



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I566879 B

(45)公告日：中華民國 106 (2017) 年 01 月 21 日

(21)申請案號：104106376

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 26 日

(51)Int. Cl. : **B23Q5/04 (2006.01)****B23Q11/12 (2006.01)**

(30)優先權：2014/02/28 日本

2014-039261

2014/08/27 日本

2014-173221

(71)申請人：日本精工股份有限公司 (日本) NSK LTD. (JP)

日本

(72)發明人：小栗翔一郎 OGURI, SHOICHIRO (JP)；勝野美昭 KATSUNO, YOSHIAKI (JP)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW 200826437A

CN 202326756U

JP 61-52725U

JP 2000-158288A

JP 2009-133483A

JP 2012-37014A

KR 10-1050063B1

US 5220233

審查人員：鄭廷仰

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：12 共 36 頁

(54)名稱

主軸裝置

(57)摘要

本發明之主軸裝置中，於供自由側軸承內嵌之軸承套筒之外周面與後外殼之內周面之間，形成有冷媒可流動之冷卻路徑。冷卻路徑具備：複數個環狀槽，其等形成於軸承套筒之外周面，且分別排列於軸向；及狹縫，其於鄰接之環狀槽間形成有至少 1 處，且使鄰接之環狀槽彼此連通。

指定代表圖：

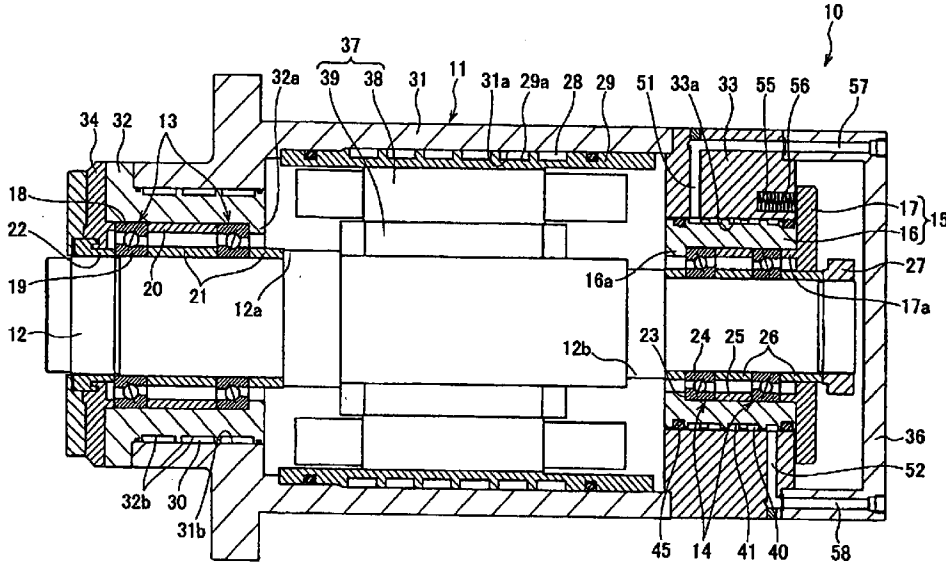


圖1

- 符號簡單說明：
- 10 . . . 主軸裝置
 - 11 . . . 外殼
 - 12 . . . 旋轉軸
 - 12a . . . 前側階部
 - 12b . . . 後側階部
 - 13 . . . 固定側軸承
 - 14 . . . 自由側軸承
 - 15 . . . 套筒
 - 16 . . . 軸承套筒(套筒)
 - 16a . . . 階部
 - 17 . . . 外輪按壓件
 - 17a . . . 圓環狀凸部
 - 18 . . . 外輪
 - 19 . . . 內輪
 - 20 . . . 外隔圈
 - 21 . . . 內隔圈
 - 22 . . . 螺母
 - 23 . . . 外輪
 - 24 . . . 內輪
 - 25 . . . 外隔圈
 - 26 . . . 內隔圈
 - 27 . . . 螺母
 - 28 . . . 冷卻路徑
 - 29 . . . 套筒
 - 29a . . . 槽
 - 30 . . . 冷卻路徑
 - 31 . . . 外殼本體
 - 31a . . . 內周面
 - 31b . . . 內周面
 - 32 . . . 前外殼
 - 32a . . . 階部
 - 32b . . . 槽
 - 33 . . . 後外殼(外殼)
 - 33a . . . 外殼之內周面

- 34 . . . 前蓋
- 36 . . . 後蓋
- 37 . . . 內置馬達
- 38 . . . 定子
- 39 . . . 轉子
- 40 . . . 冷卻路徑
- 41 . . . 環狀槽
- 45 . . . O 形環(彈性構件)
- 51 . . . 供給口
- 52 . . . 排出口
- 55 . . . 彈簧室
- 56 . . . 盤簧
- 57 . . . 供給路徑
- 58 . . . 排出路徑

發明摘要

※ 申請案號：104106376

※ 申請日：104.2.26

※IPC 分類：B23Q 5/04 (2006.01)
B23Q 11/12 (2006.01)

【發明名稱】

主軸裝置

【中文】

本發明之主軸裝置中，於供自由側軸承內嵌之軸承套筒之外周面與後外殼之內周面之間，形成有冷媒可流動之冷卻路徑。冷卻路徑具備：複數個環狀槽，其等形成於軸承套筒之外周面，且分別排列於軸向；及狹縫，其於鄰接之環狀槽間形成有至少1處，且使鄰接之環狀槽彼此連通。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	主軸裝置
11	外殼
12	旋轉軸
12a	前側階部
12b	後側階部
13	固定側軸承
14	自由側軸承
15	套筒
16	軸承套筒(套筒)
16a	階部
17	外輪按壓件
17a	圓環狀凸部
18	外輪
19	內輪
20	外隔圈
21	內隔圈
22	螺母
23	外輪
24	內輪
25	外隔圈
26	內隔圈
27	螺母
28	冷卻路徑

29	套筒
29a	槽
30	冷卻路徑
31	外殼本體
31a	內周面
31b	內周面
32	前外殼
32a	階部
32b	槽
33	後外殼(外殼)
33a	外殼之內周面
34	前蓋
36	後蓋
37	內置馬達
38	定子
39	轉子
40	冷卻路徑
41	環狀槽
45	O形環(彈性構件)
51	供給口
52	排出口
55	彈簧室
56	盤簧
57	供給路徑
58	排出路徑

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

無

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

主軸裝置

【技術領域】

本發明係關於一種主軸裝置，更詳細而言，係關於工具機主軸、高速馬達、離心分離機、或者渦輪冷凍機等高速旋轉之旋轉機械的主軸裝置。

【先前技術】

工具機主軸之高速化顯著發展，作為用以實現主軸之高速化的潤滑方法，採用有油空氣潤滑(oil-air lubrication)或油霧潤滑(oil-mist lubrication)。又，作為其他潤滑方法，自環境保護之觀點考慮，亦重新研究出不將潤滑油排出至外部之脂油潤滑，且同時採用使用有高速旋轉且耐燒附性優異之輕量之陶瓷滾動體(例如，氮化矽等)之滾動軸承。

又，作為高速旋轉主軸中之驅動方法，較齒輪驅動或皮帶驅動或者採用耦合之直接連接驅動而言，於主軸內內置有馬達之所謂馬達內置(built-in)主軸為主流。

此種構成之高速主軸中，除了來自支持主軸之滾動軸承之發熱以外，來自內置之馬達(定子及轉子)之發熱亦較大。就工具機主軸而言，若主軸之溫度上升較高，則會產生熱變形而使加工精度降低。因此，為了抑制主軸之溫度上升，而使用有使冷卻油自外部流動至作為主軸外筒之外殼的機構。由熱膨脹所引起之主軸之變形係以成為固定側之前側軸承為原點而產生於軸向，故而多數情況下是使作為固定側之前側軸承及馬達之定子之外周部冷卻。

例如，作為抑制來自前側軸承之發熱的先前之冷卻裝置100，如圖11所示，於供一對前側軸承102、103內嵌之前外殼104之外周面設置圓周方向槽105，該一對前側軸承102、103支持主軸101之前側。而且，於前外殼104之外周面與另一外殼106之內周面之間，使冷媒循環從而冷卻前側軸承102、103。

又，專利文獻1中揭示有於配置於前側軸承與後側軸承之間的內隔圈(inner ring spacer)設置冷媒通路，藉由自泵等壓送之冷媒而使內隔圈冷卻的工具機中之主軸冷卻裝置。

另一方面，成為自由側軸承之後側軸承多數情況下是使用與前側軸承相比尺寸稍微小之軸承(例如，以軸承內徑尺寸計，為較固定側軸承小 $\phi 10 \sim \phi 30$ mm左右之尺寸)。因此，軸承之dmn值變小，相應地，溫度上升變少。又，由於後側軸承為自由側、及主軸後部之熱變形對加工精度帶來之影響度與前側軸承相比較小(例如，即使旋轉軸相對於非旋轉零件於軸向相對膨脹，主軸後側亦會向後方滑動移動，而安裝有刀具之主軸前側則難以出現移位)等理由，而多數情況下不於後側軸承附加構造複雜之冷卻構造。

先前技術文獻

專利文獻

專利文獻1：日本專利實開平4-133555號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

然而，最近之高速主軸中，使用之軸承之dmn值為100萬以上或者超過150萬，進而200萬以上之類型增加，隨之，後側軸承之dmn值亦增加，發熱變大。若後側軸承之發熱較大，則有由於軸承之內部溫度之上升而使潤滑油黏度降低，有因滾動接觸部等處之油膜形成不良而引起燒附之虞。

因此，圖12所示之冷卻裝置110中，考慮到使周邊構造簡化且冷卻後側軸承。於該情形時，將供一對自由側軸承112、113內嵌之套筒114內嵌於後外殼115，該一對自由側軸承112、113係支持主軸101之後側，並於該後外殼115之外周面設置圓周方向槽116。而且，於後外殼115之外周面與另一外殼117之內周面之間使冷媒循環，而冷卻自由側軸承112、113。

然而，圖12所示之構造中，冷卻部配置於在直徑方向上遠離發熱部(軸承112、113)之位置，又，以轉動配合(running fit)方式而嵌合之套筒114與後外殼115之間的熱傳遞效率較低，故而存在冷卻效率較低之問題。因此，有後外殼被冷卻而套筒未有效地冷卻，且後外殼與套筒之間之間隙變小從而產生滑動不良之虞。因此，存在前側軸承(固定側軸承)與後側軸承(自由側軸承)間因熱膨脹而產生支撐荷重，軸承承載過大荷重而使軸承損傷之可能性。或者，成為產生脫離預壓而產生異響或異常振動之主要原因。

本發明係鑒於上述問題而開發者，其目的在於提供一種可有效地抑制因來自後側軸承之發熱所引起之溫度上升，實現後側軸承之壽命延長，即主軸裝置之壽命延長，並且使加工精度提高的主軸裝置。

[解決問題之技術手段]

本發明之上述目的係藉由下述之構成而達成。

(1)一種主軸裝置，其特徵在於具有：

外殼；

旋轉軸，其相對於該外殼而自如地相對旋轉；

固定側軸承，其內輪外嵌於上述旋轉軸之一端側，外輪固定於上述外殼；

套筒，其於旋轉軸之另一端側配置於外殼內，且可沿旋轉軸之軸向移動；及

自由側軸承，其內輪外嵌於旋轉軸之另一端側，外輪內嵌於套筒；且該主軸裝置中，

於彼此對向之套筒之外周面與外殼之內周面之間，形成有冷媒可流動之冷卻路徑，

冷卻路徑具備：複數個環狀槽，其等形成於套筒之外周面或外殼之內周面，且分別排列於軸向；及狹縫，其於鄰接之環狀槽間形成有至少1處，且使鄰接之環狀槽彼此連通。

(2)如(1)之主軸裝置，其特徵在於：供給冷媒之供給口朝向位於軸向一端側之環狀槽開口，排出冷媒之排出口朝向位於軸向另一端側之環狀槽開口。

(3)如(1)或(2)之主軸裝置，其特徵在於：於冷卻路徑之軸向兩側，配設有將套筒之外周面與外殼之內周面之間液密性地密封的環狀之彈性構件。

(4)如(1)～(3)中任一項之主軸裝置，其特徵在於：於套筒之外周面之兩端緣部、或外殼之內周面之兩端緣部形成有倒角部。

(5)如(1)～(4)中任一項之主軸裝置，其特徵在於：環狀槽之側壁面相對於與軸向正交之方向而傾斜地形成。

[發明之效果]

根據本發明之主軸裝置，於彼此對向之套筒之外周面與外殼之內周面之間形成有冷媒可流動之冷卻路徑，冷卻路徑具備：複數個環狀槽，其等形成於套筒之外周面或外殼之內周面，且分別排列於軸向；及狹縫，其於鄰接之環狀槽間形成有至少1處，且使鄰接之環狀槽彼此連通，故而可直接冷卻供軸承內嵌之套筒，從而可有效率地冷卻自由側軸承。藉此，軸承之內部溫度下降，從而，於旋轉中之滾動接觸部或保持器導引面等處不易因黏度降低而引起潤滑油膜中斷，能防止因潤滑不良引起之壽命下降或軸承之燒附。又，由於將外殼與套

筒之兩個構件同時冷卻，故而兩個構件之半徑方向收縮量均勻，滑動部之間隙(外殼與套筒之間隙)不會堵塞，從而可防止因間隙不足而產生滑動不良。進而，環狀槽內之冷媒之流動變得順利，將套筒整體均勻地冷卻，藉此不會產生因冷卻所引起之變形應變。其結果，內嵌之軸承亦不會產生應變，主軸之旋轉精度可維持為高精度，主軸之加工精度良好。

【圖式簡單說明】

圖1係本發明之主軸裝置之第1實施形態之剖視圖。

圖2係圖1所示之自由側軸承附近之放大剖視圖。

圖3係用以說明環狀槽之、表示套筒之外周面之與圖2對應之部分剖視圖。

圖4係環狀槽之剖視圖。

圖5A係作為變化例之環狀槽之剖視圖。

圖5B係作為變化例之環狀槽之剖視圖。

圖5C係作為變化例之環狀槽之剖視圖。

圖6係於外周面兩端緣部形成有倒角部之套筒之局部破斷側視圖。

圖7係於環狀槽之肩部形成有倒角部之套筒之局部破斷側視圖。

圖8係本發明之主軸裝置之第2實施形態之自由側軸承附近之放大剖視圖。

圖9係用以說明環狀槽之、表示套筒之外周面之與圖8對應之部分剖視圖。

圖10係將因自由側軸承之冷卻構造之差異所引起的溫度上升進行比較而表示之圖表。

圖11係表示先前之固定側軸承之構造之剖視圖。

圖12係表示先前之自由側軸承之構造之剖視圖。

【實施方式】

以下，基於圖式對本發明之主軸裝置之各實施形態進行詳細說明。

(第1實施形態)

首先，參照圖1，對本發明之第1實施形態之主軸裝置之整體構成進行說明。

主軸裝置10具備：外殼11；旋轉軸12，其於一端(圖中左側)安裝有未圖示之工具，且相對於外殼11而自如地相對旋轉；一對固定側軸承(本實施形態中為角接觸滾珠軸承)13、13，其等配設於旋轉軸12之前端側(圖中左側)；一對自由側軸承(本實施形態中為角接觸滾珠軸承)14、14，其等配設於旋轉軸12之後端側(圖中右側)；及套筒15，其內插於外殼11且可沿軸向滑動移動。

外殼11具有大致圓筒形狀之外殼本體31、嵌合固定於外殼本體31之前端側之前外殼32、及嵌合固定於外殼本體31之後端側之後外殼33。於前外殼32之前端緊固固定有前蓋34，於後外殼33之後端緊固固定有後蓋36。

於內嵌於外殼本體31之內周面31a的套筒29，固定有內置馬達37之定子38。又，於旋轉軸12之軸向中間部，與定子38對向地固定有轉子39，藉由定子38產生之旋轉磁場賦予旋轉力從而旋轉驅動旋轉軸12。於套筒29之外周面，形成有圓環狀之複數個槽29a，藉由將該套筒29內嵌於外殼本體31而使該套筒29之外周面與內周面31a之間形成冷卻路徑28。

固定側軸承13、13中，外輪18、18內嵌於前外殼32，內輪19、19外嵌於旋轉軸12、且旋轉自如地支承旋轉軸12之前端側。固定側軸承13、13之外輪18、18係隔著外隔圈20而由前外殼32之階部32a與前蓋34夾持且相對於前外殼32定位於軸向。內輪19、19係隔著內隔圈21

而由旋轉軸12之前側階部12a與螺合於旋轉軸12之螺母22夾持並相對於旋轉軸12定位於軸向。於前外殼32之外周面形成有圓環狀之複數個槽32b，藉由將該前外殼32內嵌於外殼本體31而使該前外殼32之外周面與外殼本體31之內周面31b之間形成冷卻路徑30。

於後外殼33之內周面33a，嵌合有可沿軸向移動之大致圓筒形狀之軸承套筒16。又，於軸承套筒16之反工具側端面，藉由未圖示之螺絲而安裝有自軸承套筒16之外周面向直徑方向外側延伸之外輪按壓件17。再者，軸承套筒16與外輪按壓件17構成本發明之套筒15。

於後外殼33形成有向其反工具側端面(圖中右側面)開口之複數個彈簧室55，且與自軸承套筒16向直徑方向外側延伸之外輪按壓件17的凸緣部分之工具側端面對向。盤簧56收容於彈簧室55且介裝於外輪按壓件17之凸緣部分與彈簧室55之間。盤簧56對套筒15賦予軸向(圖中右方向)之彈性力，藉此，對固定側軸承13、13及自由側軸承14、14賦予定壓預壓。

自由側軸承14、14中，外輪23、23內嵌於軸承套筒16，內輪24、24外嵌於旋轉軸12、且旋轉自如地支承旋轉軸12之後端側。自由側軸承14、14之外輪23、23係隔著外隔圈25而由軸承套筒16之階部16a與外輪按壓件17之圓環狀凸部17a夾持並相對於軸承套筒16定位於軸向。內輪24、24係隔著內隔圈26而由旋轉軸12之後側階部12b與螺合於旋轉軸12之螺母27而夾持並相對於旋轉軸12定位於軸向。

如圖2及圖3所示，於軸承套筒16之外周面16b，複數個環狀槽41排列形成於軸向。於鄰接之環狀槽41之間，沿著軸向形成有狹縫42且使鄰接之環狀槽41彼此連通。狹縫42之相位較理想的是以相差180°之相位交替地配置。環狀槽41及狹縫42係藉由將軸承套筒16嵌合於後外殼33之內周面33a，而於彼此對向之軸承套筒16之外周面與後外殼33之內周面33a之間形成冷卻路徑40。於該冷卻路徑40中流動冷卻油等

冷媒。藉由使狹縫42之相位以 180° 而不同，而使環狀槽41內之冷媒之沈澱變少，從而冷媒之流動變得均勻。再者，狹縫42之相位並不限定於 180° ，可以冷媒能順利地流動之任意之相位設置。

又，冷卻路徑40的供給冷媒之供給路徑57之供給口51係以朝向最靠近內置馬達37側之環狀槽41開口之方式形成，排出冷媒之排出路徑58之排出口52係朝向最遠離內置馬達37之環狀槽41開口，以與供給口51相差 180° 之相位而設置。而且，自未圖示之泵壓送之冷媒自供給口51供給且於冷卻路徑40內流動並冷卻之後，自排出口52排出。藉由自接近內置馬達37之環狀槽41供給冷媒，可利用更低溫之冷媒來使產生熱量較大之、即溫度容易變高之部分冷卻，從而使得能有效率地進行冷卻。又，藉由將供給口51與排出口52配置為 180° 相位，而使冷卻路徑40成為對稱配置，從而可均勻地冷卻。再者，供給口51與排出口52之相位差可根據周邊零件之配置而任意地變更，例如，亦可為相同相位。

又，本實施形態中，供給口51與排出口52係設置為與狹縫42之相位相差 90° 之相位，但與狹縫42之相位差亦可任意地變更，亦可為與狹縫42之相位相同相位。

又，於軸承套筒16之外周面16b，於較冷卻路徑40靠軸向外側的位置形成有一對環狀凹槽44。於環狀凹槽44安裝有作為彈性構件之O形環45，將後外殼33之內周面33a與軸承套筒16之嵌合部密封。O形環45之壓縮量較佳為 $0.1\text{ mm} \sim 2.0\text{ mm}$ 之範圍，為了更容易地消除軸承套筒16之滑動不良，較理想的是設為 $0.2\text{ mm} \sim 0.5\text{ mm}$ 之範圍。又，軸承套筒16與後外殼33之嵌合間隙較佳為使直徑尺寸之差、即由後外殼33之內徑－軸承套筒16之外徑所示的尺寸處於 $5\text{ }\mu\text{m} \sim 100\text{ }\mu\text{m}$ 之範圍，為了容易地消除因間隙不足或軸承套筒16之傾斜而引起的滑動不良，較理想的是設為 $15\text{ }\mu\text{m} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 之範圍。

作為O形環45之材料，除了一般的腈橡膠或丙烯酸系橡膠等以外，可根據需要而選定具有與馬達內置主軸之發熱對應之耐熱性的矽橡膠或各種彈性體，或者具有與冷媒對應之耐膨潤性、耐油性的氟橡膠等。再者，本實施形態中之軸承套筒16與後外殼33之滑動量係避開由加工荷重所引起之變形或主軸之熱的軸向之膨脹之程度的移位，故而充其量為 ± 0.5 mm以下，最多為 ± 1 mm以下。因此，較理想的是選定令安裝於可動汽缸部之活塞環顯現出的、因較大且較快之衝程引起之滑動磨損所致的密封性降低的問題較小、且經年變化(熱或初始之過盈嵌合)下之耐蠕變特性優異之材料。

如圖1所示，於主軸裝置10具備冷卻固定側軸承13、13之冷卻路徑30、冷卻內置馬達37之定子38的冷卻路徑28、及冷卻自由側軸承14、14之冷卻路徑40該等複數個冷卻路徑之情形時，作為自由側軸承14、14之最佳冷卻方式，較佳為冷卻裝置(未圖示)亦以與其他冷卻路徑28、30不同之系統設置，獨立配設為用於冷卻路徑40。藉此，冷媒之溫度調整可於不受其他冷卻路徑28、30之狀況影響之情況下進行。

然而，於實用上困難之情形時，亦可使冷卻裝置不獨立，而僅使冷卻路徑40獨立。於該情形時，於向冷卻路徑40之供給側配管之某處設置節流閥，控制冷媒之供給量，藉此可調整最佳之冷卻條件。

再者，於設為1個路徑冷卻構成之情形時，若設為首先使冷媒通過將具有發熱量較大之傾向之定子38冷卻的冷卻路徑28之後、使其於將自由側軸承14、14冷卻之冷卻路徑40中循環的路徑構成，則使主軸裝置10整體之溫度更有效率地降低。又，於欲使自由側軸承14、14之溫度更有效率地冷卻之情形時，只要設為與上述相反之路徑構成，使更低溫之冷媒先於冷卻路徑40中循環即可，可根據需要選擇。

如以上所說明，根據本實施形態之主軸裝置10，於軸承套筒16之外周面16b與後外殼33之內周面33a之間，形成有冷媒可流動之冷卻

路徑40，冷卻路徑40具備：複數個環狀槽41，其等形成於軸承套筒16之外周面16b，且分別排列於軸向；及狹縫42，其於鄰接之環狀槽41間形成有至少1處，且使鄰接之環狀槽41彼此連通；故而可將供自由側軸承14、14內嵌之軸承套筒16直接冷卻，從而可有效地冷卻自由側軸承14、14。藉此，自由側軸承14、14之內部溫度下降，於旋轉中之滾動接觸部或保持器導引面等處不易因黏度降低而引起潤滑油膜中斷，能防止因潤滑不良所引起之壽命降低或自由側軸承14、14之燒附。

又，由於將後外殼33與軸承套筒16之兩個構件同時冷卻，故而兩個構件之半徑方向收縮量均勻，滑動部之間隙(後外殼33與軸承套筒16之間隙)不會堵塞，可防止因間隙不足所引起滑動不良。進而，環狀槽41內之冷媒之流動變得順利，將軸承套筒16整體均勻地冷卻，藉此不會產生因冷卻所引起之變形應變。其結果，內嵌之自由側軸承14、14亦不會產生應變，旋轉軸12之旋轉精度可維持為高精度，主軸裝置10之加工精度良好。

又，滑動部由於始終循環有冷卻油，故而摩擦係數亦較小，亦具有滑動性進一步提高之效果。亦存在於滑動部配置球導件(球襯套)等、且藉由滾動作用而使滾動性良好的方法，但由於剛性降低故而會產生如下不良情況，即產生振動、或主軸之固有振動數降低等。另一方面，為了提高剛性，若使預壓間隙(即，外殼內徑、球、套筒外徑間之徑向間隙)變大，則相反地，與由滑溜所引起之滑動相比，會產生滑動性變差之問題。

又，於由於重切削加工中等有時產生之顫動振動等，而於後外殼33與軸承套筒16間產生初始之微振磨損摩耗粉之情形時，即便如此冷媒亦將微磨耗粉向外部運去，故而可抑制磨損粉成為助劑而導致微振磨損進展。

又，供給冷媒之供給口51朝向位於軸向一端側之環狀槽41開口，排出冷媒之排出口52朝向位於軸向另一端側之環狀槽41開口，故而環狀槽41內之冷媒之流動變得順利，可將軸承套筒16整體均勻地冷卻。藉此，可維持較高之旋轉精度。

進而，於冷卻路徑40之軸向兩側，配設有將軸承套筒16之外周面16b與後外殼33之內周面33a之間液密性地密封的O形環45，故而可防止冷媒之洩漏，並且藉由O形環45之彈性而使主軸裝置10之衰減特性提高，尤其亦有助於對難削材之加工特性賦予影響之動態剛性度(dynamic rigidity)的提高。又，於滑動部流動之冷媒之阻尼效應所引起之衰減作用亦增加。

再者，於上述實施形態中，如圖4所示，環狀槽41藉由底面41a與側壁面41b而形成為矩形之剖面形狀。該矩形剖面形狀之環狀槽41之槽寬度B及深度T之大小可適當選擇。

若設為 $B > T$ ，則環狀槽41之半徑方向深度較淺，故而可確保軸承套筒16之直徑方向厚度，故而可使套筒剛性變大。此種形狀適用於注重套筒之加工精度提高之情形時或提高主軸之剛性之情形時等。又，若設為 $B < T$ ，則環狀槽41之半徑方向深度較深，故而環狀槽41接近軸承而形成，可將軸承附近更有效地冷卻，從而可提高冷卻效率。此種形狀適用於注重主軸之冷卻特性提高之情形時。若設為 $B = T$ ，則可以良好的平衡性同時實現上述效果。

又，環狀槽41之剖面形狀除了矩形以外亦可為圖5A～圖5C所示之各種形狀。例如，如圖5A及圖5B所示，環狀槽41之側壁面41b亦可相對於與軸向正交之方向，即半徑方向而傾斜地形成。

具體而言，圖5A所示之軸承套筒16之環狀槽41成為槽寬度B隨著朝向軸承套筒16之外周面16b而變大的梯形槽。即，就梯形狀之環狀槽41而言，環狀槽41之剖面形狀中，底面41a與側壁面41b所成之角度

為鈍角(θ_1)，故而不會與後外殼33之內周面33a產生干涉，從而滑動性提高。又，圖5B所示之軸承套筒16之環狀槽41成為槽寬度B隨著朝向軸承套筒16之外周面16b而變小的所謂鳩尾槽。即，就鳩尾槽之環狀槽41而言，環狀槽41之剖面形狀中，底面41a與側壁面41b所成之角度為銳角(θ_2)，故而接近作為發熱源之自由側軸承14、14之部分之表面積較大，可將自由側軸承14、14之熱有效率地傳遞至冷媒，從而冷卻性能提高。

又，圖5C所示之軸承套筒16之環狀槽41係曲率半徑為R之剖面半圓形，故而可利用圓形狀之車刀進行加工，且加工時車刀之磨損較少，從而可提高加工性。

又，如圖6所示，亦可於軸承套筒16之外周面16b之兩端緣部形成有倒角部43。倒角部43相對於外周面16b之角度 θ_3 較佳為 $3\sim 45^\circ$ ，更佳為 $3\sim 30^\circ$ 。藉此，即便軸承套筒16於後外殼33內傾斜，亦可防止與後外殼33之內周面33a產生干涉，從而確保滑動性。

又，如圖7所示，若除了軸承套筒16之兩端緣部之倒角部43以外，亦於環狀槽41之肩部形成倒角部46，則可進一步防止與後外殼33之內周面33a產生干涉，從而維持滑動性。環狀槽41之肩部之倒角角度 θ_4 為 $3\sim 45^\circ$ ，更佳為 $3\sim 30^\circ$ 。

(第2實施形態)

其次，參照圖8及圖9，對本發明之主軸裝置之第2實施形態進行說明。再者，本實施形態之主軸裝置除了環狀槽設置於後外殼之內周面以外，其他均與第1實施形態相同，故而對與第1實施形態相同或同等部分於圖式中標註相同符號並將其說明省略或者簡化。又，僅圖示自由側軸承附近而進行說明。

如圖8及圖9所示，於後外殼33之內周面33a，複數個環狀槽47排列形成於軸向。於鄰接之環狀槽47間，狹縫48形成於軸向而使鄰接之

環狀槽47彼此連通。狹縫48之相位較理想的是以相差 180° 之相位交替地配置。就環狀槽47及狹縫48而言，藉由將軸承套筒16嵌合於後外殼33之內周面33a，而使該外殼33之內周面33a與軸承套筒16之外周面16b之間形成冷媒流動之冷卻路徑49。

再者，供給口51與排出口52係以成為與任一個狹縫42相同相位之方式設置，但於本實施形態中，亦可任意地設定其等與狹縫42之相位差。

又，於後外殼33之內周面33a，於較冷卻路徑49靠軸向外側的位置形成有一對環狀凹槽50。於環狀凹槽50安裝有作為彈性構件之O形環45，而將後外殼33之內周面33a與軸承套筒16之嵌合部密封。

因此，於本實施形態之主軸裝置10中，亦於軸承套筒16之外周面16b與後外殼33之內周面33a之間形成冷媒可流動之冷卻路徑49。冷卻路徑49具備：複數個環狀槽47，其等形成於後外殼33之內周面33a，且分別排列於軸向；及狹縫48，其於鄰接之環狀槽47間形成有至少1處，且使鄰接之環狀槽47彼此連通。因此，可發揮與上述第1實施形態相同之效果。

關於其他構成及作用效果，亦與上述第1實施形態相同。

再者，於本實施形態中，環狀槽47之剖面形狀或後外殼33之內周面33a之兩端緣部之形狀亦可同樣採用第1實施形態之環狀槽41之剖面形狀或軸承套筒16之外周面16b之兩端緣部之形狀。

即，亦可於後外殼33之內周面33a之兩端緣部形成倒角部，又，複數個環狀槽47之側壁面亦可相對於與軸向正交之方向而傾斜地形成。

再者，本發明並不限定於上述各實施形態，可適當進行變化、改良等。

例如，上述實施形態中，對於固定側軸承與自由側軸承間藉由

定壓預壓而賦予預壓之主軸裝置進行了說明，但並不限定於此，亦可適用於對固定側軸承與自由側軸承分別進行定位預壓之主軸裝置，且可獲得相同之效果。因此，作為自由側軸承，並不限定於角接觸滾珠軸承，亦可適用圓柱滾子軸承等其他滾動軸承。

實施例

此處，使用於軸承套筒16之外周面設置有冷卻路徑之本發明(第1實施形態)之冷卻構造、於後外殼之外周面設置有冷卻路徑之圖12所示之冷卻構造、以及於軸承套筒及後外殼均不設置冷卻路徑的無冷卻之構造，比較自軸承套筒內徑至外殼外徑為止之溫度上升值。圖10係將冷卻構造之差異所引起之、自軸承套筒內徑至外殼外徑為止之溫度上升值進行比較的圖表。

自圖10明確可知，就因各冷卻構造所引起之溫度上升而言，於軸承套筒16之外周面設置有冷卻路徑40之本發明之冷卻構造之溫度上升值最小，能以高效率冷卻主軸裝置10。又，與圖12所示之外筒冷卻構造相比，外殼內徑(套筒內嵌部)與軸承套筒之溫度上升值之差亦極小，可使因熱膨脹差所引起之滑動部之嵌合間隙之減少變小，可維持良好之滑動特性。

詳細而言，關於軸承套筒與外殼內徑之溫度差，與圖12所示之外筒冷卻構造之情形時之 8.5°C 相比，本發明之構成中則為 2.2°C ，存在約 6°C 之優勢差。假設於滑動部(=套筒外徑尺寸)為 $\phi 150\text{ mm}$ 之情形時，若將軸承套筒與外殼(碳鋼)之線膨脹係數設為 11.5×10^{-6} ，則兩者之熱膨脹量之差成為

$$11.5 \times 10^{-6} (/^{\circ}\text{C}) \times 150 (\text{mm}) \times 6 (^{\circ}\text{C}) = 0.010 (\text{mm})。$$

即，於本發明之構成之情形時，即便使滑動部之設定間隙較先前構造(外筒冷卻)中之適當設定間隙小 $10\text{ }\mu\text{m}$ ，亦可維持良好之滑動特性。其結果，於軸承溫度上升比較低、滑動部之溫度差較小之、低

速旋轉之重切削加工時，先前構造中，會產生因滑動部之間隙過剩所引起之剛性不足或產生振動及擦蝕不良，但本發明之構成中獲得可防止該等情況之效果。

又，由於軸承套筒之溫度亦低，約為11℃，故而軸承溫度亦變低，從而可維持潤滑劑之基油黏度，滾動接觸部之油膜形成亦良好。就脂油潤滑而言，基油亦不易與增稠劑分離(離油)，潤滑油向軸承外部之流出亦變少，從而亦可實現潤滑油壽命之延長化。

本申請案係基於2014年2月28日申請之日本專利申請案(日本專利特願2014-39261)、及2014年8月27日申請之日本專利申請案(日本專利特願2014-173221)而完成，其內容係以參照之形式併入本文中。

【符號說明】

10	主軸裝置
11	外殼
12	旋轉軸
12a	前側階部
12b	後側階部
13	固定側軸承
14	自由側軸承
15	套筒
16	軸承套筒(套筒)
16a	階部
16b	套筒之外周面
17	外輪按壓件
17a	圓環狀凸部
18	外輪
19	內輪

20	外隔圈
21	內隔圈
22	螺母
23	外輪
24	內輪
25	外隔圈
26	內隔圈
27	螺母
28	冷卻路徑
29	套筒
29a	槽
30	冷卻路徑
31	外殼本體
31a	內周面
31b	內周面
32	前外殼
32a	階部
32b	槽
33	後外殼(外殼)
33a	外殼之內周面
34	前蓋
36	後蓋
37	內置馬達
38	定子
39	轉子
40	冷卻路徑

41	環狀槽
41a	底面
41b	側壁面
42	狹縫
43	倒角部
44	環狀凹槽
45	O形環(彈性構件)
47	環狀槽
48	狹縫
49	冷卻路徑
50	環狀凹槽
51	供給口
52	排出口
55	彈簧室
56	盤簧
57	供給路徑
58	排出路徑
100	冷卻裝置
101	主軸
102、103	前側軸承
104	前外殼
105	圓周方向槽
106	另一外殼
110	冷卻裝置
112、113	自由側軸承
114	套筒

115	後外殼
116	圓周方向槽
117	另一外殼
B	槽寬度
R	曲率半徑
T	深度

申請專利範圍

1. 一種主軸裝置，其特徵在於具有：

外殼；

旋轉軸，其相對於該外殼而自如地相對旋轉；

固定側軸承，其內輪外嵌於上述旋轉軸之一端側，外輪固定於上述外殼；

套筒，其於上述旋轉軸之另一端側配置於上述外殼內，且可沿上述旋轉軸之軸向移動；及

自由側軸承，其內輪外嵌於上述旋轉軸之另一端側，外輪內嵌於上述套筒；且該主軸裝置中，

於彼此對向之上述套筒之外周面與上述外殼之內周面之間，形成有冷媒可流動之冷卻路徑，

上述冷卻路徑具備：複數個環狀槽，其等形成於上述套筒之外周面或上述外殼之內周面，且分別排列於軸向；及狹縫，其於鄰接之上述環狀槽間形成有至少1處，且使鄰接之上述環狀槽彼此連通。

2. 如請求項1之主軸裝置，其中供給上述冷媒之供給口朝向位於軸向一端側之上述環狀槽開口，排出上述冷媒之排出口朝向位於軸向另一端側之上述環狀槽開口。
3. 如請求項1或2之主軸裝置，其中於上述冷卻路徑之軸向兩側，配設有將上述套筒之外周面與上述外殼之內周面之間液密性地密封的環狀之彈性構件。
4. 如請求項1或2之主軸裝置，其中於上述套筒之外周面之兩端緣部、或上述外殼之內周面之兩端緣部形成有倒角部。

5. 如請求項3中之主軸裝置，其中於上述套筒之外周面之兩端緣部、或上述外殼之內周面之兩端緣部形成有倒角部。
6. 如請求項1或2之主軸裝置，其中上述環狀槽之側壁面相對於與上述軸向正交之方向係傾斜地形成。
7. 如請求項3之主軸裝置，其中上述環狀槽之側壁面相對於與上述軸向正交之方向係傾斜地形成。
8. 如請求項4之主軸裝置，其中上述環狀槽之側壁面相對於與上述軸向正交之方向係傾斜地形成。
9. 如請求項5之主軸裝置，其中上述環狀槽之側壁面相對於與上述軸向正交之方向係傾斜地形成。

圖式

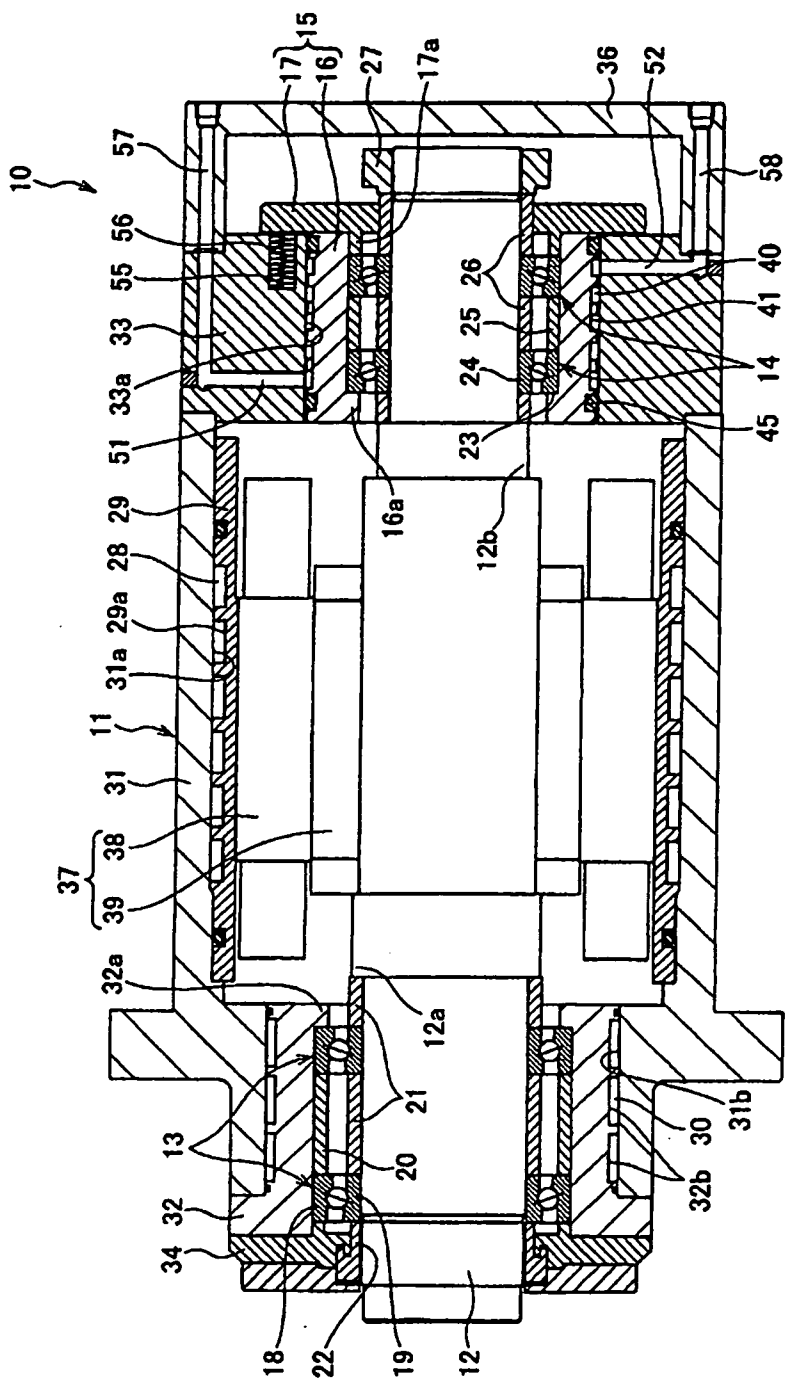


圖1

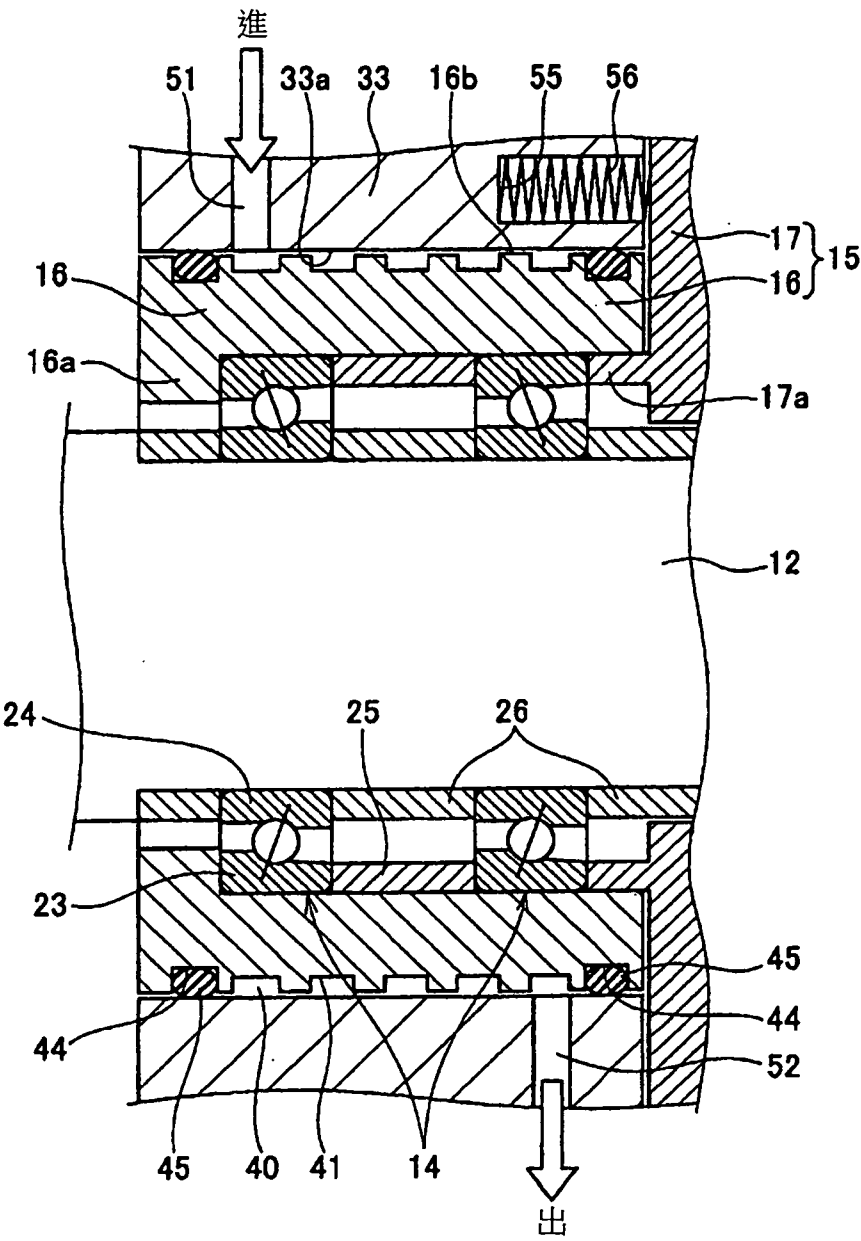


圖2

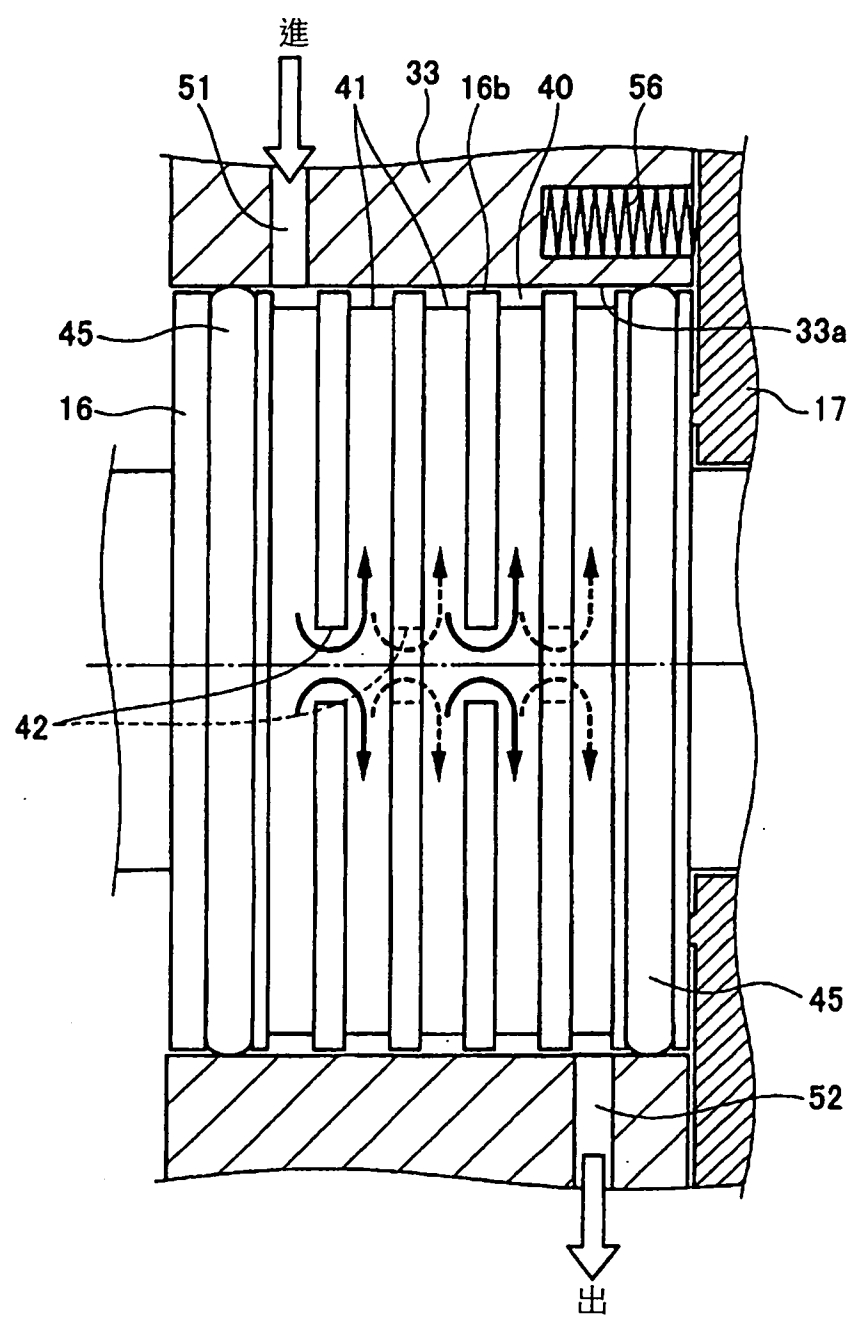


圖3

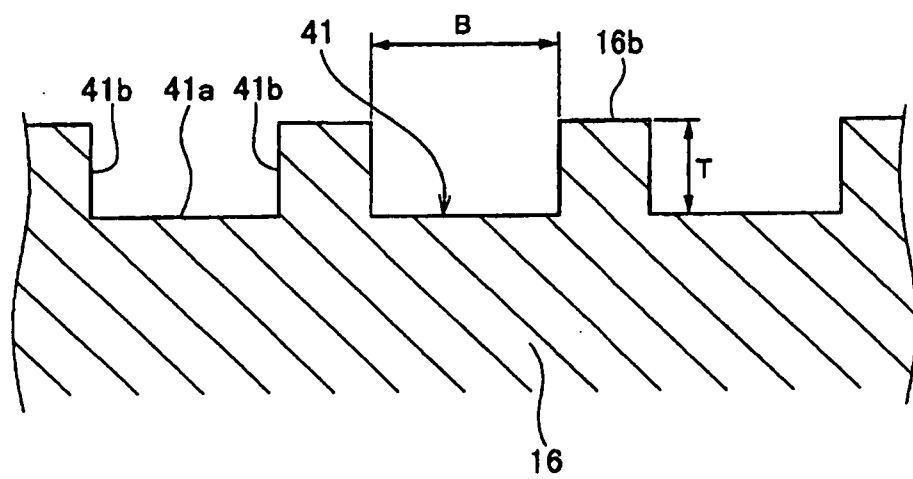


圖4

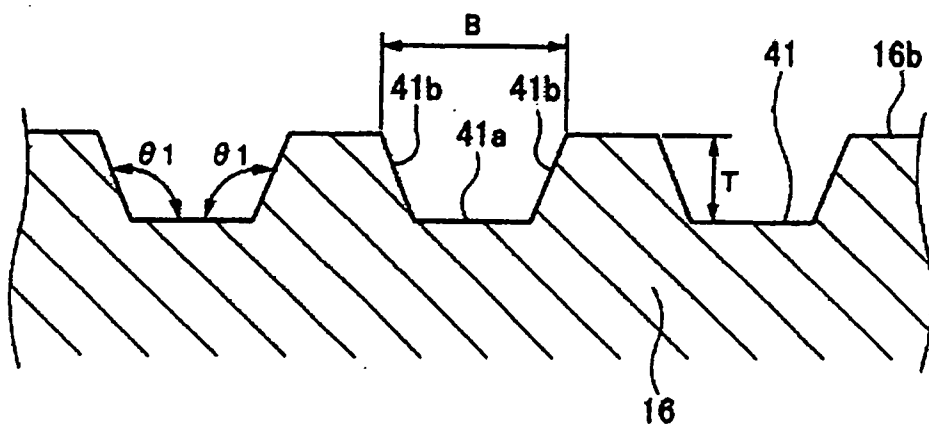


圖5A

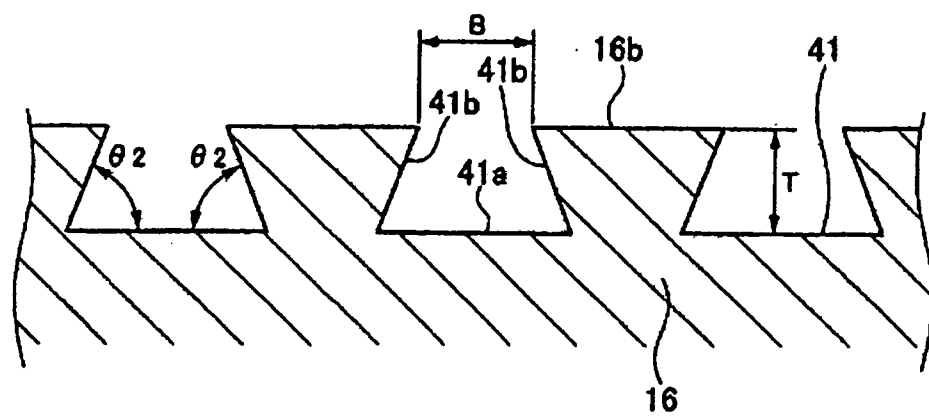


圖5B

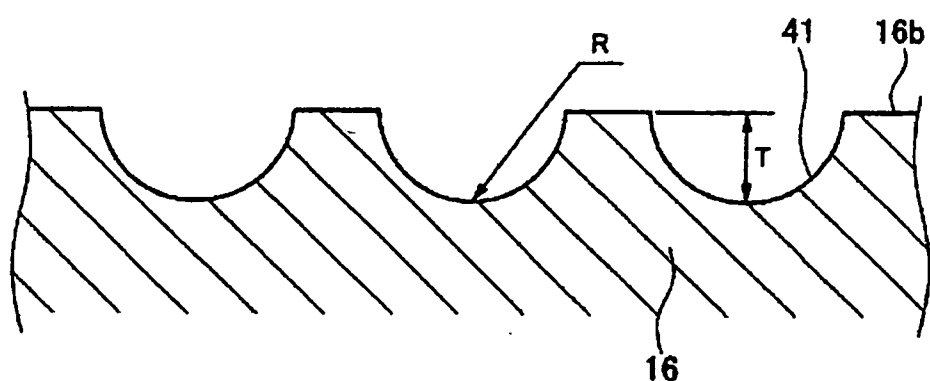


圖5C

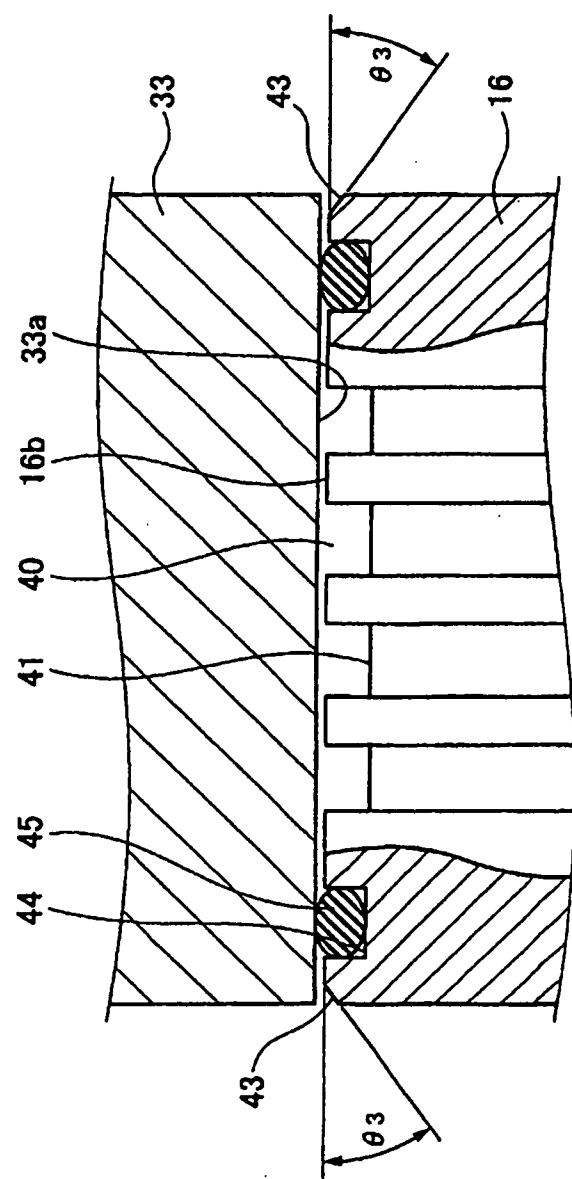


圖6

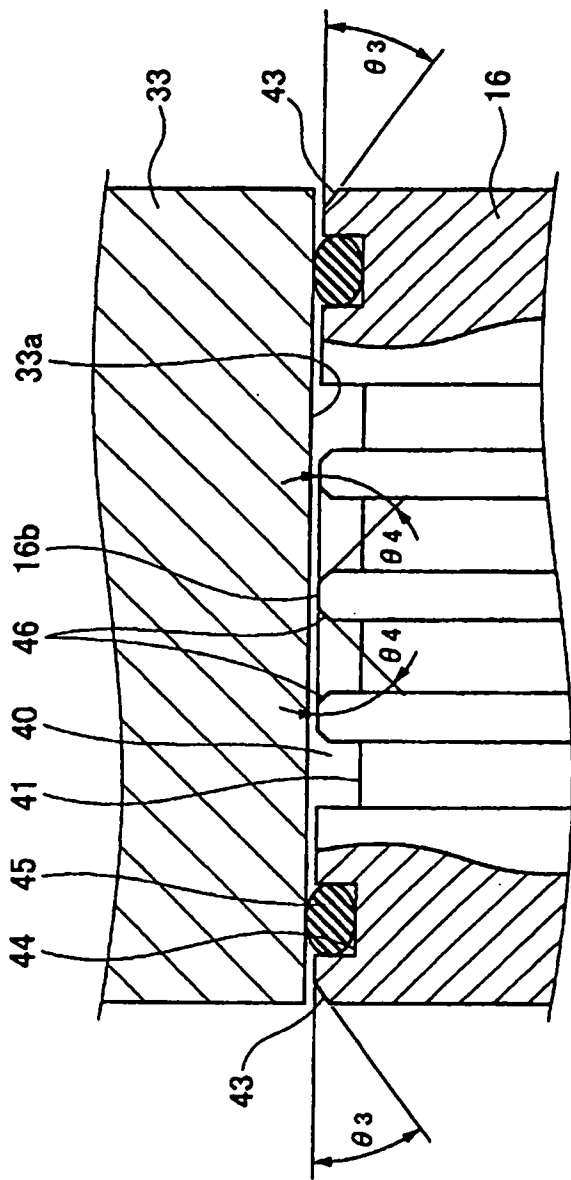


圖7

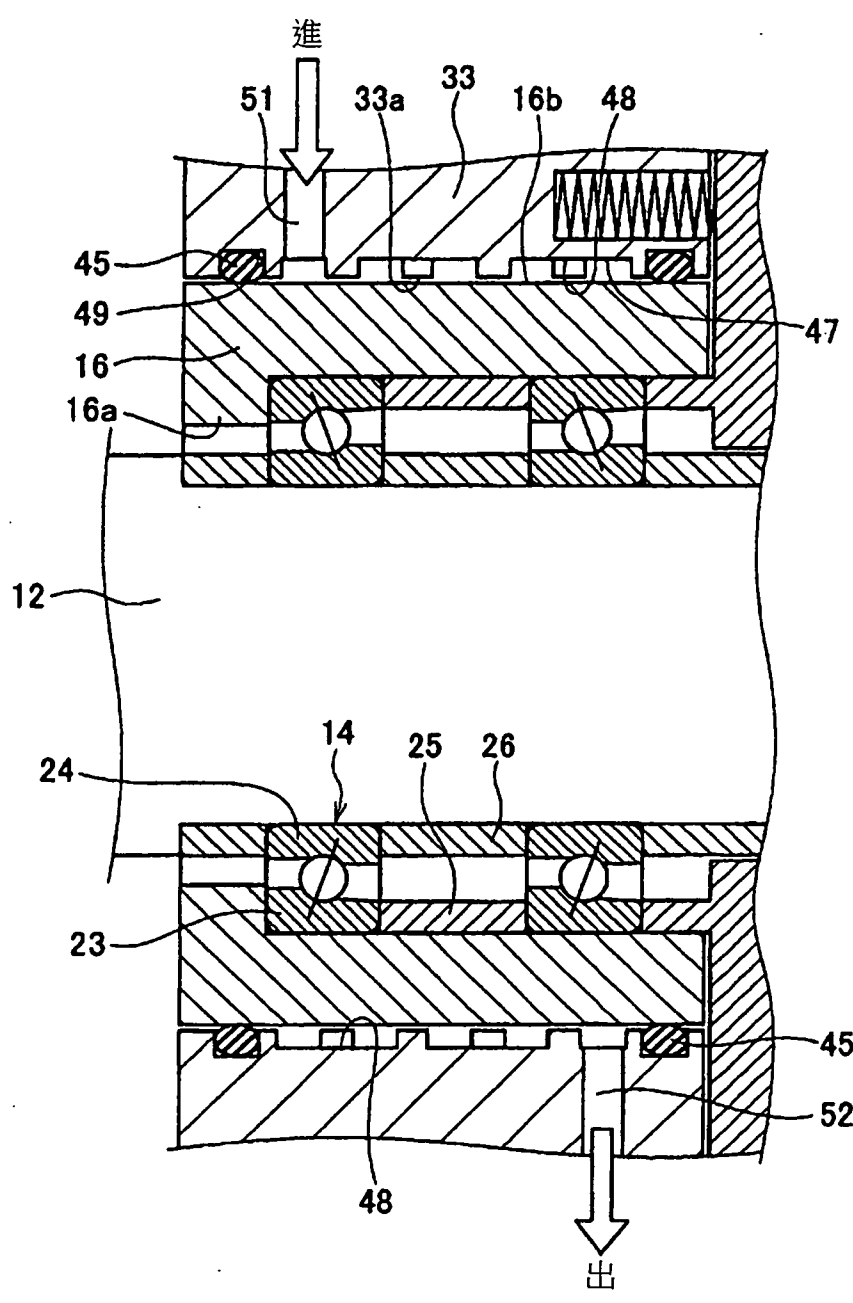


圖8

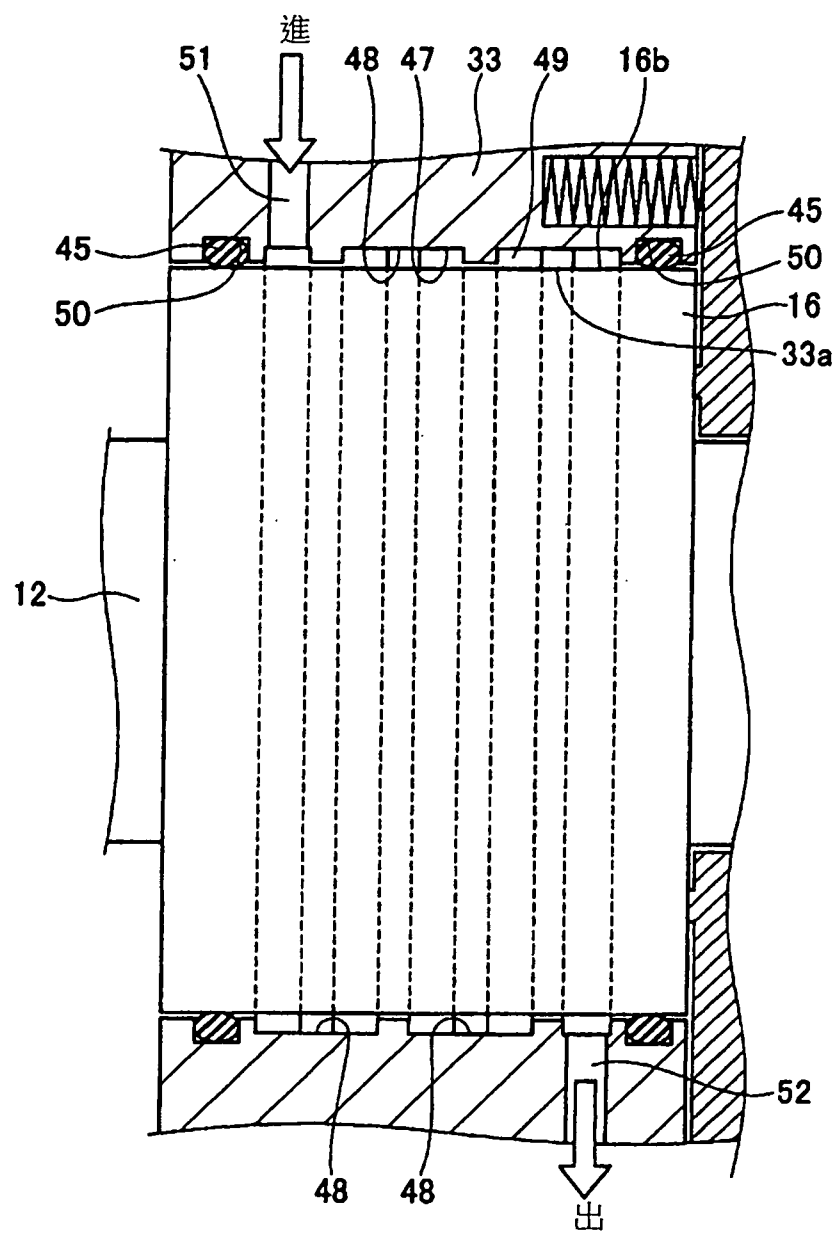


圖9

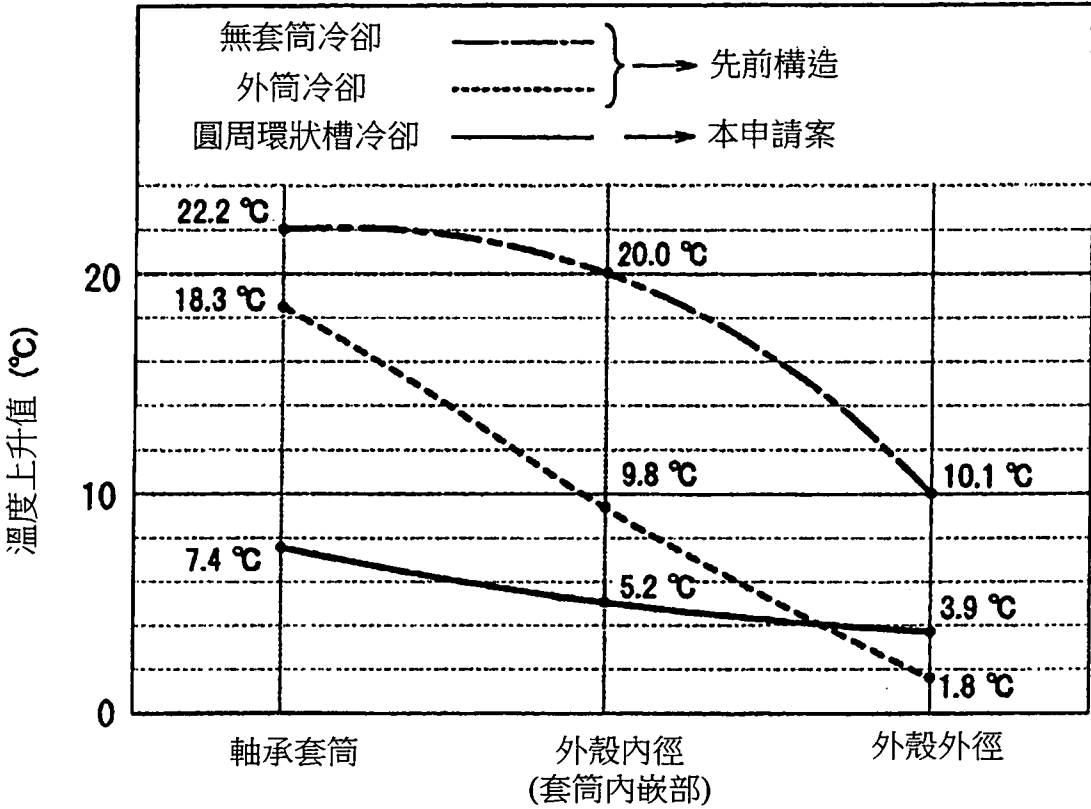


圖10

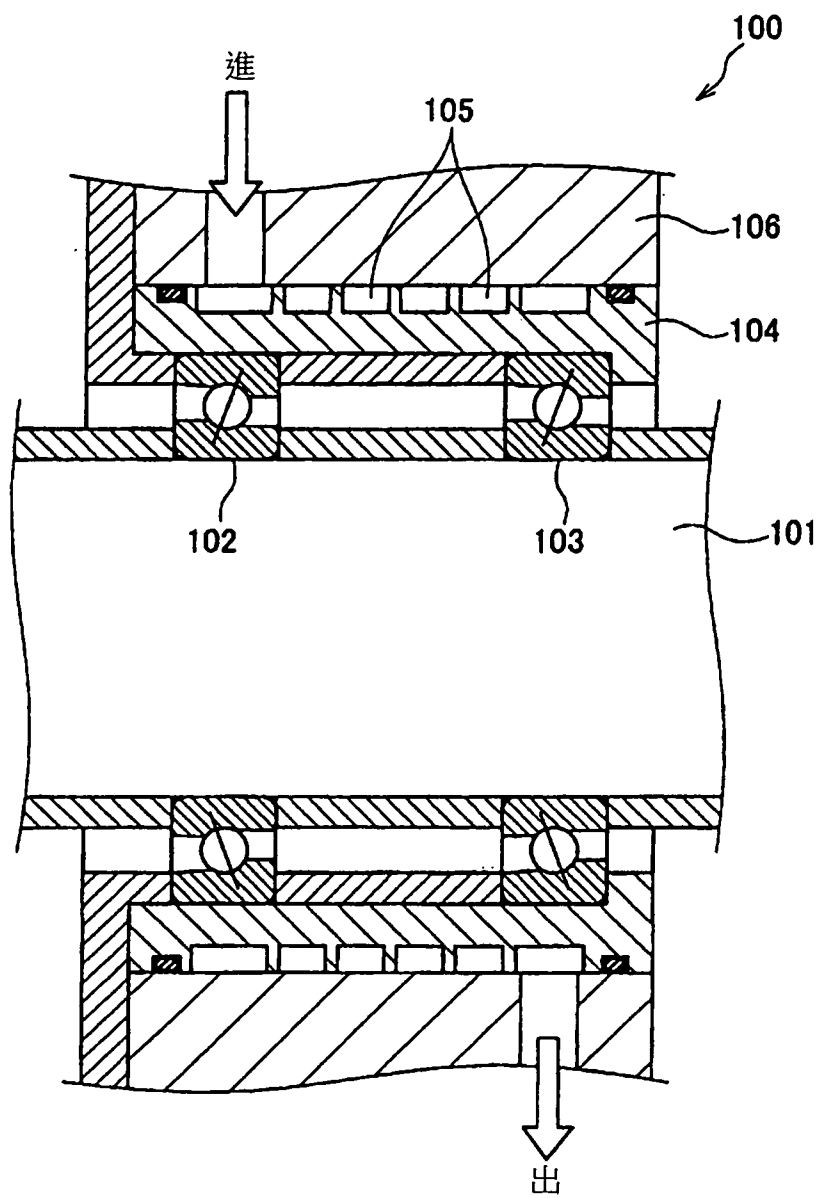


圖11

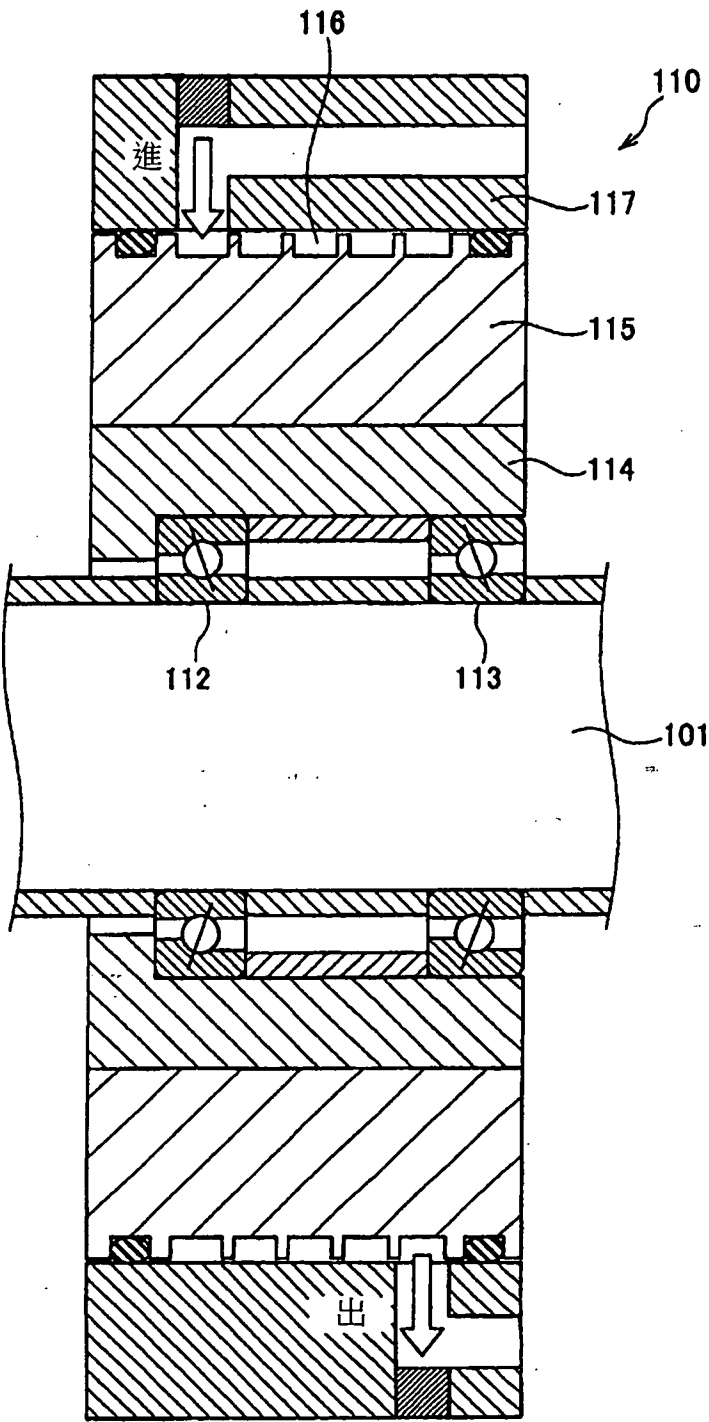


圖12