



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

<b>DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO</b>	<b>102019000006429</b>
<b>Data Deposito</b>	<b>29/04/2019</b>
<b>Data Pubblicazione</b>	<b>29/10/2020</b>

Classifiche IPC

<b>Sezione</b>	<b>Classe</b>	<b>Sottoclasse</b>	<b>Gruppo</b>	<b>Sottogruppo</b>
G	01	L	23	10

Titolo

**SENSORE PER LA DIAGNOSTICA NON INVASIVA DI SISTEMI IDRAULICI AD ALTA  
PRESSIONE, IN PARTICOLARE DI SISTEMI DI INIEZIONE DI COMBUSTIBILE, E SISTEMA  
IDRAULICO COMPREDENTE TALE SENSORE**

**DESCRIZIONE** dell'invenzione industriale dal titolo:

"Sensore per la diagnostica non invasiva di sistemi idraulici ad alta pressione, in particolare di sistemi di iniezione di combustibile, e sistema idraulico comprendente tale sensore"

di: OMT Digital S.r.l., nazionalità italiana, Via Assarotti 10, 10122 Torino (TO)

Inventori designati: Marco COPPO, Francesco CATUCCI, Lorenzo CHIARBONELLO, Andrea VIOLINO

Depositata il: 29 aprile 2019

\*\*\*\*

### **TESTO DELLA DESCRIZIONE**

#### Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce in generale ai sistemi idraulici ad alta pressione e riguarda un sensore per la diagnostica non invasiva del funzionamento di sistemi idraulici ad alta pressione.

Secondo un altro aspetto, la presente invenzione riguarda anche un sistema idraulico comprendente un tale sensore.

L'invenzione è stata sviluppata in particolare in vista della sua applicazione alla diagnostica di sistemi di iniezione di combustibile per grandi motori diesel e dual-fuel, ad esempio per grandi motori navali. Nel seguito si farà specifico riferimento a questo campo di impiego senza tuttavia perdere di generalità.

#### Descrizione della tecnica relativa

Nel campo dei sistemi idraulici, ed in particolare dei sistemi di iniezione ad alta pressione per motori Diesel, vi è un crescente interesse nello sviluppo di sistemi di

diagnosi capaci di acquisire dati significativi per la diagnostica di funzionamento di sistemi complessi.

Questo ha spinto lo sviluppo di sensori di costo contenuto che siano in grado di misurare parametri di funzionamento caratteristici, come ad esempio la pressione idraulica.

Nel campo dei sistemi di iniezione di combustibile sono stati proposti sensori per la misurazione della forza e/o della pressione e atti in particolare ad essere fissati a un iniettore di combustibile per l'identificazione del tempo di chiusura dello spillo iniettore. Ad esempio, EP3001167 descrive un gruppo sensore comprendente almeno un elemento sensore di materiale piezoelettrico con due facce terminali situate parallelamente l'una all'altra e ciascuna con un elettrodo associato, in cui è previsto che gli elettrodi elettricamente isolati gli uni dagli altri vengano a contatto con l'elemento sensore.

Sono anche stati proposti sistemi di integrazione di sensori nei componenti da monitorare (ad es. EP3026254 e EP3034855).

I sensori più avanzati in termini di risposta in frequenza e resistenza alle alte temperature sono realizzati con materiali piezoelettrici e sono introdotti in una cavità del componente idraulico separata dal fluido di cui si vuole misurare la pressione da una parete metallica facente parte integrante del componente stesso. In tal modo si elimina la necessità di realizzare tenute idrauliche, aumentando l'affidabilità della soluzione (assenza di possibili perdite) e riducendo i costi rispetto ad un sensore completo di contenitore.

In iniettori di combustibile di tipo common-rail tali sensori vengono spesso collocati in zone adiacenti al foro

che porta il fluido dall'accumulatore in pressione verso una camera di erogazione di combustibile situata a monte della zona di tenuta dello spillo iniettore. Ciò permette di rilevare dati di funzionamento dell'iniettore, ma non della sua valvola di comando, in quanto le perturbazioni che essa genera durante il funzionamento non si propagano fino a tale linea.

La disposizione ideale per un sensore di pressione a scopo diagnostico sarebbe in prossimità della camera di controllo dell'iniettore. Tuttavia, a causa delle ridotte dimensioni di tale zona e alle elevate pressioni del fluido presente nella camera di controllo, sarebbe necessario utilizzare elementi sensori di piccole dimensioni che sono quindi limitati dal punto di vista dei carichi e delle deformazioni che possono sopportare. Elementi sensori di piccole dimensioni non sono generalmente compatibili con le deformazioni generate dalla pressione del fluido nel componente idraulico.

Esiste quindi l'esigenza di un sensore integrabile in componenti idraulici ad alta pressione per rilevare in maniera economica e non invasiva un segnale correlabile alla pressione del fluido all'interno del componente stesso.

#### Scopo e sintesi dell'invenzione

La presente invenzione si prefigge lo scopo di fornire un sensore che soddisfi la suddetta esigenza.

Secondo la presente invenzione, tale scopo viene raggiunto da un sensore avente le caratteristiche formanti oggetto della rivendicazione 1.

Secondo un altro aspetto, la presente invenzione riguarda anche un sistema idraulico ad alta pressione avente le caratteristiche della rivendicazione 7.

L'elemento caratterizzante della presente invenzione è la particolare disposizione e conformazione di elementi sensibili e di supporto che compongono il sensore e che ne rendono possibile l'integrazione in componenti diversi. Il segnale elettrico fornito da tale sensore può essere utilizzato per diagnosticare il funzionamento del sistema idraulico attraverso tecniche classiche o tramite intelligenza artificiale.

In particolare, nel caso di applicazioni in sistemi di iniezione, le ridotte dimensioni, la resistenza a temperature elevate, e l'adattabilità all'integrazione in componenti aventi diverse rigidità, rendono il sensore secondo la presente invenzione adatto alla rilevazione della pressione nel volume di controllo di iniettori common-rail, dalla quale è possibile derivare una serie di parametri di diagnosi di funzionamento dell'intero iniettore.

Le rivendicazioni formano parte integrante dell'insegnamento fornito in relazione all'invenzione.

#### Breve descrizione dei disegni

La presente invenzione verrà ora descritta dettagliatamente con riferimento ai disegni allegati, dati a puro titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una sezione parziale di un iniettore per sistemi di iniezione common-rail,

- la figura 2 è una sezione in maggiore scala della parte indicata dalla freccia II nella figura 1,

- la figura 3 è una sezione secondo la linea III-III della figura 2, e
- la figura 4 è una sezione secondo la linea IV-IV della figura 3.

#### Descrizione dettagliata

Nella figura 1 indicato con 10 è un iniettore per un sistema di iniezione common-rail. L'iniettore 10 comprende un pulverizzatore 12 avente una camera di erogazione di combustibile 14 avente una sede di valvola 16. Uno spillo iniettore 18 si estende nella camera di erogazione 14 ed ha una superficie di tenuta 20 che coopera con la sede di valvola 16. Lo spillo iniettore 18 è mobile lungo il suo asse longitudinale A tra una posizione chiusa nella quale la superficie di tenuta 20 va in battuta con la sede di valvola 16 e una posizione aperta nella quale la superficie di tenuta 20 è distanziata dalla sede di valvola 16. Una molla 22 tende a spingere lo spillo iniettore 18 verso la posizione chiusa. Il pulverizzatore 12 ha una pluralità di fori di iniezione 24 attraverso i quali viene pulverizzato il combustibile pressurizzato situato nella camera di erogazione 14 quando lo spillo iniettore 18 è nella posizione aperta.

La camera di erogazione 14 è collegata ad un volume di accumulo riempito di combustibile pressurizzato proveniente da una pompa di iniezione. Il volume di accumulo è anche collegato ad una camera di controllo 34 tramite una linea idraulica sulla quale è disposto un primo orifizio calibrato 36. La camera di controllo 34 è collegata ad una linea di scarico che conduce ad un serbatoio. Sulla linea di scarico è disposta una valvola di comando 42. La valvola di comando 42 è una valvola a due posizioni a comando

elettrico che nella posizione aperta collega la camera di controllo 34 alla linea di scarico e nella posizione chiusa isola la camera di controllo 34 dalla linea di scarico. A monte della valvola di comando 42 è disposto un secondo orifizio calibrato 44.

L'iniettore 10 comprende una piastra di testa 50 disposta in contatto di tenuta idraulica con una superficie di testa 52 del polverizzatore 12. Nella piastra di testa 50 sono formati gli orifizi calibrati 36, 44, che sono collegati alla camera di controllo 34 tramite rispettivi fori 54, 56 anch'essi formati nella piastra di testa 50.

Con riferimento alla figura 2, i fori 54, 56 sono aperti su una superficie di reazione 58 della piastra di testa 50 affacciata alla camera di controllo 34. La superficie di reazione 58 della piastra di testa 50 può essere formata in una sede 60 della piastra di testa 50 aperta verso la camera di erogazione 14 del polverizzatore 12. Una boccola 62 è parzialmente alloggiata all'interno della sede 60 e ha un foro 64 in cui è scorrevole una porzione di testa dello spillo iniettore 18. La camera di controllo 34 è delimitata dalla superficie di reazione 58 della piastra di testa 50, da una superficie di testa 66 dello spillo iniettore 18 e da una porzione anulare 68 della boccola di guida 62.

Con riferimento alle figure 2, 3 e 4, l'iniettore 10 comprende un sensore 70 che fornisce un segnale elettrico indicativo del funzionamento dell'iniettore 10. Il segnale elettrico fornito dal sensore 70 è indicativo delle deformazioni della piastra di testa 50 generate dalle variazioni di pressione di fluido nella camera di controllo 34. Il sensore 70 può essere un trasduttore di pressione che fornisce un segnale elettrico correlato alla pressione

agente sulla superficie di reazione 58. Il sensore 70 ha un asse di rilevazione A. L'asse di rilevazione può essere coincidente con l'asse longitudinale dell'iniettore 10.

Nella forma di attuazione illustrata, il sensore 70 è alloggiato in un foro 72 formato nella piastra di testa 50. Il foro 72 ha una superficie laterale 74 coassiale all'asse A e una superficie di fondo 76 parallela alla superficie di reazione 58 della piastra di testa 50.

Il sensore 70 comprende due elementi a forma di disco 78, 80.

I due elementi a forma di disco 78, 80 hanno rispettive prime facce 78', 80' e rispettive seconde facce 78'', 80''. Le prime e le seconde facce 78', 80' e 78'', 80'' di ciascuno dei due elementi a forma di disco sono facce piane parallele fra loro e ortogonali all'asse di rilevazione A, che possono avere una forma circolare in un piano ortogonale all'asse A (figura 4).

Almeno uno dei due elementi a forma di disco 78, 80 è un elemento piezoelettrico che quando è sottoposto ad un carico di compressione nella direzione dell'asse di rilevazione A genera un accumulo di cariche positive sulla prima faccia 78', 80' e di cariche negative sulla seconda faccia 78'', 80''. La quantità di cariche elettriche genera una differenza di potenziale fra le facce 78', 80' e/o 78'', 80'' che è tanto maggiore quanto maggiore è la pressione nella direzione dell'asse di rilevazione A.

In una forma di attuazione, entrambi gli elementi a forma di disco 78, 80 sono elementi piezoelettrici. In questo caso, le prime facce 78', 80' degli elementi a forma di disco 78, 80 sono facce terminali positive e le seconde facce 78'', 80'' degli elementi a forma di disco 78, 80 sono facce terminali negative.

In una possibile variante, uno solo dei due elementi a forma di disco 78, 80 è un elemento piezoelettrico e l'altro dei due elementi a forma di disco 78, 80 può essere un elemento isolante senza proprietà piezoelettriche.

Fra i due elementi a forma di disco 78, 80 è disposto un elettrodo 82 formato da una sottile piastra di materiale conduttivo ortogonale all'asse di rilevazione A. Le prime facce 78', 80' dei due elementi a forma di disco 78, 80 sono a contatto con facce opposte dell'elettrodo 82. L'elettrodo 82 può avere una forma circolare con un diametro leggermente maggiore del diametro degli elementi piezoelettrici 78, 80.

Il sensore 70 comprende due elementi di supporto 84, 86 di materiale elettricamente conduttivo. I due elementi di supporto 84, 86 hanno rispettive facce di appoggio 88, 90 disposte in appoggio ed in contatto elettrico con le rispettive seconde facce 78'', 80'' degli elementi a forma di disco 78, 80.

L'elettrodo 82 disposto fra i due elementi piezoelettrici 78, 80 costituisce il polo positivo del sensore 70. Il polo negativo è costituito dai supporti 84, 86 collegati elettricamente a massa tramite la piastra di testa 50.

Con riferimento alle figure 3 e 4, l'elettrodo 82 può avere una porzione sporgente 92 che si estende verso l'esterno in direzione ortogonale all'asse di rilevazione A, alla quale è collegata un'estremità di un cavo elettrico 94 sul quale transita un segnale elettrico analogico la cui ampiezza è proporzionale alla forza agente fra i due supporti 84, 86 nella direzione dell'asse di rilevazione A.

Il sensore 70 comprende un elemento isolante 96 con una forma anulare, disposto coassialmente all'asse A all'esterno dell'elettrodo 82. L'elemento isolante 96 ha una superficie interna 98 affacciata a bordi esterni degli elementi a forma di disco 78, 80 e dell'elettrodo 82 e che permette il centraggio fra gli elementi a forma di disco 78, 80 e l'elettrodo 82 rispetto all'asse di rilevazione A. L'elemento isolante 96 garantisce l'isolamento elettrico dell'elettrodo 82 e degli elementi a forma di disco 78, 80 dai componenti metallici dell'iniettore. L'elemento isolante 96 ha una dimensione nella direzione dell'asse di rilevazione A inferiore alla distanza fra le facce di appoggio 88, 90 degli elementi di supporto 84, 86 ed ha una superficie di base 100 che appoggia sulla parte perimetrale esterna della faccia 88 dell'elemento di supporto 84.

Il sensore 70 può comprendere un elemento elastico 102, formato ad esempio da una molla a tazza, coassiale all'asse di rilevazione A e disposto per applicare una forza elastica nella direzione dell'asse di rilevazione A fra gli elementi di supporto 84, 86. Nell'esempio illustrato l'elemento elastico 102 è compresso assialmente fra la superficie di fondo 76 del foro 72 e una superficie inferiore 104 dell'elemento di supporto 84. L'elemento di supporto 84 può avere una sporgenza assiale 106 che sporge dalla superficie inferiore 104 nella direzione dell'asse di rilevazione A e che impegna un foro centrale 108 dell'elemento elastico 102.

Una superficie superiore 110 dell'elemento di supporto 86 può essere disposta in battuta contro una superficie inferiore 112 di un corpo 114 che appoggia contro una superficie superiore 116 della piastra di testa 50.

L'elemento elastico 102 permette di regolare la forza trasmessa agli elementi a forma di disco 78, 80 in funzione della deformazione della superficie di reazione 58 della piastra di testa 50 sotto l'azione della pressione agente nella camera di controllo 34. In tal modo è possibile garantire un adeguato spessore della porzione della parete di testa 50 compresa fra la superficie di reazione 58 e la superficie di fondo 76 del foro 72. L'elemento elastico 102 evita che una deformazione della superficie di reazione 58 sotto l'azione della pressione nella camera di controllo 34 generi carichi eccessivi sugli elementi a forma di disco 78, 80.

Tramite un'opportuna scelta delle dimensioni e della geometria dell'elemento elastico 102 si può adattare la sua rigidità alla forza di compressione e di conseguenza si modifica la rigidità complessiva dei componenti del sensore 70 in modo che la deformazione di tali componenti imposta dallo spostamento della superficie di reazione 58 generi una forza compatibile con il campo di lavoro dell'almeno un elemento piezoelettrico 78, 80.

Nel caso in cui entrambi gli elementi a forma di disco 78, 80 sono elementi piezoelettrici, la disposizione affiancata e contrapposta degli elementi piezoelettrici 78, 80 raddoppia la sensibilità del sensore 70 rispetto ad un sensore che utilizzi un solo elemento piezoelettrico e ne semplifica la realizzazione costruttiva in quanto utilizza gli stessi elementi piezoelettrici 78, 80 come elementi di isolamento elettrico tra il polo positivo e il polo negativo ed evita l'introduzione di ulteriori elementi di materiale isolante nella pila di elementi che sorreggono il carico cui è soggetto il sensore 70.

Il sensore 70 ha dimensioni molto ridotte e può essere facilmente alloggiato fra gli orifizi calibrati 36, 44 della piastra di testa 50. Il sensore 70 è in grado di fornire una misura indiretta della pressione idraulica nella camera di controllo 34 senza alcun contatto con il combustibile. Infatti, la pressione del combustibile nella camera di controllo 34 provoca delle deformazioni della superficie di reazione 58 che è direttamente a contatto con il combustibile pressurizzato contenuto nella camera di controllo 34. Le deformazioni della superficie di reazione 58 possono essere rilevate dal sensore 70 con un ottimo rapporto segnale/rumore.

La pressione idraulica all'interno della camera di controllo 34 rilevata tramite il sensore 70 può essere elaborata per ottenere informazioni diagnostiche del funzionamento dell'iniettore 10.

Nei disegni è stata illustrata a titolo di esempio l'applicazione del sensore 70 secondo la presente invenzione in un iniettore common-rail. Si intende tuttavia che il sensore 70 secondo la presente invenzione potrà essere utilizzato in sistemi idraulici ad alta pressione di qualunque altro tipo, come ad esempio accumulatori, condotti, pompe, elementi valvolari, ecc.

In generale, il sensore 70 potrà essere montato in qualunque componente di un sistema idraulico avente una superficie esposta ad un fluido pressurizzato, e che si deforma per effetto delle variazioni della pressione del fluido. Il sensore 70 è dunque in grado di rilevare la pressione del fluido senza un contatto diretto con il fluido pressurizzato, grazie alle deformazioni della parete che separa il sensore 70 dal volume contenente il fluido pressurizzato.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di costruzione le forme di attuazione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato senza per questo uscire dall'ambito dell'invenzione così come definito dalle rivendicazioni che seguono.

## RIVENDICAZIONI

1. Sensore per la diagnostica non invasiva di sistemi idraulici ad alta pressione comprendente:

- due elementi a forma di disco (78, 80) aventi rispettive prime facce (78', 80') e rispettive seconde facce (78'', 80'') parallele fra loro e ortogonali ad un asse di rilevazione (A), in cui almeno uno di detti elementi a forma di disco (78, 80) è un elemento piezoelettrico che quando è sottoposto ad un carico di compressione nella direzione dell'asse di rilevazione (A) genera una differenza di potenziale fra la prima faccia (78', 80') e la seconda faccia (78'', 80'') correlata alla pressione agente sugli elementi a forma di disco (78, 80) nella direzione dell'asse di rilevazione (A),

- un elettrodo (82) formato da una sottile piastra di materiale conduttivo ortogonale all'asse di rilevazione (A), in cui le prime facce (78', 80') dei due elementi a forma di disco (78, 80) sono a contatto con facce opposte dell'elettrodo (82),

- due elementi di supporto (84, 86) di materiale elettricamente conduttivo aventi rispettive facce di appoggio (88, 90) disposte in appoggio con le rispettive seconde facce (78'', 80'') degli elementi a forma di disco (78, 80), e

- un elemento elastico (102) coassiale all'asse di rilevazione (A) e disposto per applicare una forza elastica nella direzione dell'asse di rilevazione (A) fra detti elementi di supporto (84, 86).

2. Sensore secondo la rivendicazione 1, comprendente un elemento isolante (96) con una forma anulare, disposto

coassialmente all'asse di rilevazione (A) all'esterno dell'elettrodo (82), in cui l'elemento isolante (96) ha una superficie interna (98) affacciata a bordi esterni degli elementi a forma di disco (78, 80) e dell'elettrodo (82).

3. Sensore secondo la rivendicazione 1 o la rivendicazione 2, in cui l'elemento isolante (96) ha una dimensione nella direzione dell'asse di rilevazione (A) inferiore alla distanza fra le facce di appoggio (88, 90) degli elementi di supporto (84, 86) ed ha una superficie di base (100) che appoggia sulla parte perimetrale esterna della faccia di appoggio (88) di un elemento di supporto (84).

4. Sensore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui entrambi detti elementi a forma di disco (78, 80) sono elementi piezoelettrici e in cui le prime facce (78', 80') degli elementi a forma di disco (78, 80) sono facce terminali positive e le seconde facce (78'', 80'') degli elementi a forma di disco (78, 80) sono facce terminali negative.

5. Sensore secondo la rivendicazione 1, in cui uno di detti elementi di supporto (84) ha una sporgenza assiale (106) che sporge da una sua superficie inferiore (104) nella direzione dell'asse di rilevazione (A) e che impegna un foro centrale (108) dell'elemento elastico (102).

6. Sensore secondo una qualsiasi delle rivendicazioni precedenti, in cui l'elettrodo (82) ha una porzione sporgente (92) che si estende verso l'esterno in una

direzione ortogonale all'asse di rilevazione (A), alla quale è collegata un'estremità di un cavo elettrico (94).

7. Sistema idraulico ad alta pressione comprendente una camera (34) contenente fluido pressurizzato, una piastra (50) avente una superficie (58) a contatto con il fluido pressurizzato contenuto in detta camera (34) e un sensore (70) secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1-6 associato a detta piastra (50) e disposto per fornire un segnale elettrico indicativo delle deformazioni di detta superficie (58) generate dalle variazioni della pressione di fluido in detta camera (34).

8. Sistema idraulico secondo la rivendicazione 7, in cui detto sensore (70) è alloggiato in un foro (72) formato in detta piastra (50).

9. Sistema idraulico secondo la rivendicazione 8, in cui detto foro (72) ha una superficie laterale (74) coassiale all'asse di rilevazione (A) del sensore (70) e una superficie di fondo (76) parallela a detta superficie (58) della piastra (50).

10. Sistema idraulico secondo la rivendicazione 8, in cui detto elemento elastico (102) è compreso nella direzione dell'asse di rilevazione (A) del sensore (70) fra la superficie di fondo (76) di detto foro (72) e una superficie (104) di uno di detti elementi di supporto (84).





FIG. 3

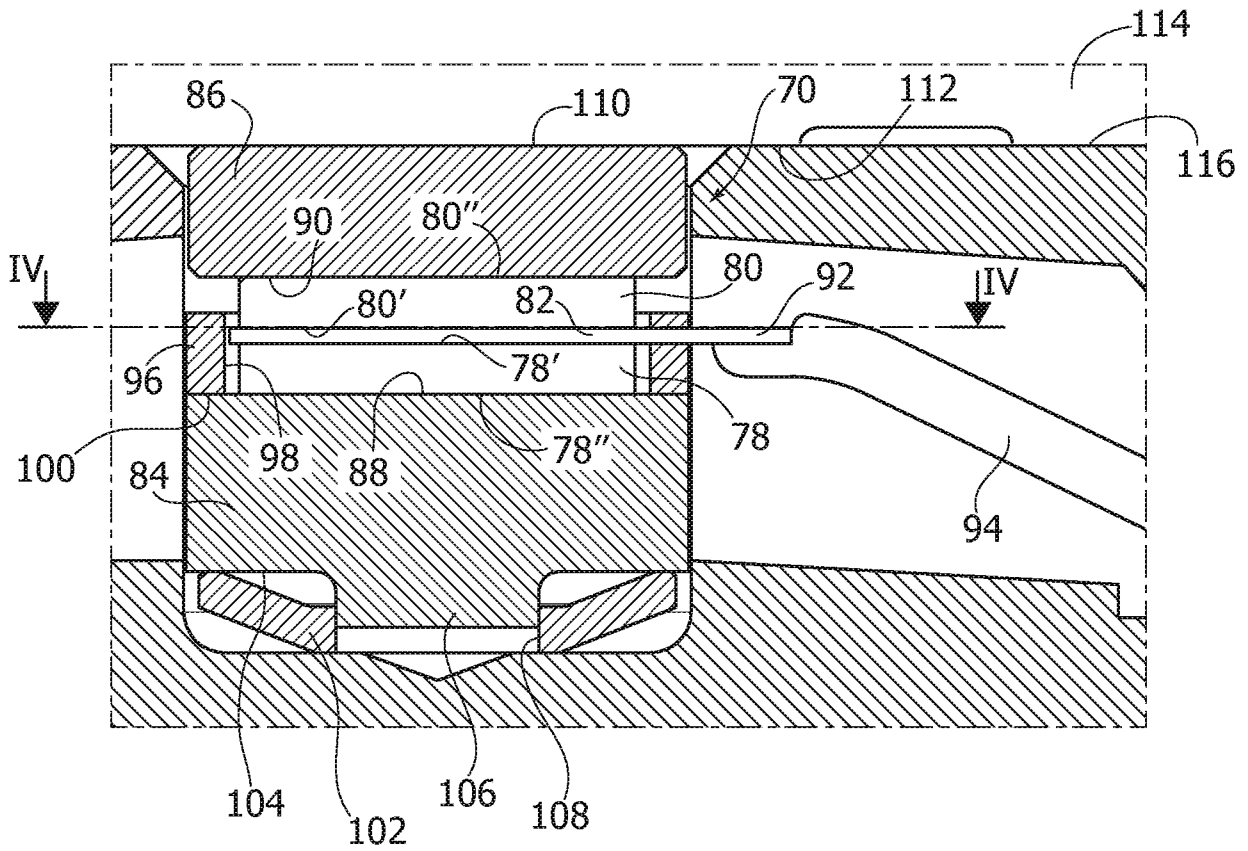


FIG. 4

