

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102011901904250A1

Publication Date

20120704

Applicant

EXERGY ORC S.R.L. ORA EXERGY S.P.A.

Title

TURBINA DI ESPANSIONE

DESCRIZIONE

Annessa a domanda di brevetto per INVENZIONE INDUSTRIALE
avente per titolo

"TURBINA DI ESPANSIONE"

A nome: EXERGY ORC S.r.l.

Via Degli Agresti, 6
40123 BOLOGNA

Mandatari: Ing. Marco BRASCA, Albo iscr. nr.1094 BM,
Ing. Dario ALDE, Albo iscr. nr.1338 B, Ing.
Matteo BARONI, Albo iscr. nr.1064 BM, Ing.
Marco BELLASIO, Albo iscr. nr.1088 B, D.ssa
Cristina BIGGI, Albo iscr. nr.1239 B, Dott.
Carlo BOTTERO, Albo iscr. nr.560 BM, Ing.
Carlo Raoul GHIONI, Albo iscr. nr.280 BM,
Ing. Simona INCHINGALO, Albo iscr. nr.1341 B,
Ing. Martino SALVADORI, Albo iscr. nr.438 BM,
Ing. Marco SGOBBA, Albo iscr. nr.1206 B,
Fabrizio TANSINI, Albo iscr. nr.697 BM, Ing.
Luigi TARABBIA, Albo iscr. nr.1005 BM, Ing.
Lucia VITTORANGELI, Albo iscr. nr.983 BM,
Ing. Gianluca ZANELLATO, Albo iscr. nr.1337 B

La presente invenzione ha per oggetto una turbina di
espansione, detta anche semplicemente espansore, per la
produzione di energia elettrica e/o meccanica.

5 Preferibilmente, la presente invenzione si riferisce
alle turbine di espansione utilizzate negli apparati per
la produzione di energia tramite ciclo Rankine organico
(ORC) e/o ciclo Kalina. In tali apparati, di per sé
noti, sono utilizzati fluidi di lavoro di tipo organico
al posto del tradizionale sistema acqua/vapore, in

quanto un fluido organico è in grado di convertire in modo più efficiente fonti di calore a temperature relativamente basse, generalmente tra 100°C e 300°C, ma anche a temperature superiori. In alcuni casi viene
5 utilizzata una miscela acqua-ammoniaca e si parla allora di cicli Kalina. Gli apparati di conversione ORC e/o Kalina stanno pertanto trovando sempre più ampie applicazioni in settori diversi, ad esempio in campo geotermico, nel recupero energetico industriale, in
10 impianti di produzione di energia da biomasse e da energia solare concentrata, nei rigassificatori, ecc.. Sono note diverse tipologie di espansori/turbine per convertire energia termica in energia elettrica e/o meccanica tramite un ciclo Rankine organico (ORC) e/o
15 ciclo Kalina. Fra le tipologie più note si ricordano gli espansori assiali e quelli radiali ad uno o più stadi in serie.

In generale, una turbina di tipo noto è composta da un corpo fisso, chiamato statore, e da una parte mobile,
20 chiamata rotore. La parte rotorica della turbina è costituita da un albero al quale sono fissate una o più stadi di espansione del fluido di lavoro. L'assemblaggio della parte rotorica e statorica è effettuato tramite un gruppo meccanico che garantisce la quasi nullità dei
25 movimenti relativi delle parti rotoriche e statoriche a meno della rotazione intorno all'asse di rotazione coincidente con l'albero della macchina.

Il documento pubblico WO2010/106570A1 illustra la struttura di una turbina per espansione di gas e/o
30 vapore che comprende una cassa avente una voluta periferica di transito di un fluido di lavoro tra un

passaggio di entrata e un passaggio di uscita, almeno uno statore, un albero di turbina rotante attorno ad un asse e portante almeno un rotore, un canotto esterno aggettante frontalmente da detta cassa e coassiale all'albero di turbina. Tra il canotto esterno e l'albero di turbina è interposta un'unità di supporto estraibile assialmente in blocco dal canotto, che mantiene l'albero vincolato al rotore.

La Richiedente ha percepito la necessità di migliorare la struttura del gruppo meccanico delle turbine di espansione note, al fine di:

- facilitare la manutenibilità della turbina e le relative operazioni di montaggio e smontaggio;
- consentire la manutenibilità del gruppo meccanico senza la necessità di svuotare la turbina stessa dal fluido di lavoro;
- semplificare la realizzazione e contenere il costo del gruppo meccanico;
- aumentare l'affidabilità del gruppo meccanico e pertanto della turbina nel suo complesso;
- incrementare la precisione nell'accoppiamento fra parti statoriche e rotoriche della turbina, ottenendo giochi ridotti e, quindi, efficienze elevate.

La Richiedente ha trovato che gli obiettivi sopra indicati possono essere raggiunti prevedendo che l'albero della turbina possa essere separato dal rotore ed estratto insieme al gruppo meccanico costituito da cuscinetti e tenute.

Più specificatamente, secondo un primo aspetto, la

presente invenzione riguarda una turbina di espansione, comprendente: una cassa presentante un ingresso e un'uscita per un fluido di lavoro; almeno uno statore installato nella cassa; almeno un rotore installato
5 nella cassa e girevole attorno ad un rispettivo asse di rotazione; un canotto vincolato alla cassa; un gruppo meccanico installato nel canotto; detto gruppo meccanico comprende una boccola e un albero installato girevolmente nella boccola; detto albero essendo rotante
10 attorno all'asse di rotazione e collegato al rotore; caratterizzato dal fatto che l'albero è collegato in modo removibile al rotore e l'intero gruppo meccanico è estraibile dal canotto dalla parte opposta a detto rotore.

15 Preferibilmente ma non esclusivamente, la turbina di espansione secondo l'invenzione è adatta ad essere utilizzata nelle macchine operanti secondo il ciclo Rankine organico e/o secondo il ciclo Kalina, nei quali le temperature di lavoro sono relativamente moderate
20 (100°C-300°C) e le velocità di rotazione sono relativamente modeste (1000-4000 rpm).

La presente invenzione può inoltre presentare una o più delle caratteristiche preferite che qui di seguito sono descritte.

25 Preferibilmente, la turbina comprende un giunto autocentrante collegante l'albero e il rotore e, più preferibilmente, il giunto autocentrante è del tipo ad accoppiamento dentato (ad esempio del tipo Hirth). Le dentature sul rotore e sull'albero garantiscono un
30 perfetto centraggio del rotore rispetto all'albero senza

la necessità di ri-bilanciare gli stessi ad ogni montaggio/smontaggio.

Preferibilmente, la turbina comprende un tirante inserito in un passaggio assiale dell'albero; detto
5 tirante presentando un'estremità collegata a detto rotore ed essendo solidale al rotore in un verso di estrazione del gruppo meccanico dal canotto. Il tirante permette di serrare il rotore contro l'albero e renderli solidali (per mezzo del giunto ad accoppiamento dentato)
10 in modo semplice e veloce.

In accordo con una forma realizzativa preferita, la turbina comprende un accoppiamento sferico collegante il tirante e il rotore, al fine di garantire una perfetta giunzione. Il tiraggio è effettuato a mezzo di un dado,
15 previo pre-tiraggio del tirante, in maniera da evitare momenti torcenti sul rotore durante le operazioni di manutenzione.

Preferibilmente, il rotore è mobile lungo la direzione assiale tra una prima configurazione, in cui il gruppo
20 meccanico è installato nel canotto e il rotore è distanziato dal canotto, in modo da poter essere fatto ruotare dal fluido di lavoro, ed una seconda configurazione, in cui il gruppo meccanico è estratto nel canotto e il rotore è appoggiato contro il canotto
25 in corrispondenza di una tenuta statica.

La turbina comprende inoltre dispositivi per bloccare il rotore contro il canotto quando detto rotore si trova nella seconda configurazione.

Le operazioni di smontaggio possono pertanto essere
30 effettuate senza svuotare la cassa della turbina. In particolare lo smontaggio avviene arretrando il gruppo

meccanico e il rotore rispetto al canotto fino a portare detto rotore contro detto canotto in corrispondenza della tenuta statica; bloccando il rotore contro il canotto; sfilando il gruppo meccanico dal canotto mentre il rotore è bloccato contro detto canotto. Viene così evitata qualsiasi fuoriuscita di fluido di lavoro e/o aria rientrata nel circuito interno, ciò consentendo operazioni di manutenzione estremamente rapide.

10 Preferibilmente, il gruppo meccanico comprende inoltre un dispositivo di tenuta disposto tra la boccola e l'albero in corrispondenza di un'estremità di detto albero collegata al rotore.

15 Preferibilmente, il gruppo meccanico comprende inoltre un paraolio disposto tra la boccola e l'albero in corrispondenza di un'estremità di detto albero opposta al rotore.

20 Preferibilmente, il gruppo meccanico comprende cuscinetti volventi supportanti girevolmente l'albero nella boccola.

L'utilizzo dei cuscinetti volventi è possibile grazie alle basse velocità di rotazione e agli stress meccanici ridotti propri dei cicli ORC e Kalina derivanti dai ridotti salti entalpici a cui si trovano ad operare normalmente le turbine. I cuscinetti volventi sono caratterizzati dall'assenza di giochi intrinseci ed operano con un centro di rotazione coincidente con il centro geometrico del cuscinetto stesso. L'adozione dei cuscinetti volventi permette pertanto di adottare giochi molto ridotti e, di conseguenza, di lavorare a efficienze elevate.

30

Ulteriori caratteristiche e vantaggi appariranno maggiormente dalla descrizione dettagliata di una forma d'esecuzione preferita, ma non esclusiva, di una turbina di espansione in accordo con la presente invenzione.

5 Tale descrizione verrà esposta qui di seguito con riferimento agli uniti disegni, forniti a solo scopo indicativo e, pertanto, non limitativo, nei quali:

- la figura 1 illustra in sezione una porzione di una turbina di espansione secondo la presente
10 invenzione;
- la figura 2 illustra la porzione di figura 1 parzialmente smontata.

Con riferimento alle figure citate, con il numero di riferimento 1 è stata complessivamente indicata una
15 turbina di espansione in accordo con la presente invenzione.

La turbina di espansione 1 illustrata è del tipo utilizzata negli apparati per la generazione di energia meccanica e/o elettrica tramite ciclo Rankine organico
20 (ORC) e/o ciclo Kalina.

La turbina 1 comprende un rotore 2, o disco rotorico, ed uno statore 3 rappresentati solo schematicamente nelle
allegate figure. Il rotore 2 si riferisce indifferentemente a turbine assiali e/o radiali e/o a
25 flusso misto. Rotore 2 e statore 3 sono collocati in una cassa, di per sé nota e pertanto non ulteriormente descritta né illustrata, presentante un passaggio di entrata e un passaggio di uscita per un fluido di lavoro (come preferibilmente ORC o acqua\ammoniaca ma anche
30 acqua\vapore).

Lo statore 3 è giuntato ad un cannotto 4 solidale alla cassa. Nelle figure allegate, lo statore 3 è indicato come saldato al cannotto 4, ma può essere anche eventualmente accoppiato mediante flangia e bulloni o accoppiamento alternativo.

5 All'interno del cannotto 4 è montato in modo removibile un gruppo meccanico 5 il quale porta un albero 6 che si sviluppa lungo un asse di rotazione "X-X" ed è libero di ruotare attorno a detto asse "X-X" insieme al rotore 2
10 al quale è collegato in corrispondenza di una propria prima estremità 6'. Più in dettaglio, il gruppo meccanico 5 comprende una boccia 7 coassiale al cannotto 4. La boccia 7 e/o il cannotto 4 presentano inoltre scanalature e/o chiavette che impediscono la
15 rotazione relativa tra boccia 7 e cannotto 4 attorno all'asse di rotazione "X-X".

Nella boccia 7 sono montati cuscinetti a sfere 8 che supportano l'albero 6 in modo che sia libero di girare attorno all'asse di rotazione "X-X" all'interno della
20 boccia stessa 7. Nell'esempio non limitativo illustrato, il gruppo meccanico 5 comprende due cuscinetti 8 affiancati e collocati in una posizione assialmente intermedia della boccia 7 ed un cuscinetto 8 posizionato ad un'estremità della boccia 7 prossima
25 ad una seconda estremità 6'' dell'albero 6.

Il gruppo meccanico 5 comprende inoltre un dispositivo di tenuta 9 disposto tra la boccia 7 e l'albero 6 in corrispondenza della prima estremità 6' dell'albero 6 e un paraolio 10 disposto tra la boccia 7 e l'albero 6 in
30 corrispondenza della seconda estremità 6'' dell'albero 6.

Sulla prima estremità 6' dell'albero 6 è ricavata una dentatura 11 che, quando la turbina 1 è montata e pronta per lavorare, è impegnata con una dentatura 12 ricavata sul rotore 2. Le due dentature 11, 12 definiscono un
5 giunto autocentrante tipo Hirth o equivalente.

L'albero 6 presenta un passaggio assiale 13 all'interno del quale trova alloggiamento un tirante 14. Il tirante 14 presenta una testa 14' che sporge dalla prima estremità 6' dell'albero 6 ed è collegata al rotore 2.

10 Il tirante 14 è infilato in un foro centrale del rotore 2 e la testa 14' presenta una superficie sferica 15 che giace contro una superficie sferica 16 del rotore 2 rivolta da parte opposta rispetto al gruppo meccanico 5.

Il tirante 14 presenta un'estremità terminale 14''
15 opposta alla testa 14' e sporgente dalla seconda estremità 6' dell'albero 6. Un dado 17 avvitato sull'estremità terminale 14'' serra il rotore 2 contro l'albero 6 con i denti delle due dentature 11, 12 fra loro ingranati, in modo che il rotore 2 e l'albero 6
20 ruotino solidali.

Sulla faccia del canotto 4 rivolta verso il rotore 2 è ricavata una superficie conica 18 che risulta affacciata ad una superficie conica 19 presente sul rotore 2.

Quando la turbina 1 è correttamente montata per lavorare
25 (figura 1), la boccia 7 è inserita e bloccata nel canotto 4 tramite viti 20 inserite in una flangia 21 della boccia 7 e nel canotto 4 stesso. L'albero 6 è solidale al rotore 2 (per mezzo del giunto dentato 11, 12) e il rotore 2 è distanziato dallo statore 3. In
30 particolare, le due superfici coniche 18, 19 sono affacciate ma reciprocamente distanziate.

Per smontare il gruppo meccanico 5, sono dapprima estratte le viti 20 in modo da rimuovere il blocco assiale tra la boccola 7 e il canotto 4.

Successivamente, il gruppo meccanico 5, il rotore 2 e il tirante 14 (ancora tutti solidali lungo la direzione assiale) sono spostati fino a portare la superficie conica 19 del rotore 2 in battuta contro la superficie conica 18 del canotto 4 e generare una tenuta statica tale da impedire la fuoriuscita del fluido di lavoro contenuto nella cassa.

A questo punto, il rotore 2, il canotto 4 e lo statore 3 sono bloccati uno con l'altro con appositi dispositivi, non illustrati.

Il dado 17 viene successivamente rimosso dal tirante 14 ed è pertanto possibile estrarre in blocco l'intero gruppo meccanico 5 (costituito dalla boccola 5, dall'albero 6, dai cuscinetti 8, dalla tenuta 9 e dal paraolio 10) sfilandolo dal canotto 4 dalla parte opposta al rotore 2 ed estraendo contemporaneamente il tirante 14 (che rimane vincolato al rotore 2) dal passaggio assiale 13 dell'albero 6 (figura 2).

IL MANDATARIO

Ing. Marco BRASCA

(Albo iscr. n. 1094 BM)

RIVENDICAZIONI

1. Turbina di espansione, comprendente:
una cassa presentante un ingresso e un'uscita per un fluido di lavoro;
- 5 almeno uno statore (3) installato nella cassa;
almeno un rotore (2) installato nella cassa e girevole attorno ad un rispettivo asse di rotazione (X-X);
un canotto (4) vincolato alla cassa;
un gruppo meccanico (5) installato nel canotto (4);
- 10 detto gruppo meccanico (5) comprendendo una boccia (7) e un albero (6) installato girevolmente nella boccia (7); detto albero (6) essendo rotante attorno all'asse di rotazione (X-X) e collegato al rotore (2);
caratterizzato dal fatto che l'albero (6) è collegato in
- 15 modo removibile al rotore (2) e l'intero gruppo meccanico (5) è estraibile dal canotto (4) dalla parte opposta a detto rotore (2).
2. Turbina secondo la rivendicazione 1, comprendente un giunto autocentrante (11, 12) collegante l'albero (6)
- 20 e il rotore (2).
3. Turbina secondo la rivendicazione 2, in cui il giunto autocentrante (11, 12) è del tipo ad accoppiamento dentato.
4. Turbina secondo la rivendicazione 1, comprendente
- 25 un tirante (14) inserito in un passaggio assiale (13) dell'albero (6); detto tirante (14) presentando un'estremità (14') collegata a detto rotore (2) ed essendo solidale al rotore (2) in un verso di estrazione (A) del gruppo meccanico (5) dal canotto (4).
- 30 5. Turbina secondo la rivendicazione 4, comprendente un accoppiamento sferico (15, 16) collegante il tirante

(14) e il rotore (2).

6. Turbina secondo la rivendicazione 1, in cui il rotore (2) è mobile lungo la direzione assiale (X-X) tra una prima configurazione, in cui il gruppo meccanico (5) è installato nel canotto (4) e il rotore (2) è
5 è distanziato dal canotto (4), in modo da poter essere fatto ruotare dal fluido di lavoro, ed una seconda configurazione, in cui il gruppo meccanico (5) è estratto nel canotto (4) e il rotore (2) è appoggiato
10 contro il canotto (4) in corrispondenza di una tenuta statica (18, 19).

7. Turbina secondo la rivendicazione 6, comprendente inoltre dispositivi per bloccare il rotore (2) contro il canotto (4) quando detto rotore (2) si trova nella
15 seconda configurazione.

8. Turbina secondo la rivendicazione 1, in cui il gruppo meccanico (5) comprende inoltre un dispositivo di tenuta (9) disposto tra la boccia (7) e l'albero (6) in corrispondenza di un'estremità (6') di detto albero (6)
20 collegata al rotore (2) e un paraolio (10) disposto tra la boccia (7) e l'albero (6) in corrispondenza di un'estremità (6'') di detto albero (6) opposta al rotore (2).

9. Turbina secondo la rivendicazione 1, in cui il gruppo meccanico (5) comprende cuscinetti volventi (8) supportanti girevolmente l'albero (6) nella boccia (7).
25

10. Metodo per smontare la turbina di espansione della rivendicazione 1, comprendente le seguenti fasi:
arretrare il gruppo meccanico (5) e il rotore (2)
30 rispetto al canotto (4) fino a portare detto rotore (2) contro detto canotto (4) in corrispondenza di una

3

tenuta statica (18, 19);
bloccare il rotore (2) contro il canotto (4);
sfilare il gruppo meccanico (5) dal canotto (4) mentre
il rotore (2) è bloccato contro detto canotto (4).

5

IL MANDATARIO

Ing. Marco BRASCA
(Albo iscr. n. 1094 BM)

CLAIMS

1. Expansion turbine, comprising:

a case presenting a inlet and a outlet for a working fluid;

5 at least one stator (3) installed inside the case;

at least one rotor (2) installed inside the case and rotating around a respective revolution axis (X-X);

a short-pipe (4) constrained to the case;

10 a mechanical unit (5) installed inside the short-pipe (4);

said mechanical unit (5) comprising a bushing (7) and a shaft (6) installed in revolving manner inside the bushing (7); said shaft (6) being rotating around the revolution axis (X-X) and connected to the rotor (2);

15 characterized in that the shaft (6) is connected to the rotor (2) in removable manner and the whole mechanical unit (5) is extractable from the short-pipe (4) from the side opposite said rotor (2).

20 2. Turbine according to claim 1, comprising a self-centring joint (11, 12) connecting the shaft (6) and the rotor (2).

3. Turbine according to claim 2, wherein the self-centring joint (11, 12) is of toothed coupling type.

25 4. Turbine according to claim 1, comprising a tie-rod (14) inserted into an axial opening (13) of the shaft (6); said tie-rod (14) presenting an end (14') connected to said rotor (2) and being integral with the rotor (2) along a direction of extraction (A) of the mechanical unit (5) from the short-pipe (4).

30 5. Turbine according to claim 4, comprising a spherical coupling (15, 16) connecting the tie-rod (14)

and the rotor (2).

6. Turbine according to claim 1, wherein the rotor (2) is movable along the axial direction (X-X) between a first configuration, wherein the mechanical unit (5) is installed inside the short-pipe (4) and the rotor (2) is spaced from the short-pipe (4), in order the working fluid to revolve it, and a second configuration, wherein the mechanical unit (5) is extracted from the short-pipe (4) and the rotor (2) leans against the short-pipe (4) on a static seal (18, 19).

7. Turbine according to claim 6, further comprising devices for blocking the rotor (2) against the short-pipe (4) when said rotor (2) is in the second configuration.

8. Turbine according to claim 1, wherein the mechanical unit (5) further comprises a gland (9) placed between the bushing (7) and the shaft (6) on an end (6') of said shaft (6) connected to the rotor (2) and an oil seal (10) placed between the bushing (7) and the shaft (6) on an end (6'') of said shaft (6) opposite the rotor (2).

9. Turbine according to claim 1, wherein the mechanical unit (5) comprises rolling bearings (8) supporting in revolving manner the shaft (6) inside the bushing (7).

10. Method for disassembling the expansion turbine of claim 1, comprising the following steps:
moving back the mechanical unit (5) and the rotor (2) with respect to the short-pipe (4) to bring said rotor (2) against said short-pipe (4) on a static seal (18, 19);

3

blocking the rotor (2) against the short-pipe (4);
extracting the mechanical unit (5) from the short-pipe
(4) while the rotor (2) is blocked against said short-
pipe (4).

5

IL MANDATARIO
Ing. Marco BRASCA
(Albo iscr. n. 1094 BM)

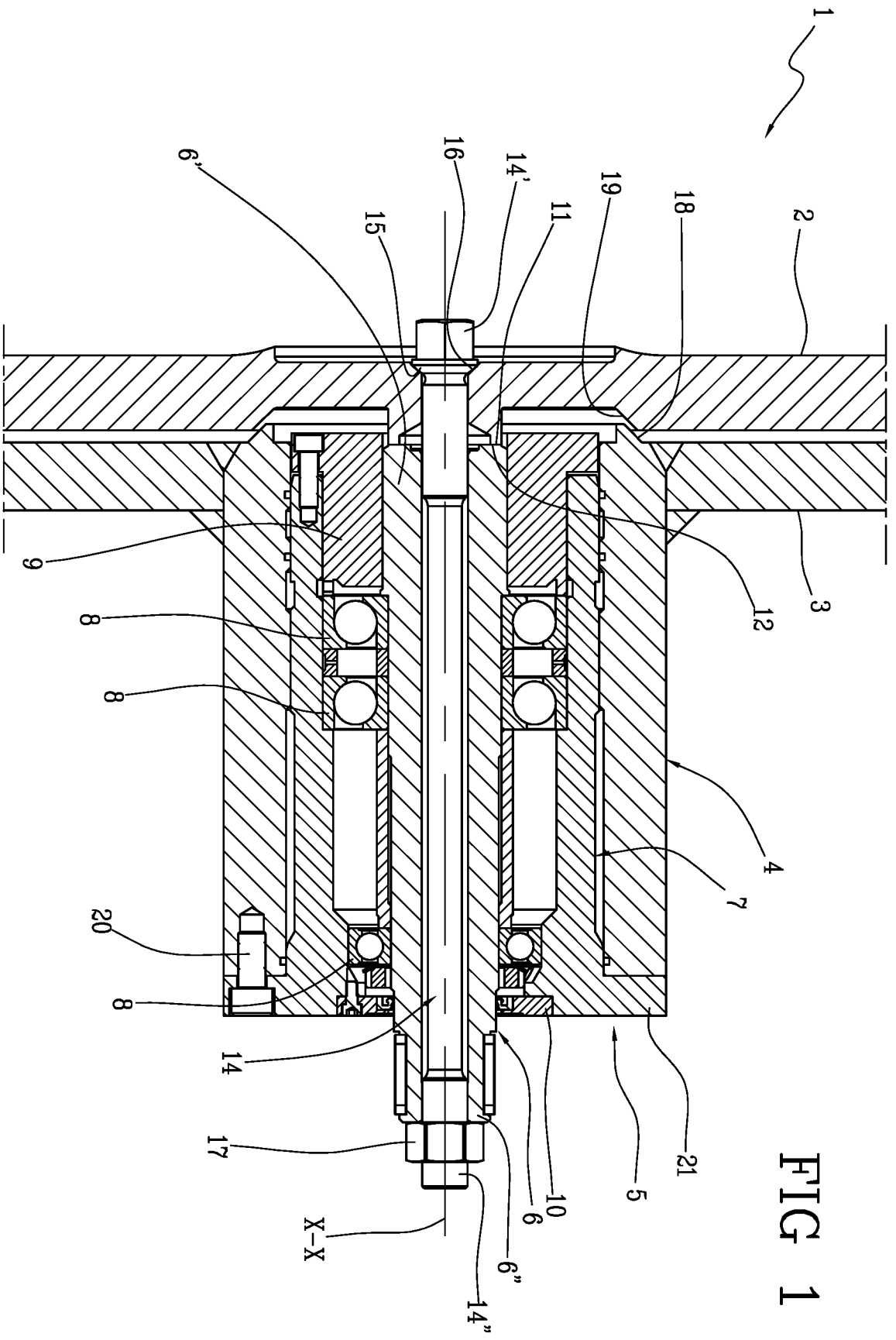


FIG 1

FIG 2

