Impianto immissione ossigeno	61
	Impianto immissione aria	62
	Impianto immissione azoto	63
	Sistema di trasporto	7
30	Seconda tramoggia	70
	Terza coclea	71
	Quarta coclea	72

	Unità di controllo	9
	Sensori	91
	Sensori di temperatura	91a
	Sensori di pressione	91b
5	Sensori di analisi della composizione	91c
	Sensore di posizione	91d
	Interfaccia utente	92
	Punto di immissione fase gassosa	A
	Punto di immissione fase solida	B
10	Punto di spillatura gas di sintesi	C
	Strato metallico	M
	Strato refrattario	R
	Asse longitudinale	Z
	Secondo asse	X

## RIVENDICAZIONI:

1. Impianto per la produzione di gas di sintesi, comprendente:

• un forno di pirolosi (3) in cui avviene la piroizzazione di un quantitativo predeterminato di materiale, atto a generare una fase solida e una fase gassosa;

5 • un reattore di gassificazione e reforming (5), in cui avviene la gassificazione della fase solida e il reforming 10 della fase gassosa derivante dal processo di pirolosi;

• un sistema di trasporto (7) per il passaggio di detta fase solida fra il forno di pirolosi (3) e il reattore (5);

15 • un condotto (4) di connessione fra il forno (3) e il reattore di gassificazione (5) per il flusso della fase gassosa;

caratterizzato dal fatto che:

• il forno di pirolosi comprende una prima coclea (31) ed una seconda coclea (32), gestita da un'unità di controllo (9), atto a controllare la velocità di pirolosi 20 del materiale, svolta in modo continuo nel tempo;

• il sistema di trasporto comprende almeno un mezzo di trasporto elicoidale (71,72), gestito da detta unità di controllo (9), atto a regolare l'afflusso di fase solida al reattore (5);

25 • almeno un punto di immissione della fase gassosa (A) il quale è al più a livello di un letto di gassificazione (51), su cui giace la fase solida, compresa nel reattore (5).

2. Impianto secondo la rivendicazione 1, in cui il

30 reattore di gassificazione (5) comprende:

• una torre di gassificazione (50), comprendente: una porzione verticale (501), alla cui estremità inferiore sono comprese delle fessure (502);

• una seconda porzione (503), realizzante una struttura coassiale o a camicia (35) in cui è posizionato il forno di pirolisi (3); tale seconda porzione (503) comprende il punto di prelievo o spillatura del gas di sintesi (C);

• detto letto gassificatore (51) comprendente una griglia (511) su cui giace detta fase solida;

10 tale reattore (5) all'estremo inferiore della porzione verticale (501) è posizionato all'interno di una vasca di contenimento (52) la quale può essere riempita d'acqua, il cui livello dell'acqua, all'interno della vasca (52), è gestito dall'unità di controllo (9).

15 3. Impianto secondo la rivendicazione 1, in cui detto almeno un punto di immissione della fase gassosa (A) è posto al di sotto di un punto di immissione della fase solida (B).

20 4. Impianto, secondo la rivendicazione 1, in cui sono compresi una pluralità di sensori (91), posizionati sia nel forno di pirolisi (3) sia nel reattore (5), operativamente connessi a detta unità di controllo (9), atti a determinare i parametri di funzionamento dell'impianto (1).

25 5. Impianto, secondo la rivendicazione 4, in cui tali sensori (91) sono: uno o più sensori di temperatura (91a); uno o più sensori di pressione (91b); uno o più sensori di analisi della composizione (91c), atti ad analizzare la composizione del gas di sintesi prodotto dell'impianto; almeno un sensore di posizione (91d), atto a rilevare il 30 livello di riempimento del letto di gassificazione (51).

6. Impianto secondo la rivendicazione 1, in cui è compreso almeno un impianto di immissione (6), atto ad

immettere almeno una componente gassosa all'interno del reattore (5), gestiti e controllati dall'unità di controllo (9).

7. Impianto secondo la rivendicazione 6, in cui sono  
5 compresi almeno un impianto di immissione ossigeno (61) ed almeno un impianto di immissione aria (62), atti a favorire la reazione di gassificazione e reforming, almeno un impianto di immissione azoto (63) tale da ostacolare o bloccare almeno in parte la reazione di gassificazione e  
10 reforming.

8. Impianto secondo la rivendicazione 2, in cui tale letto di gassificazione (51) è movimentabile al fine di estrarlo dalla torre di gassificazione (50) e rimuovere le ceneri, controllata da detta unità di controllo (9).

15 9. Metodo per la produzione di gas di sintesi tramite un impianto secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dalle seguenti fasi operative automatiche:

- controllo di una pluralità di parametri di funzionamento dell'impianto;
- 20 • immissione di materiale, a quantitativi controllati, all'interno del forno di pirolisi (3) ;
- controllo velocità di pirolisi del materiale;
- controllo quantità d'immissione fase solida nel reattore (5);
- 25 • controllo quantità d'immissione fase gassosa nel reattore (5)
- controllo dell'immissione componente gassosa, tramite una pluralità di impianti di immissione (6), in funzione di detta pluralità di parametri funzionamento dell'impianto,  
30 determinati in tempo reale.

10. Metodo secondo la rivendicazione 9, in cui la fase di controllo di una pluralità di parametri prevede di misurare in una pluralità di punti dell'impianto la temperatura, la pressione e la composizione del gas di sintesi.

5 11. Metodo secondo la rivendicazione 9, in cui in funzione dei parametri misurati l'unità di controllo (9) è attivo a:

- velocizzare o rallentare la velocità di pirolisi del materiale;

- regolare l'immissione della fase solida nel reattore

10 (5);

- regolare l'immissione della fase gassosa nel reattore (5);

- regolare l'immissione di almeno una componente gassosa;

15 • regolare l'apporto di materiale all'interno del forno di pirolisi (3).

12. Metodo secondo la rivendicazione 11, in cui se almeno una temperatura rilevata è inferiore ad un valore prestabilito viene immesso ossigeno in almeno un punto di immissione all'interno del reattore (5).

20

## CLAIMS:

1. A plant for the production of synthesis gas, comprising:

5 • a pyrolysis furnace (3) in which pyrolyzation of a predetermined quantity of material takes place, adapted to generate a solid phase and a gaseous phase;

10 • a gasification and reforming reactor (5), in which gasification of the solid phase and reforming of the gaseous phase derived from the pyrolysis process take place;

• a system of transport (7) for transporting said solid phase from the pyrolysis furnace (3) to the reactor (5);

15 • a connection duct (4) between the furnace (3) and the gasification reactor (5) for the flow of the gaseous phase;

characterized in that:

20 • the pyrolysis furnace comprises a first Archimedean screw (31) and a second Archimedean screw (32) under the control of a control unit (9), adapted to control the speed of pyrolysis of the material, which takes place continuously in time;

• the system of transport comprises at least one helicoidal means of transport (71, 72) under the control of said control unit (9), adapted to adjust the supply of solid phase to the reactor (5);

25 • it comprises at least one intake point for the gaseous phase (A), which is positioned at a higher level than a gasification bed (51), comprised in the reactor (5), on which the solid phase lies.

2. Plant according to claim 1, wherein the gasification reactor (5) comprises:

- a gasification tower (50), comprising: a vertical portion (501), with slots (502) at its lower end;
- a second portion (503), creating a coaxial or sleeve-shaped structure (35) in which the pyrolysis furnace (3) is located; said second portion (503) comprises the collection or tapping point for the synthesis gas (C);
- said gasification bed (51) comprises a grid (511) on which said solid phase lies;

5 said reactor (5), at the lower end of the vertical portion (501), is positioned inside a tank (52) which can be filled with water, the level of the water in the tank (52) being controlled by the control unit (9).

10 3. Plant according to claim 1, wherein said at least one intake point for the gaseous phase (A) is located  
15 underneath an intake point for the solid phase (B).

20 4. Plant according to claim 1, comprising a plurality of sensors (91) positioned in both the pyrolysis furnace (3) and the reactor (5), which are operationally connected to said control unit (9) and are adapted to determine the operating parameters of the plant (1).

25 5. Plant according to claim 4, wherein said sensors (91) are: one or more temperature sensors (91a); one or more pressure sensors (91b); one or more composition analysis sensors (91c), adapted to analyze the composition of the synthesis gas produced by the plant; at least one position sensor (91d), adapted to detect the filling level of the gasification bed (51).

30 6. Plant according to claim 1, comprising at least one feeding system (6) adapted to feed at least one gaseous component into the reactor (5) under the control of the control unit (9).

7. Plant according to claim 6, comprising at least one oxygen feeding system (61) and at least one air feeding system (62), adapted to promote the gasification and reforming reaction, and at least one nitrogen feeding system (63) to hinder or stop at least partially the gasification and reforming reaction.

5 8. Plant according to claim 2, wherein said gasification bed (51) is movable for extracting it from the gasification tower (50) and removing the ashes, under the control of  
10 said control unit (9).

9. A method for the production of synthesis gas through a plant according to claim 1, characterized in that it comprises the following automatic operating steps:

- controlling a plurality of operating parameters of the  
15 plant;
- feeding material in controlled quantities into the pyrolysis furnace (3);
- controlling the speed of pyrolysis of the material;
- controlling the quantity of solid phase fed into the  
20 reactor (5);
- controlling the quantity of gaseous phase fed into the reactor (5);
- controlling the feeding of the gaseous components through a plurality of feeding systems (6) as a function of  
25 said plurality of operating parameters of the plant, which are determined in real time.

10. Method according to claim 9, wherein the step of controlling a plurality of parameters provides for measuring the temperature, the pressure and the composition  
30 of the synthesis gas in a plurality of points of the plant.

11. Method according to claim 9, wherein, as a function of the measured parameters, the control unit (9) is adapted to:

- increase or decrease the speed of pyrolysis of the material;
- adjust the feeding of solid phase into the reactor (5);
- adjust the feeding of gaseous phase into the reactor (5);
- 10 • adjust the feeding of at least one gaseous component;
- adjust the feeding of material into the pyrolysis furnace (3).

12. Method according to claim 11, wherein, if at least one detected temperature is lower than a preset value, oxygen 15 is fed into the reactor (5) through at least one intake point.

1/8

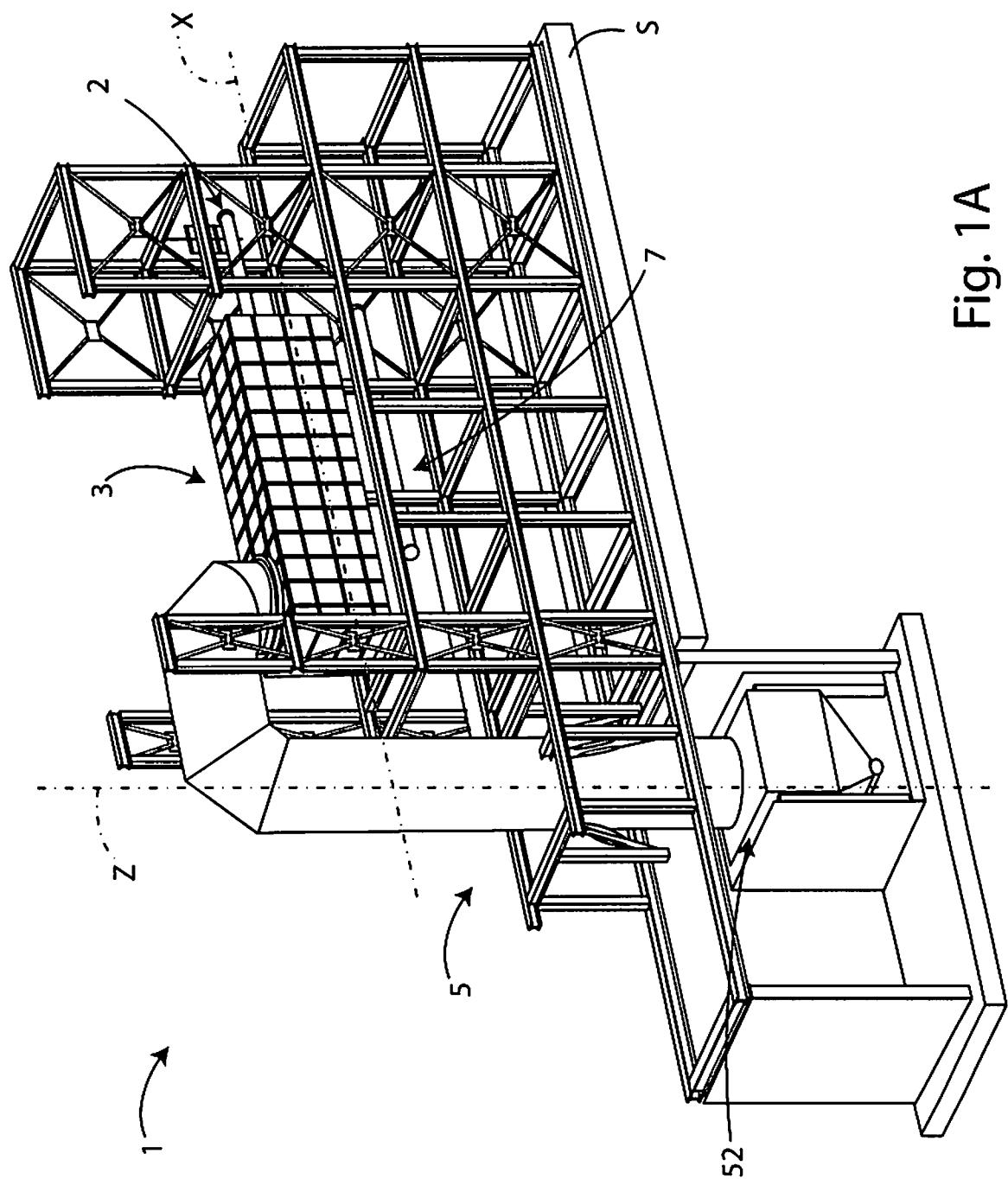
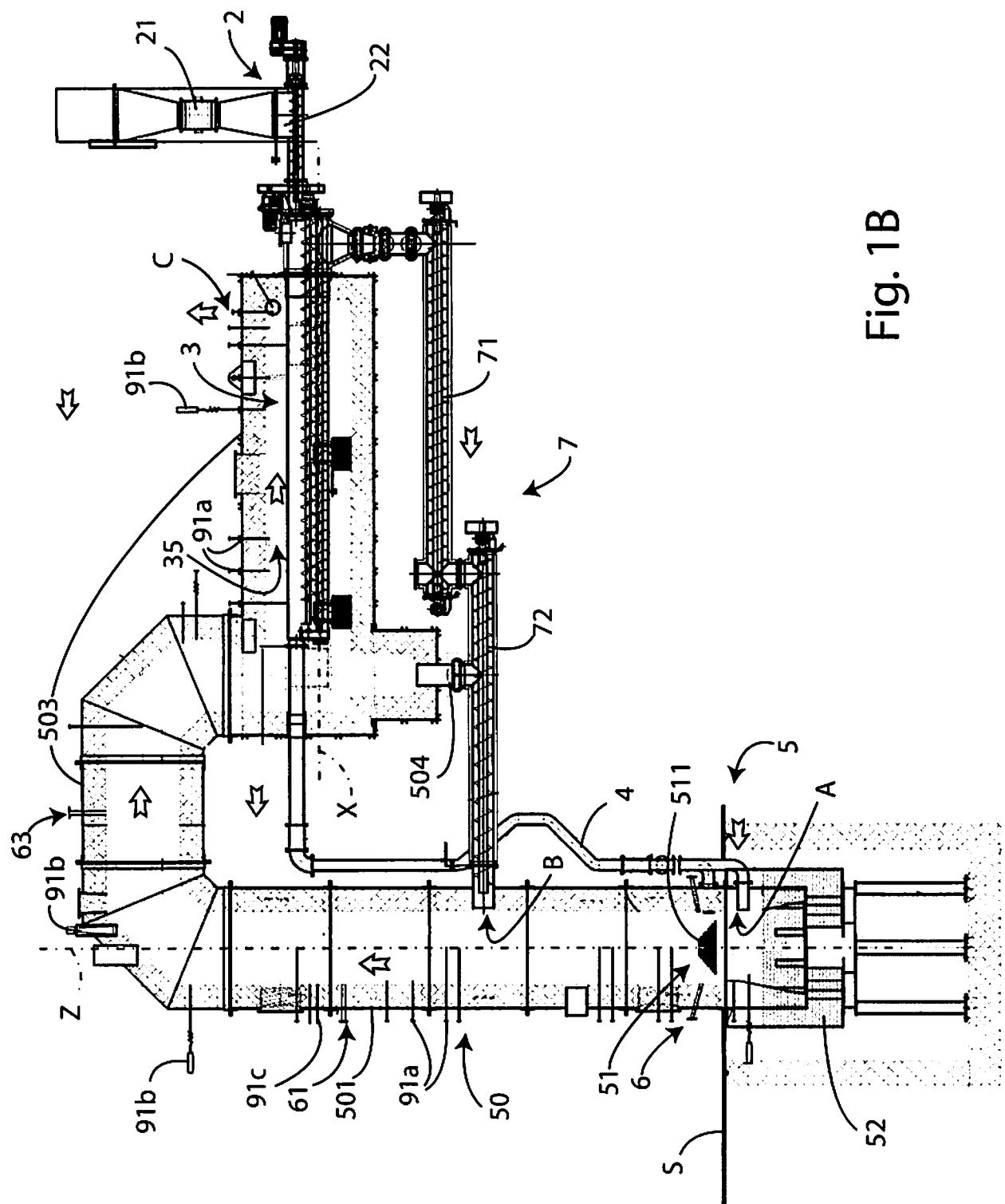


Fig. 1A



**Fig. 1B**

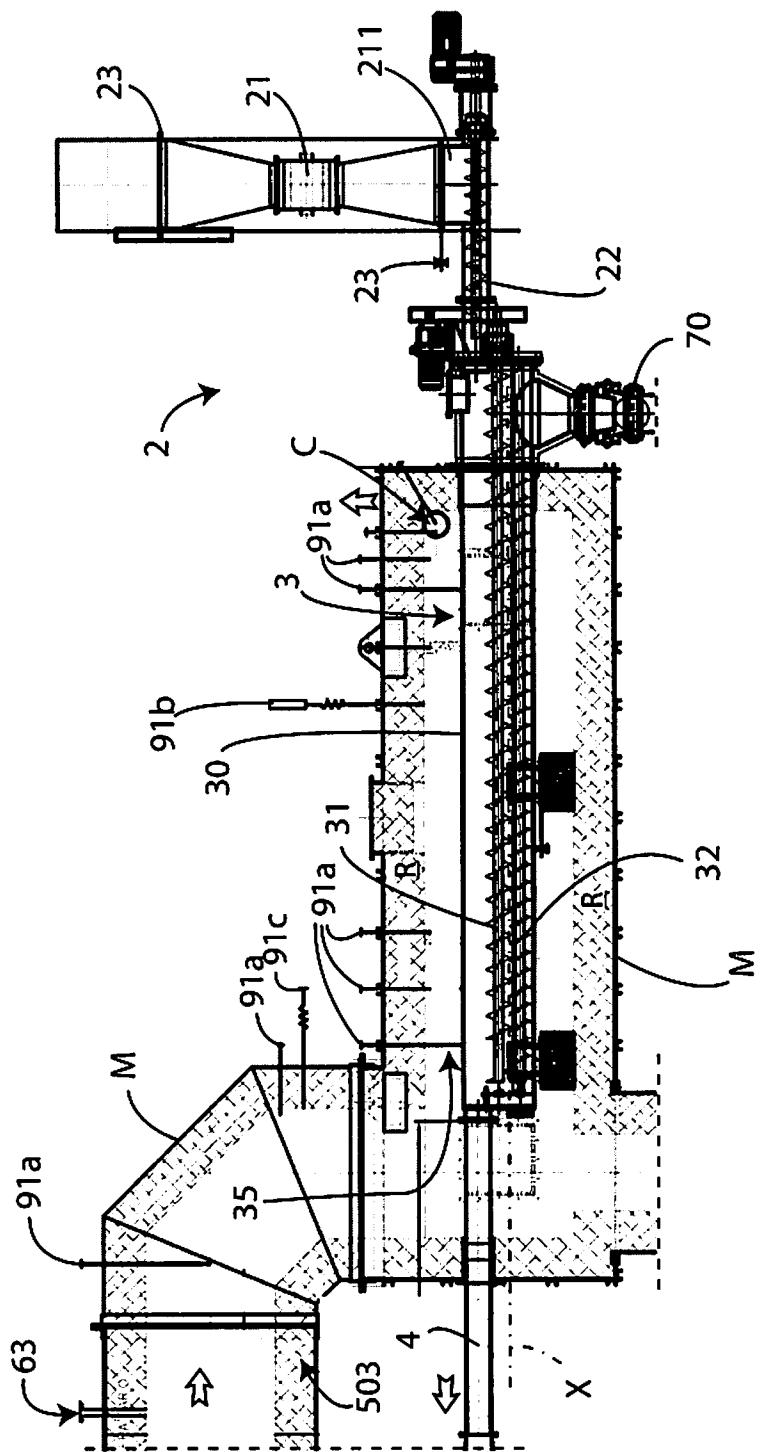


Fig. 2

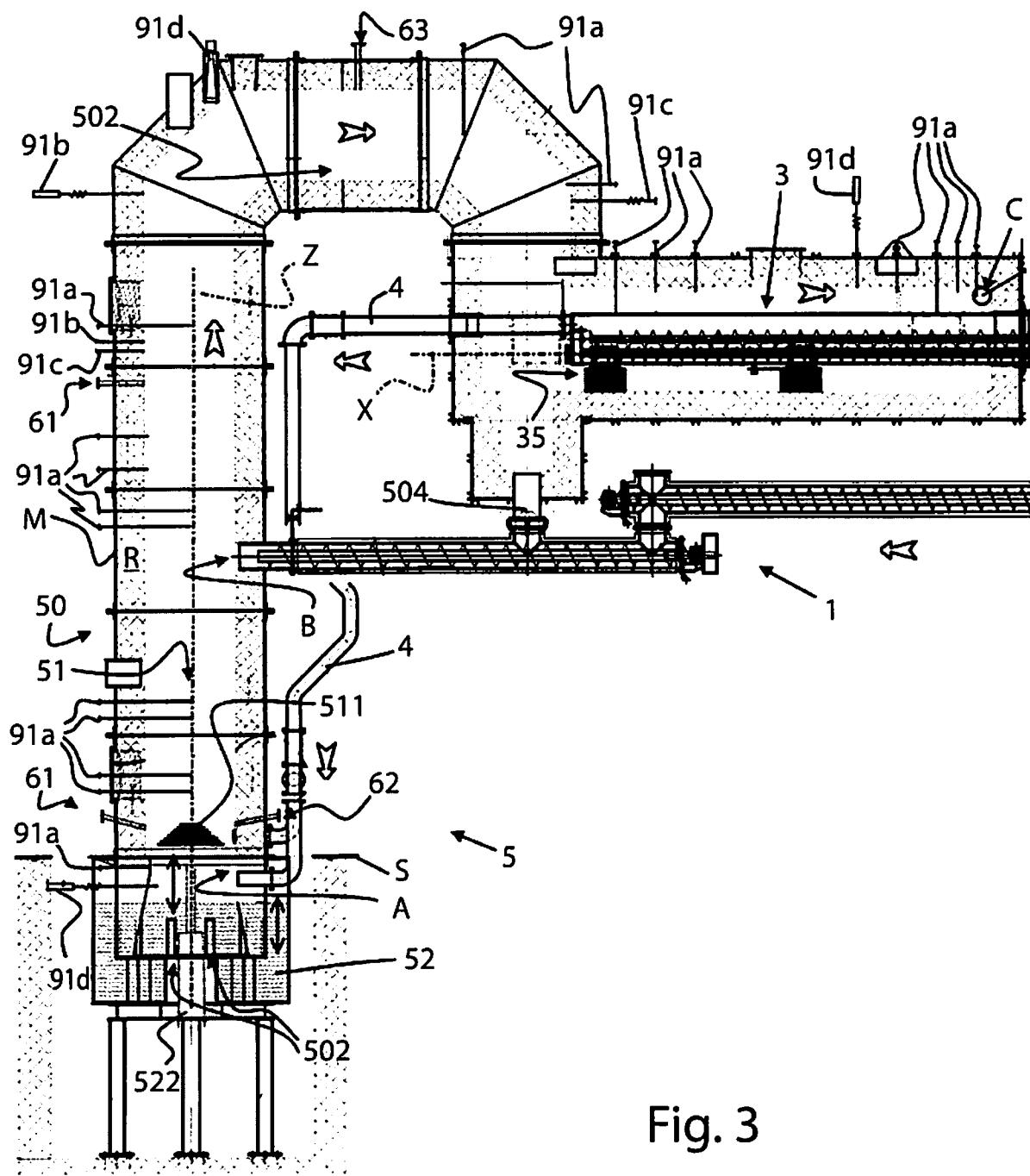
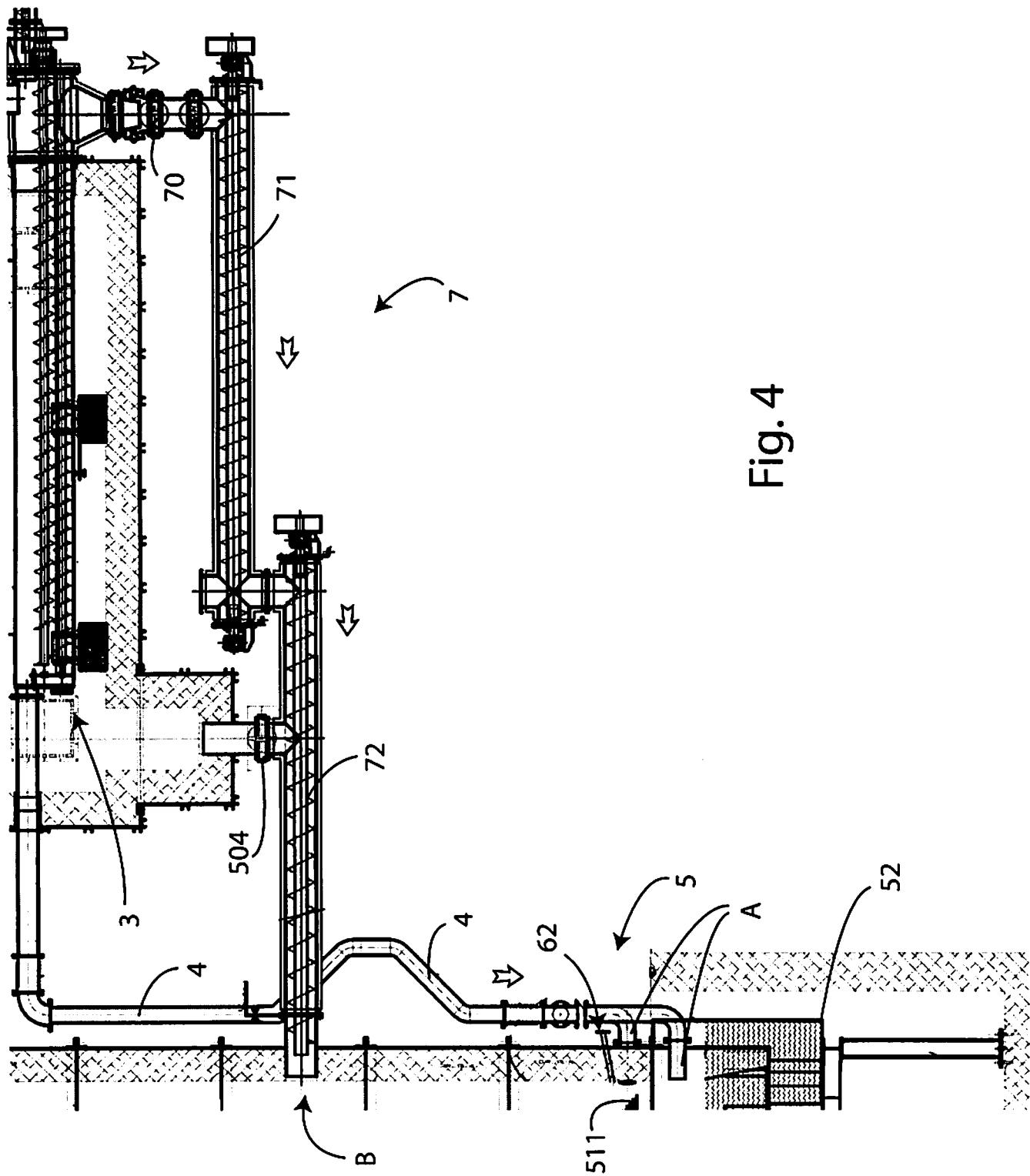


Fig. 3

Fig. 4



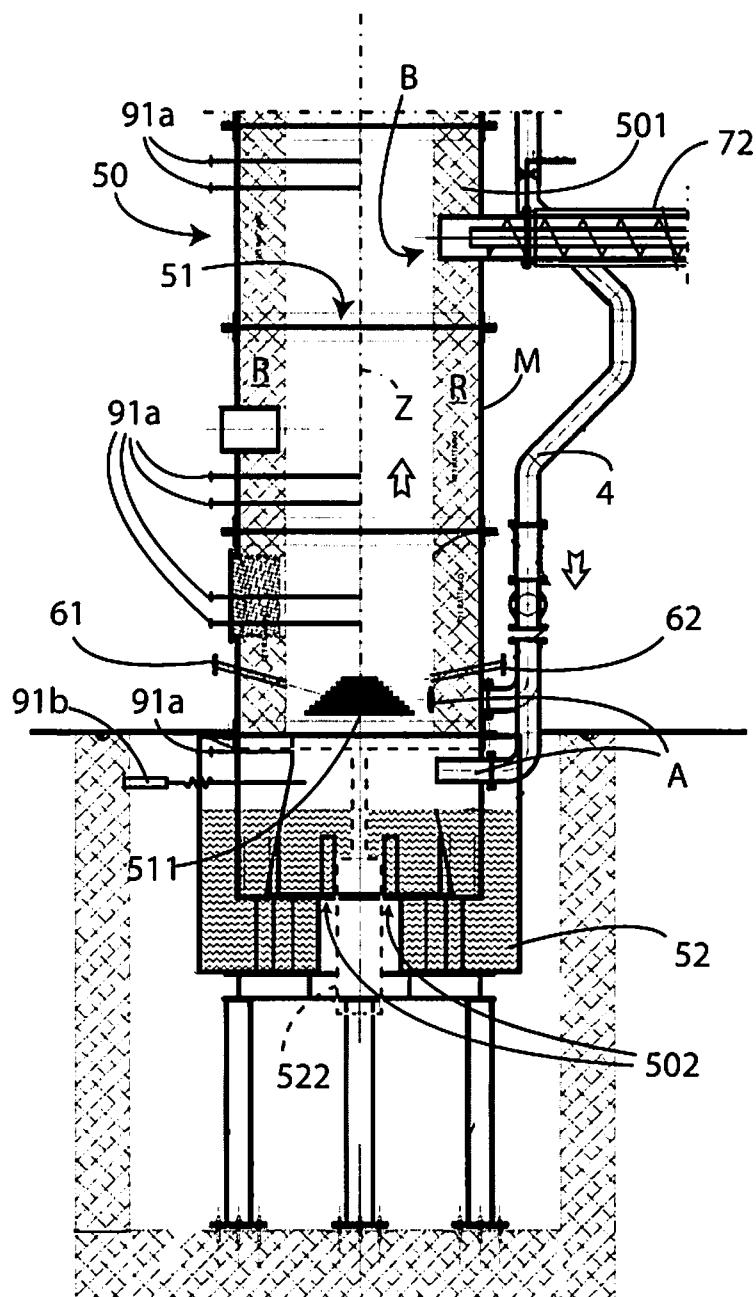


Fig. 5

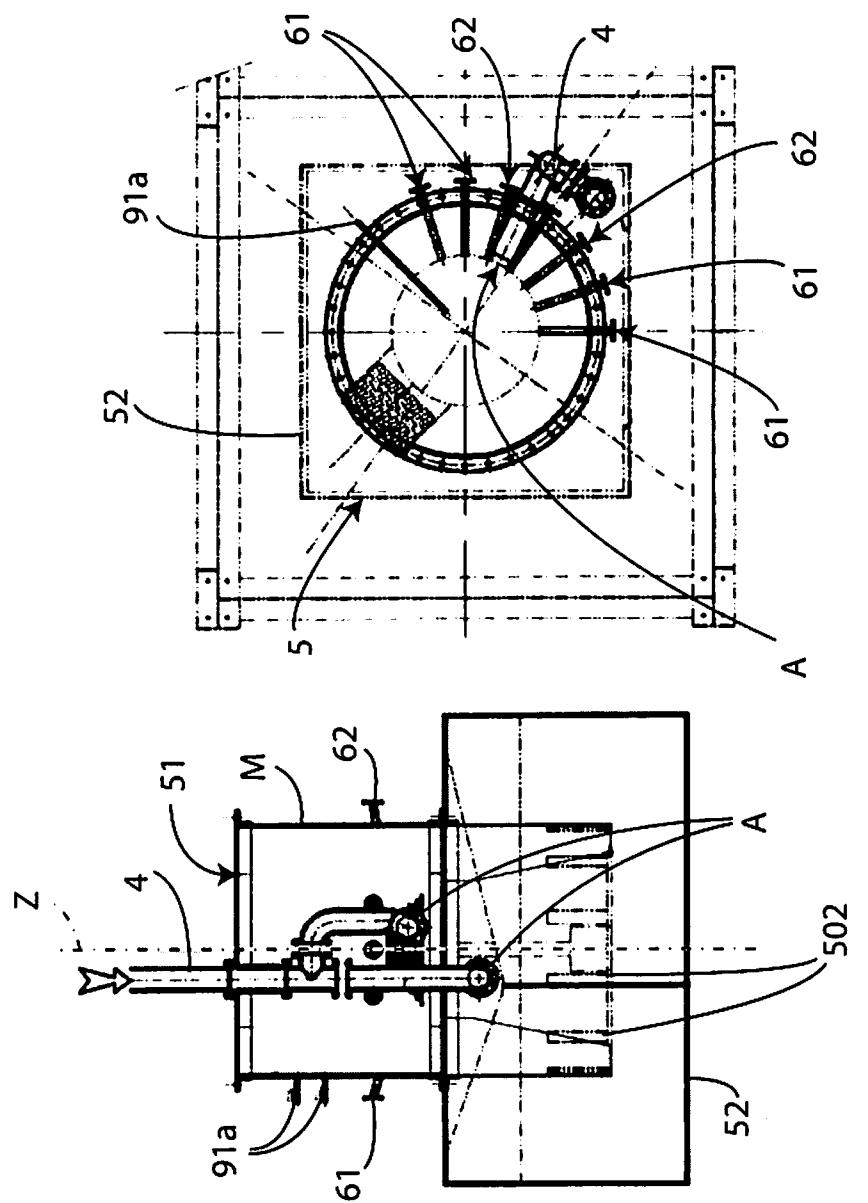


Fig. 6B

Fig. 6A

8/8

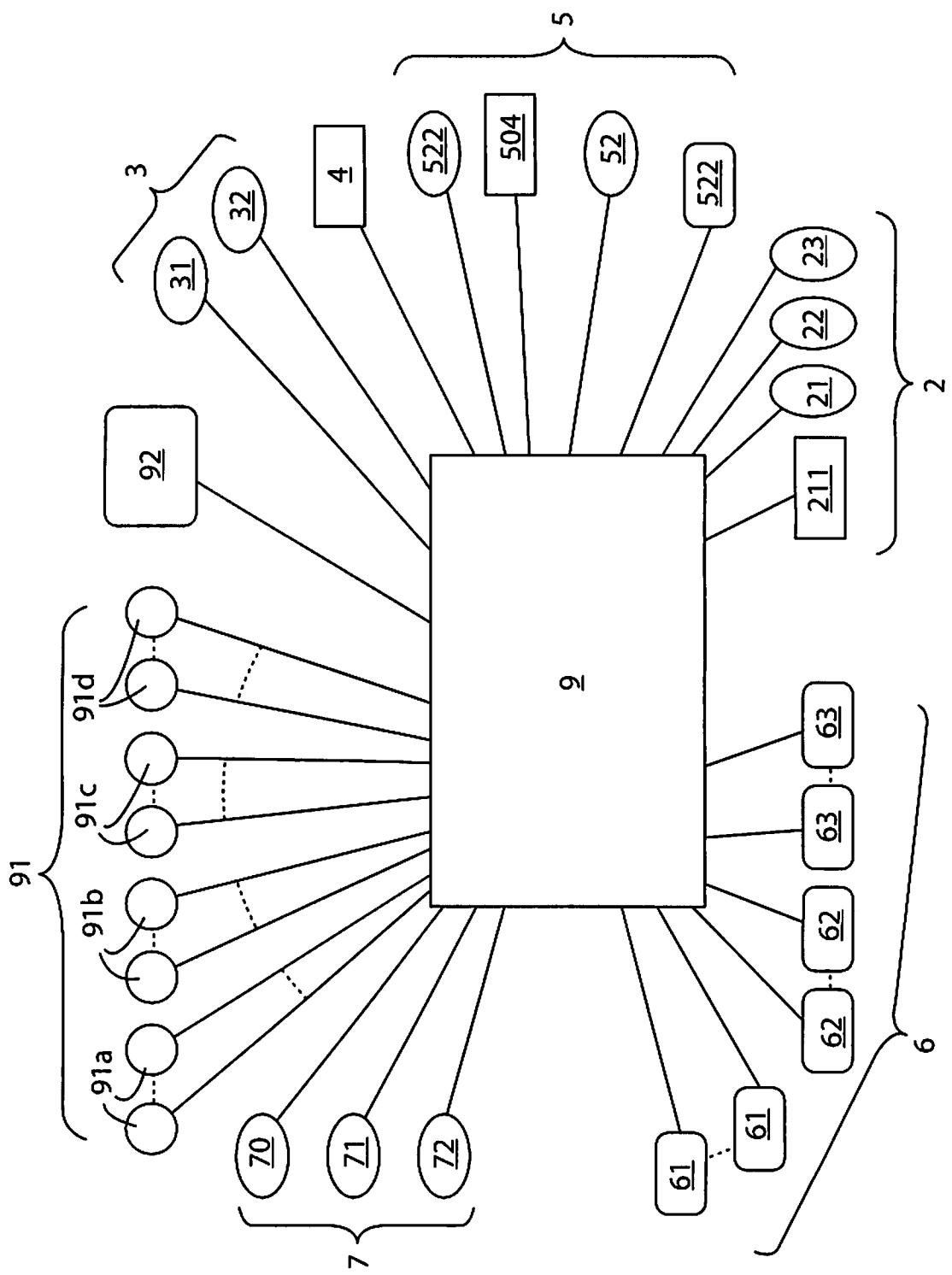


Fig. 7