



MINISTERO DELLO SVILUPPO ECONOMICO
DIREZIONE GENERALE PER LA LOTTA ALLA CONTRAFFAZIONE
UFFICIO ITALIANO BREVETTI E MARCHI

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102015000041418
Data Deposito	03/08/2015
Data Pubblicazione	03/02/2017

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	M	21	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	M	31	125

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	02	D	19	02

Titolo

SISTEMA PER IL CONDIZIONAMENTO TERMICO DI UN COMBUSTIBILE GASSOSO
--

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sistema per il condizionamento termico di un combustibile gassoso"

di: Metatronix S.r.l., nazionalità italiana, Via A. Olivetti 24, 10040 Volvera (TO)

Inventori designati: Stefano Brunetti, Emilio Bertrand, Giuseppe Miletto

Depositata il: 3 agosto 2015

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione riguarda un sistema di condizionamento termico per un impianto di alimentazione di combustibile gassoso in un motore a combustione interna di un veicolo.

In particolare, la presente invenzione fa riferimento al campo degli impianti di alimentazione di gas naturale. Come è noto nella tecnica, il gas naturale viene stoccato in serbatoi o in forma liquida (liquid natural gas) o in forma gassosa (compressed natural gas). Fra il serbatoio e il connettore del combustibile in cui sono disposti gli iniettori, gli impianti di alimentazione in questione comprendono una serie di dispositivi disposti in serie atti a regolare il flusso e la pressione del gas alimentato al collettore.

Un vincolo di funzionamento per tali impianti di alimentazione è rappresentato dal fatto che la temperatura del gas alimentato agli iniettori non può scendere al di sotto di una certa soglia che è indicata come specifica di prodotto per qualsiasi tipologia di iniettore. Al di sotto di tale soglia, gli iniettori possono infatti subire malfunzionamenti, ad esempio bloccaggi (sticking), oppure addirittura rotture meccaniche.

Con riferimento al LNG, questo viene contenuto all'interno del serbatoio allo stato liquido, a temperature di circa -150°C . Gli impianti di alimentazione predisposti per operare con LNG presentano, direttamente a valle del serbatoio, uno scambiatore di calore che ha lo scopo di vaporizzare e riscaldare il gas naturale. Tale scambiatore utilizza come fluido di condizionamento l'acqua di raffreddamento del motore.

Nell'avviamento a freddo del veicolo, lo scambiatore in questione può tuttavia non essere in grado di riscaldare in modo adeguato il gas naturale che viene alimentato agli iniettori e tale eventualità può comportare anche la messa fuori uso dell'impianto per via appunto delle problematiche che possono affliggere gli iniettori alle basse temperature.

Anche nelle applicazioni con CNG possono presentarsi situazioni critiche dovute alle basse temperature del gas. Infatti, seppur non criogenizzato, prima di essere alimentato agli iniettori il gas viene comunque sottoposto a processi di espansione che ne provocano un forte abbassamento della temperatura, e tale circostanza, in concomitanza con determinate condizioni ambientali esterne, può anche portare il gas a temperature ben al di sotto della soglia critica degli iniettori. Il rischio in tal senso è evidentemente accentuato in corrispondenza della fase di avviamento a freddo del motore, durante la quale sono infatti del tutto assenti quei meccanismi di trasmissione indiretta del calore prodotto dal motore che potrebbero limitare il raffreddamento del gas.

Nell'ambito in questione, sono state già proposte nella tecnica soluzioni che tentano di risolvere il problema del riscaldamento del gas alimentato agli

iniettori, con particolare attenzione alla fase in cui l'energia auto-prodotta dal motore non è sufficiente.

In proposito, si segnalano i documenti CN 20 31 14 459U, KR20050109037 e KR20050109038, i quali descrivono soluzioni che prevedono lungo la linea di alimentazione del gas naturale un'unità di scambio termico composta da due stadi successivi, un primo stadio in cui il gas viene riscaldato tramite l'acqua di raffreddamento del motore, ed un secondo stadio operante tramite resistenza elettrica e destinato ad essere attivato nella fase di avvio del motore. Tali soluzioni note presentano tuttavia un'efficacia ed un'operatività limitata.

La presente invenzione si propone invece di realizzare un sistema di condizionamento termico in grado di intervenire in modo più efficace sull'impianto di alimentazione.

Un ulteriore scopo della presente invenzione è poi quello di prevedere una gestione del sistema che sia integrata e coordinata con il resto del controllo del veicolo nell'ottica di una maggiore efficienza di funzionamento.

Ancora un ulteriore scopo della presente invenzione è di realizzare un sistema che sia particolarmente adatto anche per applicazioni retrofit su veicoli.

Uno o più degli scopi indicati sono raggiunti da un sistema presentante le caratteristiche indicate nella rivendicazione 1.

Come si vedrà, il sistema qui descritto si caratterizza per un'architettura e una modalità di controllo del tutto innovative.

Le rivendicazioni formano parte integrante dell'insegnamento tecnico qui somministrato in relazione

all'invenzione.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno evidenti dalla descrizione che segue con riferimento ai disegni annessi, forniti a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 rappresenta in modo schematico una forma di attuazione del sistema qui descritto;

- la figura 2 rappresenta una forma di attuazione di un attuatore del sistema qui descritto;

- le figura 3A, 3B e 3C rappresentano una forma di attuazione della resistenza elettrica impiegata in un attuatore del sistema qui descritto.

Come accennato all'inizio, il sistema qui descritto è un sistema di condizionamento termico per un impianto di alimentazione di combustibile gassoso del motore a combustione interna di un veicolo. Il sistema qui descritto è stato specificatamente realizzato per essere impiegato in impianti di alimentazione di gas naturale.

In figura 1 è rappresentato in modo schematico un esempio di impianto di alimentazione di gas naturale liquefatto di un motore a combustione interna, nel quale è integrato il sistema qui descritto.

Secondo la tecnica convenzionale, l'impianto in questione comprende un serbatoio 2 di tipo criogenico, entro il quale il gas naturale viene stoccato allo stato liquido a temperature di circa -150° C. Immediatamente a valle del serbatoio 2, l'impianto comprende uno scambiatore 4, che ha la funzione di vaporizzare e/o riscaldare il gas naturale, un riduttore di pressione 6, disposto a valle dello scambiatore 4, ed un filtro 8 a valle dello scambiatore. Il filtro 8 è direttamente collegato al collettore di distribuzione del combustibile 10; in

quest'ultimo sono disposti gli iniettori per l'iniezione del combustibile nei vari cilindri del motore. Una serie di elettrovalvole 12 sono disposte lungo la linea di alimentazione dell'impianto per sezionare lo stesso in caso di manutenzione, in aggiunta ad eventuali funzionalità di sicurezza. La centralina di controllo del motore, indicata con il numero di riferimento 3, è configurata per comandare tali valvole sulla base di opportuni segnali di attivazione/disattivazione (ad esempio l'inserimento della chiave di accensione). La centralina è, inoltre, adibita al controllo degli iniettori.

Il sistema qui descritto, associato a tale impianto, ha la funzione di assicurare che esso operi all'interno di un campo di condizioni termiche prestabilite.

In generale, il sistema qui descritto comprende un primo dispositivo riscaldatore 16, atto a riscaldare il gas alimentato dall'impianto, un secondo dispositivo riscaldatore 18, atto a riscaldare gli iniettori montati nel collettore del combustibile 10, almeno un sensore di temperatura 22, configurato per rilevare la temperatura del gas in un dato punto dell'impianto, e un'unità di controllo 24 configurata per comandare i due dispositivi riscaldatori 16 e 18.

Con riferimento alla figura 2, il dispositivo 16 è costituito da un tubo 161 destinato ad essere attraversato dal gas alimentato dall'impianto, e contenente al suo interno una resistenza elettrica 162, che è direttamente affacciata al flusso di gas all'interno del tubo ed è atta a scaldarlo. In varie forme di attuazione preferite, la resistenza elettrica in questione è realizzata sotto forma di fili metallici intrecciati in modo da formare una fascia metallica. In varie forme di attuazione ancor più

preferite, la fascia in questione presenta una struttura tubolare.

I fili intrecciati che costituiscono la resistenza sono preferibilmente realizzati in acciaio inossidabile. Il tubo è invece preferibilmente costituito in materiale polimerico isolante, ad esempio gomma nitrile oppure teflon. Eventualmente, il tubo in materiale plastico, soprattutto se realizzato in teflon, può anche essere rivestito o coperto con una guaina protettiva 163, preferibilmente realizzata in materiale metallico, ad esempio sotto forma di fili intrecciati come la resistenza elettrica interna.

A titolo di esempio, la fascia metallica può essere costituita da un serie di trefoli in numero maggiore di 10, preferibilmente fra 20 e 30, ciascun trefolo essendo costituito da un numero di fili compreso fra 2 e 5. I fili possono presentare un diametro di 0,25 mm.

Sempre a titolo di esempio, i trefoli possono essere intrecciati fra loro venendo suddivisi in due gruppi e tali gruppi venendo avvolti ad elica, attorno ad un medesimo asse, secondo versi di avvolgimento opposti.

La fascia metallica è inserita all'interno del tubo secondo una disposizione per cui essa individua una generica struttura tubolare o elicoidale che si sviluppa coassialmente al tubo, e che presenta preferibilmente un diametro esterno leggermente ridotto rispetto al diametro interno del tubo, in modo che il gas possa lambire anche il lato esterno della struttura (si veda il particolare ingrandito della figura 2A).

Le figure 3A, 3B e 3C illustrano una forma di attuazione preferita della resistenza elettrica in questione. Secondo tale forma realizzativa, si veda in

particolare la figura 3A, la resistenza è rappresentata da una fascia metallica tubolare, costituita da fili intrecciati, che presenta una lunghezza maggiore di quella del tubo, in particolare, da 2 a 5 volte maggiore. Come è visibile in tali figure, tale fascia può essere inserita all'interno del tubo secondo due diverse modalità. In una prima, illustrata nella figura 3B, la fascia è mantenuta nella sua forma tubolare ma viene compattata assialmente fino a ridursi sostanzialmente fino alla stessa lunghezza del tubo. La compattazione assiale della fascia provoca altresì un aumento del suo diametro fino a raggiungere un diametro esterno di poco inferiore rispetto al diametro interno del tubo. Nel secondo tipo di applicazione, illustrata nella figura 3C, la fascia metallica risulta invece appiattita a formare una sorta di banda o nastro e in tale configurazione viene avvolta ad elica ed inserita all'interno del tubo.

La Richiedente ha potuto rilevare che le due configurazioni descritte consentono di ottenere un valore di resistenza in grado di sviluppare un potere riscaldante adeguato e al contempo di limitare le temperature al di sotto della temperatura di auto-ignizione del gas naturale (570° C).

In varie forme di attuazione preferite, il tubo presenta in corrispondenza delle sue estremità opposte raccordi 164 per il collegamento alla linea dell'impianto di alimentazione, e terminali esterni 165 per l'alimentazione della resistenza elettrica. A tale proposito, in varie forme di attuazione preferite, la fascia metallica presenta, in corrispondenza di ciascuna delle due estremità opposte del tubo, un lembo risvoltato contro la parete esterna del tubo, su cui viene applicato

il terminale elettrico 165; quest'ultimo viene a sua volta fissato alla parete esterna del tubo, ad esempio per incastro, e isolato elettricamente tramite l'impiego di opportune guarnizioni 166 disposte ai lati del terminale. Inoltre, in varie forme di attuazione preferite, ad uno dei due terminali (quello di sinistra, nell'esempio illustrato) è associato un termo-interruttore 167 atto ad intervenire in modo da interrompere il flusso di corrente elettrica attraverso la resistenza, nel caso tale resistenza raggiunga un valore di temperatura al di sopra di una certa soglia. Tale interruttore costituisce quindi un elemento di sicurezza atto a prevenire l'innescarsi di un riscaldamento incontrollato della resistenza.

Come illustrato in figura 1, il dispositivo riscaldatore 16 viene preferibilmente disposto a valle del riduttore di pressione 6 e a monte del filtro 8. Si noti che grazie alla sua particolare struttura il dispositivo si presta ad essere facilmente incorporato in impianti già esistenti, andando semplicemente a sostituire uno dei tubi flessibili che convenzionalmente formano la linea di alimentazione di questo tipo di impianti.

Come indicato sopra, il sistema qui descritto comprende, inoltre, un sensore 22 atto a rilevare la temperatura del gas che viene alimentato al collettore 10. Preferibilmente, il sensore 22 viene posizionato a valle del dispositivo 16 in modo da poter rilevare la temperatura del gas dopo che questo è stato eventualmente riscaldato da tale dispositivo. Forme di attuazione alternative possono invece prevedere la disposizione di tale sensore a monte del dispositivo 16 o, ancora, possono prevedere due sensori di temperatura disposti l'uno a monte e l'altro a valle di tale dispositivo. Laddove possibile, come sensore del

sistema può eventualmente anche essere utilizzato il sensore di temperatura che, in alcuni degli impianti di alimentazione della tipologia in questione presenti in commercio, è associato al collettore di distribuzione.

L'unità di controllo 24 sopra menzionata è configurata per comandare il dispositivo riscaldatore 16 in funzione del segnale di temperatura ricevuto dal sensore 22. In varie forme di attuazione preferite, l'unità di controllo è configurata per mettere in relazione il segnale ricevuto dal sensore 22 con un valore di riferimento rappresentativo di una temperatura di soglia e di comandare l'attuazione del dispositivo 16 quando la temperatura rilevata dal sensore 22 è inferiore o uguale a tale temperatura di riferimento. In forme di attuazione preferite, il valore di riferimento indicato risulta memorizzato direttamente in tale unità di controllo. Tale valore è rappresentativo di una temperatura del gas al di sopra della quale, o a partire dalla quale, viene garantito il corretto funzionamento degli iniettori.

Il dispositivo riscaldatore 18 è invece costituito da una cosiddetta coperta termica che viene applicata sul collettore 10 in modo da poter riscaldare gli iniettori quando attivata. Si noti che solitamente gli iniettori sono portati dal collettore 10 secondo una disposizione in cui essi risultano affacciati alla superficie esterna del collettore e sporgono rispetto a questa almeno in parte. La coperta termica viene dunque applicata in modo da coprire le parti esposte degli iniettori. Come coperta termica si può ad esempio utilizzare il prodotto commerciale denominato HTS® (Heating Textile Sandwich) prodotto dall'azienda Termotex, dopo che sia stato opportunamente sagomato in funzione delle particolari forme e ingombri del

collettore dello specifico modello di veicolo. Si noti, ancora, che alcune tipologie di impianti di alimentazione del gas prevedono, al posto degli iniettori, una serie di valvole a comando proporzionale, agenti, in effetti, da iniettori, che sono disposte sempre sul collettore di distribuzione 10 e coi propri involucri risultano affacciarsi sulla superficie esterna del collettore. In tali applicazioni, analogamente a quanto descritto sopra, la coperta termica viene applicata sul collettore 10 in modo da coprire la parti esposte di tali valvole.

La coperta in questione è anch'essa comandata dall'unità di controllo 24. In varie forme di attuazione preferite, l'unità 24 è in particolare configurata per comandare la coperta 18 in funzione del segnale di temperatura ricevuto dal sensore 22, analogamente al controllo da essa effettuato sul dispositivo 16. In questo caso tuttavia la temperatura rilevata dal sensore 22 è utilizzata per effettuare una stima della temperatura degli iniettori tramite l'impiego di opportune tabelle di corrispondenza, fra temperatura del gas alimentato e temperatura degli iniettori, ricavate in una fase di messa a punto del sistema. In effetti, anche in questo caso, l'unità di controllo è comunque configurata per mettere in relazione la temperatura misurata con un valore di riferimento e per comandare la coperta 18 quando la temperatura rilevata è al di sotto di tale valore. Il valore di riferimento è rappresentativo di una temperatura degli iniettori al di sopra della quale, o a partire dalla quale, è garantito un corretto funzionamento degli iniettori.

In varie forme di attuazione preferite, alla coperta termica 18 è altresì associato un termo-interruttore 181

che ha la stessa funzione di sicurezza descritta sopra con riferimento al termo-interruttore 165 associato al dispositivo 16.

Chiaramente, i due dispositivi 16 e 18 vengono collegati all'impianto elettrico del veicolo in modo da essere alimentati dalla sua batteria.

In generale, il funzionamento del sistema sopra descritto prevede di controllare in modo costante la temperatura del gas alimentato nell'impianto e di azionare uno o entrambi i dispositivi riscaldatori 16 e 18 in funzione della temperatura rilevata.

Quando l'unità di controllo giudica la temperatura stimata degli iniettori e la temperatura del gas più basse dei corrispondenti valori di riferimento, ad esempio in concomitanza con l'avviamento a freddo del veicolo, essa attiva entrambi i dispositivi 16 e 18 per portare l'impianto nelle condizioni normali di funzionamento. In proposito, si noti che l'unità 24 è configurata per mantenere attivo il dispositivo 16 fino a quando la temperatura del gas non raggiunge o supera il relativo valore di soglia. Al contrario, per quanto riguarda il dispositivo 18, forme di attuazione preferite prevedono che l'unità 24 sia semplicemente configurata per mantenere attivo tale dispositivo per un tempo predeterminato indipendentemente dal valore di temperatura raggiunto; ad ogni modo, è anche possibile prevedere che l'unità effettui un comando sulla base della temperatura raggiunta, analogamente a quanto viene fatto per il controllo del dispositivo 16.

Quando l'unità di controllo giudica al di sotto del relativo valore di soglia la sola temperatura del gas essa comanda invece unicamente il dispositivo 16 fino a

riportare l'impianto nelle normali condizioni di lavoro come sopra indicato.

Il sistema qui descritto è predisposto per intervenire nelle modalità sopra descritte, o quando l'impianto di alimentazione da solo non è in grado di riportarsi nelle condizioni normali di funzionamento oppure quando l'intervento da parte del sistema risulta comunque più efficiente rispetto al riscaldamento, tramite l'acqua di raffreddamento del motore, da parte dello scambiatore 4. Al contrario, il sistema è predisposto per consentire l'uso esclusivo dello scambiatore nelle condizioni in cui il suo utilizzo è senz'altro più efficace ed efficiente, ad esempio quando il motore è a regime e dunque il calore dell'acqua di raffreddamento può essere efficacemente sfruttato.

Affinché il sistema possa coordinarsi con gli altri mezzi di riscaldamento indicati, in varie forme di attuazione preferite, esso comprende un'elettrovalvola 26 che è associata al circuito dell'acqua di raffreddamento del motore, per regolare il flusso di acqua che viene alimentato allo scambiatore 4, e che è comandata dall'unità 24 in funzione dello stato del veicolo, ad esempio in funzione della stessa temperatura dell'acqua di raffreddamento. Nel caso dell'esempio indicato è prevista una linea di segnale - non illustrata- collegata all'unità 24, che trasmette a questa un segnale indicativo appunto della temperatura dell'acqua di raffreddamento. L'unità 24 viene configurata per impedire il flusso dell'acqua attraverso lo scambiatore 4 nella condizione di avviamento a freddo del motore, al contempo attivando, come già visto, uno o entrambi i dispositivi 16 e 18, e per alimentare invece tale flusso, eventualmente variandone la portata in

maniera graduale, una volta che la temperatura dell'acqua raggiunga un dato valore di soglia. In corrispondenza di tale temperatura, l'unità 24 può disattivare completamente i due dispositivi 16 e 18. Il valore di soglia in questione può essere selezionato in modo da rappresentare una condizione termica dell'acqua, e del motore più in generale, per la quale viene garantito un efficace riscaldamento del gas combustibile e degli iniettori sia da parte dell'acqua di raffreddamento che da parte della massa termica rappresentata dal motore nel suo complesso.

Il sistema qui descritto è stato illustrato con specifico riferimento ad un esempio di applicazione in un impianto di alimentazione di LNG. Si noti che gli insegnamenti forniti sopra si possono comunque applicare allo stesso modo anche nell'ambito di un'applicazione in un impianto per l'alimentazione di CNG.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di realizzazione e le forme di attuazione potranno variare, anche in modo significativo, rispetto a quanto qui illustrato a puro titolo di esempio non limitativo, senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione, così come è definito dalle rivendicazioni annesse. Si noti che rientra nell'ambito della presente invenzione anche il sistema di alimentazione del combustibile al motore a combustione interna.

RIVENDICAZIONI

1. Sistema di condizionamento termico per un impianto di alimentazione di combustibile gassoso in un motore a combustione interna di un veicolo,

in cui detto impianto comprende:

- un serbatoio del combustibile (2);
- un riduttore di pressione (6);
- eventualmente, un filtro del combustibile (8);
- un'unità di distribuzione (10) comprendente una serie di dispositivi per la regolazione della quantità di gas introdotto nei diversi cilindri di detto motore;

- una linea che collega fra loro detti componenti in modo che il combustibile possa fluire da detto serbatoio a detta unità di distribuzione,

detto sistema comprendendo:

- un primo dispositivo (16) per riscaldare il combustibile, che è destinato ad essere disposto a valle di detto riduttore di pressione rispetto al flusso del combustibile lungo detta linea;

- un secondo dispositivo (18) per riscaldare detti dispositivi di regolazione della quantità di gas di detta unità di distribuzione (10);

- un'unità di controllo (24) configurata per comandare detto primo e/o detto secondo dispositivo riscaldatore in funzione del valore della temperatura di detto combustibile rilevata a monte o a valle di detto primo dispositivo.

2. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detta unità di controllo (24) è configurata per mettere in relazione un valore di riferimento con detta temperatura rilevata e per attivare detto primo e/o detto secondo dispositivo (16, 18) sulla base della relazione determinata.

3. Sistema secondo la rivendicazione 1 o 2, in cui detto secondo dispositivo (18) è costituito da una coperta termica applicabile a contatto con almeno parte di detti dispositivi di detta unità di distribuzione (10).

4. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, per un impianto di alimentazione che comprende, inoltre, uno scambiatore di calore (4) operante con l'acqua di raffreddamento di detto motore e disposto lungo detta linea di alimentazione per condizionare termicamente il gas che attraversa detta linea,

in cui detto sistema comprende una valvola (26) destinata al controllo del flusso di acqua attraverso detto scambiatore di calore (4) e in cui detta unità di controllo (24) è configurata per comandare detta valvola di controllo in funzione di un segnale di temperatura, in particolare un segnale indicativo della temperatura dell'acqua di raffreddamento di detto motore.

5. Sistema secondo la rivendicazione 1, in cui detto primo dispositivo (16) presenta:

- un tubo (161) destinato ad essere attraversato dal flusso di combustibile che percorre detta linea di detto impianto e dotato di raccordi (164) per il collegamento idraulico di detto tubo a detta linea di detto impianto;

- una fascia metallica (162) disposta all'interno di detto tubo, atta ad operare quale resistenza elettrica di riscaldamento;

- un primo e un secondo connettore elettrico (165), elettricamente collegati a detta fascia metallica, i quali sono portati da detto tubo e risultano posizionati all'esterno di questo.

6. Sistema secondo la rivendicazione 5, in cui detta fascia è costituita da fili metallici intrecciati.

7. Sistema secondo la rivendicazione 5 o 6, in cui detta fascia presenta una generica struttura tubolare costituita da fili metallici intrecciati.

8. Sistema secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 5, 6 o 7, in cui detto tubo (161) è realizzato in materiale polimerico e su di esso è applicata una guaina di protezione in materiale metallico (163).

9. Sistema secondo la rivendicazione 8, in cui detta guaina (163) presenta una generica struttura tubolare costituita da fili metallici intrecciati.

10. Sistema secondo una qualsiasi delle precedenti rivendicazioni, comprendente un sensore di temperatura (22) per rilevare detta temperatura del combustibile, che è destinato ad essere disposto a monte o a valle di detto primo dispositivo riscaldatore.

FIG. 1

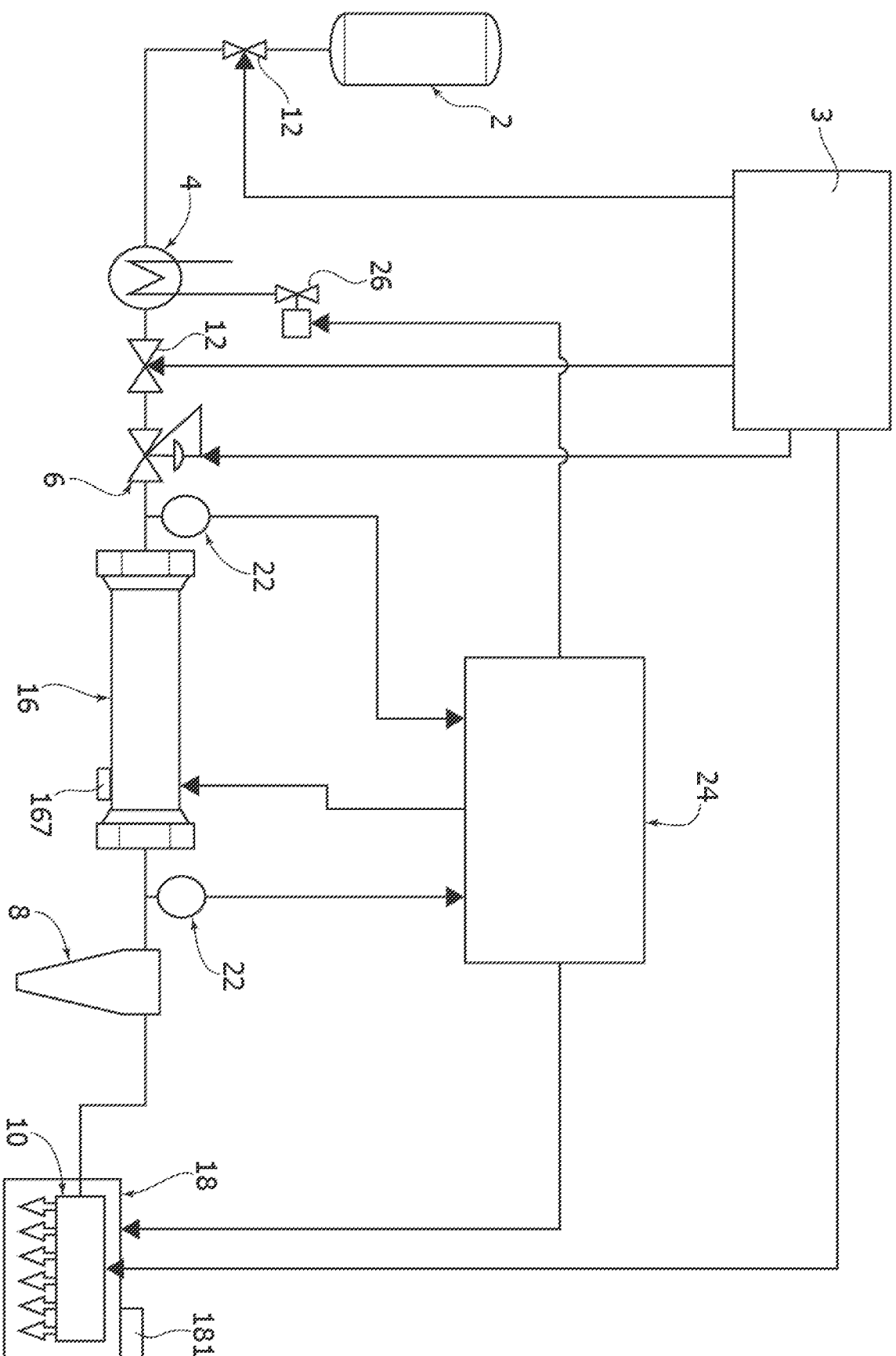


FIG. 2

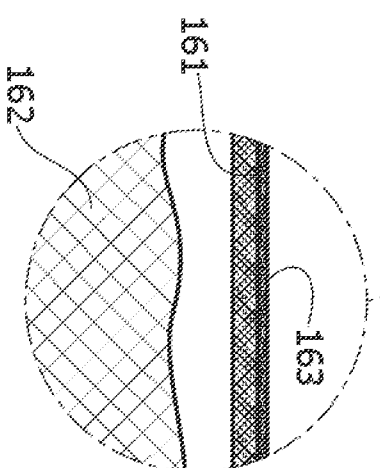
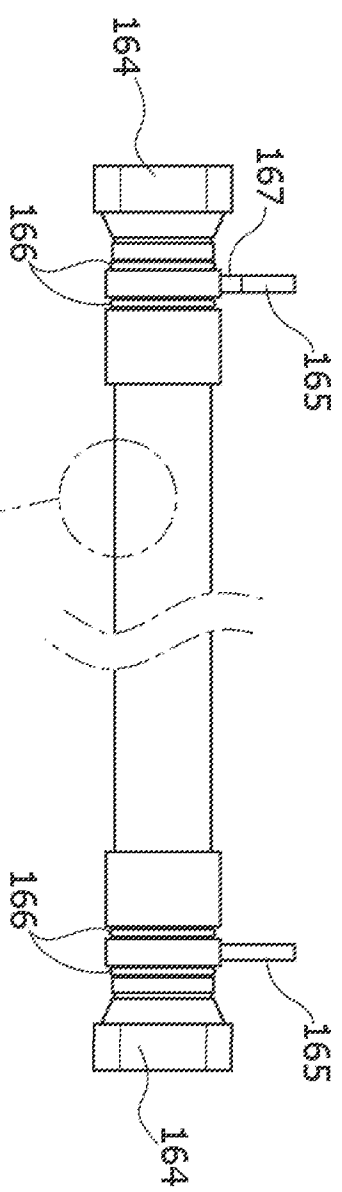


FIG. 2A

FIG. 3A

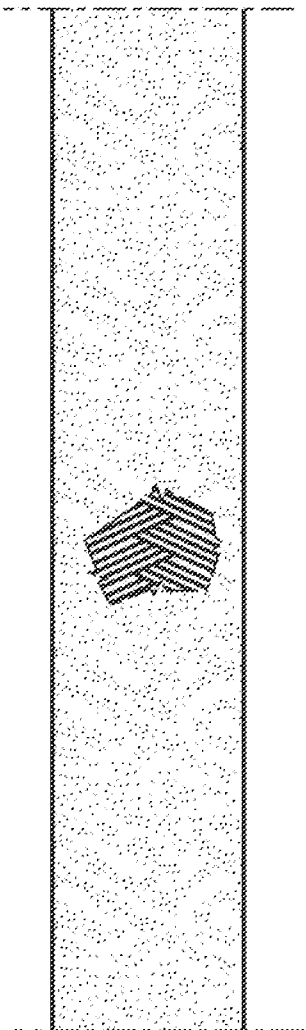


FIG. 3B

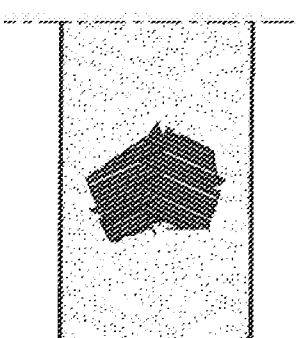


FIG. 3C

