

DOMANDA DI INVENZIONE NUMERO	102021000026729
Data Deposito	19/10/2021
Data Pubblicazione	19/04/2023

Classifiche IPC

Sezione	Classe	Sottoclasse	Gruppo	Sottogruppo
F	16	C	32	04

Titolo

Cuscino magnetico reggi-spinta con effetto pompante

Nuovo Pignone Tecnologie S.r.l.
Firenze

TITOLO

Cuscinetto magnetico reggi-spinta con effetto pompante

5

DESCRIZIONE

CAMPO TECNICO

[0001] L'oggetto qui divulgato riguarda un cuscinetto magnetico reggi-spinta raffreddato da un fluido di raffreddamento.

STATO DELL'ARTE

10 [0002] I cuscinetti magnetici sono ampiamente usati per controllare la posizione di un rotore di una macchina su cui il cuscinetto magnetico è installato per via di svariati vantaggi, tra cui attrito molto basso e prevedibile e la capacità di funzionare senza lubrificazione e sottovuoto. Tipicamente, i cuscinetti magnetici sono usati in macchine industriali quali compressori, turbine, pompe, motori e generatori.

15 [0003] In particolare, i cuscinetti magnetici possono essere Cuscinetto magnetico attivo (=AMB) o Cuscinetto magnetico passivo (=PMB). Un cuscinetto magnetico passivo usa magneti permanenti per generare la levitazione magnetica; tuttavia, i cuscinetti magnetici passivi sono difficili da progettare. Di conseguenza, la maggior parte dei cuscinetti magnetici attualmente usati nelle macchine sono cuscini
20 magnetici attivi.

[0004] In generale, un cuscinetto magnetico attivo è un sistema elettro-magnetico che ha uno statore con svariati elettro-magneti posizionati attorno a un rotore, che è tipicamente accoppiato a un albero; gli elettro-magneti dello statore generano forze di attrazione sul rotore al fine di mantenere la posizione del rotore rispetto

allo statore.

[0005] Attualmente, su macchine rotanti dotate di cuscinetto magnetico, è fornito anche un sistema di raffreddamento al fine di dissipare calore nel cuscinetto magnetico, il sistema di raffreddamento includendo un ventilatore esterno o girante
5 aggiuntiva installata sull'albero della macchina rotante per far circolare il fluido di raffreddamento. Per esempio, EP3450701 e WO2017050445 divulgano un sistema di turbomacchina che include un circuito di raffreddamento accoppiato a cuscinetti magnetici attivi che fa circolare un fluido di raffreddamento per rimuovere il calore da esso. In EP3450701 il fluido di raffreddamento viene fatto ricircolare da una
10 girante aggiuntiva montata sull'albero di macchina mentre in WO2017050445 il fluido di raffreddamento viene fatto circolare da un ventilatore esterno.

[0006] Pertanto, la macchina rotante dotata di un cuscinetto magnetico deve essere fornita di almeno un componente dedicato per consentire la circolazione o il ricircolo di flusso di raffreddamento.

15 SOMMARIO

[0007] Sarebbe auspicabile avere un cuscinetto magnetico raffreddato che eviti l'uso di un componente dedicato per la circolazione o il ricircolo di flusso di raffreddamento, al fine di ridurre il numero dei cosiddetti "ausiliari", ovvero
dispositivi ausiliari, della macchina (e perciò ridurre l'energia elettrica da alimentare
20 agli "ausiliari") e al fine di aumentare la disponibilità di macchina.

[0008] Secondo un aspetto, l'oggetto qui divulgato riguarda un cuscinetto magnetico reggi-spinta raffreddato avente un assieme di rotore comprendente un disco di spinta che è predisposto per ruotare attorno a un asse e per ricevere un
fluido di raffreddamento. Il disco di spinta comprende scanalature e/o pale che sono
25 configurate per pompare il fluido come risultato di una rotazione dell'assieme di rotore al fine di consentire una circolazione di fluido di raffreddamento, in particolare un ricircolo di fluido di raffreddamento in una configurazione ad anello

chiuso.

[0009] Secondo un altro aspetto, l'oggetto qui divulgato riguarda una macchina rotante fornita di un cuscinetto magnetico reggi-spinta raffreddato in cui l'assieme di rotore del cuscinetto magnetico reggi-spinta raffreddato è accoppiato a un albero
5 della macchina rotante.

BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

[0010] Le forme di realizzazione dell'invenzione divulgate saranno apprezzate in modo più completo e molti dei loro rispettivi vantaggi saranno ottenuti prontamente grazie a una migliore comprensione delle stesse facendo riferimento alla seguente
10 descrizione dettagliata considerata congiuntamente ai disegni allegati, in cui:

Fig. 1 mostra una vista semplificata in sezione trasversale di una forma di realizzazione di una macchina rotante, in particolare un sistema espantore-compressore, con una forma di realizzazione di un cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo;

15 Fig. 2 mostra una vista dettagliata di una sezione trasversale parziale di un cuscinetto magnetico reggi-spinta accoppiato alla macchina rotante di Fig. 1;

Figg. 3 mostrano parzialmente una vista frontale semplificata e una vista in sezione trasversale semplificata di una prima forma di realizzazione di un cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo avente un disco di spinta con una pluralità di
20 scanalature;

Figg. 4 mostrano parzialmente una vista frontale semplificata e una vista in sezione trasversale semplificata di una seconda forma di realizzazione di un cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo avente un disco di spinta con una pluralità di pale;

25 Fig. 5 mostra una vista in sezione semplificata di un esempio di giunto che può

essere usato per accoppiare la pluralità di pale al disco di spinta della seconda forma di realizzazione del cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo delle Figg. 4; e

Fig. 6 mostra una vista dall'alto parziale semplificata di una terza forma di realizzazione di un cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo avente un disco di spinta con una pluralità di scanalature e con una pluralità di pale.

DESCRIZIONE DETTAGLIATA DI FORME DI REALIZZAZIONE

[0011] L'oggetto qui divulgato riguarda un cuscinetto magnetico reggi-spinta innovativo che è in grado, grazie alla sua progettazione interna, di pompare un fluido di raffreddamento senza la necessità di una soffiante esterna o di una girante aggiuntiva. In altri termini, il cuscinetto magnetico reggi-spinta effettua sia la sua funzione di bilanciamento di spinta tradizionale sia la sua funzione innovativa di pompaggio di fluido di raffreddamento.

[0012] Secondo un secondo aspetto, l'oggetto qui divulgato riguarda una macchina rotante, in particolare un compressore o un sistema espantore-compressione. La macchina rotante ha un nuovo cuscinetto magnetico reggi-spinta in cui l'assieme di rotore è solidale all'albero della macchina rotante. L'albero della macchina rotante è configurato per ruotare e il fluido di raffreddamento del cuscinetto magnetico reggi-spinta viene pompato come risultato della rotazione dell'assieme di rotore.

[0013] Si farà ora riferimento in dettaglio a forme di realizzazione della divulgazione, un esempio delle quali è illustrato nei disegni. Ciascun esempio è fornito a titolo esplicativo della divulgazione, non limitativo della divulgazione. Infatti, risulterà evidente ai tecnici del ramo che è possibile apportare varie modifiche e varianti alla presente divulgazione senza discostarsi dalla portata o dallo spirito della divulgazione. Nella seguente descrizione, numeri di riferimento simili vengono usati per l'illustrazione di figure delle forme di realizzazione per indicare elementi che effettuano le stesse funzioni o funzioni simili. Inoltre, per

chiarezza di illustrazione, alcuni riferimenti possono non essere ripetuti in tutte le figure.

[0014] Secondo un primo aspetto, l'oggetto qui divulgato riguarda una macchina rotante 2000 dotata di un cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 innovativo; una vista semplificata in sezione trasversale di una forma di realizzazione della macchina è mostrata in Fig. 1. Vantaggiosamente, la macchina rotante 2000 è un sistema espantore-compressione comprendente un espantore 2800, un compressore 2900 e un albero 2100 che accoppia in modo meccanico l'espantore 2800 e il compressore 2900. Come risulta evidente dalla Fig. 1, il compressore 2900 è predisposto in corrispondenza di una prima estremità dell'albero 2100 e l'espantore 2900 è predisposto in corrispondenza di una seconda estremità dell'albero. In altre forme di realizzazione, la macchina rotante 2000 può essere per esempio un compressore avente un albero che accoppia il compressore a un motore, in particolare un motore elettrico.

[0015] Fig. 1 mostra schematicamente il cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 includente un assieme di rotore 300 e un assieme di statore 400. Come mostrato nella figura, tutti questi elementi possono essere ospitati in un involucro 2200 della macchina rotante 2000. L'assieme di rotore 300 (includente un disco di spinta 110/210 che verrà descritto più avanti) è configurato per ruotare attorno a un asse X; in particolare, l'assieme di rotore 300 può essere solidale all'albero 2100 della macchina rotante 2000 o può essere accoppiato, in particolare saldato, all'albero 2100 della macchina rotante 2000; più vantaggiosamente, l'asse X dell'assieme di rotore 300 è anche l'asse dell'albero 2100 della macchina rotante 2000. In altre parole, l'assieme di rotore 300 è configurato per ruotare (incluso il disco di spinta) insieme al rotore della macchina rotante per esempio poiché può fare parte del rotore della macchina rotante 2000, in particolare dell'albero 2100. Per esempio, Fig. 2 mostra una vista in sezione trasversale parziale del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 di rotore che è accoppiato con l'albero 2100.

[0016] Con riferimento non limitativo a Fig. 1 e Fig. 2 nonché Fig. 3 e Fig. 4, l'assieme di rotore 300 comprende un disco di spinta 110/210 (110 in Fig. 3 e 210 in Fig. 4) configurato per ruotare attorno all'asse X, in particolare per ruotare insieme all'albero 2100 della macchina rotante 2000. Il disco di spinta 110/210 ha un primo lato 101/201 e un secondo lato 102/202; in particolare, il primo lato 101/201 è rivolto verso la prima estremità dell'albero 2100 e il secondo lato 102/202 è rivolto verso la seconda estremità dell'albero 2100, in modo tale che il disco di spinta 110/210 sia predisposto in corrispondenza di una porzione intermedia rispetto alle due estremità dell'albero 2100, preferibilmente al centro di una lunghezza dell'albero.

[0017] Tipicamente, il disco di spinta 110/210 ha una periferia interna 112/212 e una periferia esterna 114/214; vantaggiosamente, la periferia interna 112/212 è predisposta in modo da essere accoppiata all'albero 2100 della macchina rotante 2000. Si noti che lo spessore del disco di spinta 110/210 può variare tra la periferia interna 112/212 e la periferia esterna 114/214; per esempio, lo spessore del disco di spinta 110/210 può essere maggiore in corrispondenza della periferia interna 112/212 rispetto allo spessore del disco di spinta 110/210 in corrispondenza della periferia esterna 114/214. Secondo una forma di realizzazione vantaggiosa che è simile a quella in Fig. 2, il disco di spinta 110/210 può avere:

- una prima porzione, che inizia in corrispondenza della periferia interna 112/212 del disco, che è accoppiata all'albero 2100 e che ha uno spessore maggiore in corrispondenza della periferia interna 112/212; preferibilmente, lo spessore della prima porzione si riduce gradualmente dallo spessore maggiore a un primo spessore ridotto;
- una seconda porzione, che ha spessore costante; preferibilmente, lo spessore costante della seconda porzione è uguale al primo spessore ridotto della prima porzione;
- una terza porzione 115 (che verrà indicata nel seguito anche come "regione intermedia"), in cui lo spessore inizia dallo spessore costante della seconda

- porzione e si riduce gradualmente; in altre parole, lo spessore della terza porzione si riduce gradualmente dallo spessore costante della seconda porzione a un secondo spessore ridotto; e
- 5 - una quarta porzione che inizia in corrispondenza della periferia esterna 114/214 del disco e che ha spessore costante; preferibilmente, lo spessore costante della quarta porzione è uguale al secondo spessore ridotto della terza porzione.

[0018] Secondo la forma di realizzazione della Fig. 1 e della Fig. 2, l'assieme di statore 400 comprende almeno due assiemi di magneti 412 e 414, un primo assieme di magneti 412 rivolto verso il primo lato 101/201 del disco di spinta 110/210 e un
10 secondo assieme di magneti 414 rivolto verso il secondo lato 102/202 del disco di spinta 110/210; preferibilmente, gli assiemi di magneti 412 e 414 sono a forma di anello; più preferibilmente, gli assiemi di magneti 412, 414 sono predisposti attorno all'asse X.

15 [0019] Con riferimento non limitativo alla Fig. 2, l'assieme di statore 400 è fissato a una parete, la quale può essere una parete interna 2210 dell'involucro 2200 della macchina rotante 2000. In particolare, l'assieme di statore 400 può essere integrato nella parete in modo tale che un lato degli assiemi di magneti 412 e 414 sia rivolto verso il disco di spinta 110/210. Vantaggiosamente, vi è uno spazio vuoto tra
20 l'assieme di rotore 300 e l'assieme di statore 400. Più vantaggiosamente, il lato degli assiemi di magneti 412 e 414 che è rivolto verso il disco di spinta 110/210 ha una piastra protettiva 422 e 424, in particolare fatta di bachelite, per proteggere gli assiemi di magneti 412 e 414 per esempio da usura e/o corrosione e/o calore.

[0020] Considerando Fig. 1 e Fig. 2, il cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 ha
25 almeno un ingresso di fluido e un'uscita di fluido ed è configurato per essere raffreddato da un fluido, in particolare un gas. Almeno il primo lato 101/201 del disco di spinta 110/210, preferibilmente sia il primo lato 101/201 sia il secondo lato 102/202 del disco di spinta 110/210, è configurato per ricevere il fluido.

Preferibilmente, il cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 ha un primo ingresso di fluido 401-1 per il fluido che entra in corrispondenza del primo lato 101/201 del disco di spinta 110/210 e un secondo ingresso di fluido 401-2 per il fluido che entra in corrispondenza del secondo lato 102/202 del disco di spinta 110/210 (si vedano
5 le due frecce orizzontali in Fig. 2). Preferibilmente, l'uscita di fluido 402 è in corrispondenza della periferia esterna 114/214 del disco di spinta 110/210. (si veda ad esempio la freccia verticale in Fig. 2).

[0021] Il cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 è configurato per essere raffreddato dal fluido che entra negli ingressi di fluido 401-1 e 401-2, fluisce dagli
10 ingressi di fluido 401-1 e 401-2 all'uscita di fluido 402 ed esce dall'uscita di fluido 402, in particolare a una temperatura superiore rispetto alla temperatura del fluido in corrispondenza degli ingressi del fluido 401-1 e 401-2; vantaggiosamente, il fluido può essere un fluido di lavoro della macchina rotante (ossia gas di processo).
Va notato che se la composizione di gas di processo contiene contaminanti, come
15 H₂S, CO₂, ecc., può essere usata la cosiddetta "aria strumenti", che è tipicamente facilmente ottenibile e disponibile negli impianti industriali (per esempio per attrezzatura pneumatica o azionamento di valvola).

[0022] Vantaggiosamente, il fluido entra nell'involucro 2200 della macchina rotante 2000, preferibilmente attraverso almeno una flangia di ingresso, fluisce
20 sostanzialmente in direzione assiale (vale a dire parallelo all'asse X come mostrato per esempio in Fig. 1 e Fig. 2), preferibilmente in uno spazio vuoto tra l'albero 2100 e una parete interna dell'involucro 2200 della macchina rotante 2000 ed entra nel cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 attraverso gli ingressi di fluido 401-1 e 401-2, in corrispondenza della periferia interna 112/212 del disco di spinta 110/210,
25 sostanzialmente in direzione assiale (si veda Fig. 1 e anche meglio in Fig. 2). Dopo essere stato raffreddato dal fluido, il cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 è configurato per scaricare il fluido attraverso l'uscita di fluido 402, in corrispondenza della periferia esterna 114/214 del disco di spinta 110/210, sostanzialmente in

direzione radiale (ossia perpendicolare all'asse X come mostrato per esempio in Fig. 1 e Fig. 2). Vantaggiosamente, l'uscita di fluido 402 del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 è accoppiata in maniera fluida a una camera interna 2220 dell'involucro 2200; quindi il fluido esce dall'involucro 2200, in particolare dalla camera interna 2220, preferibilmente attraverso una flangia di uscita. Più vantaggiosamente, il fluido è predisposto per fluire in una configurazione ad anello chiuso, in particolare comprendente un sistema di raffreddamento accoppiato con la flangia di ingresso e la flangia di uscita e per essere fatto ricircolare nella configurazione ad anello chiuso solo per mezzo del cuscinetto magnetico a spinta 1000 grazie al suo effetto pompante, come risulterà evidente da quanto segue. Con riferimento non limitativo alla Fig. 1, la configurazione ad anello chiuso è predisposta almeno parzialmente all'esterno dell'involucro 2200. Vantaggiosamente, il sistema di raffreddamento comprende anche uno scambiatore di calore 2300 configurato per rimuovere calore dal fluido che è scaricato dall'uscita di fluido 402.

15 **[0023]** In Fig. 3A, Fig. 3B, Fig. 4A e Fig. 4B sono mostrate schematicamente due forme di realizzazione del disco di spinta 110 (in Fig. 3) e 210 (in Fig. 4) del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 innovativo secondo la presente divulgazione.

20 **[0024]** Le Figure 3A e 3B mostrano parzialmente, per esempio e senza limitazione, una prima forma di realizzazione di un disco di spinta 110 comprendente una pluralità di scanalature configurate per pompare il fluido. Fig. 1A è una vista schematica frontale del disco di spinta 110 e Fig. 1B è una vista schematica in sezione trasversale del disco di spinta 110 della Fig. 1A preso lungo la linea tratteggiata. Le Figure 4A e 4B mostrano parzialmente, per esempio e senza
25 limitazione, una seconda forma di realizzazione di un disco di spinta 210 comprendente una pluralità di pale configurate per pompare il fluido. Fig. 4A è una vista schematica frontale del disco di spinta 210 e Fig. 4B è una vista schematica in sezione trasversale del disco di spinta 210 della Fig. 4A preso lungo la linea tratteggiata D.

[0025] Secondo la prima forma di realizzazione, almeno il primo lato 101 del disco di spinta 110 comprende una pluralità di scanalature 151 configurate per pompare il fluido a seguito della rotazione dell'assieme di rotore 300 del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000. In una forma di realizzazione preferita (si veda Fig. 3B), il disco di spinta 110 comprende una pluralità di scanalature 151-1 sul primo lato 101 e una pluralità di scanalature 151-2 sul secondo lato 102, le scanalature 151-1 e 151-2 essendo configurate per pompare il fluido a seguito della rotazione dell'assieme di rotore 300 del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000.

[0026] Vantaggiosamente, come mostrato in Fig. 3A e Fig. 3B, le scanalature 151 si estendono da un'area attorno alla periferia interna 112 del disco di spinta 110 a un'area attorno alla periferia esterna 114 del disco di spinta 110; in particolare le scanalature 151 si estendono in modo continuo da un'area attorno alla periferia interna 112 del disco di spinta 110 a un'area attorno alla periferia esterna 114 del disco di spinta 110. In alternativa, per esempio se il disco di spinta 110 è realizzato come quello rappresentato nella Fig. 2, le scanalature 151 possono estendersi da un'area attorno alla periferia interna 112 del disco di spinta 110 a un'area attorno a una regione intermedia 115 del disco di spinta 110; in particolare, le scanalature 151 si estendono in una prima porzione a spessore costante del disco di spinta 110. In alternativa o in aggiunta, le scanalature 151 possono estendersi da un'area attorno a una regione intermedia 115 del disco di spinta 110 a un'area attorno alla periferia esterna 114 del disco di spinta 110; in particolare, le scanalature 151 si estendono in una seconda porzione a spessore costante del disco di spinta 110. Si noti che le scanalature 151 possono essere solo sul primo lato 101 o sul secondo lato 102 del disco di spinta 110 o in alternativa le scanalature 151 possono essere sia sul primo sia sul secondo lato del disco di spinta 110 (si veda per esempio la forma di realizzazione della Fig. 3B).

[0027] Vantaggiosamente, le scanalature 151 sono a forma di curva; più vantaggiosamente, le scanalature 151 sono configurate per definire una direzione preferenziale che può essere seguita dal fluido. Si noti che la larghezza e/o la

profondità delle scanalature 151 possono non essere costanti: per esempio, la larghezza in corrispondenza dell'area attorno alla periferia interna 112 può essere maggiore della larghezza in corrispondenza dell'area attorno alla periferia esterna 114. Vantaggiosamente, se il disco di spinta 110 ha scanalature 151 sia sul primo
5 lato 101 sia sul secondo lato 102, la geometria delle scanalature 151 è preferibilmente uguale sia sul primo lato 101 sia sul secondo lato 102 del disco di spinta 110.

[0028] Vantaggiosamente, il fluido che entra nel cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000 al fine di raffreddarlo fluisce sul disco di spinta 110 dall'area attorno alla
10 periferia interna 112 all'area attorno alla periferia esterna 114. Più vantaggiosamente, la maggior parte del fluido che fluisce sul disco di spinta 110 è configurata per fluire nella direzione preferenziale definita dalle scanalature 151; in altre parole, il fluido è guidato per fluire lungo le scanalature 151 in modo che, con la rotazione dell'assieme di rotore 300 dovuta alla rotazione dell'albero 2100, le
15 scanalature 151 siano configurate per pompare il fluido. Si noti che il fluido che fluisce lungo le scanalature 151 è sottoposto all'effetto pompante del disco di spinta 110; generalmente, il fluido che fluisce all'esterno delle scanalature 151 non è soggetto all'effetto pompante del disco di spinta 110.

[0029] Secondo la seconda forma di realizzazione mostrata in Fig. 4, il disco di
20 spinta 210 comprende una pluralità di pale 252 in corrispondenza della periferia esterna 214 configurata per pompare il fluido a seguito della rotazione dell'assieme di rotore 300 del cuscinetto magnetico reggi-spinta 1000. Le pale 252 possono essere ottenute direttamente dal disco di spinta 210, mediante una lavorazione del disco, o possono essere montate sul disco di spinta 210 mediante saldatura o
25 giunzione. Si noti che se le pale 252 sono montate sul disco di spinta 210, esse possono essere realizzate in materiale diverso da quello del disco di spinta 210; ad esempio, le pale 252 possono essere fatte di materiali compositi. Si noti anche che, se le pale 252 sono aggiunte mediante giunzione, si può usare un giunto noto.

Preferibilmente, secondo la Fig. 5, le pale 252 sono montate sul disco di spinta 210 mediante accoppiamento a coda di rondine; in particolare, nella Fig. 5 sono mostrati due possibili accoppiamenti: un primo gruppo di pale ha accoppiamento ad abete e un secondo gruppo di pale ha accoppiamento a coda di rondine.

- 5 **[0030]** Vantaggiosamente, le pale 252 sono più piccole del disco di spinta 210; in particolare, un'altezza delle pale 252 potrebbe essere nell'intervallo del 5-15% del diametro del disco di spinta 210 (misurato in corrispondenza della periferia esterna 214). Vantaggiosamente, una larghezza delle pale 252 è inferiore o uguale allo spessore del disco di spinta 210; preferibilmente, la larghezza delle pale 252
10 potrebbe essere nell'intervallo del 70-100% dello spessore del disco di spinta 210 (si veda per esempio Fig. 6).

- [0031]** In un'altra forma di realizzazione, mostrata nella Fig. 6, il disco di spinta ha sia una pluralità di scanalature 151 su entrambi i lati del disco di spinta 210 sia una pluralità di pale 252 in corrispondenza della sua periferia esterna 214. In
15 particolare, Fig. 6 è una vista dall'alto parziale semplificata del disco di spinta 210 in cui si può vedere una prima scanalatura 251-1 sul primo lato 201 del disco di spinta 210 e una seconda scanalatura 251-2 sul secondo lato del disco di spinta 210, la prima scanalatura 251-1 e la seconda scanalatura 251-2 che arrivano alla periferia esterna 214 del disco di spinta 210. Va notato che la pala 252 può avere un profilo
20 di pala con due concavità, per esempio per rendere l'effetto pompante sul fluido più efficace e/o contribuire a raccogliere fluido in corrispondenza dell'uscita di disco di spinta; in particolare, la pala 252 può avere una prima concavità orientata verso il primo lato 201 e una seconda concavità orientata verso il secondo lato 202; preferibilmente, la prima e la seconda concavità della pala 252 formano una cresta
25 centrale del profilo di pala. Secondo la Fig. 6, il fluido esce dalla prima e dalla seconda scanalatura 251-1 e 151-2 e fluisce sulla pala 252 che pompa il fluido ed esce dalla pala seguendo il profilo della pala 252 (si vedano le due grandi frecce in Fig. 6). Si noti anche che il disco di spinta 210 di Fig. 6 ruota nella stessa direzione

della direzione di uscita del fluido dalla pala 252.

- [0032] Va notato che la sezione trasversale della pala mostrata in Fig. 6 (o simile con una prima concavità orientata verso un primo lato e una seconda concavità orientata verso un secondo lato) può essere usata vantaggiosamente in un disco di
- 5 spinta anche non in combinazione con scanalature nella sua superficie o superfici.

RIVENDICAZIONI

1. Un cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) comprendente:
- un assieme di rotore (300) configurato per ruotare, in cui l'assieme di
5 rotore comprende un disco di spinta (110, 210),
 - un assieme di statore (400), in cui l'assieme di statore comprende un
assieme di magneti (412, 414) che agisce sul disco di spinta (110, 210),
in cui il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) è configurato per essere
raffreddato da un fluido,
 - 10 in cui un lato del disco di spinta (110, 210) è configurato per ricevere il
fluido,
in cui il disco di spinta (110, 210) comprende una pluralità di scanalature
(151) e/o una pluralità di pale (252) in corrispondenza di detto lato,
in cui le scanalature (151) e/o le pale (252) sono configurate per pompare il
15 fluido come risultato di una rotazione dell'assieme di rotore (300).
2. Un cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1,
in cui il disco di spinta (110, 210) ha un primo lato (101, 201) e un secondo
lato (102, 202);
in cui l'assieme di statore comprende preferibilmente almeno due assiami di
20 magneti (412, 414), un primo assieme di magneti (412) rivolto verso il
primo lato (101, 201), un secondo assieme di magneti (414) rivolto verso il
secondo lato (102, 202);
in cui il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) ha un ingresso di fluido
(401-1, 401-2) e un'uscita di fluido (402) ed è configurato per essere
25 raffreddato dal fluido che entra nell'ingresso di fluido (401-1, 401-2), che
fluisce dall'ingresso di fluido (401-1, 401-2) all'uscita di fluido (402) e che
esce dall'uscita di fluido (402);
in cui almeno il primo lato del disco di spinta (110, 210) è configurato per
ricevere il fluido in corrispondenza di una periferia interna (112, 212) del
30 disco di spinta (110) e scaricare il fluido in corrispondenza di una periferia

esterna (114, 214) del disco di spinta (110, 210);

in cui la pluralità di scanalature (151) è posizionata almeno sul primo lato (101, 201) e/o la pluralità di pale (252) è posizionata in corrispondenza della periferia esterna (214).

- 5 3. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 2,
in cui il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) ha un primo ingresso di
fluido (401-1, 401-2) per il fluido in corrispondenza del primo lato del disco
di spinta (110, 210) e un secondo ingresso di fluido (401-1, 401-2) per il
fluido in corrispondenza del secondo lato del disco di spinta (110, 210) e
10 in cui il disco di spinta (110, 210) comprende una pluralità di scanalature
(151) sul primo lato (101, 201) e sul secondo lato (102, 202),
in cui le scanalature (151) della prima pluralità e della seconda pluralità sono
configurate per pompare il fluido come risultato di una rotazione
dell'assieme di rotore (300).
- 15 4. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le
scanalature si estendono:
- da un'area attorno a una periferia interna (112) del disco di spinta (110) a
un'area attorno a una periferia esterna (114) del disco di spinta (110), oppure
- da un'area attorno a una periferia interna (112) del disco di spinta (110) ad
20 un'area attorno a una regione intermedia (115) del disco di spinta (110), oppure
- da un'area attorno a una regione intermedia (115) del disco di spinta (110) a
un'area attorno a una periferia esterna (114) del disco di spinta (110).
5. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui il
disco di spinta (110) comprende una prima pluralità di scanalature e una seconda
25 pluralità di scanalature su un primo lato (101) del disco di spinta (110) e/o su un
secondo lato (102) del disco di spinta (110), la prima pluralità essendo in
corrispondenza di un'area interna del lato (101, 102) e la seconda pluralità essendo
in corrispondenza di un'area esterna del lato (101, 102).
6. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le
30 scanalature (151) sono a forma di curva.

7. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le scanalature (151) sono configurate in modo che almeno parte del fluido fluisca in una direzione preferenziale definita dalle scanalature (151).
8. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le
5 pale (252) sono più piccole del disco di spinta (210), in particolare un'altezza delle pale (252) è il 5-15% di un diametro del disco di spinta (210).
9. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui una larghezza delle pale (252) è il 70-100% di uno spessore del disco di spinta (210).
- 10 10. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le pale (252) hanno un profilo di pala con una prima concavità e una seconda concavità, la prima concavità essendo orientata verso un primo lato (101, 201) del disco di spinta (110) e la seconda concavità essendo orientata verso un secondo lato (102, 202) del disco di spinta (110).
- 15 11. Il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) della rivendicazione 1, in cui le pale (252) sono montate sul disco di spinta (210), in particolare mediante accoppiamento a coda di rondine.
12. Una macchina rotante (2000) comprendente un cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) secondo qualsiasi rivendicazione da 1 a 11, in cui l'assieme di rotore
20 (300) del cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) è accoppiato a un albero della macchina rotante (2000).
13. La macchina rotante (2000) della rivendicazione 12, in cui la macchina rotante (2000) è un sistema espantore-compressore.
14. La macchina rotante (2000) della rivendicazione 13, in cui l'assieme di
25 rotore (300) del cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) è montato su un albero (2100) accoppiando in modo meccanico un espantore (2800) del sistema espantore-compressore e un compressore (2900) del sistema espantore-compressore.
15. La macchina rotante (2000) della rivendicazione 12, in cui il cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) è posizionato all'interno di un involucro (2200) della
30 macchina e l'uscita di fluido (402) del cuscinetto magnetico reggi-spinta (1000) è

accoppiata fluidamente a una camera interna (2220) dell'involucro (2200).

16. La macchina rotante (2000) della rivendicazione 12, comprendente un sistema di raffreddamento in cui un fluido viene fatto ricircolare in una configurazione ad anello chiuso soltanto per mezzo del cuscinetto magnetico reggi-
5 spinta (1000).

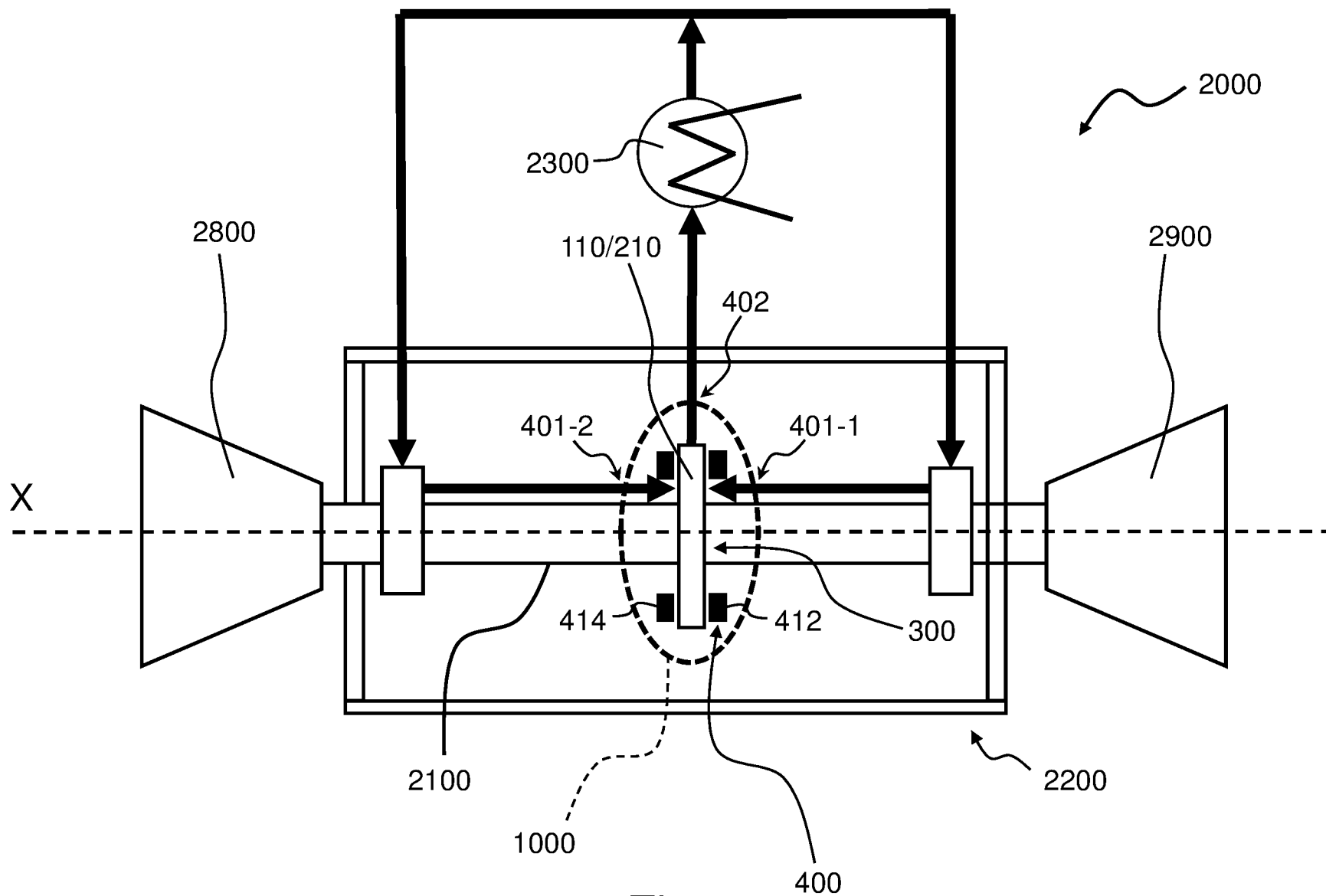


Fig. 1

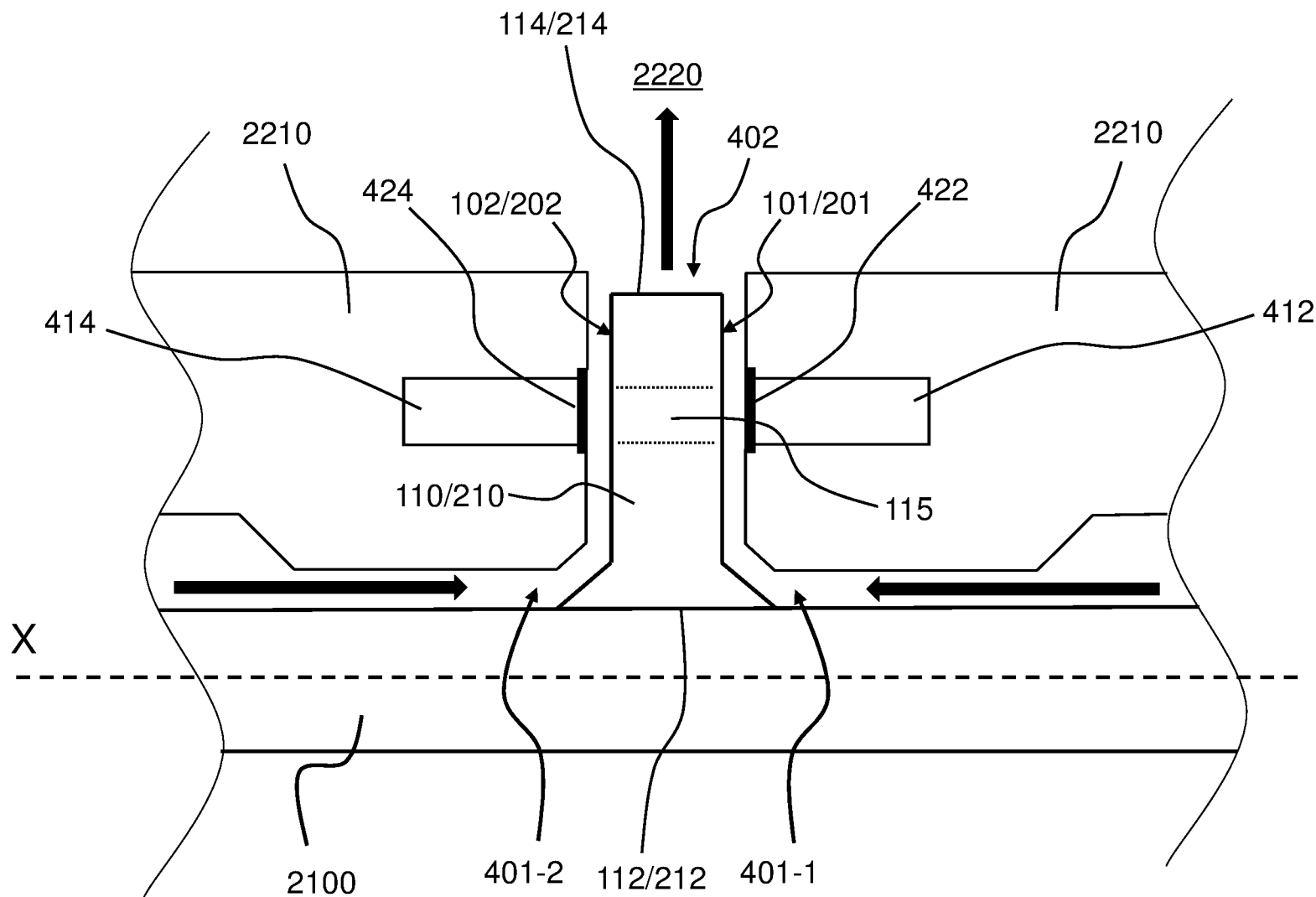


Fig. 2

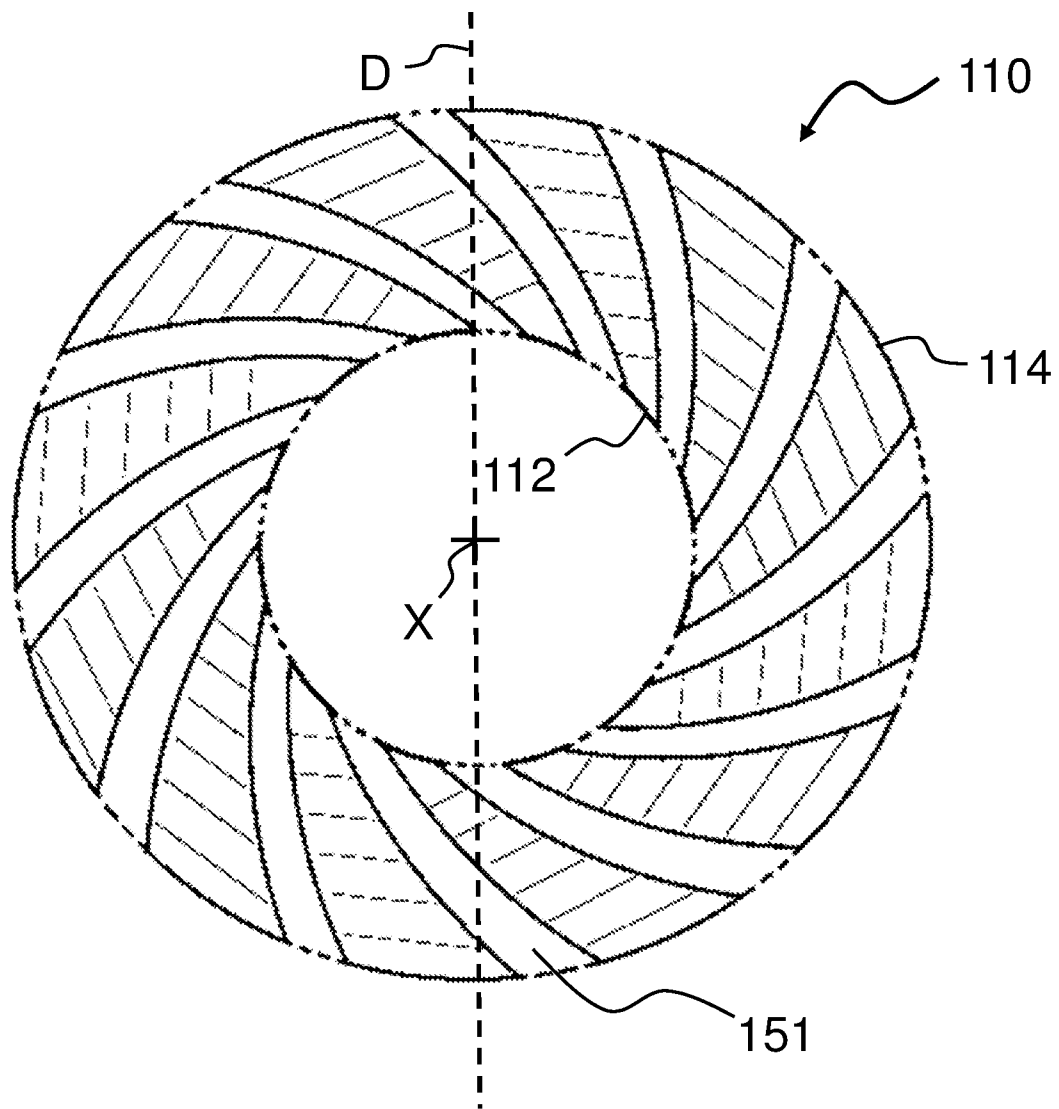


Fig. 3A

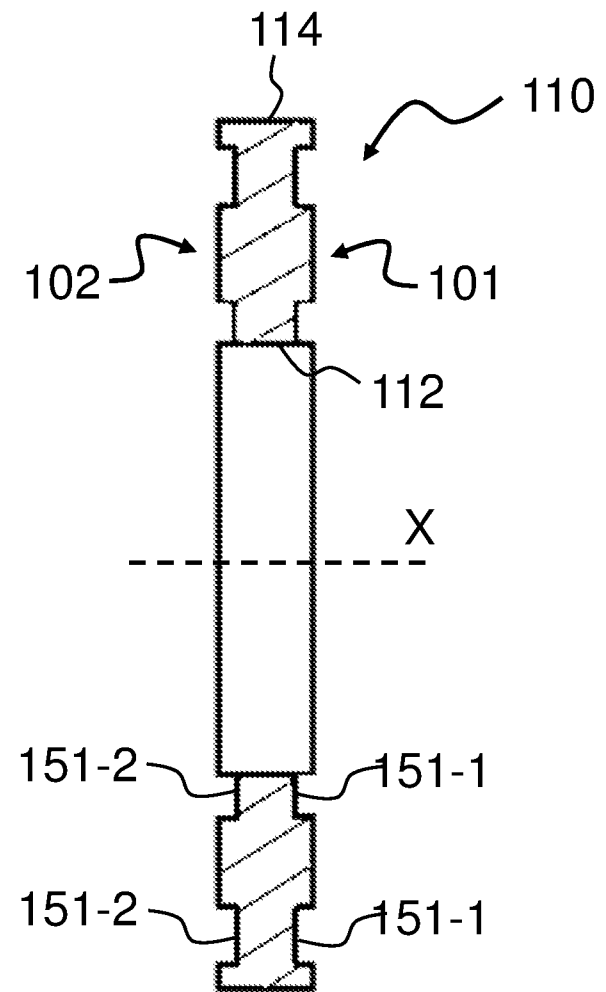


Fig. 3B

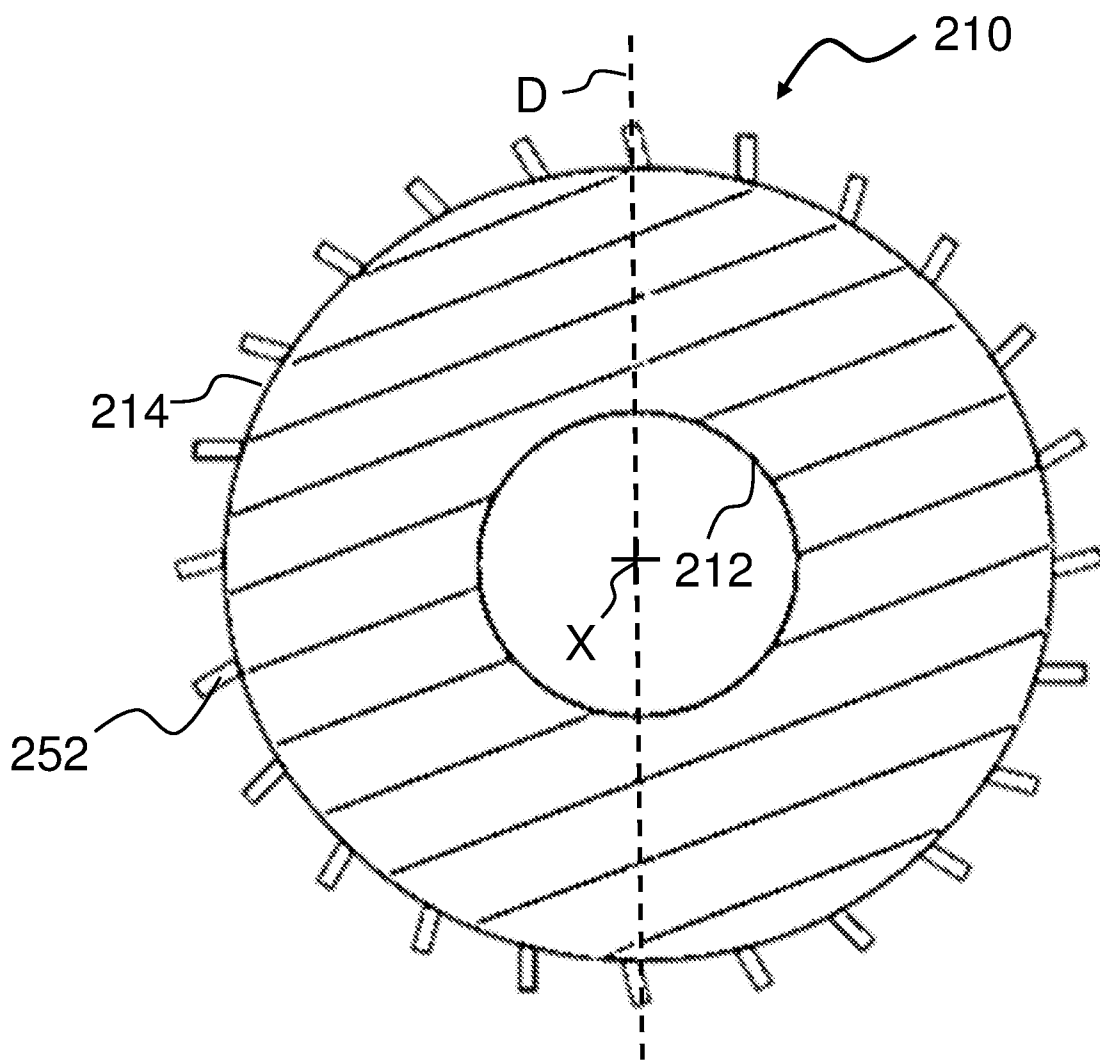


Fig. 4A

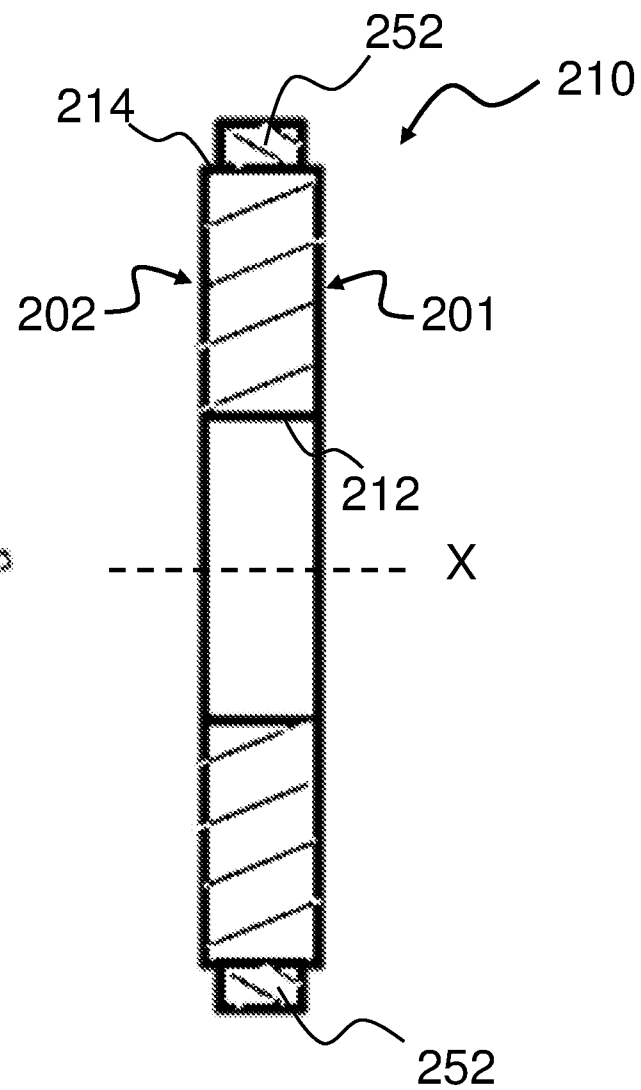


Fig. 4B

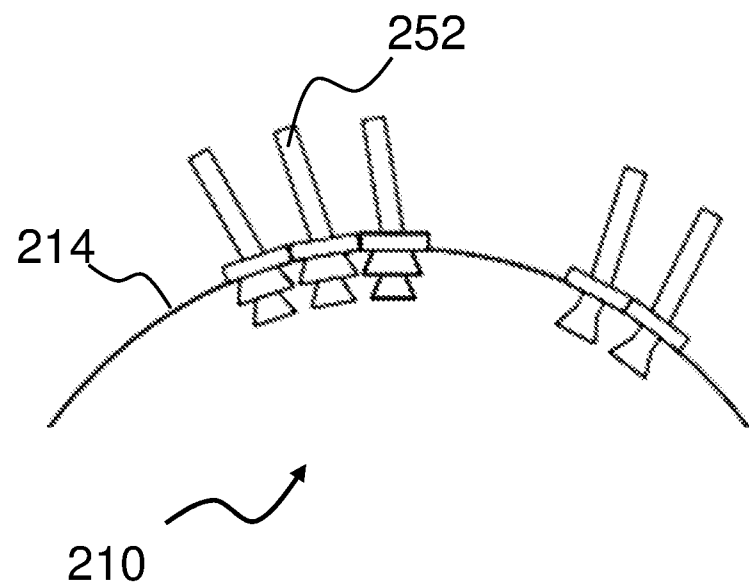


Fig. 5

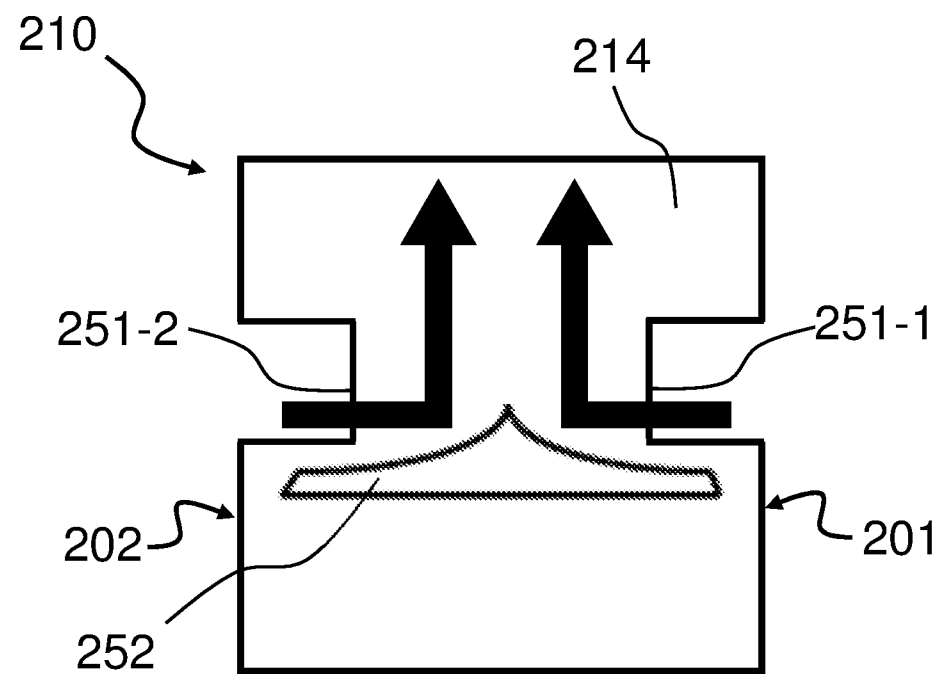


Fig. 6