

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102023000002826
Data Deposito	20/02/2023
Data Pubblicazione	20/08/2024

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	N	1	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	N	13	02

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	01	N	3	10

Titolo

MOTORE CON RISONATORE SUL CONDOTTO DI SCARICO E VEICOLO COMPRENDENTE
DETTO MOTORE

Piaggio & C. S.p.A.
a Pontedera (Pisa)

MOTORE CON RISUONATORE SUL CONDOTTO DI SCARICO E VEICOLO
COMPRENDENTE DETTO MOTORE

5 DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

[0001] La presente invenzione riguarda perfezionamenti a motori a combustione interna. In particolare, la presente invenzione riguarda perfezionamenti a sistemi di scarico dei motori alternativi a combustione interna.

10 ARTE ANTERIORE

[0002] I motori a combustione interna, in particolare motori alternativi a combustione interna, comprendenti sistemi cilindro-pistone per la produzione di potenza meccanica, sono ampiamente usati nel settore dell'autotrazione. L'utilizzo di combustibili per alimentare i motori a combustione interna ha un impatto ambientale dovuto
15 anche alla presenza di incombusti e altre impurezze nel gas di combustione.

[0003] Allo scopo di ridurre l'inquinamento ambientale, sul condotto di scarico, a monte del silenziatore, si utilizzano sempre più frequentemente dispositivi catalizzatori, i quali sono configurati per rimuovere agenti inquinanti dai gas di scarico provenienti dalla o dalle camere di combustione del motore, prima di rilasciare di scarico
20 nell'ambiente.

[0004] I catalizzatori, detti anche marmitte catalitiche, provvedono in particolare a trasformare monossido di carbonio (CO) in anidride carbonica (CO₂) ed a convertire idrocarburi incombusti in vapore acqueo e anidride carbonica, tramite processi di ossidazione. I catalizzatori hanno anche la funzione di trasformare ossidi di azoto (NO_x)
25 in azoto (N₂) e ossigeno, tramite una trasformazione riducente.

[0005] I catalizzatori inseriti nel condotto di scarico forniscono un valido aiuto alla riduzione degli agenti inquinanti rilasciati in atmosfera, ma hanno un impatto negativo in termini di prestazione del motore, poiché la loro presenza nel condotto di scarico

genera nel flusso di gas di scarico onde di pressione riflesse verso la o le luci di scarico del motore. Queste onde di pressione aumentano la pressione di scarico del motore e quindi ne riducono l'efficienza. Una ridotta efficienza del motore a combustione interna incide negativamente sui consumi di carburante e quindi, in definitiva, sull'im-

5 patto ambientale.

[0006] L'invenzione si propone di ridurre gli inconvenienti sopra menzionati dei motori alternativi a combustione interna corredati di catalizzatore.

SOMMARIO

[0007] Secondo un aspetto, per risolvere in tutto o in parte gli inconvenienti della

10 tecnica anteriore viene qui descritto un motore a combustione interna, comprendente almeno un sistema cilindro-pistone con una luce di aspirazione e una luce di scarico, in cui alla luce di scarico è collegato un condotto di scarico, lungo il quale sono disposti in sequenza un catalizzatore e un silenziatore. Il catalizzatore è posto a monte del silenziatore rispetto al verso del flusso di gas di scarico lungo il condotto di scarico.

15 Caratteristicamente, il motore comprende un sistema risuonante collegato al condotto di scarico. Il sistema risuonante comprende un condotto risuonante e una cavità risuonante. Il condotto risuonante pone in collegamento di fluido il condotto di scarico con la cavità risuonante e il condotto risuonante è collegato al condotto di scarico a monte

20 del catalizzatore rispetto al verso del flusso dei gas di scarico lungo il condotto di scarico. In forme di realizzazione illustrate, il condotto risuonante e la cavità risuonante hanno sezioni trasversali differenti, il condotto risuonante avendo una sezione minore rispetto alla sezione della cavità risuonante.

[0008] Ulteriori vantaggiose caratteristiche e forme di realizzazione del motore secondo l'invenzione sono descritte nel seguito e definite nelle allegate rivendicazioni

25 dipendenti.

[0009] Forma oggetto dell'invenzione anche un motoveicolo comprendente un motore come sopra definito.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

[0010] L'invenzione verrà meglio compresa seguendo la descrizione e gli allegati

30 disegni, che illustrano una forma di realizzazione esemplificativa e non limitativa

dell'invenzione. Più in particolare, nel disegno mostrano:

la Fig.1 una vista laterale di un veicolo corredato di un motore secondo l'invenzione;

la Fig.2 una vista schematica del motore secondo l'invenzione, completo di sistema di scarico;

le Figg. 3 e 4 diagrammi sperimentali relativi alle caratteristiche del motore secondo l'invenzione;

la Fig.5 uno schema di una cavità risuonante perfezionata; e

la Fig.6 uno schema di un sistema di scarico secondo l'invenzione in un'ulteriore forma di realizzazione.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA

[0011] In Fig.1 è mostrato schematicamente un veicolo commerciale su cui può essere installato un motore del tipo descritto. Il veicolo 1 può comprendere una singola ruota anteriore sterzante 3 o due ruote anteriori sterzanti 3, e una coppia di ruote motrici posteriori 5, ad esempio.

[0012] In Fig.2 è schematicamente illustrato un motore 9 che può essere installato nel veicolo 1. Il motore 9 comprende un sistema di scarico complessivamente indicato con 11 e un sistema cilindro-pistone 13, che può comprendere un singolo cilindro 13.1 in cui è scorrevolmente alloggiato un pistone 13.2. Con 13.3 è indicato un sistema biella-manovella che converte il moto alternato del pistone 13.2 nel cilindro 13.1 in un moto rotatorio dell'albero di uscita. Con 13.4 è indicata una luce di aspirazione e con 13.5 è indicata una luce di scarico del sistema cilindro-pistone 13. Con 13.6 è indicata la camera di combustione definita all'interno del cilindro 13.1.

[0013] Benché nella presente descrizione si faccia riferimento ad un motore con un singolo cilindro-pistone e singole luci di aspirazione e di scarico, non si esclude la possibilità di realizzare il motore 9 con una pluralità di sistemi cilindro-pistone e/o di prevedere più di una luce di aspirazione e/o più di una luce di scarico.

[0014] Il sistema di scarico 11 comprende un condotto di scarico 17, con un'estremità di ingresso 17.1 e un'estremità di uscita 17.2. L'estremità di ingresso è collegata alla camera di combustione 13.6 attraverso la o le luci di scarico 13.5. L'estremità di uscita 17.2 è atta a rilasciare nell'ambiente i gas di scarico generati dalla combustione

del carburante nella camera di combustione 13.6.

[0015] Lungo il condotto di scarico 17 è disposto un catalizzatore (o pre-catalizzatore) 19. A valle del catalizzatore 19, rispetto al verso di avanzamento G dei gas di scarico nel condotto di scarico 17, è disposta una marmitta o silenziatore 21. Tra il catalizzatore 19 e il silenziatore 21, oppure integrati in quest'ultimo, possono essere disposti ulteriori elementi (non mostrati) di riduzione degli inquinanti contenuti nei gas di scarico.

[0016] In un punto del condotto di scarico 17 posto a monte del catalizzatore 19, tra un lato di ingresso 19.1 del catalizzatore 19 e la luce di scarico 13.5, è posta una diramazione 23, in cui al condotto di scarico 17 si innesta un condotto risuonante 25.

[0017] Il condotto risuonante 25 si estende dalla diramazione 23 ad una cavità risuonante 27. Il condotto risuonante 25 e la cavità risuonante 27 formano cumulativamente un sistema risuonante indicato complessivamente con 29.

[0018] In vantaggiose forme di realizzazione, come rappresentato in Fig.2, il condotto risuonante 25 è circa tangente al condotto di scarico 17 nel punto di connessione reciproca, cioè in corrispondenza della biforcazione 23. Per circa tangente si intende in generale una configurazione tale che il flusso complessivo di gas di scarico nel condotto di scarico 17 è circa tangente al flusso nel condotto risuonante 25. Ad esempio, le linee mediane, cioè gli assi del condotto di scarico 17 e del condotto risuonante 25 possono essere tangenti tra loro. In Fig.2 l'asse o linea mediana del condotto di scarico 17 è indicato con 17.1 e l'asse o linea mediana del condotto risuonante 25 è indicato con 25.1. Il prolungamento rettilineo dell'asse 25.1 è tangente alla curva definente l'asse 17.1 del condotto di scarico in un punto a monte della biforcazione 23 rispetto al verso di flusso del gas di scarico nel condotto di scarico 17.

[0019] Durante il funzionamento del motore a combustione interna 9, l'apertura e chiusura della luce di scarico per effetto dell'azionamento della valvola di scarico (non mostrata) in sincronia con l'esecuzione dei cicli del motore provoca onde di pressione nel condotto di scarico 17. Queste onde di pressione si riflettono sul materiale contenuto nel catalizzatore 19 all'estremità di ingresso 19.1 di quest'ultimo, generando onde di pressione riflesse che si propagano in verso opposto rispetto al verso del flusso di gas di scarico (freccia G in Fig.2).

[0020] Le onde di pressione riflesse provocano un aumento della pressione alla luce di scarico 13.5, che aumenta la contro-pressione all'uscita, che i gas di combustione devono vincere nella fase di scarico del ciclo di funzionamento del motore 9. Questo aumento della contro-pressione dovuto alle onde di pressione riflesse dal catalizzatore 19 incidono negativamente sull'efficienza del motore 9, in quanto maggiore è la contro-pressione, minore è la resa in termini di potenza del motore.

[0021] Il sistema risuonante 29 è configurato per ridurre o eliminare questo effetto negativo dovuto alla presenza del catalizzatore 19 nel condotto di scarico 17. A tale fine il sistema risuonante 29 è dimensionato in modo tale che, nelle normali condizioni di utilizzo del motore 9, cioè nell'intervallo di numero di giri cui il motore viene usualmente mantenuto per massimizzare la coppia e/o la potenza erogate, il sistema risuonante 29 risuoni generando onde di pressione alla biforcazione 23 aventi la stessa frequenza delle onde di pressione riflesse dal catalizzatore 19 e in controfase rispetto alle onde di pressione riflesse.

[0022] Le onde di pressione riflesse dal catalizzatore 19 e le onde di pressione generate per risonanza del sistema risuonante 29 tendono ad annullarsi nel tratto di condotto di scarico 17 compreso tra la luce di scarico 13.5 e la biforcazione 23. Ciò in quanto le onde di pressione danno luogo ad un fenomeno di interferenza distruttiva.

[0023] In pratica, accade che le onde di pressione che si generano nel sistema risuonante 29 distruggono le onde di pressione riflesse dal catalizzatore 19, o quanto meno ne riducono l'intensità.

[0024] Il risultato finale di questo fenomeno è una riduzione o una eliminazione dell'effetto negativo delle onde di pressione riflesse in termini di aumento della contro-pressione alla luce di uscita 13.5.

[0025] Tipicamente, la soluzione qui proposta è vantaggiosa per motori alternativi a combustione interna che hanno ad esempio un regime di funzionamento tipicamente compreso tra 2400 g/m e 5000 g/m, e più in particolare tra 3600 g/m e 4200 g/m.

[0026] In alcune forme di realizzazione, la cavità risuonante 27 può avere una frequenza fondamentale di risonanza compresa tra 10 Hz e 30 Hz, preferibilmente tra 14 Hz e 18 Hz, ancora più preferibilmente tra 16 Hz e 18 Hz, alla temperatura dei gas di

scarico in condizioni di funzionamento a regime del motore a combustione interna. Tipicamente la frequenza fondamentale di risonanza può essere circa 16 ± 7 Hz, dove la variazione della frequenza è imputabile alla variazione di temperatura del gas di scarico che, modificando la velocità del suono nel gas di scarico, incide sulla frequenza

5 fondamentale di risonanza. Quest'ultima è data, infatti dalla formula

$$f = \frac{c}{2\pi} \sqrt{\frac{S}{LV}}$$

in cui:

- c è la velocità del suono nel mezzo fluido contenuto nel sistema risuonante, detta velocità c essendo funzione della temperatura e del rapporto tra calore specifico a
- 10 pressione costante e del calore specifico a volume costante;
- S è la sezione del condotto 25
- L è la lunghezza del condotto 25
- V è il volume della cavità risuonante.

[0027] Il valore di 16 – 18 Hz della frequenza di risonanza scelto è legato all'idea di

15 ottimizzare il motore in coppia massima ed in particolare in potenza massima. Dal momento che con una geometria fissa del risuonatore non è possibile ottenere i due vantaggi, può essere vantaggioso scegliere un valore della frequenza di risonanza atto a dare un certo contributo positivo alla coppia massima e che consenta di utilizzare al meglio il contributo energetico delle onde di pressione per esaltare la potenza massima.

20 **[0028]** Per far questo, nella forma di realizzazione descritta è stata scelta una geometria del risuonatore che permette di lavorare tra 16 e 18 Hz. Infatti a 2300 giri/m del motore si ottiene una frequenza fondamentale del motore di $2250 (\pm 50)/60 = 37$ Hz che corrisponde circa ad una frequenza di risonanza del risuonatore di $37/2 = 18$ Hz (2 perché si tratta di un motore 4 tempi e il contributo energetico si ha ogni 2 giri dell'albero motore). Nella pratica, tramite un simulatore numerico è possibile configurare le

25 dimensioni del risuonatore tale che, tramite la relazione di Helmholtz la frequenza di risonanza risulta pari a circa 16 Hz. Con questa geometria ottimizzata è possibile sfruttare il contributo energetico della frequenza del primo ordine (16 – 18 Hz) per ottenere un incremento di coppia e un multiplo di questa frequenza per esaltare la potenza mas-

30 sima. Infatti, la potenza massima con il risuonatore risulta a circa 4300 giri/m e la

frequenza fondamentale del motore risulta di circa $4300/60=71$ Hz ovvero una frequenza di risonanza di circa $71/2=36$ Hz che è proprio il doppio della frequenza di risonanza del primo ordine menzionata precedentemente.

5 **[0029]** In definitiva è stato ottenuto un sistema che ha una banda passante piuttosto ampia per una categoria di motore lento quale ad esempio un motore APE 300 di cui più avanti sono indicate le caratteristiche principali.

10 **[0030]** Come si osserva in Fig. 2, la cavità risuonante 27 ha una sezione trasversale maggiore della sezione trasversale del condotto risuonante 25. Tipicamente, in forme di realizzazione particolarmente vantaggiose, il rapporto tra l'area della sezione trasversale della cavità risuonante e l'area della sezione trasversale del condotto risuonante è compreso tra 35 e 55, preferibilmente tra 40 e 50, più preferibilmente tra 43 e 48.

15 **[0031]** In alcune forme di realizzazione, cavità risuonante 27 ha una forma sostanzialmente cilindrica a sezione circolare, con un primo diametro D1, e il condotto risuonante ha una sezione circolare con un secondo diametro D2, minore del primo diametro D1.

20 **[0032]** La cavità risuonante 27 può avere ad esempio un volume interno compreso tra 2800 e 3400 cm³, preferibilmente tra 3000 e 3200 cm³. In alcune forme di realizzazione il condotto risuonante ha una lunghezza compresa fra 90 e 100 cm, preferibilmente tra 92 e 97 cm.

[0033] Il punto di collegamento tra condotto di scarico 17 e il condotto risuonante 25, cioè la biforcazione 23, può trovarsi ad una distanza compresa tra 90 e 115 mm, preferibilmente fra 100 e 105 mm dalla luce di scarico 13.5.

25 **[0034]** Le Figg. 3 e 4 mostrano risultati di test sperimentali eseguiti su un motore APE 300 di produzione della richiedente, corredato di un sistema di scarico 11 realizzato come illustrato in Fig. 2. In particolare, il motore APE 300 è un motore a ciclo Otto quattro tempi con le seguenti caratteristiche:

numero di cilindri: 1

refrigerazione a liquido

30 numero di valvole per cilindro: 2

inclinazione del cilindro: 75°

testa del cilindro in alluminio

materiale del cilindro: ghisa

cilindrata: 306 cm³

5 rapporto di compressione 9.5+/-0,5: 1

alesaggio x corsa: 72 x 75 mm.

[0035] Il sistema di scarico utilizzato per i test era configurato come segue:

- lunghezza del condotto risuonante: 950 mm
- diametro interno D2 del condotto risuonante: 19 mm
- 10 – volume interno della cavità risuonante 27: 3150 cm³
- lunghezza assiale della cavità risuonante 27: 245 mm
- diametro esterno della cavità risuonante 27: 130 mm
- spessore della lamiera della cavità risuonante 27: 1,2 mm
- distanza della biforcazione 23 dalla luce di scarico: 100 mm
- 15 – sezione del condotto risuonante 25 e della cavità risuonante 27: circolare

[0036] Nel diagramma di Fig.3 sono riportati in ascissa i valori della velocità di rotazione in g/m e in ordinate a sinistra la potenza erogata in kW e a destra la coppia erogata in Nm. Le curve W0 e C0 rappresentano rispettivamente la potenza e la coppia erogate dal motore privo del sistema risonante 11. Le curve W1 e C1 rappresentano
20 rispettivamente la potenza e la coppia erogate dal motore corredato con il sistema risuonante 11.

[0037] Dalla Fig. 3 si osserva che a qualunque valore del numero di giri tra circa 2400 g/m e circa 5000 g/m sia la coppia C1 che la potenza W1 sono superiori rispetto alla coppia e alla potenza erogate dallo stesso motore senza il sistema risuonante.

25 **[0038]** Il diagramma di Fig.3 mostra, quindi, come il sistema risuonante qui descritto fornisca vantaggi in termini di efficienza del motore.

[0039] Analoghi vantaggi si possono verificare in termini di riduzione dei consumi. Il diagramma di Fig.4 riporta in ascisse la velocità di rotazione (g/m) del motore. In ordinate a sinistra è riportato il consumo specifico di carburante espresso in g/kWh. In
30 ordinate a destra è riportato il consumo orario di carburante in kg/h.

[0040] La curva Ch0 e la curva Cs0 indicano rispettivamente il consumo orario e il consumo specifico del motore privo del sistema risuonante 11. Le curve Ch1 e Cs1 indicano rispettivamente il consumo orario e il consumo specifico del motore provvisto del sistema risuonante 11. Sia il consumo orario, sia il consumo specifico risultano
 5 ridotti di circa 4-5% nel caso di utilizzo del sistema risuonante 11 in tutto l'intervallo utile di velocità di rotazione, compreso tra circa 2400 g/m e circa 5000 g/m.

[0041] L'efficienza del veicolo 1 su cui è installato il motore 9 può essere ulteriormente migliorata associando al sistema risuonante 11 un generatore elettrico. Questo può essere realizzato utilizzando un generatore elettrico 31, ad esempio un alternatore
 10 lineare, applicato ad un fondo 27.1 della cavità risuonante 27, come schematicamente mostrato in Fig.5. L'alternatore lineare 31 converte l'energia trasmessa dal fondo vibrante 27.1 della cavità risuonante 27 al componente mobile dell'alternatore lineare 31. L'energia elettrica generata può essere convertita in corrente continua in un rettificatore 35 posto su una linea elettrica 33 di collegamento dell'alternatore lineare 31
 15 ad una batteria 37 del veicolo 1.

[0042] La Fig. 6 mostra una ulteriore forma di realizzazione del sistema di scarico secondo l'invenzione. Numeri uguali indicano parti uguali o equivalenti a quelle illustrate in Fig. 2 e sopra descritte. Il sistema di scarico 11 di Fig.6 differisce dal sistema di scarico 11 di Fig. 2 principalmente per il fatto che la cavità risuonante 27 è integrata
 20 in un unico blocco 20 in cui è inserita anche la marmitta o silenziatore 21. Il silenziatore 21 e la cavità risuonante 27 sono tra loro opportunamente separate, ad esempio da una lamiera 22, per evitare che i flussi nel silenziatore e nella cavità risuonante interagiscano l'uno con l'altro.

Piaggio & C. S.p.A.
A Pontedera (Pisa)

MOTORE CON RISUONATORE SUL CONDOTTO DI SCARICO E VEICOLO
COMPREDENTE DETTO MOTORE

5

Rivendicazioni

1. Un motore a combustione interna, comprendente almeno un sistema cilindro-pistone con una luce di aspirazione e una luce di scarico, in cui alla luce di scarico è collegato un condotto di scarico lungo, il quale sono disposti in sequenza un catalizzatore e un silenziatore, il catalizzatore essendo posto a monte del silenziatore
10 rispetto al verso del flusso di gas di scarico lungo il condotto di scarico;

caratterizzato dal fatto di comprendere un sistema risuonante collegato al condotto di scarico, in cui il sistema risuonante comprende un condotto risuonante e una cavità risuonante, in cui il condotto risuonante pone in collegamento di fluido il condotto di scarico con la cavità risuonante; ed in cui il condotto risuonante è collegato al condotto
15 di scarico a monte del catalizzatore rispetto al verso del flusso dei gas di scarico lungo il condotto di scarico.

2. Il motore a combustione interna della rivendicazione 1, in cui il condotto risuonante è circa tangente al condotto di scarico nel punto di connessione tra condotto risuonante e condotto di scarico.

20 3. Il motore a combustione interna della rivendicazione 1 o 2, in cui il sistema risuonante è dimensionato in modo tale che nel punto di collegamento tra il condotto risuonante e il condotto di scarico si formano onde di pressione, generate nel sistema risuonante, in controfase rispetto ad onde di pressione generate nel condotto di scarico dal catalizzatore.

25 4. Il motore a combustione interna della rivendicazione 1 o 2 o 3, in cui la cavità risuonante e ha una frequenza fondamentale di risonanza compresa tra 10 Hz e 30 Hz, preferibilmente tra 14 Hz e 18 Hz, ancora più preferibilmente tra 16Hz e 18 Hz alla temperatura dei gas di scarico in condizioni di funzionamento a regime del motore a combustione interna.

30 5. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni

precedenti, in cui: la cavità risuonante ha una sezione trasversale maggiore della sezione trasversale del condotto risuonante.

5 6. Il motore a combustione interna della rivendicazione 5, in cui il rapporto tra l'area della sezione trasversale della cavità risuonante e l'area della sezione trasversale del condotto risuonante è compreso tra 35 e 55, preferibilmente tra 40 e 50, più preferibilmente tra 43 e 48.

10 7. Il motore a combustione interna della rivendicazione 5 o 6, in cui la cavità risuonante ha una forma sostanzialmente cilindrica a sezione circolare, con un primo diametro, e il condotto risuonante ha una sezione circolare con un secondo diametro, minore del primo diametro.

8. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la cavità risuonante ha un volume interno compreso tra 2800 e 3400 cm³, preferibilmente tra 3000 e 3200 cm³.

15 9. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il condotto risuonante ha una lunghezza compresa fra 90 e 100 cm, preferibilmente tra 92 e 97 cm.

20 10. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui il punto di collegamento tra condotto di scarico e il condotto risuonante è compreso tra 90 e 115 mm, preferibilmente fra 100 e 105 mm dalla luce di scarico del cilindro.

11. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la potenza massima del motore e la coppia massima del motore sono erogate ad una velocità di rotazione compresa tra 2400 g/m e 5000 g/m.

25 12. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui alla cavità risonante è abbinato un generatore elettrico azionato dalla vibrazione di una parete della cavità risonante e atto a convertire l'energia meccanica trasmessa al generatore elettrico in energia elettrica.

13. Il motore a combustione interna di una o più delle rivendicazioni precedenti, in cui la cavità risuonante è integrata in un blocco contenente il

silenziatore.

14. Un veicolo comprendente un motore a combustione interna come da una o più delle rivendicazioni precedenti.

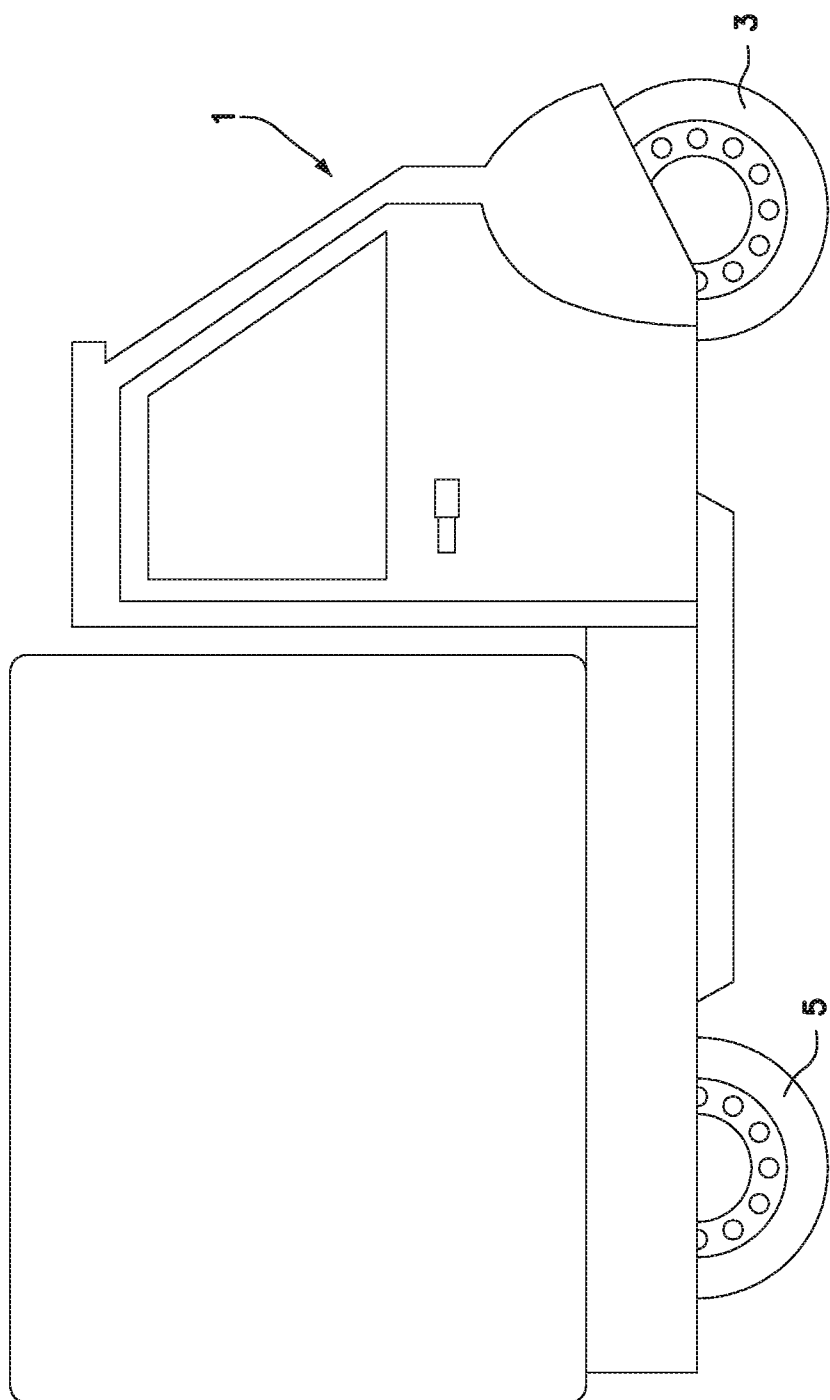


Fig.1

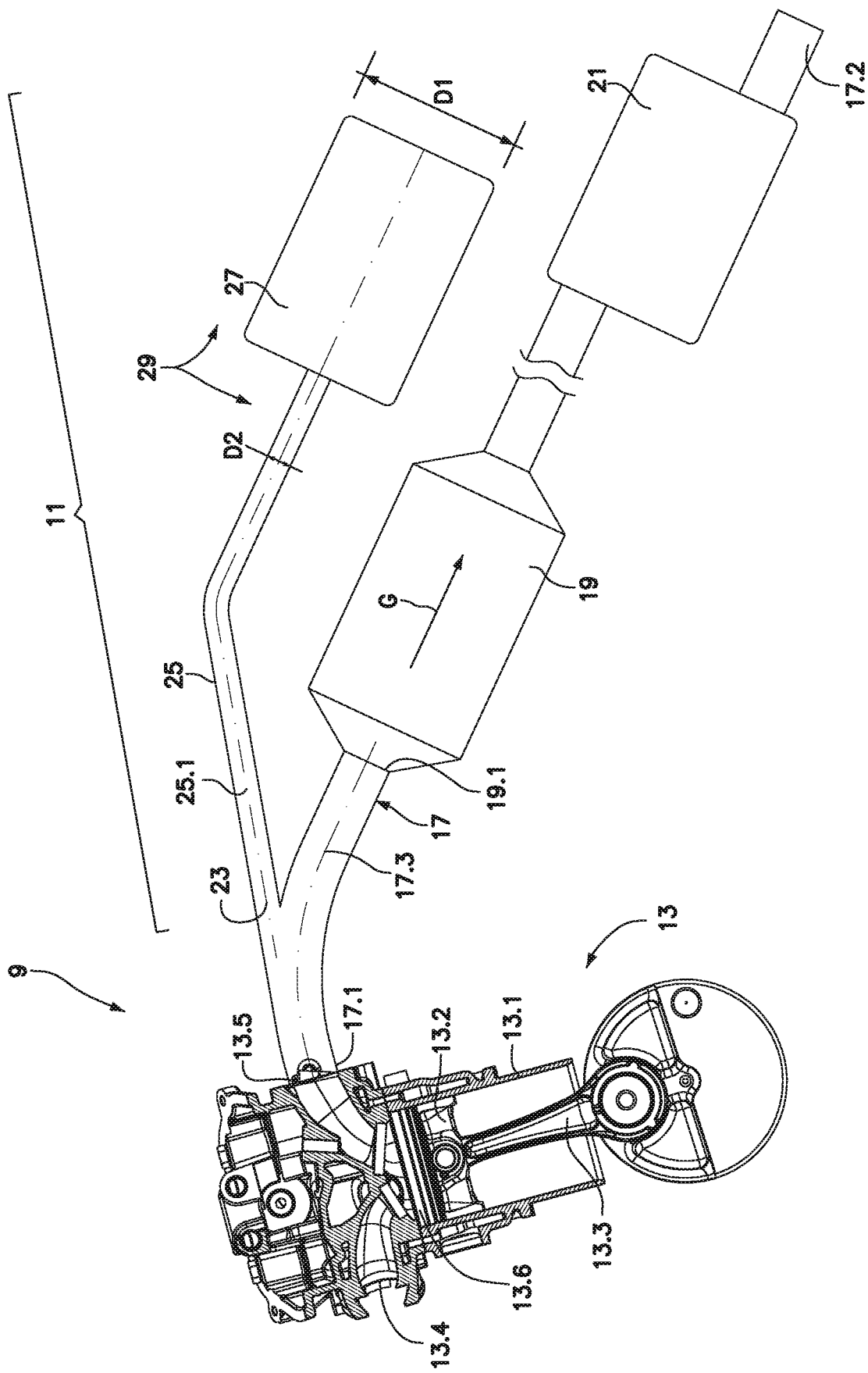


Fig.2

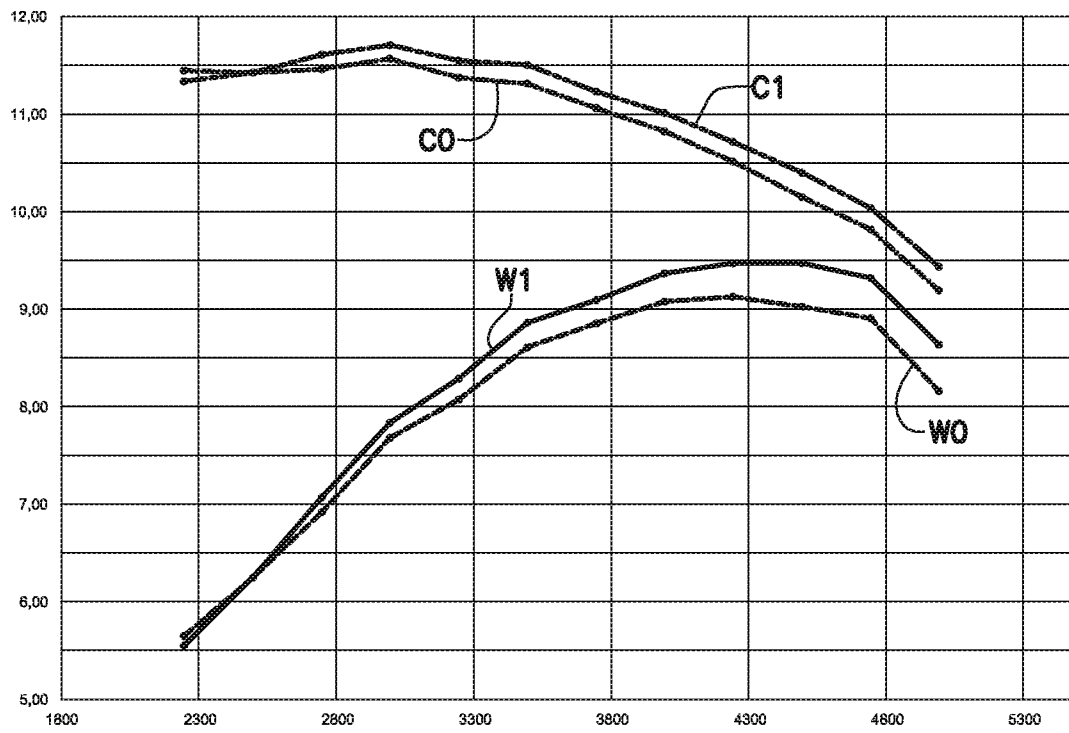


Fig.3

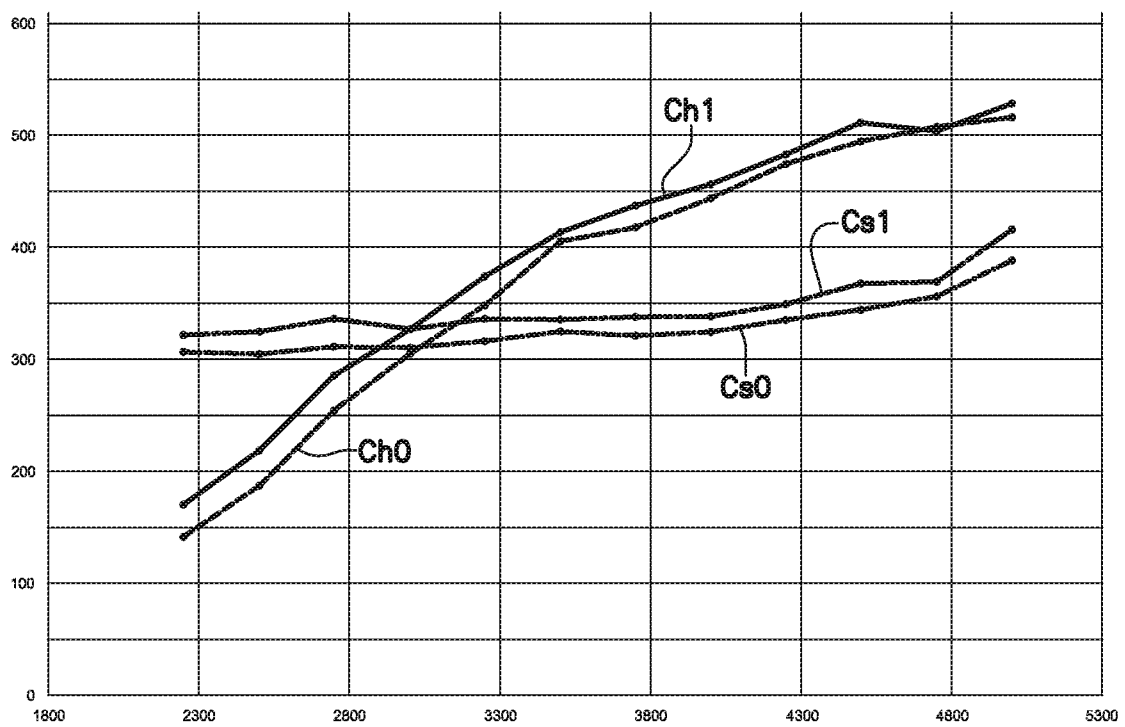


Fig.4

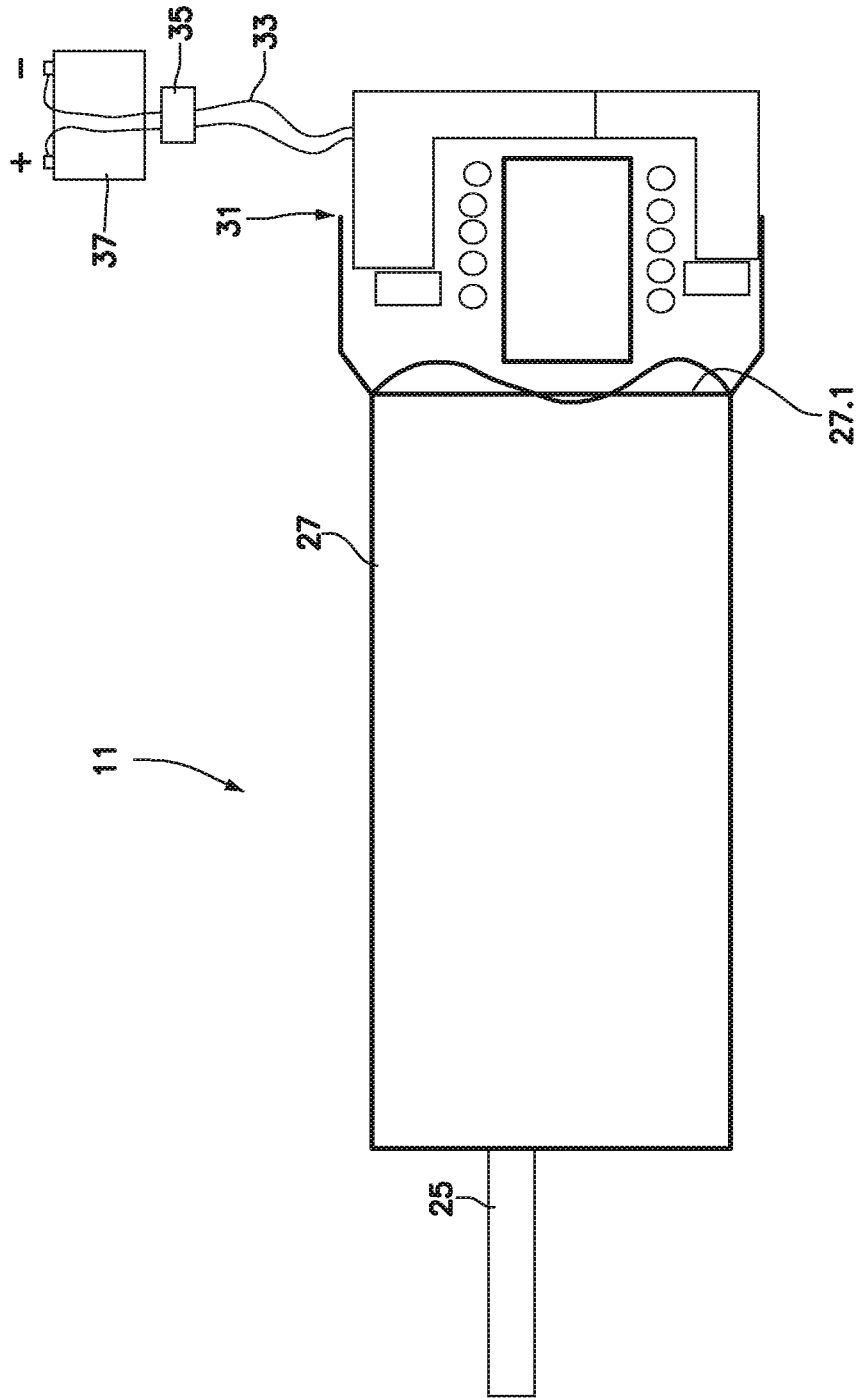


Fig.5

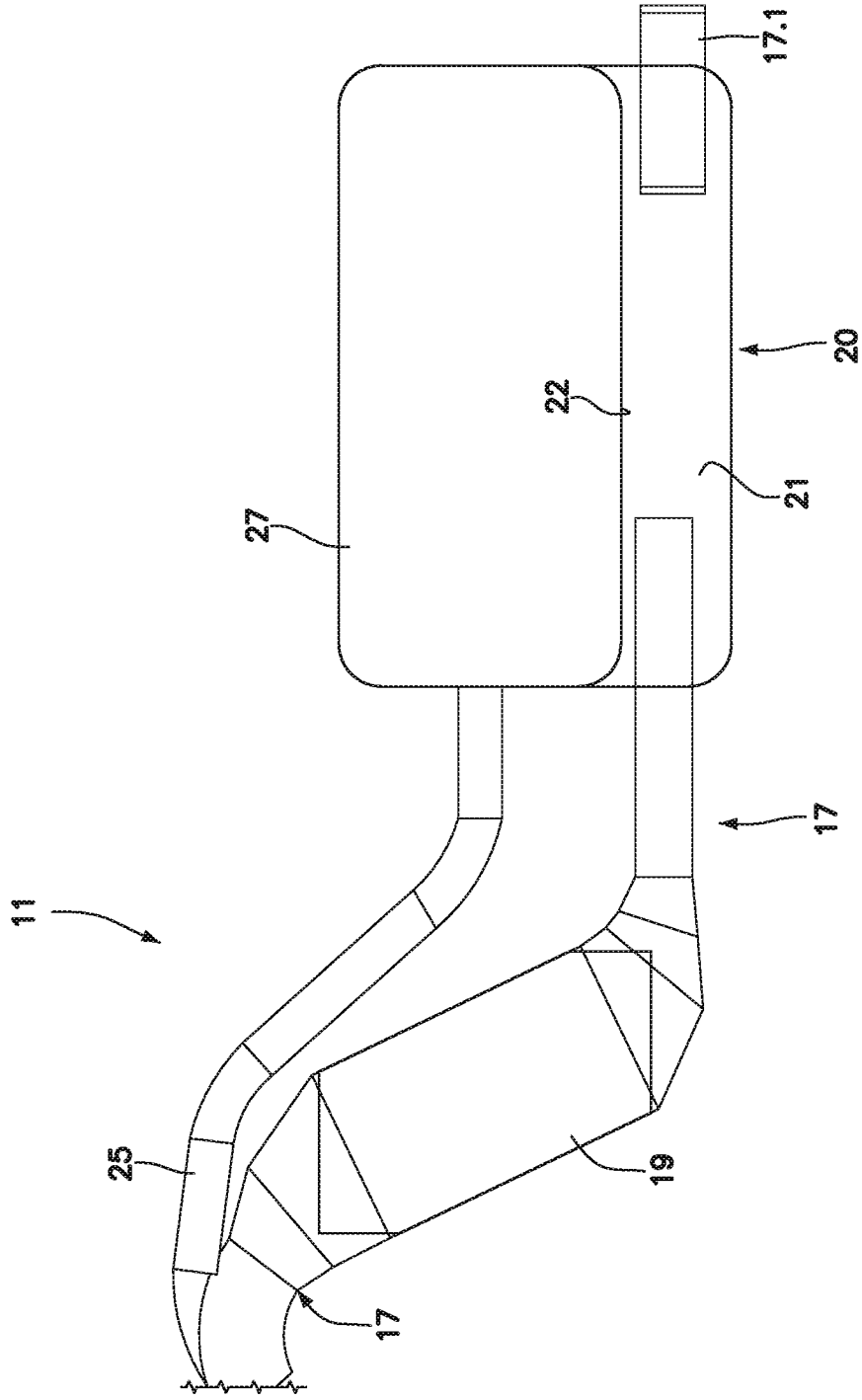


Fig.6