

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000029243
Data Deposito	18/11/2021
Data Pubblicazione	18/05/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	K	15	03

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
H	02	K	1	27

Titolo

APPARECCHIATURA DI MAGNETIZZAZIONE HALBACH ARRAYS

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"APPARECCHIATURA DI MAGNETIZZAZIONE HALBACH ARRAYS"

a nome LABORATORIO ELETTROFISICO ENGINEERING S.R.L. con sede a
MILANO MI

DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce ad un'apparecchiatura di magnetizzazione halbach arrays.

Più particolarmente, la presente invenzione si riferisce ad un sistema di magnetizzazione di assiemi con magneti permanenti con orientazione sinusoidale halbach, per assiemi lineari o cilindrici, utilizzando un avvolgimento uniformemente distribuito nello spazio.

Come è noto, un array halbach è una particolare unione, o layout, di magneti permanenti disposti in modo da rafforzare il campo magnetico lungo una faccia dell'array e nel contempo nel cancellare il campo magnetico nella faccia opposta.

La magnetizzazione halbach può essere ottenuta sia su elementi lineari che su elementi circolari, questi ultimi sia interni che esterni.

In molte applicazioni, la magnetizzazione halbach presenta notevoli vantaggi nelle prestazioni di motori e attuatori elettrici.

La magnetizzazione può essere ottenuta per mezzo di diverse tecniche convenzionali, costituite tutte da un alimentatore a scarica di condensatore e un induttore opportuno.

È proprio l'induttore ad essere costruito in diversi modi a seconda del processo di magnetizzazione prescelto.

I sistemi di magnetizzazione di tipo noto comprendono i seguenti:

1. Magnetizzazione pre-assembly;
2. Magnetizzazione con poli sagomati;
3. Magnetizzazione con avvolgimento concentrato;

4. Magnetizzazione con disposizione dei conduttori a passo raccorciato, con cancellazione delle armoniche.

1. Nella magnetizzazione pre-assembly, i magneti vengono magnetizzati prima di essere assemblati.

La magnetizzazione pre-assembly ha i seguenti inconvenienti:

a) il processo di assemblaggio è oneroso, perché i magneti tendono ad allontanarsi uno dall'altro;

b) la magnetizzazione è discreta e non continua, essendo fatta di blocchi discreti con diverse inclinazioni;

c) il livello di saturazione è più facilmente raggiungibile.

2. Nella magnetizzazione con poli sagomati, la testa di magnetizzazione è provvista di un nucleo in ferro che, opportunamente sagomato, modifica l'orientazione del campo magnetico magnetizzante.

In questo caso il profilo può essere aggiustato in modo da ridurre al minimo la distorsione armonica totale.

3. La magnetizzazione con avvolgimento concentrato è una soluzione poco precisa e non utilizzabile in molti casi su materiali isotropi.

4. La magnetizzazione con disposizione dei conduttori a passo

raccorciato, con cancellazione delle armoniche, è un sistema preciso ed elegante ma richiede elevati ampere spire.

La bontà della magnetizzazione è data da diverse caratteristiche:

- il livello di saturazione del magnete, che si vorrebbe prossima o uguale al 100%;

- la distorsione armonica della componente normale della funzione densità di flusso, lungo un percorso di misura parallelo alla linea dei magneti; ascissa curvilinea nel caso di magneti circolari, retta in caso di magneti lineari;

- THD (Total Harmonic Distortion), questa grandezza di fatto rappresenta la bontà della curva descritta sopra.

Più avanzato è lo studio con spettro armonico 2D.

EP1708341 descrive un sistema ed un metodo per fabbricare una macchina elettrica in cui una serie di segmenti di magneti permanenti è montata attorno ad un rotore; si determinano le direzioni di orientamento desiderate dei segmenti di magnete permanente; i segmenti di magnete permanente assemblati vengono quindi posizionati in un dispositivo di magnetizzazione, in modo tale che le direzioni di orientamento desiderate dei segmenti di magnete permanente siano allineate con le direzioni di flusso corrispondenti del dispositivo di magnetizzazione.

US8141234 descrive un metodo per magnetizzare un rotore comprendente l'assemblaggio di una matrice di segmenti di magneti permanenti anisotropi non magnetizzati attorno ad un rotore

racchiuso in un anello metallico; il metodo include anche la determinazione di più direzioni ottimali di orientamento della magnetizzazione dei segmenti di magneti permanenti anisotropi non magnetizzati; il metodo include inoltre il posizionamento dei segmenti di magneti permanenti anisotropi non magnetizzati assemblati attorno al rotore in modo tale che le direzioni ottimali di orientamento della magnetizzazione dei segmenti di magnete permanente anisotropo siano allineate con più linee di flusso prodotte da un dispositivo di magnetizzazione; il metodo include infine l'eccitazione del dispositivo di magnetizzazione per magnetizzare i segmenti tramite una corrente continua impulsiva per una durata ottimale dell'impulso.

US6154352A descrive un metodo per magnetizzare un corpo cilindrico comprendente un materiale distribuito sostanzialmente isotropicamente; il metodo comprende le fasi di applicare un campo magnetico al corpo, variando il campo magnetico circonferenzialmente attorno al corpo in modo da ottenere, almeno su una parte del cilindro, una magnetizzazione generalmente sinusoidale circonferenzialmente, ottenendo una distribuzione sinusoidale della densità di flusso, nel traferro che circonda il rotore di motori elettrici.

Compito della presente invenzione è quello di realizzare un metodo di magnetizzazione di assiemi con magneti permanenti con orientazione sinusoidale halbach, per assiemi lineari o cilindrici, utilizzando un avvolgimento uniformemente distribuito nello spazio.

Nell'ambito di questo compito, uno scopo dell'invenzione è quello di realizzare un metodo di magnetizzazione che risulti un'alternativa sostanzialmente vantaggiosa rispetto ai metodi tradizionali con avvolgimento concentrato e con disposizione dei conduttori a passo raccorciato, con cancellazione delle armoniche.

Uno scopo particolare dell'invenzione è quello di realizzare un metodo di magnetizzazione che, rispetto al metodo con avvolgimento concentrato, risulti più preciso ed utilizzabile su materiali isotropi.

Un altro scopo particolare dell'invenzione è quello di realizzare un metodo di magnetizzazione che, rispetto al sistema con disposizione dei conduttori a passo raccorciato, con cancellazione delle armoniche, permetta una riduzione di ampere spire.

Questi scopi ed altri che meglio appariranno in seguito, sono raggiunti da un'apparecchiatura di magnetizzazione halbach comprendente una bobina di magnetizzazione, per rotori sinusoidali, montata in un involucro il quale presenta una cavità di alloggiamento di un assieme contenente magneti permanenti; detta apparecchiatura essendo caratterizzata dal fatto di comprendere un avvolgimento slotless distribuito.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi risulteranno maggiormente dalla descrizione di forme di realizzazione preferite, ma non esclusive, dell'invenzione, illustrate a titolo indicativo e non limitativo negli uniti disegni, in cui:

la figura 1 è una vista prospettica illustrante una bobina di

magnetizzazione per rotori sinusoidali, secondo la presente invenzione;

la figura 2 è una vista prospettica, in spaccato, illustrante una bobina di magnetizzazione per rotori sinusoidali con avvolgimento a filo, secondo la presente invenzione;

la figura 3 illustra il campo prodotto da una bobina di magnetizzazione circolare esterna quattro poli, avvolgimento su doppio strato, senza back-iron e albero non magnetico;

la figura 4 illustra il campo prodotto da una bobina di magnetizzazione circolare esterna quattro poli, avvolgimento su doppio strato, con back-iron e albero non magnetico;

le figure 5 e 6 illustrano gli avvolgimenti distribuiti per magnetizzazione halback sinusoidale; teste ripiegate;

le figure 7 e 8 illustrano i tasselli di vetroresina per il corretto posizionamento dei conduttori.

Con riferimento alle figure citate, l'apparecchiatura secondo l'invenzione, indicata globalmente con il numero di riferimento 1, comprende una bobina di magnetizzazione 2, per rotori sinusoidali, montata in un involucro 3 il quale presenta una cavità 4 per l'alloggiamento di un rotore da magnetizzare, non visibile nelle figure.

La bobina di magnetizzazione è alimentata tramite connessioni 5.

Secondo la presente invenzione, l'apparecchiatura comprende un avvolgimento slotless, distribuito anziché concentrato.

Secondo una forma realizzativa dell'invenzione,

l'apparecchiatura costituisce un sistema di magnetizzazione halbach, sia lineare che circolare, di p coppie polari, formato da una bobina di magnetizzazione con N conduttori per polo, eventualmente leggermente curvati lungo le generatrici, e disposti in modo regolare nello spazio, anziché concentrati in cave.

La distribuzione spaziale e l'incurvatura sono regolate da un opportuno algoritmo di ottimizzazione o da algoritmi analitici, il cui risultato viene verificato con modellazione a elementi finiti.

Più in generale, l'algoritmo analitico predispone una certa densità volumetrica di corrente magnetizzante in modo tale da ottenere una generica forma del campo magnetizzante in un volume definito.

Secondo un aspetto dell'invenzione, è vantaggiosa una distribuzione con più layer per diminuire le sollecitazioni elettrodinamiche sui conduttori.

Secondo un ulteriore aspetto dell'invenzione, nel caso di magnetizzazione circolare interna o esterna, i conduttori sono disposti in array circolare, con passo angolare costante, in uno o più layer.

Quando la bobina è lineare, i conduttori sono disposti ad intervalli lineari regolari.

Nel caso di magnetizzazione circolare, si minimizza la distorsione armonica totale regolando la posizione radiale dei conduttori.

In caso di magnetizzazione lineare, si minimizza la distorsione

armonica totale regolando la posizione dei conduttori lungo l'asse perpendicolare alla direzione dell'array.

Secondo un aspetto vantaggioso dell'invenzione, la corretta e precisa posizione dei conduttori è garantita da guide in vetroresina sulle quali sono ricavati dei fori per agevolare l'avvolgimento.

La figura 7 illustra un esempio di guida in vetroresina, indicata con il numero di riferimento 11, munita di fori 12, per un corretto posizionamento dei fili, non visibili in questa figura.

I fori 12 per i conduttori sono posti su diversi raggi per minimizzare la distorsione armonica totale.

La figura 8 illustra un esempio di guida in vetroresina, indicata con il numero di riferimento 13, munita di fori 14, per un corretto posizionamento dei fili, non visibili in questa figura, con doppi layer a otto poli

Secondo un ulteriore aspetto dell'invenzione, i conduttori sono ottenuti per lavorazione meccanica da un blocco solido di rame, con eventuale sovrametallo da rimuovere a fissaggio avvenuto, garantendo in tal maniera la corretta e precisa posizione dei conduttori.

La figura 3 illustra il campo prodotto da una bobina di magnetizzazione circolare esterna a quattro poli, con avvolgimento su doppio strato, senza back-iron e con albero non magnetico.

Il sistema presenta fori di avvolgimento del primo strato 15 e fori di avvolgimento del secondo strato 16, il magnete del rotore 17 e linee di flusso con distribuzione halbach a quattro poli, indicate con il numero di riferimento 18.

Quando non vi è spazio per le testate degli avvolgimenti, per esempio per la presenza di oggetti ingombranti nell'assieme da magnetizzare, le teste 6 sono ripiegate indietro, come esemplificato nelle figure 5 e 6.

Vantaggiosamente, si utilizza un core magnetico, detto back-iron, nella magnetizzazione sia lineare sia circolare.

L'utilizzo del back-iron dietro i conduttori di magnetizzazione, permette di aumentare la forza motrice magnetizzante e di ridurre il campo smagnetizzante all'interno del magnete, il quale si oppone alla magnetizzazione.

Nella magnetizzazione lineare, l'utilizzo del back-iron, dietro i conduttori di magnetizzazione, attrae i conduttori a sé, così che non risultino attratti dal magnete da magnetizzare e quindi non siano spinti ad uscire dalla loro sede.

Verso il magnete infatti i conduttori troverebbero via libera ad uscire, qualora cedesse la resina di fissaggio, mentre il back-iron costituisce un comodo ostacolo meccanico.

La figura 4 mostra un esempio di campo prodotto da una bobina di magnetizzazione circolare esterna a quattro poli, avvolgimento su doppio strato con back-iron del rotore 7, back-iron della bobina e albero non magnetico.

La figura 4 mostra schematicamente l'effetto distorcente, indicato con il numero di riferimento 9, del back-iron, e le linee di flusso 10 con distribuzione halbach a quattro poli.

Dietro i conduttori di magnetizzazione possono trovare posto i

conduttori della bobina flussometrica per la misura del flusso totale, ottenuta integrando la fem indotta sull'avvolgimento mentre si allontana il magnete magnetizzato.

La vicinanza del back-iron agevola il raffreddamento della testa di magnetizzazione, perché la resistenza termica tra avvolgimenti e back-iron è ridotta al minimo.

Il back-iron è costituito da un pacco di lamierini FeSi isolati e può essere raffreddato con opportuni canali per far scorrere acqua raffreddata da chiller, oppure aria forzata.

L'avvolgimento può anche essere inclinato, skewed.

La figura 2 mostra schematicamente, in spaccato, una bobina di magnetizzazione per rotor sinusoidali con avvolgimento a filo dove è visibile la piastra 19, per compressione della resina e raffreddamento, gli inserti in vetroresina 11, per il posizionamento preciso dei conduttori di magnetizzazione, il core 20, magnetico o non magnetico, e gli elementi in vetroresina per la tenuta meccanica delle testate dei conduttori.

Si è in pratica constatato come l'invenzione raggiunga il compito e gli scopi prefissati avendo realizzato un nuovo e vantaggioso metodo di magnetizzazione di assiemi, con magneti permanenti con orientazione sinusoidale halbach, per assiemi lineari o cilindrici, utilizzando un avvolgimento uniformemente distribuito nello spazio.

Il sistema secondo la presente invenzione rappresenta una vantaggiosa alternativa alla tecnica nota, in particolare rispetto

alla tradizionale magnetizzazione con avvolgimento concentrato, che è poco precisa e non utilizzabile in molti casi su materiali isotropi, e rispetto alla magnetizzazione con disposizione dei conduttori a passo raccorciato, con cancellazione delle armoniche, che richiede elevati ampere spire.

Una ulteriore caratteristica vantaggiosa della presente invenzione è rappresentata dal deformare i conduttori di magnetizzazione in modo da migliorare anche lo spettro 2D.

Il sistema secondo l'invenzione è suscettibile di numerose modifiche e varianti, tutte rientranti nell'ambito del concetto inventivo; inoltre tutti i dettagli potranno essere sostituiti da elementi tecnicamente equivalenti.

Naturalmente i materiali impiegati, nonché le dimensioni, potranno essere qualsiasi secondo le esigenze e lo stato della tecnica.

p. LABORATORIO ELETTROFISICO ENGINEERING S.R.L.

Il Mandatario

A. Forattini



RIVENDICAZIONI

1. Apparecchiatura di magnetizzazione halbach comprendente una bobina di magnetizzazione, per rotor sinusoidali, montata in un involucro il quale presenta una cavità di alloggiamento di un assieme contenente magneti permanenti da magnetizzare; detta apparecchiatura essendo caratterizzata dal fatto di comprendere un avvolgimento slotless distribuito.

2. Apparecchiatura, secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto che detto avvolgimento è distribuito su più strati.

3. Apparecchiatura, secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto di comprendere una bobina di magnetizzazione circolare, interna o esterna, e conduttori disposti in array circolare, con passo angolare costante, in uno o più strati.

4. Apparecchiatura, secondo la rivendicazione 1, caratterizzata dal fatto di comprendere una bobina lineare, con conduttori disposti ad intervalli lineari regolari.

5. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere guide in vetroresina sulle quali sono ricavati fori per agevolare l'avvolgimento.

6. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere una guida in vetroresina, munita di fori, per un corretto posizionamento di fili.

7. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere un core

magnetico, o back-iron.

8. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto che detto back-iron è costituito da un pacco di lamierini FeSi isolati, raffreddato con canali per far scorrere acqua raffreddata oppure aria forzata.

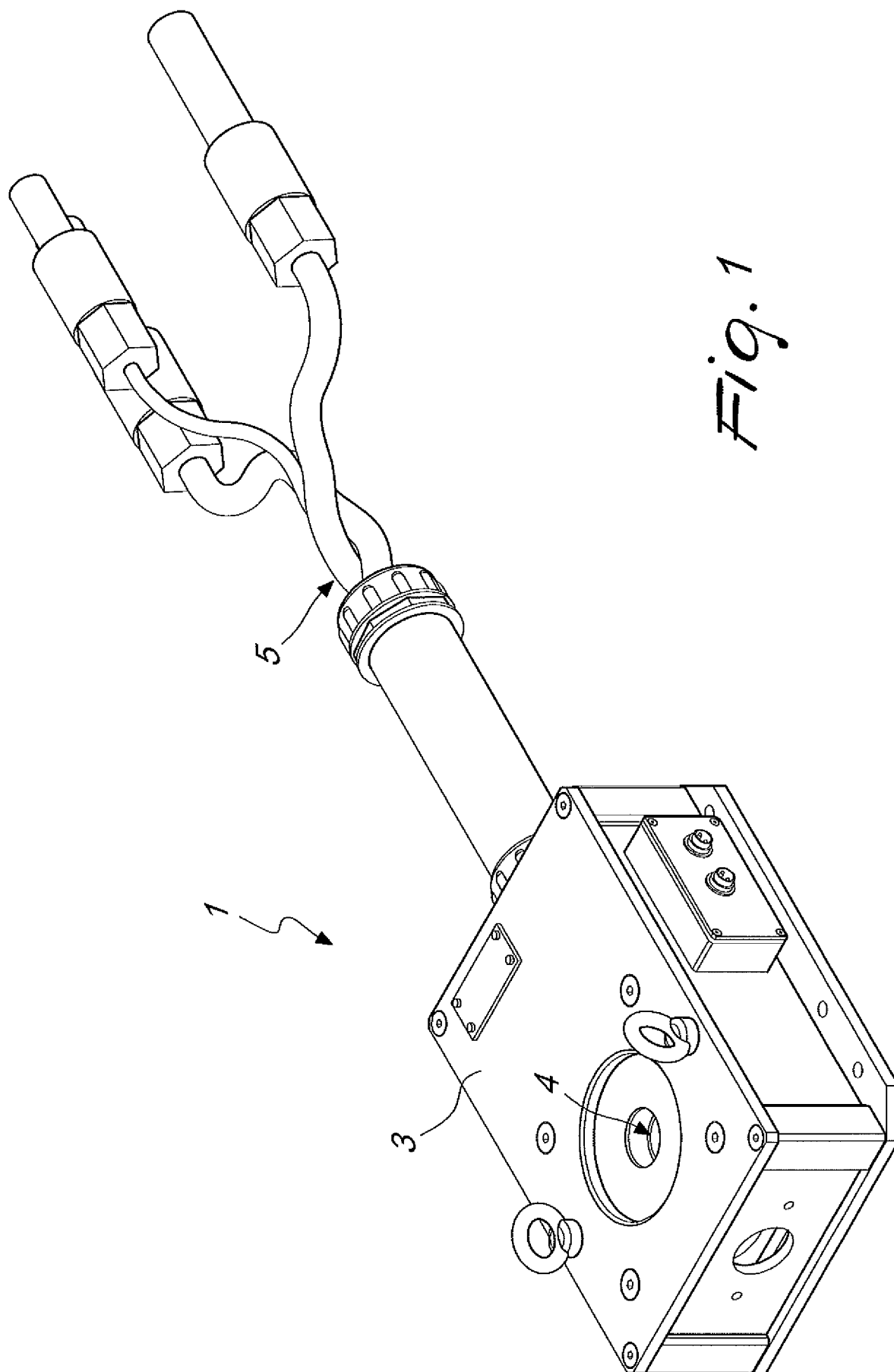
9. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere un avvolgimento inclinato.

10. Apparecchiatura, secondo una o più delle rivendicazioni precedenti, caratterizzata dal fatto di comprendere una piastra per la compressione della resina ed il raffreddamento, inserti in vetroresina, per il posizionamento preciso dei conduttori di magnetizzazione, un core, magnetico o non magnetico, ed elementi in vetroresina per la tenuta meccanica delle testate dei conduttori.

p. LABORATORIO ELETTROFISICO ENGINEERING S.R.L.

Il Mandatario

A. Rotattini



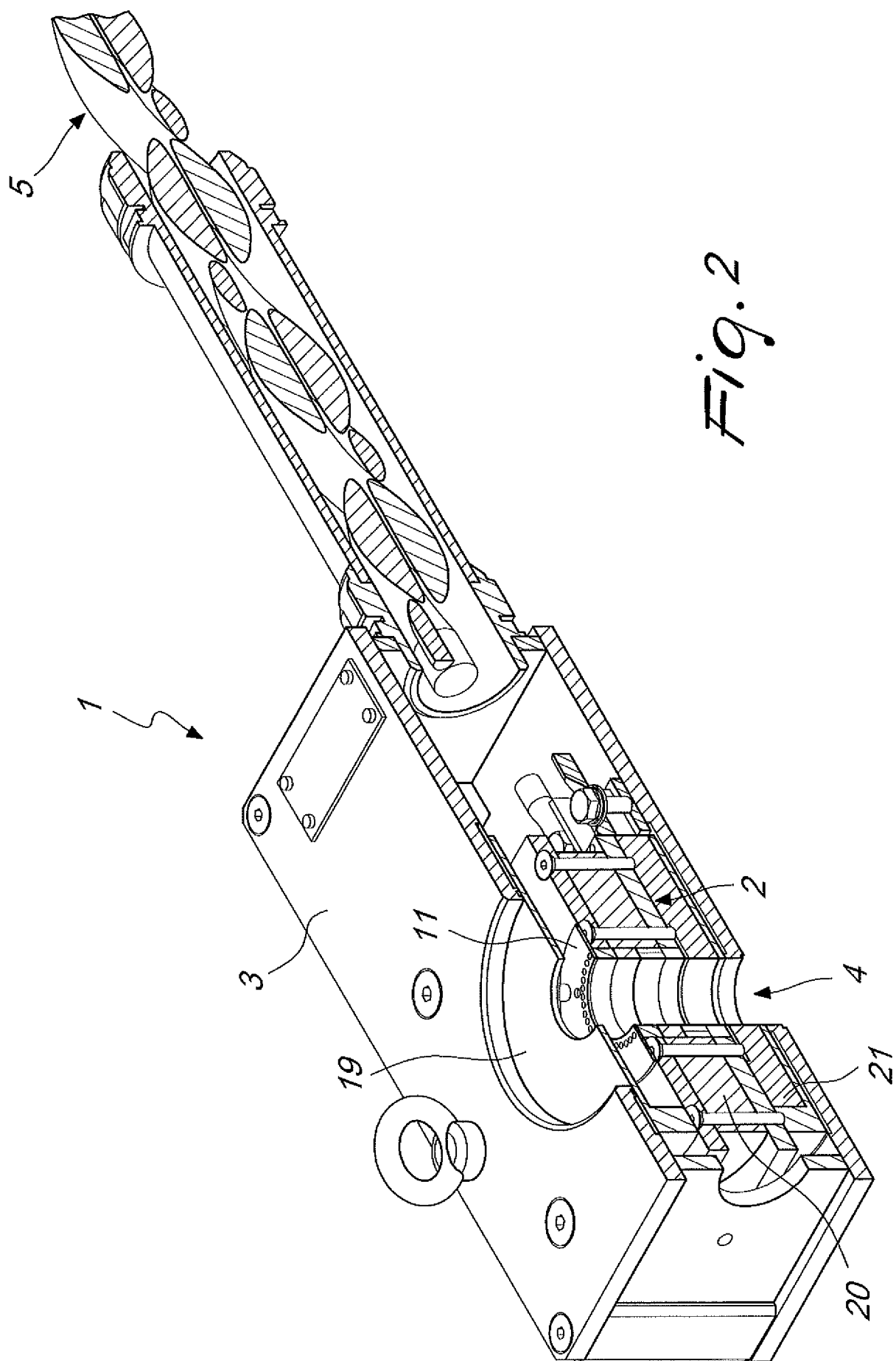


Fig. 2

Fig. 3

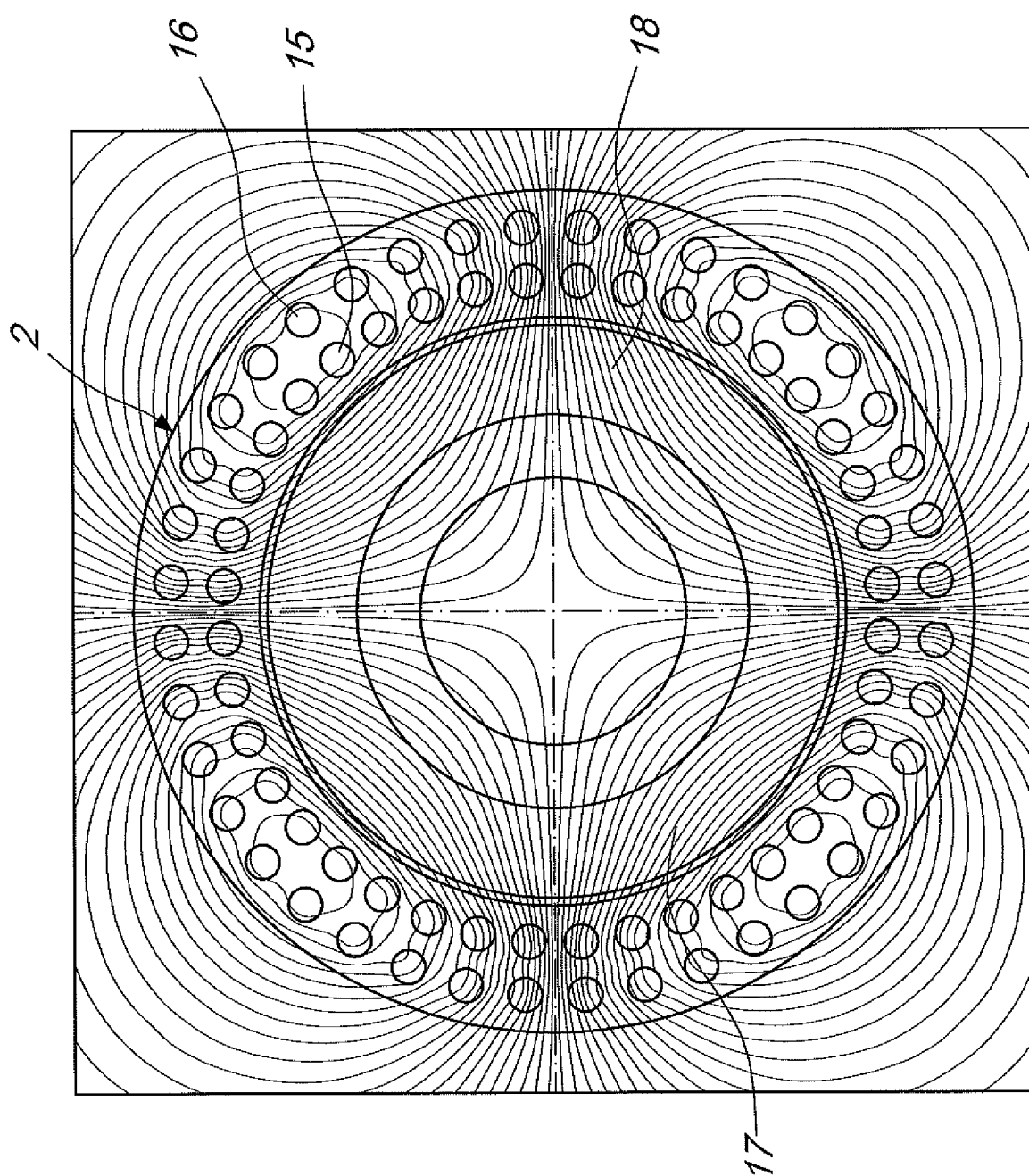


Fig. 4

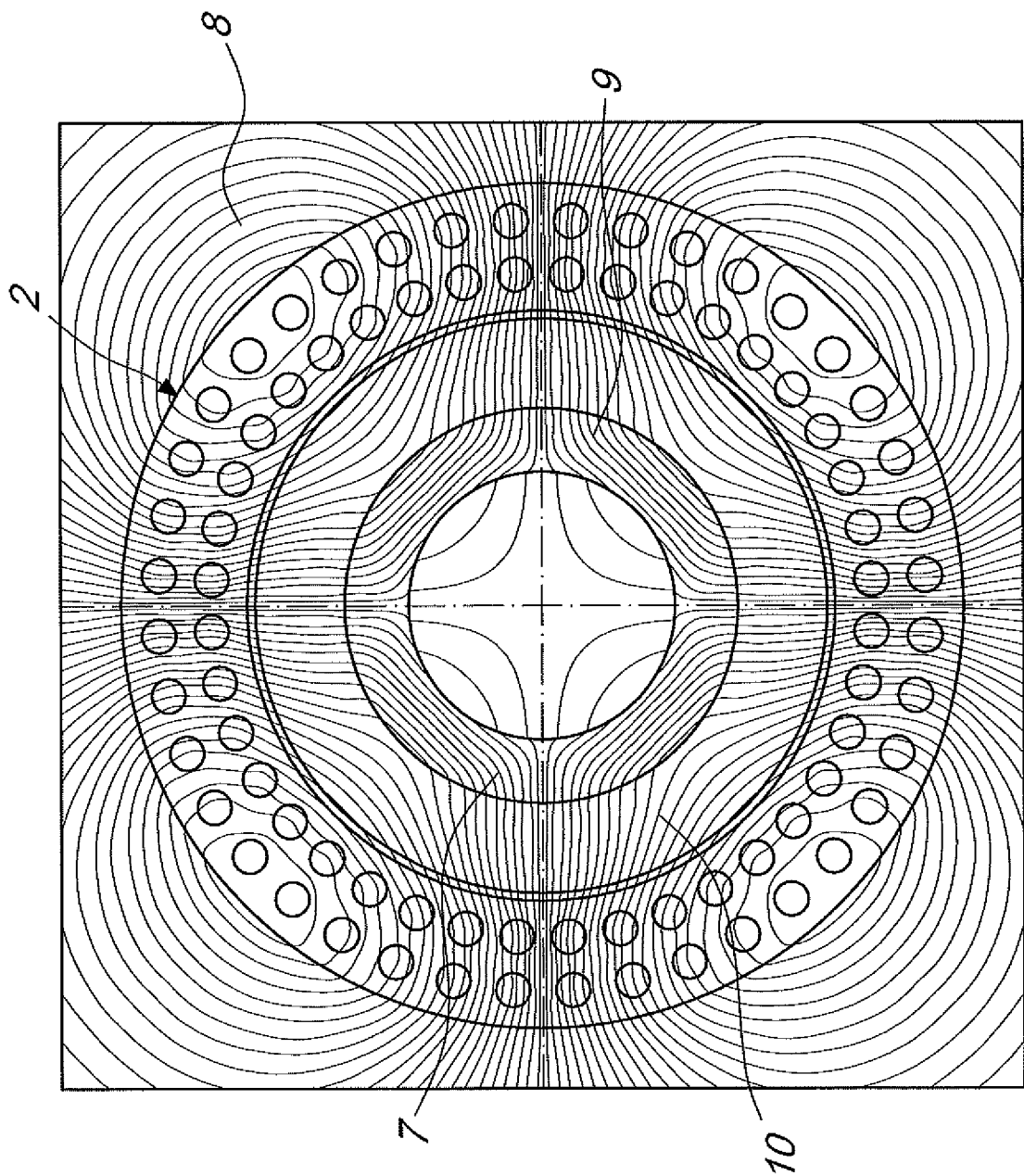
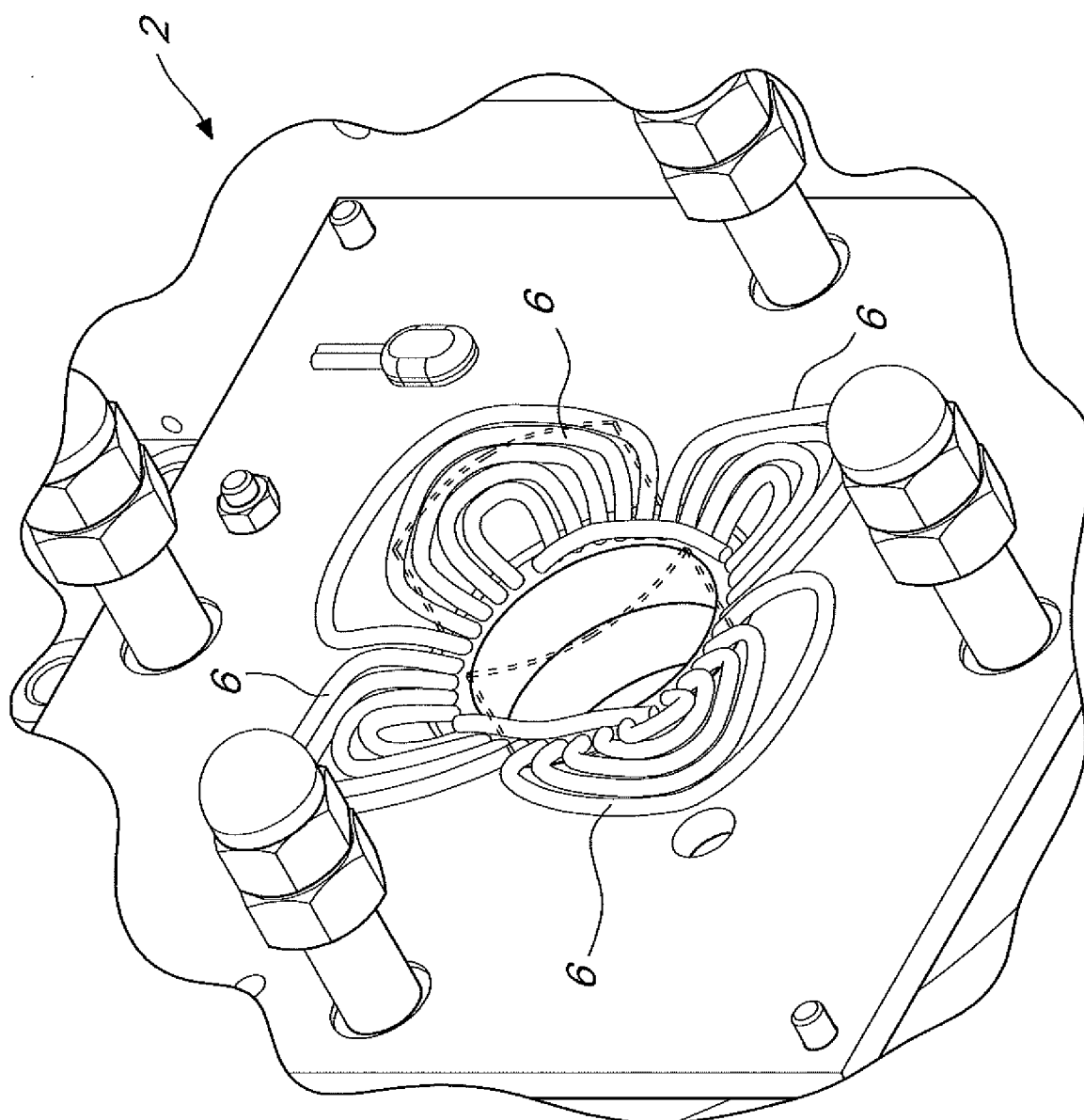
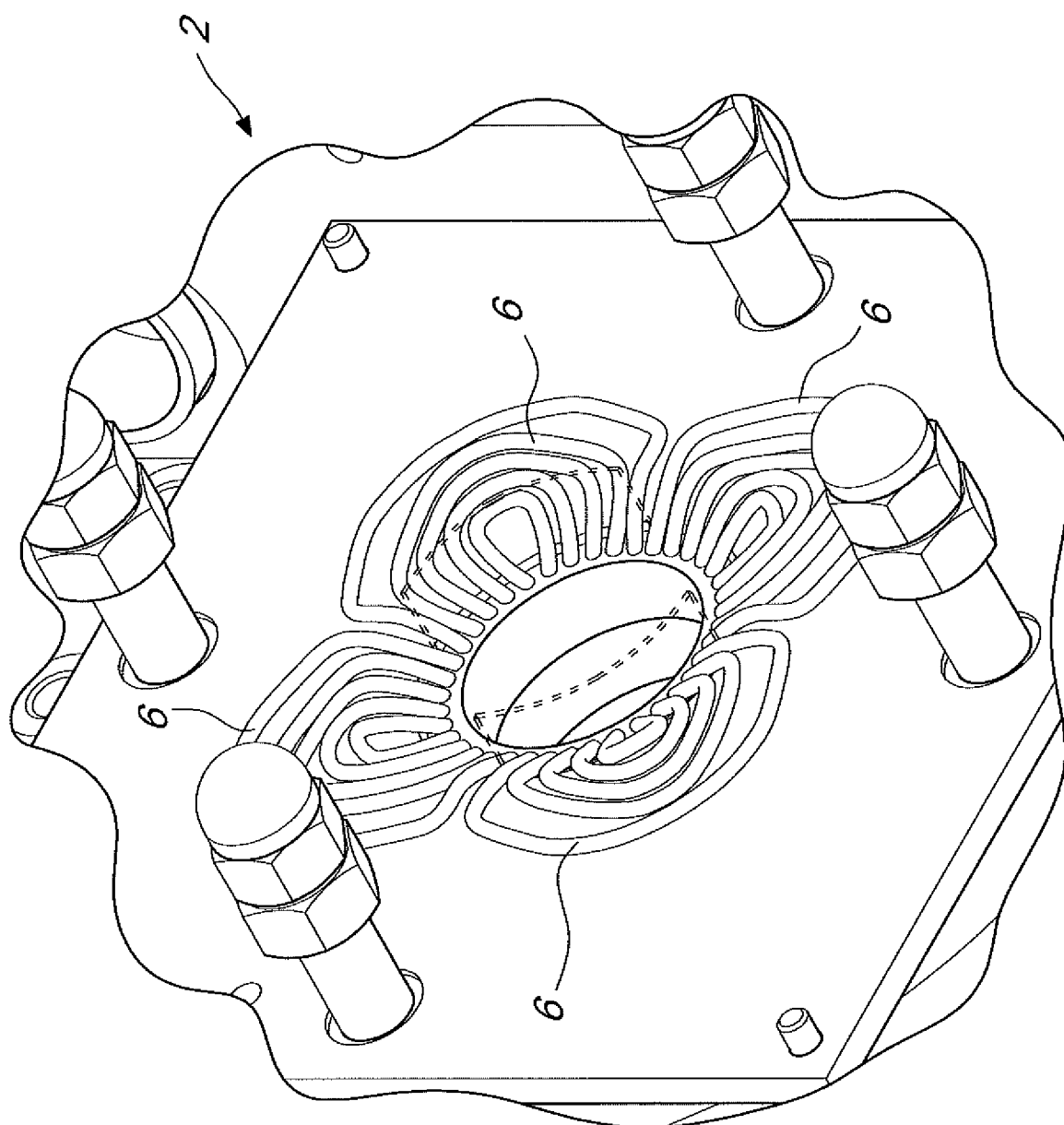


Fig. 5



*Fig. 6*

