

(21) 申請案號：112102485

(22) 申請日：中華民國 112 (2023) 年 01 月 19 日

(51) Int. Cl. : A61M60/135 (2021.01)

(30) 優先權：2022/01/28 歐洲專利局 22 153 924.0

(71) 申請人：德商阿比奧梅德歐洲有限公司 (德國) ABIOMED EUROPE GMBH (DE)  
德國(72) 發明人：科克霍夫 沃夫岡 KERKHOFFS, WOLFGANG (NL)；科斯里茲 艾倫  
KEYSSELITZ, ELLEN (DE)；博寧 菲特 BOEHNING, FIETE (DE)；格羅斯哈特  
薩沙 GROSS-HARDT, SASCHA (DE)

(74) 代理人：黃志揚

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：15 項 圖式數：24 共 0 頁

(54) 名稱

血液泵

(57) 摘要

本發明係關於血液泵(10)，具體而言係血管內血管泵。該血液泵(10)包含一泵殼體(12)，該泵殼體具有藉由一通路(18)連接的一血流入口(14)及一血流出口(16)；一葉輪(20)，其設置於該泵殼體(12)中；一驅動單元(26)，其被配置為驅動該葉輪(20)；及一軸承配置(40, 42)，其可旋轉地支撐該葉輪(20)，其中該軸承配置(40, 42)包含至少一樞軸軸承(40)。

The present invention relates to a blood pump (10), in particular intravascular blood pump. The blood pump (10) comprises a pump housing (12) having a blood flow inlet (14) and a blood flow outlet (16) connected by a passage (18), an impeller (20) disposed in said pump housing (12), a drive unit (26) configured to drive the impeller (20), and a bearing arrangement (40, 42) rotatably supporting the impeller (20), wherein the bearing arrangement (40, 42) comprises at least one pivot bearing (40).

指定代表圖：

符號簡單說明：

10: 血液泵

12: 泵殼體

18: 通路

20: 葉輪

22: 驅動單元外殼

24: 葉輪外殼

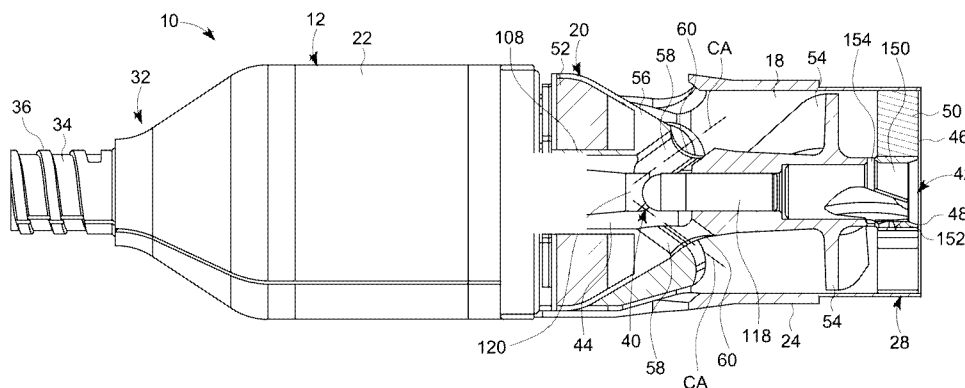
28: 套管附接部分

32: 導管附接部分

34: 管狀部分

36: 螺紋結構

40: 軸承配置/樞軸軸承



【圖5】

42:軸承配置/徑向軸承

44:軸承容納部分

46:冠部

48:冠部之中心管狀部分

50:連接臂

52:磁體

54:主要葉片

56:主體

58:開口

60:入口/開口

108:突起銷

118:第一樞軸軸承構件

120:第二樞軸軸承構件

150:第一徑向軸承構件

152:第二徑向軸承構件

154:軸環

CA:中心軸

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】 血液泵

【英文發明名稱】 BLOOD PUMP

【中文】

本發明係關於血液泵(10)，具體而言係血管內血管泵。該血液泵(10)包含一泵殼體(12)，該泵殼體具有藉由一通路(18)連接的一血流入口(14)及一血流出口(16)；一葉輪(20)，其設置於該泵殼體(12)中；一驅動單元(26)，其被配置為驅動該葉輪(20)；及一軸承配置(40, 42)，其可旋轉地支撐該葉輪(20)，其中該軸承配置(40, 42)包含至少一樞軸軸承(40)。

【英文】

The present invention relates to a blood pump (10), in particular intravascular blood pump. The blood pump (10) comprises a pump housing (12) having a blood flow inlet (14) and a blood flow outlet (16) connected by a passage (18), an impeller (20) disposed in said pump housing (12), a drive unit (26) configured to drive the impeller (20), and a bearing arrangement (40, 42) rotatably supporting the impeller (20), wherein the bearing arrangement (40, 42) comprises at least one pivot bearing (40).

【指定代表圖】 圖5

【代表圖之符號簡單說明】

10:血液泵

12:泵殼體

18:通路

20:葉輪

22:驅動單元外殼

24:葉輪外殼

28:套管附接部分

32:導管附接部分

34:管狀部分

36:螺紋結構

40:軸承配置/樞軸軸承

42:軸承配置/徑向軸承

44:軸承容納部分

46:冠部

48:冠部之中心管狀部分

50:連接臂

52:磁體

54:主要葉片

56:主體

58:開口

60:入口/開口

108:突起銷

118:第一樞軸軸承構件

120:第二樞軸軸承構件

150:第一徑向軸承構件

152:第二徑向軸承構件

154:軸環

CA:中心軸

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】 血液泵

【英文發明名稱】 BLOOD PUMP

【技術領域】

【0001】 本發明係關於血液泵。具體而言，本發明係關於血管內血液泵，用於經皮插入至患者之血管中，以支持患者之血管中之血流。血液泵亦可係心內血液泵或任何其他種類的心室輔助裝置。

【先前技術】

【0002】 各種血液泵係先前技術中已知的，例如軸向血液泵、離心式(亦即，徑向)血液泵、或混合型血液泵，其中該血流藉由軸向力以及藉由徑向力引起。此類血液泵可引入患者之心臟中，以支持自心臟至動脈(例如，主動脈)中之血流。血液泵可在心臟程序期間透過血管系統經皮引入，諸如藉由導管插入程序。在已置放血液泵之後，藉由血液泵將血液自左心室卸載至主動脈中，以恢復適當的全身性血流。因此，血液泵通常包含一泵殼體，該泵殼體具有藉由一通路連接的一血流入口及一血流出口；一泵元件，其係葉輪之形式，設置於該泵殼體中；及一驅動單元，其被配置為驅動該葉輪。從例如WO 2021/043776 A1已知對應之血液泵。

【0003】 WO 2021/043776 A1中所揭示之血液泵包含被配置為以無接觸的方式驅動葉輪之驅動單元。因此，該葉輪磁性地耦接至一定子，因為該葉輪包含與該定子中的電磁化區域相鄰設置的磁體。基於該葉輪之磁體與該定子中

之磁化區域之間的吸引力，旋轉可傳輸至該葉輪。具體而言，在定子內建立旋轉磁場，其旋轉葉輪，因為控制單元以受控方式施加適當電壓至定子。

**【0004】** 為了最小化在葉輪旋轉期間的摩擦損失，且允許安全的徑向運行，葉輪經由軸承在間隔開的點處支撐。此外，軸承需要被配置為允許由例如血液粒子之凝塊或沈積所導致之離同心的某些偏差。所使用之軸承因此被配置為大幅最小化血液粒子之黏著性，進一步考慮軸承之預期壽命。

**【0005】** 就此而言，進一步必須考慮血液泵可能在患者內置放數週或數月，而葉輪一般以超過10.000 rpm及至多30.000 rpm之峰值連續旋轉。因此，軸承經受高負載且血液粒子可進一步損害軸承之正確功能。因此，本發明之目的在於提供改良之軸承配置。

#### **【發明內容】**

**【0006】** 根據本發明之血液泵可對應於前述血液泵。因此，血液泵可係血管內血液泵或心內血液泵。根據第一態樣，血液泵包含一泵殼體，其具有藉由一通路連接的一血流入口及一血流出口；一泵元件，具體而言係一葉輪；及一驅動單元，其被配置為驅動該葉輪。該葉輪設置於該泵殼體。該血液泵進一步包含一軸承配置，其可旋轉地支撐該葉輪。該軸承配置包含至少一樞軸軸承。該樞軸軸承允許在該葉輪旋轉期間相對於泵殼體離同心的某些偏差。

**【0007】** 較佳地，樞軸軸承包含第一樞軸軸承構件及第二樞軸軸承構件。該第一樞軸軸承構件相對於該第二樞軸軸承構件可樞轉，其中該第一樞軸軸承構件包含一第一抵接部分，且其中該第二樞軸軸承構件包含一第二抵接部分。該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分至少部分地接觸該第二樞軸軸承構

件的該第二抵接部分。該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分可係一第一接觸部分。該第二樞軸軸承構件的該第二抵接部分可係一第二接觸部分。該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分與該第二樞軸軸承構件的該第二抵接部分之間的接觸較佳係一點接觸。點接觸在葉輪旋轉期間降低整體磨損及機械應力。在此連接中，必須提及，如本文所使用之用語「至少部分地(at least partially)」或「部分地(partially)」係分別指部分及完全地或全面地兩者。

**【0008】** 較佳地，該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分包含一球形部分。第二樞軸軸承構件之第二抵接部分可包含第一球形帽，且球形部分可抵接或接觸第一球形帽。第一球形帽可係第一半球帽。球形部分可包含凸形表面，且第一球形帽可包含凹形表面。包含球形部分及第一球形帽之樞軸軸承在葉輪旋轉期間平滑地運行，且進一步自置中，因為其重心在葉輪之旋轉軸上。

**【0009】** 較佳地，該球形部分具有一第一半徑，且該第一球形帽具有一第二半徑，第二半徑可大於第一半徑。此進一步增強樞軸軸承之自置中能力。此外，建立球形部分與第一球形帽之間的點接觸。

**【0010】** 較佳地，第一樞軸軸承構件包含支撐元件及球，其中該球可抵接該支撐元件。該球包含該球形部分。球可與支撐元件分離或可與支撐元件一體形成。因此，第一樞軸軸承構件容易製造。

**【0011】** 較佳地，支撐元件包含具有第三半徑之第二球形帽。球可抵接第二球形帽且第三半徑可大於第一半徑。第二球形帽可係第二半球帽。第二球形帽可包含凹形表面。在該球可相對於第二球形帽自由旋轉之情況下，在第一樞軸軸承構件與第二樞軸軸承構件之間可有增加的樞轉移動。

**【0012】** 球可固定至支撐元件。球可經由膠合或藉由合適的連接元件(例如，裝配銷)固定。因此，第一樞軸軸承構件容易製造。此進一步促進樞軸軸承之組裝，且因此，促進血液泵的組裝。

**【0013】** 較佳地，第一樞軸軸承構件之第一抵接部分包含至少一第一切口，較佳係複數個第一切口。複數個第一切口可沿著第一抵接部分之圓周均勻分布。較佳地，第二樞軸軸承構件之第二抵接部分包含至少一第二切口，較佳係複數個第二切口。複數個第二切口可沿著第二抵接部分之圓周均勻分布。在該葉輪之旋轉期間，在血流入口與血流出口之間建立血流。該血流之一部分經導引通過樞軸軸承而切口作用為一流體旁路，以增強該樞軸軸承之上升及冷卻。

**【0014】** 較佳地，該至少一第二切口的該軸向延伸不平行於該第二樞軸軸承構件的一主軸，或其中該至少一第二切口的該軸向延伸平行於該第二樞軸軸承構件的該主軸。取決於需求，該至少一第二切口可相對於第二樞軸軸承構件之主軸傾斜，以最佳地潤洗及冷卻樞軸軸承。一般而言，第二樞軸軸承構件之主軸與葉輪之旋轉軸重合。

**【0015】** 在一實施例中，該第一樞軸該第一樞軸軸承構件包含從該第一抵接部分延伸的一槽。較佳地，該槽將該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分分離成兩個部件。在此實施例中，該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分較佳地包含一第一球形帽，其中第二樞軸軸承構件的該第二抵接部分包含一第一球形部分。

**【0016】** 具體而言，該槽可被配置為使得該第一樞軸軸承構件之一旋轉導致自該槽之一側向側至該槽之另一側向側的一泵送動作。槽較佳地藉由兩個平行側表面定界。較佳地，兩個側表面彼此平行及/或平行於支撐元件之中間平面。具體而言，槽並未在槽的整個長度上延伸於支撐元件的整個直徑上。在面向第一抵接部分之槽的第一區段中，槽可延伸於支撐元件之整個直徑上。因此，在槽的第一區段中，槽較佳地延伸至支撐元件的兩側向側。在槽的第二區段中，槽僅延伸至支撐元件之一側向側。具體而言，槽的槽寬度在遠離第一抵接部分的方向上逐漸減小。

**【0017】** 較佳地，葉輪包含在其內部之軸承容納部分。至少一開口可連接通路與軸承容納部分，其中該樞軸軸承至少部分地設置於該軸承容納部分內。在葉輪旋轉期間所建立之血流的部分因此可通過開口導引至軸承容納部分，以潤洗及冷卻容納在軸承容納部分內的樞軸軸承。

**【0018】** 較佳地，開口具有指向第二樞軸軸承構件之第二抵接部分的中心軸。因此，該中心軸亦指向該第一樞軸軸承構件之該第一抵接部分，因為該第一抵接部分與該第二抵接部分接觸。因此，通過開口進入軸承容納部分之血流的部分經導引朝向第一及第二抵接部分，其在葉輪旋轉期間相對於彼此旋轉。進入軸承容納部分之血流因此冷卻及潤洗軸承構件的重要部件，其中血液可能凝塊、血液粒子可能沈積且產生熱。

**【0019】** 較佳地，該葉輪包含一主體及至少一主要葉片，該至少一主要葉片從該主體的一外周邊表面螺旋突起，且該開口包含提供於該主體的該外周邊表面上的一入口。該至少一主要葉片之至少一部分可在該主體之該周向方向

上相鄰於該入口設置。換言之，該入口周向地設置在該至少一主要葉片之一軸向延伸內。此保證葉輪之旋轉所輸送之血液之足夠部分通過入口進入軸承容納部分。

**【0020】** 該第一樞軸軸承構件可附接至該葉輪，且該第二樞軸軸承構件可附接至泵殼體。樞軸軸承構件可經由膠合附接。額外地或替代地，樞軸軸承構件可經由壓入配合附接。

**【0021】** 在一實施例中，該軸承配置進一步包含至少一徑向軸承，其中該樞軸軸承在該葉輪之一點處相對於該殼體可旋轉地支撐該葉輪，且該徑向軸承在該葉輪之另一點處相對於該殼體可旋轉地支撐該葉輪。該驅動單元可係一非接觸電磁驅動單元，其被配置為相對於殼體可旋轉地驅動該葉輪。該驅動單元可在該葉輪上建立一吸引力。因此，該葉輪可包含與驅動單元相互作用的磁體，因為在該驅動單元內建立一旋轉磁場，以用於驅動該葉輪。吸引力在遠離血流入口之方向上作用於葉輪上，使得在正常操作條件期間沒有軸向力作用在徑向軸承上。因此，降低作用在徑向軸承上之負載。

**【0022】** 較佳地，徑向軸承包含第一徑向軸承構件及第二徑向軸承構件，其中第一徑向軸承構件附接至葉輪，且第二徑向軸承構件附接至泵殼體。第一徑向軸承構件可包含軸環。該軸環可至少部分從該第一徑向軸承構件的一外周邊表面周向延伸，軸環可設置相鄰於第二徑向軸承構件，且可在軸向方向上在軸環與第二徑向軸承構件之間形成間隙。因此，軸環在正常操作條件期間不接觸第二徑向軸承構件。然而，在葉輪軸向地(例如，由於故障)移動之情況

下，軸環作用為緊急抵接軸環，限制葉輪相對於泵殼體之軸向移動。因此防止葉輪或泵殼體的可能損壞。

**【0023】** 徑向軸承構件可經由膠合附接。額外地或替代地，徑向軸承構件可經由壓入配合附接。

**【圖式簡單說明】**

**【0024】** 上述發明內容及下列的較佳實施例之實施方式在結合隨附圖式閱讀時將更有利於理解。出於說明本揭露之目的，請參照圖式。然而，本揭露之範圍不限於圖式中所揭示之特定實施例。

圖 1 係血液泵之示意透視圖。

圖 2 係圖 1 之血液泵的另一示意透視圖。

圖 3 係圖 1 之血液泵之導管附接部分的詳細示意圖。

圖 4 係圖 1 之血液泵的示意側視圖。

圖 5 係圖 1 之血液泵的部分示意剖面圖。

圖 6 係圖 1 之血液泵之葉輪的示意側視圖。

圖 7 係圖 6 之葉輪的示意後視圖。

圖 8 係葉輪之替代實施例之示意後視圖。

圖 9 係圖 1 之血液泵的驅動單元外殼及驅動單元的示意剖面圖。

圖 10 係圖 1 之血液泵之定子及絕緣總成之示意分解圖。

圖 11 係圖 9 之驅動單元外殼之葉輪支撐部分的替代實施例的示意剖面圖。

圖 12 係樞軸軸承之示意細節。

圖 13 係樞軸軸承之替代實施例之示意細節。

圖 14 係樞軸軸承之進一步替代實施例之示意細節。

圖 15 係樞軸軸承之進一步替代實施例之示意細節。

圖 16 係第二樞軸軸承構件之示意細節。

圖 17 係第二樞軸軸承構件之替代實施例的示意細節。

圖 18 係第二樞軸軸承構件之進一步替代實施例之示意細節。

圖 19 係作為剖面之樞軸軸承之進一步替代實施例之示意細節。

圖 20 係圖 19 的葉輪旋轉 90 度之視圖。

圖 21 係圖 19 之第一樞軸軸承構件及第二樞軸軸承構件的示意細節。

圖 22 係徑向軸承之示意細節。

圖 23 係徑向軸承之進一步示意細節。

圖 24 係徑向軸承之第二徑向軸承構件之示意透視圖。

### 【實施方式】

#### 【0025】 血液泵及泵殼體

【0026】 首先參考圖1、圖2、及圖4，繪示一血液泵10之示意透視圖及示意側視圖。在此實施例中，血液泵10係血管內血液泵，亦稱為導管泵。血液泵10包含泵殼體12，其具有藉由一通路18連接的一血流入口14及一血流出口16(參見例如圖5)。此處，血流出口16由沿著泵殼體12之圓周均勻分布的複數個開口構成。泵殼體12包含驅動單元外殼22及葉輪外殼24，及設置於泵殼體12中之葉輪20，具體設置於葉輪外殼24中。驅動單元外殼22及葉輪外殼24係由鈦或鈦合金製成，其提供高機械強度，使得其允許製造具有小厚度之驅動單元外殼22及葉輪外殼24。此外，鈦具有良好的生物相容性。驅動單元外殼22及葉輪外

第8頁，共 41 頁(發明說明書)

殼24藉由例如膠合而連接。血流入口14及血流出口16均提供於葉輪外殼24上。驅動單元26(參見例如圖9)設置於驅動單元外殼22內。驅動單元26的特性將於下文更詳細解釋。

**【0027】** 葉輪外殼24包含在與驅動單元外殼22相對之一個軸向端處的一套管附接部分28。套管附接部分28被配置為以習知方式接收一套管(未圖示)。導管30附接至驅動單元外殼22之導管附接部分32。如圖3之詳細視圖所示，其中移除導管30，導管附接部分32包含管狀部分34，該管狀部分34具有在其外周邊表面上的螺紋結構36，其實際上對應於外部螺紋。螺紋結構36被配置為螺紋接合於螺旋構件，該螺旋構件呈血液泵10之導管30之鎳鈦諾(Nitinol)線圈38形式。具體而言，導管30之鎳鈦諾線圈38螺接於螺紋結構36上，以便將導管30附接至泵殼體12。

**【0028】** 葉輪

**【0029】** 圖5繪示沿著圖4所示之線A-A的部分剖面。此處，僅葉輪外殼24及葉輪20展示於剖面中。葉輪20被配置為沿著通路18輸送血液，其中葉輪20設置於葉輪外殼24內且可藉助於軸承配置40, 42繞旋轉軸X(參見圖4)旋轉。旋轉軸X與泵殼體12之中心軸重合。此處，軸承配置40, 42包含以樞軸軸承40形式之第一軸承及以徑向軸承42形式之第二軸承。葉輪20包含主體56，該主體56具有在其內部中之軸承容納部分44。樞軸軸承40部分設置於軸承容納部分44中，如下文將更詳細地描述。樞軸軸承40允許葉輪20相對於泵殼體12之某個量的樞軸移動。

【0030】 徑向軸承42在葉輪外殼24之冠部46處被支撐。冠部46經提供相鄰於血流入口14且包含中心管狀部分48，該中心管狀部分48藉由複數個連接臂50連接至葉輪外殼24之內周邊表面。在此實施例中，提供總共三個連接臂50，其沿著冠部46之中心管狀部分48之圓周均勻分布。當然，亦可設想到，提供僅兩個或超過三個的連接臂50。

【0031】 葉輪20進一步包含在一個軸向端處的複數個磁體52，亦即，在指向驅動單元外殼22的端處。葉輪20之旋轉由驅動單元26引起，該驅動單元26經磁性耦接至葉輪20，如下文更詳細地描述。

【0032】 當葉輪20繞旋轉軸X旋轉時，血液經由通路18自血流入口14輸送至血流出口16。因此，至少一主要葉片54從葉輪20之主體56之外周邊表面螺旋突出。在此實施例中，提供兩個主要葉片54。主要葉片54引起沿著通路18之主要血流。

【0033】 葉輪20進一步包含至少一開口58，該至少一開口連接通路18與軸承容納部分44。此處，提供兩個開口58，兩者皆包含提供在葉輪20之主體56之外周邊表面上的入口60。如圖5及圖6所示，在主要葉片54之軸向延伸內周向地提供入口60。換言之，主要葉片54之至少一部分經提供在葉輪20之主體56之周向方向中相鄰於入口60。各開口58具有指向樞軸軸承40之中心軸(center axis)CA。

【0034】 此外，葉輪具有指向驅動單元外殼22之外殼側端62，參見圖7。複數個次要葉片64在驅動單元外殼22之方向上自外殼側端62突起。次要葉片64引起次要血流。次要葉片64相對於葉輪20之旋轉軸X非徑向地延伸。

【0035】 關於圖7所示之實施例，次要葉片64各具有位於基圓(base circle)BC上之基點(base point)BP，及位於端圓(end circle)EC上之端點(end point)EP(在圖7中，僅針對次要葉片64中之一者顯示基點BP及端點EP)。基點BP係次要葉片64之徑向最內點，且端點EP係次要葉片64之徑向最外點。基圓BC及端圓EC具有共同中心點(common center point)CCP，旋轉軸X通過該共同中心點。連接次要葉片64之各者之基點BP及端點EP的直線(straight line)SL不通過共同中心點CCP。因此，複數個次要葉片64之各者相對於直線SL彎曲。

【0036】 圖8展示包含次要主葉片64及額外的次要輔助葉片65之替代實施例。與次要主葉片64相比，次要輔助葉片65在徑向方向上較短且提供在葉輪20之外殼側端62的徑向外端圓周上。

【0037】 驅動單元及驅動單元外殼

【0038】 現在參考圖9及圖10，將更詳細解釋驅動單元26。如上文所提及，驅動單元26設置於驅動單元外殼22內，參見例如圖9。驅動單元26包含定子66及絕緣總成68。驅動單元26被配置為建立旋轉磁場，其與葉輪20之磁體52交互作用，以導致葉輪20繞著旋轉軸X旋轉。

【0039】 因此，定子66包含複數個柱70及圍繞柱70設置之複數個線圈繞組72。複數個柱70平行於葉輪20之旋轉軸X配置。線圈繞組72由控制元件(例如，印刷電路板74)依序控制，以用已知方式建立旋轉磁場。為了增強磁通量，定子66進一步包含背板76，其提供在導管側端78上，亦即，定子66在組裝狀態中指向驅動單元外殼22的導管附接部分32之該側。

**【0040】** 此外，定子66包含支柱80，該支柱具有徑向延伸之支柱支腳82。支柱支腳82使複數個柱70中之一者與相鄰的柱間隔，且因此，支柱支腳82的數目等於柱70的數目。支柱支腳82周向地使柱70彼此間隔。此處，支柱80係星形。在定子66之組裝狀態中，支柱80夾在背板76與線圈繞組72之間。複數個柱70、背板76、及支柱80由軟磁性材料構成，諸如電鋼或適合的合金，較佳為鈷鋼。較佳地，複數個柱70、背板76、及支柱80由相同材料構成。在所展示之實施例中，提供六個柱70，但柱70之數目當然不限於此。

**【0041】** 絕緣總成68包含間隔物84、前板86、及前片88。間隔物84及前板86可被視為構成間隔物總成90。間隔物84具有在軸向方向上且周向地延伸之管狀部分92。在驅動單元26之組裝狀態中，間隔物84提供在定子66之導管側端78上，使得背板76及支柱支腳82徑向向內位於間隔物84。具體而言，背板76之外圓周表面及支柱支腳82之各者的外周邊表面接觸間隔物84之管狀部分92之內周邊表面。管狀部分92之外周邊表面抵靠驅動單元外殼22之內表面，具體而言抵靠驅動單元外殼22之內周邊表面。間隔物84的直徑大於定子66的直徑。此外，印刷電路板74係由間隔物84部分地容納，如圖9所示

**【0042】** 前板86包含中心部分94及環形外部分96。中心部分94及環形外部分96藉由前板支腳98連接。前板支腳98的數目等於柱70的數目。前板支腳98周向使柱70彼此間隔開，因為前板86提供在定子66之葉輪側端100處，亦即，在驅動單元26之組裝狀態中面向葉輪20的該端。前板86具有與間隔物84之直徑相同之直徑，使得環形外部分96之外周邊表面接觸驅動單元外殼22之內周邊表面。因此，間隔物84及前板86徑向地將定子66與驅動單元外殼22之內周邊表面

間隔，使得定子66之任何部分或構件與驅動單元外殼22之間在徑向方向上沒有接觸。

**【0043】** 此外，前片88覆蓋定子66之葉輪側端100，以防止定子66與驅動單元外殼22之間在軸向方向上的接觸。具體而言，前片88防止定子66與驅動單元外殼22之葉輪支撐部分102之間的接觸。前片88係具有約3  $\mu\text{m}$ 至9  $\mu\text{m}$ 、較佳約6  $\mu\text{m}$ 之厚度的箔類構件。

**【0044】** 間隔物84、前板86、及前片88係由非導電材料製成，其亦非可磁化材料。較佳地，間隔物84、前板86、及前片88由熱塑性材料製成，如聚醚醚酮(PEEK)。

**【0045】** 此外，絕緣總成68包含複數個縮小元件104。具體而言，複數個柱70之各者由縮小元件104中之一者周向環繞，以防止柱70與環繞各別柱70之線圈繞組72之間之直接接觸。換言之，縮小元件104將各別柱70與各別線圈繞組72電性分離。如圖10所示，不需要縮小元件104沿著柱70之整個軸向延伸。相反地，當縮小元件104沿著各別柱70之軸向延伸之約50%或更多延伸時就足夠。在此實施例中，縮小元件104係由聚酯構成的熱縮套管。

**【0046】** 本質上，絕緣總成68極大地防止漏電，因為避免定子66與驅動單元外殼22之任何部分之間的接觸。此外，在調適絕緣總成68之不同構件的尺寸中，可調整進一步的性質。此外，亦可能提供前板86及前片88作為單件一體式構件。

**【0047】** 為了進一步增強減少漏電之能力，驅動單元外殼22之內表面可部分或完全地以合適塗層塗佈，諸如類鑽碳(diamond-like carbon, DLC)。此

外，進一步的縮小元件可周向圍繞整個定子66提供。額外地或替代地，定子66可藉由合適的塗層(諸如類鑽碳(DLC))周向塗佈。此外，複數個柱70及背板76及支柱80可部分或完全地以非導電材料塗佈，具體而言係DLC。

**【0048】** 葉輪支撐部分102包含管狀構件104、類薄膜部分106、及突起銷108。葉輪支撐部分102係驅動單元外殼22之一部分，且經由例如膠合或壓入配合而連接至另一部件。具體而言，管狀構件104連接至驅動單元外殼22之另一部件的連接部分110。

**【0049】** 類薄膜部分106可接觸絕緣總成68之前片88。類薄膜部分106具有僅約60  $\mu\text{m}$ 至80  $\mu\text{m}$ 之厚度，較佳70  $\mu\text{m}$ 。突起銷108在朝向葉輪20之方向上自類薄膜部分106突起。突起銷108的主軸係與旋轉軸X同心。在此實施例中，突起銷108係與類薄膜部分106一體成形，因為圓化且平滑的轉變部分112形成於類薄膜部分106與突起銷108之間，以在葉輪20旋轉期間減少機械應力。突起銷108進一步支撐樞軸軸承42之部件，亦即第二樞軸軸承構件120，如下文將更詳細地描述。第二樞軸軸承構件120可被膠合或壓入配合至突起銷108。

**【0050】** 因為類薄膜部分106具有相對小的厚度，類薄膜部分106之機械穩定性不像葉輪支撐部分102之管狀構件104的機械穩定性一樣高。為了考慮此，驅動單元外殼22至少部分地提交有灌封材料114。具體而言，灌封材料114可覆蓋定子66及絕緣總成68，且因此可至少在葉輪支撐部分102與印刷電路板74之間填充驅動單元外殼22。灌封材料114從驅動單元外殼22的內部加勁類薄膜部分106，以降低應力開裂或類似者的風險。

**【0051】** 為了進一步加勁葉輪支撐部分102，可提供加勁構件116，如圖11所示，其係葉輪支撐部分102之替代實施例。加勁構件116在朝向定子66之方向上自葉輪支撐部分102的類薄膜部分106突起。在此實施例中，加勁構件116係與類薄膜部分106一體成形之銷狀構件。在血液泵10之組裝狀態中，加勁構件116突起至定子66中且由灌封材料114環繞。因此，灌封材料114進一步加勁並強化類薄膜部分106。

**【0052】** 在此實施例中，灌封材料114較佳係具有FDA證書之材料。較佳地，灌封材料係環氧樹脂及金屬氧化物(例如氧化鋁)之混合物。例如，可使用EpoTek® 301及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末之混合物。較佳地，EpoTek® 301及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末以1:1.5之比率使用。

**【0053】** 軸承配置

**【0054】** 接下來，將更詳細地描述軸承配置40, 42。

**【0055】** 首先，參考圖12，解釋樞軸軸承40之形式之第一軸承。樞軸軸承40包含第一軸承構件(第一樞軸軸承構件118)及第二軸承構件(第二樞軸軸承構件120)。第一樞軸軸承構件118附接至葉輪20。具體而言，第一樞軸軸承構件118設置於葉輪20之軸承容納部分44內。第二樞軸軸承構件120容納在突起銷108之軸向端處。第一樞軸軸承構件118可被膠合或壓入配合至軸承容納部分44。第二樞軸軸承構件120可被膠合或壓入配合至突起銷108。

**【0056】** 第一樞軸軸承構件118包含具有含凸形表面之球形部分124的第一抵接部分122。在圖12中所示之實施例中，球形部分124係球126的一部分，其連接至第一樞軸軸承構件118之銷狀的支撐元件128。在此實施例中，球126

藉由裝配銷130固定至支撐元件128，但球形部分124亦可與支撐元件128一體形成，例如圖13或圖14所示。

**【0057】** 第二樞軸軸承構件120包含具有含凹形表面之第一球形帽134的第二抵接部分132。第一球形帽134可係第一半球帽。第一抵接部分122毗連第二抵接部分132，因為球形部分124接觸第一球形帽134。球形部分124與第一球形帽134之間的接觸可係點接觸，因為球形部分124可具有小於第一球形帽134之第二半徑的第一半徑。點接觸可在葉輪20旋轉期間降低整體磨損及機械應力。

**【0058】** 在圖15中所示之替代實施例中，球126不固定至支撐元件128，而是支撐在第二球形帽136中，該第二球形帽136提供於支撐元件128之軸向端處。第二球形帽136亦包含具有第三半徑之凹形表面，其分別大於球形部分124或球126之第一半徑。因此，球126與第二球形帽136之間的接觸亦可係點接觸，其再次允許在葉輪20旋轉期間降低機械應力。

**【0059】** 如根據圖13之替代實施例中所示，第一抵接部分122可包含沿著第一抵接部分122之圓周均勻分布的複數個第一切口138。第一切口138具有與支撐元件128之軸向延伸平行的軸向延伸。此外，第一切口138之各者自第一抵接部分122朝向支撐元件128之另一軸向端漸縮。具體而言，第一切口138朝向支撐元件128之中心軸傾斜，其與葉輪20之旋轉軸X同心。

**【0060】** 在圖16至圖18中，展示第二樞軸軸承構件120之替代實施例。圖17及圖18中所示之實施例的第二抵接部分132可包含第二切口140，而圖16中所示之實施例的第二抵接部分132不包含任何切口。在根據圖17之實施例中，第二切口140沿著第二抵接部分132之圓周均勻分布。第二切口140之軸向延伸

相對於第二樞軸軸承構件120之中心軸非平行，而後者與葉輪20之旋轉軸X同心。

**【0061】** 在圖18中所展示之替代實施例中，第二切口140具有平行於第二樞軸軸承構件120之中心軸的軸向延伸。此外，圖18所示之實施例之第二切口140沿著其軸向延伸漸縮且可相對於第二樞軸軸承構件120之中心軸傾斜。

**【0062】** 在所示的實施例中，提供三個第一切口138及三個第二切口140之總數。然而，切口數目可在第一抵接部分122與第二抵接部分132之間不同。此外，可提供多於或小於三個第一切口138及第二切口140。此外，亦可能僅第一抵接部分122及第二抵接部分132之一者包含切口。

**【0063】** 第一切口138及第二切口140意欲在葉輪20旋轉時促進血流，使得樞軸軸承40可被冷卻。此外，第一切口138及第二切口140改善樞軸軸承40之潤洗能力，且因此避免血液粒子累積，亦即，血液凝塊。

**【0064】** 如上文所提及，葉輪20包含具有中心軸CA之開口60，該中心軸CA指向樞軸軸承40。具體而言，開口60之中心軸CA分別指向第一抵接部分122或第二抵接部分132。因此，流過開口60的血液經導引朝向第一抵接部分122與第二抵接部分132之間的接觸區域，以冷卻及潤洗第一抵接部分122與第二抵接部分132之間的接觸區域。

**【0065】** 為了進一步增強冷卻，可能在第一樞軸軸承構件118中提供第一中空部分142，參見圖14。第一中空部分142係提交有比第一樞軸軸承構件118之材料具有較高的熱導率的一材料。在所示的實施例中，銷狀的第一冷卻

構件144設置於第一中空部分142中。當葉輪20旋轉時，第一冷卻構件144吸收第一抵接部分122中產生的一些熱，且沿著葉輪20之軸向延伸散佈該熱。

**【0066】** 第二樞軸軸承構件120可包含第二中空部分146。第二中空部分146係提交有比第二樞軸軸承構件120之材料具有較高的熱導率的一材料。在所示的實施例中，銷狀的第二冷卻構件148設置於第二中空部分146中。當葉輪20旋轉時，第二冷卻構件148吸收第二抵接部分132中產生的一些熱，且沿著突起銷108之軸向延伸散佈該熱。

**【0067】** 第一樞軸軸承構件118可完全或部分地由選自碳化矽(SiC)、鋁增韌氧化鋯(ATZ)、氧化鋯增韌鋁(ZTA)、或氧化鋁( $Al_2O_3$ )的第一陶瓷材料構成。替代地，第一樞軸軸承構件118可完全的部分地由金屬材料構成，如燒結碳化物。金屬材料可進一步以第一陶瓷材料塗佈。金屬材料或第一陶瓷材料可進一步以DLC塗佈。DLC塗層可包含硼摻雜之DLC膜。硼摻雜之DLC膜可部署於非硼摻雜之DLC間層上，以改良黏著性。替代地，第一樞軸軸承構件118可完全或部分由鑽石構成。

**【0068】** 第二樞軸軸承構件120可完全的部分地由選自SiC、ATZ、ZTA、或 $Al_2O_3$ 之第二陶瓷材料構成。此外，第二樞軸軸承構件120可完全或部分地由金屬材料構成，諸如燒結碳化物。金屬材料可進一步以第二陶瓷材料塗佈。金屬材料或第二陶瓷材料可進一步以DLC塗佈。DLC塗層可包含硼摻雜之DLC膜。硼摻雜之DLC膜可部署於非硼摻雜之DLC間層上，以改良黏著性。替代地，第二樞軸軸承構件120可完全的部分由鑽石構成。

**【0069】** 在提供球126之情況下，球可部分或完全地由選自SiC、ATZ、ZTA、或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>之第三陶瓷材料構成。此外，球126可完全或部分地由金屬材料構成，諸如燒結碳化物。金屬材料可進一步以第三陶瓷材料塗佈。金屬材料或第二陶瓷材料可進一步以DLC塗佈。DLC塗層可包含硼摻雜之DLC膜。硼摻雜之DLC膜可部署於非硼摻雜之DLC間層上，以改良黏著性。替代地，球126可完全的部分由鑽石構成。

**【0070】** 第一陶瓷材料、第二陶瓷材料、及第三陶瓷材料可不同或相同。已證實表1中給定之材料之以下組合特別適於熱傳遞、磨損、摩擦、潤洗能力、及避免血液粒子之附接。

**【0071】** 表1：較佳的材料組合

第一陶瓷材料	第二陶瓷材料	第三陶瓷材料
SiC	SiC	N/A
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ATZ	N/A
ATZ	ZTA	N/A
以 DLC 塗佈之 ZTA	ATZ	N/A
ATZ	ATZ	ZTA

**【0072】** 較佳地，第一樞軸軸承構件118之第一陶瓷材料係ZTA，且第二樞軸軸承構件120之第二陶瓷材料係ATZ。

**【0073】** 如上文所提及，第一冷卻構件144及第二冷卻構件148係分別由具有比第一樞軸軸承構件118及第二樞軸軸承構件120之材料高的熱導率之材料製成。具體而言，第一冷卻構件144及第二冷卻構件148係由銀、銀合金、銅或銅合金製成。

【0074】 當然，雖然已於上文描述第一樞軸軸承構件118包含球形部分124且第二樞軸軸承構件120包含第一球形帽134，該配置可扭轉，其中第一樞軸軸承構件118包含第一球形帽且第二樞軸軸承構件120包含球形部分。對應實施例展示於圖19至圖21中且將描述於下文中。

【0075】 如圖19及圖20中所繪示，第一樞軸軸承構件118可包含一第一抵接部分122，其具有一凹形表面，亦即，分別是第一球形帽134或第一半球帽。因此，第二樞軸軸承構件120可包含第二抵接部分132，其具有凸形表面，亦即，球形部分124。

【0076】 支撐元件128包含槽149，其自第一抵接部分122延伸。在面向第一抵接部分122之支撐元件128的端處，槽149延伸於支撐元件128之整個直徑上，且因此將第一球形帽134分離成兩個部件，參見圖21。

【0077】 槽149被配置為使得第一樞軸軸承構件118及/或支撐元件128之旋轉導致自槽149之一側向側至該槽之另一側向側的一泵送動作。槽149藉由兩個平行側表面定界。較佳地，兩個側表面彼此平行及/或平行於支撐元件128之中間平面。槽149並未在槽149的整個長度都延伸於支撐元件128的整個直徑上。在面向第一抵接部分122之槽149的第一區段中，槽149延伸於支撐元件128之整個直徑上(參見圖19及圖21)。因此，在槽149的第一區段中，槽149延伸至支撐元件128的兩側向側。在槽149的第二區段中，槽僅延伸至支撐元件128之一側向側。具體而言，槽的槽寬度在遠離第一抵接部分122的方向上逐漸減小。

【0078】 支撐元件128在軸向方向上自第一抵接部分122朝向徑向軸承42漸縮。具體而言，支撐元件128的直徑沿著槽149的軸向延伸較大。當然，支撐元件128亦可具有圓柱形形狀。

【0079】 此外，開口60之中心軸CA指向槽149。在葉輪20之旋轉期間，血液通過開口60進入軸承容納部分44，且在槽149內導引朝向第二樞軸軸承構件120。當在第一抵接部分122及第二抵接部分132之接觸區域中之支撐元件128的側向側上離開槽149時，接觸區域被冷卻且潤洗。

【0080】 較佳地，針對圖19至圖21中所示之實施例，第一樞軸軸承構件118之第一陶瓷材料係ATZ，且第二樞軸軸承構件120之第二陶瓷材料係ZTA。

【0081】 接下來，將更詳細地描述徑向軸承42。

【0082】 圖22以透視及部分切割視圖詳細展示徑向軸承42。徑向軸承42包含一第一徑向軸承構件150及一第二徑向軸承構件152。第一徑向軸承構件150設置在指向冠部46之葉輪20之軸向端處。第一徑向軸承構件150可被膠合或壓入配合至葉輪20。第一徑向軸承構件150係大致圓柱形且包含呈圓周突起形式之軸環154。此外，第一徑向軸承構件150包含第三切口156，其等沿著第一徑向軸承構件150之外周邊表面均勻周向分布。

【0083】 如可從圖22看出，第三切口156具有一軸向延伸，其不平行於第一徑向軸承構件150之中心軸，後者係與葉輪20之旋轉軸X同心。在所展示之實施例中，提供總共兩個第三切口156。

**【0084】** 葉輪20之主體56的外周邊表面亦包含匹配的葉輪切口158，其平滑地延長第三切口156。軸環154毗連葉輪20之主體56，以限制第一徑向軸承構件150在朝向定子66之軸向方向上的軸向移動。

**【0085】** 第二徑向軸承構件152係設置於冠部46之中心管狀部分48中之環形構件，參見圖22及圖23。第二徑向軸承構件152可被膠合或壓入配合至冠部46之中心管狀部分48。如圖24中所繪示，第二徑向軸承構件152包含複數個第四切口160，該複數個第四切口在該第二徑向軸承構件152周圍周向均勻提供。如所示，第四切口160徑向延伸穿過第二徑向軸承構件152，且第四切口160之開放端指向葉輪20。在此實施例中，提供三個第四切口160。第四切口160之各者的周向延伸小於第一徑向軸承構件150之第三切口156之間的周向距離，以保證第一徑向軸承構件150在徑向軸承42之組裝狀態中安全地由第二軸承構件152支撐。

**【0086】** 提供第三切口156、葉輪切口158、及第四切口160，以在葉輪20旋轉時藉由將血流之部分沿著各別切口導引而冷卻徑向軸承42。此進一步避免在徑向軸承42之區域中的血液粒子的積累。

**【0087】** 此外，軸環154在徑向軸承42之組裝狀態中不接觸第二徑向軸承構件152。而是，在血液泵10之正常操作條件期間，在軸向方向上在軸環154與第二徑向軸承構件152之間形成間隙G，參見圖23。即使當葉輪20旋轉以將血液自血流入口14輸送至血流出口16時，並沒有因為定子66與葉輪20之磁體52之間的吸引力而導致軸環154與第二徑向軸承構件152之間的接觸。換言之，吸引力作用在定子66之方向上，使得葉輪20在旋轉時並不在軸向方向上移動。然

而，軸環154形成緊急擋止件，以在故障之情況下限制葉輪20在遠離定子66之方向上的軸向移動。

**【0088】** 第一徑向軸承構件150及第二徑向軸承構件152可由陶瓷材料、金屬材料、或鑽石構成。陶瓷材料可係SiC、ATZ、ZTA、或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。第一徑向軸承構件150及第二徑向軸承構件152之陶瓷材料可相同或可不同。此外，當第一徑向軸承構件150及/或第二徑向軸承構件152由金屬材料(具體而言係燒結碳化物)製成時，陶瓷材料可提供為塗層。此外，金屬材料或陶瓷材料可以DLC塗佈。DLC塗層可包含硼摻雜之DLC膜。硼摻雜之DLC膜可部署於非硼摻雜之DLC間層上，以改良黏著性。已發現以下材料組合特別較佳：SiC及SiC、ATZ及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、ATZ及ZTA、以及ATZ及以DLC塗佈之ZTA。

**【0089】** 較佳地，第一徑向軸承構件150之陶瓷材料係ZTA，且第二徑向軸承構件152之陶瓷材料係ATZ。

**【0090】** 一般而言，以DLC塗佈陶瓷材料具有之優點是軸承配置40、42之緊急運行性質相對高，即使DLC塗層已經，例如由於磨損而損傷或移除。

**【0091】** 血液泵之功能

**【0092】** 包含印刷電路板74之控制以已知方式在定子66內產生旋轉磁場，其與葉輪20之磁體52一起作用，使得葉輪20繞旋轉軸X旋轉。藉此，葉輪20之主要葉片54導致經由通路18自血流入口14至血流出口16之主要血流。主要血流之部分被導引沿著徑向軸承42、沿著第三切口156、葉輪切口158、及第四切口160，以冷卻且潤洗徑向軸承42，且避免在徑向軸承42之區域中的血液粒子的積累。

**【0093】** 葉輪20之次要葉片64導致次要血流，且血液通過開口60自通路18被拉至軸承容納部分44中。在此，次要血流被導引沿著第一切口138及第二切口140(若有提供)或槽149，以冷卻及潤洗樞軸軸承40，且避免在樞軸軸承40之區域中的血液粒子的積累。次要血流接著通過形成於葉輪20與葉輪支撐部分102之間的空間離開軸承容納部分44，且通過血流出口16離開血液泵10。

**【0094】** 例示性實施方案

**【0095】** 如已描述，本文所描述之技術可以各種方式實施。就此而言，前述揭露意欲包括(但不限於)以下例示性實施方案中所闡述之系統、方法、及組合以及其次組合。較佳實施例描述於以下段落中：

**【0096】** A1 血液泵，具體而言係血管內血液泵，其包含：一泵殼體，其具有藉由一通路連接的一血流入口及一血流出口；一葉輪，其設置於該泵殼體中；及一驅動單元，其被配置為驅動該葉輪。

**【0097】** A2 如段落A1之血液泵，其中該泵殼體包含一驅動單元外殼，且其中該驅動單元設置於該驅動單元外殼內，其中該驅動單元包含一定子及一絕緣總成，且其中該絕緣總成被配置為防止漏電。

**【0098】** A3 如段落A2之血液泵，其中該絕緣總成包含一間隔物總成，其被配置為間隔該定子與該驅動單元外殼，以防止該定子與該驅動單元外殼之間的接觸。

**【0099】** A4 如段落A3之血液泵，其中該間隔物總成包含一間隔物，其被配置為徑向地間隔該定子與該驅動單元外殼之一內表面，具體而言係該驅動單元外殼之一內周邊表面。

**【0100】** A5 如段落A4之血液泵，其中該定子具有指向遠離該葉輪之一導管側端，其中該間隔物係環形且具有管狀部分，該管狀部分至少部分周向延伸，且其中該間隔物設置於該定子之該導管側端處，使得該定子部分地徑向設置在該間隔物之該管狀部分內部。

**【0101】** A6 如段落A5之血液泵，其中該間隔物之該管狀部分抵靠該驅動單元外殼之該內表面。

**【0102】** A7 如段落A5或A6之血液泵，其中該定子包含接觸該定子之該導管側端之一背板，其中該背板徑向地設置在該間隔物之該管狀部分內部。

**【0103】** A8 如前述段落A3至A7中任一者之血液泵，其中該驅動單元進一步包含一印刷電路板，其中該印刷電路板至少部分地徑向設置在該間隔物總成內部。

**【0104】** A9 如前述段落A2至A8中任一者之血液泵，其中該絕緣總成包含一前板，其被配置為間隔該定子與該驅動單元外殼，以防止該定子與該驅動單元外殼之間的接觸。

**【0105】** A10 如段落A9之血液泵，其中該定子包含複數個柱及圍繞該等柱設置之線圈繞組，其中該前板具有一中心部分及一外部分，其中複數個前板支腳在該中心部分與該環形外部分之間延伸。

**【0106】** A11 如段落A10之血液泵，其中該等前板支腳被配置為周向間隔複數個柱之各者與一相鄰柱，且其中該複數個柱部分地徑向向內設置於該環形外部分，其中該外部分較佳係環形。

**【0107】** A12 如前述段落A1至A11中任一者之血液泵，其中該定子包含複數個柱及圍繞該等柱設置之線圈繞組。

**【0108】** A13 如前述段落A10至A12中任一者之血液泵，其中該定子包含具有徑向延伸之支柱支腳之支柱，其中該等支柱支腳較佳地被配置為將複數個柱之各者與一相鄰柱周向間隔。

**【0109】** A14 如前述段落A10至A13中任一者之血液泵，其中該絕緣總成包含複數個縮小元件，其中該複數個柱之各者至少部分地由該等縮小元件中之一者所環繞。

**【0110】** A15 如前述段落A2至A14中任一者之血液泵，其中該定子具有指向該葉輪之一葉輪側端，其中該絕緣總成進一步包含一前片，且其中該前片覆蓋該定子之該葉輪側端，以防止該定子與該驅動單元外殼之間的接觸。

**【0111】** A16 如前述段落A2至A15中任一者之血液泵，其中該絕緣總成至少部分由一非導電材料構成，其中該絕緣總成較佳係完全由該非導電材料構成。

**【0112】** A17 如前述段落A16之血液泵，其中該非導電材料係熱塑性材料，較佳係一聚芳基醌酮，其中該非導電材料較佳係聚醌醌酮。

**【0113】** A18 如前述段落A1至A17中任一者之血液泵，其中該驅動單元外殼由鈦或鈦合金製成。

**【0114】** A19 如前述段落A1至A18中任一者之血液泵，其中該驅動單元外殼之一內表面至少部分以非導電塗層塗佈，具體而言係類鑽碳(DLC)。

**【0115】** A20 如前述段落A1至A19中任一者之血液泵，其中該定子係至少部分由一縮小元件周向環繞，及/或該定子至少部分以非導電塗層塗佈。

**【0116】** A21 如前述段落A1至A20中任一者之血液泵，其中該血液泵進一步包含一軸承配置，其可旋轉地支撐該葉輪，其中該軸承配置包含至少一軸承，該至少一軸承包含一第一軸承構件及一第二軸承構件，其中該第一軸承構件包含一第一抵接部分，且其中該第二軸承構件包含一第二抵接部分，其中該第一抵接部分包含一第一陶瓷材料或由一第一陶瓷材料構成，及/或其中該第二抵接部分包含一第二陶瓷材料或由一第二陶瓷材料構成。

**【0117】** A22 如段落A21之血液泵，其中該第一陶瓷材料與該第二陶瓷材料不同，或其中該第一陶瓷材料與該第二陶瓷材料相同。

**【0118】** A23 如段落A21或A22之血液泵，其中該第一軸承構件完全由該第一陶瓷材料構成，及/或其中該第二軸承構件完全由該第二陶瓷材料構成。

**【0119】** A24 如段落A21或A22之血液泵，其中該第一抵接部分由以該第一陶瓷材料塗佈之一金屬材料(具體而言係燒結碳化物)構成，及/或其中該第二抵接部分由以該第二陶瓷材料塗佈之一金屬材料(具體而言係燒結碳化物)構成。

**【0120】** A25 如前述段落A21至A24中任一者之血液泵，其中該第一抵接部分以類鑽碳(DLC)塗佈，及/或其中該第二抵接部分以類鑽碳(DLC)塗佈。

【0121】 A26 如前述段落A21至A25中任一者之血液泵，其中該第一陶瓷材料係選自SiC、ATZ、ZTA、或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

【0122】 A27 如前述段落A21至A26中任一者之血液泵，其中該第二陶瓷材料係選自SiC、ATZ、ZTA、或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

【0123】 A28 如前述段落A21至A27中任一者之血液泵，其中該第一軸承構件至少部分由鑽石構成，或其中該第二軸承構件至少部分由鑽石構成。

【0124】 A29 如前述段落A1至A19中任一者之血液泵，其中該血液泵進一步包含一軸承配置，其可旋轉地支撐該葉輪，其中該軸承配置包含至少一第一軸承，該至少一第一軸承包含一第一軸承構件及一第二軸承構件，該第一軸承構件包含一第一抵接部分，且該第二軸承構件包含一第二抵接部分，且其中該第一抵接部分以DLC塗佈，及/或其中該第二抵接部分以DLC塗佈。

【0125】 A30 如前述段落A25至A29中任一者之血液泵，其中該DLC塗層包括一硼摻雜之DLC膜或由其組成。

【0126】 A31 如前述段落A30之血液泵，其中該DLC塗層包含一DLC間層，其中該硼摻雜之DLC膜部署於該DLC間層上。

【0127】 A32 如段落A30或A31之血液泵，其中硼摻雜之DLC膜包含0.01至0.4之硼與碳比率，較佳0.03至0.1，且最佳0.03。

【0128】 A33如前述段落A21至A32中任一者之血液泵，其中該第一抵接部分至少部分接觸該第二抵接部分。

【0129】 A34 如段落A33之血液泵，其中該第一抵接部分與該第二抵接部分之間的該接觸係一點接觸。

**【0130】** A35 如前述段落A21至A34中任一者之血液泵，其中該第一軸承構件包含一支撐元件及一球，其中該支撐元件包含該第一抵接部分，且其中該球毗連該第一抵接部分與該第二抵接部分。

**【0131】** A36 如段落A35之血液泵，其中該球包含一第三陶瓷材料或由一第三陶瓷材料構成，且該第三陶瓷材料係選自SiC、ATZ、ZTA、或Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>。

**【0132】** A37 如段落A35之血液泵，其中該球包含一金屬材料，具體而言係燒結碳化物，或由金屬材料構成，具體而言係燒結碳化物。

**【0133】** A38 如前述段落A35至A37中任一者之血液泵，其中該球以類鑽碳(DLC)塗佈。

**【0134】** A39 如段落A35之血液泵，其中該球包含鑽石或由鑽石構成。

**【0135】** A40 如前述段落A21至A39中任一者之血液泵，其中該第一軸承構件包含一第一中空部分，該第一中空部分係提交有具有比第一軸承構件之材料高的熱導率的一材料，及/或其中該第二軸承構件包含一第二中空部分，該第二中空部分係提交有具有比第二軸承構件之材料高的熱導率的一材料，其中具有高熱導率的該材料較佳係銀、銀合金、銅、銅合金、及鑽石之一者。

**【0136】** A41 如前述段落A21至A40中任一者之血液泵，其中該軸承配置包含第一軸承及第二軸承。

**【0137】** A42 如前述段落A41之血液泵，其中該第一軸承係樞軸軸承，且其中該第二軸承係徑向軸承。

**【0138】** A43 如前述段落A1至A42中任一者之血液泵，其中該血液泵進一步包含一軸承配置，其可旋轉地支撐該葉輪，其中該軸承配置包含至少一樞軸軸承。

**【0139】** A44 如段落A43之血液泵，其中該樞軸軸承包含一第一樞軸軸承構件及一第二樞軸軸承構件，其中該第一樞軸軸承構件相對於該第二樞軸軸承構件可樞轉，其中該第一樞軸軸承構件包含一第一抵接部分，且其中該第二樞軸軸承構件包含一第二抵接部分，且其中該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分至少部分地接觸該第二樞軸軸承構件的該第二抵接部分。

**【0140】** A45 如段落A44之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分與該第二樞軸軸承構件的該第二抵接部分之間的該接觸係一點接觸。

**【0141】** A46 如段落A44或A45之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件之該第一抵接部分包含一球形部分，且其中該第二樞軸軸承構件之該第二抵接部分包含一第一球形帽，其中該球形部分毗連該球形帽。

**【0142】** A47 如段落A46之血液泵，其中該第一球形帽係一第一半球帽。

**【0143】** A48 如段落A46或A47之血液泵，其中該第一球形帽具有一凹形表面，及/或其中該球形部分具有一凸形表面。

**【0144】** A49 如前述段落A46至A48中任一者之血液泵，其中該球形部分具有一第一半徑，且該第一球形帽具有一第二半徑，其中該第二半徑大於該第一半徑。

**【0145】** A50 如前述段落A46至A49中任一者之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件包含一支撐元件及一球，其中該球毗連該支撐元件且包含該球形部分。

**【0146】** A51 如段落A50之血液泵，其中支撐元件包含具有一第三半徑之一第二球形帽，其中該球毗連該第二球形帽且其中該第三半徑大於該第一半徑。

**【0147】** A52 如段落A51之血液泵，其中該第二球形帽係一第二半球帽。

**【0148】** A53 如段落A51或A52之血液泵，其中該第二球形帽具有一凹形表面。

**【0149】** A54 如前述段落A50至A53中任一者之血液泵，其中該球係固定至該支撐元件。

**【0150】** A55 如前述段落A44至A54中任一者之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件之該第一抵接部分包含至少一第一切口，較佳係沿著該第一抵接部分之圓周均勻分布之複數個第一切口。

**【0151】** A56 如前述段落A44至A55中任一者之血液泵，其中該第二樞軸軸承構件之該第二抵接部分包含至少一第二切口，較佳係沿著該第二抵接部分之圓周均勻分布之複數個第二切口。

**【0152】** A57 如段落A56之血液泵，其中該至少一第二切口的軸向延伸不平行於該第二樞軸軸承構件的一主軸，或其中該至少一第二切口的該軸向延伸平行於該第二樞軸軸承構件的該主軸。

**【0153】** A58 如段落A44之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件包含自該第一抵接部分延伸之一槽。

**【0154】** A59 如段落A58之血液泵，其中該槽將該第一樞軸軸承構件的該第一抵接部分分離成兩個部件。

**【0155】** A60 如段落A58或A59之血液泵，其中該槽被配置為使得該第一樞軸軸承構件之一旋轉導致自該槽之一側向側至該槽之另一側向側的一泵送動作。

**【0156】** A61 如前述段落A58至A60中任一者之血液泵，其中，

a) 該槽藉由兩個平行側表面定界，其中該兩個側表面較佳地平行於彼此及/或平行於該支撐元件之中間平面；及/或

b) 該槽並未在該槽的整個長度上延伸於該支撐元件的整個直徑上。

**【0157】** A62 如前述段落A44至A61中任一者之血液泵，其中該葉輪包含在其內部中之一軸承容納部分，及連接該通路與該軸承容納部分之至少一個開口，其中該樞軸軸承至少部分設置於該軸承容納部分內。

**【0158】** A63 如段落A62之血液泵，其中該開口具有指向該第二樞軸軸承構件之該第二抵接部分之一中心軸。

**【0159】** A64 如段落A62或A63之血液泵，其中該葉輪包含一主體及至少一主要葉片，該至少一主要葉片自該主體之一外周邊表面螺旋突起，其中該開口包含提供在該主體之該外周邊表面上之一入口，且其中至少一主要葉片之至少一部分在該主體之周向方向上設置相鄰於該入口。

**【0160】** A65 如段落A64之血液泵，其中該入口周向地設置在該至少一主要葉片之一軸向延伸內。

**【0161】** A66 如前述段落A44至A65中任一者之血液泵，其中該第一樞軸軸承構件附接至該葉輪，且其中該第二樞軸軸承構件附接至該泵殼體。

**【0162】** A67 如前述段落A43至A66中任一者之血液泵，其中該軸承配置進一步包含至少一徑向軸承，其中該樞軸軸承在該葉輪之一點處相對於該殼體可旋轉地支撐該葉輪，且其中該徑向軸承在該葉輪之另一點處相對於該殼體可旋轉地支撐該葉輪，其中該驅動單元係一非接觸電磁驅動單元，其被配置為相對於該殼體可旋轉地驅動該葉輪，且其中該驅動單元在該葉輪上進一步建立一吸引力。

**【0163】** A68 如段落A67之血液泵，其中該吸引力建立在遠離血流入口之方向上，使得沒有軸向力作用在徑向軸承上。

**【0164】** A69 如段落A67或A68之血液泵，其中該徑向軸承包含一第一徑向軸承構件及一第二徑向軸承構件，其中該第一徑向軸承構件附接至該葉輪，且其中該第二徑向軸承構件附接至該泵殼體，其中該第一徑向軸承構件包含一軸環，其中該軸環至少部分從該第一徑向軸承構件的一外周邊表面周向延伸，其中該軸環經提供相鄰於該第二徑向軸承構件，且其中在軸向方向上在該軸環與該第二徑向軸承構件之間形成一間隙。

**【0165】** A70 如段落A69之血液泵，其中無軸向力作用在該軸環上。

**【0166】** A71 如段落A69或A70之血液泵，其中該軸環係一緊急抵接軸環，其限制該葉輪相對於該殼體之軸向移動。

【0167】 A72 如前述段落A43至A71中任一者之血液泵，其中該樞軸軸承構件經由膠合及/或壓入配合而附接，及/或其中該徑向軸承構件經由膠合及/或壓入配合而附接。

【0168】 A73 如前述段落A1至A72中任一者之血液泵，其中該血液泵進一步包含一定子，其中該泵殼體包含一驅動單元外殼，該驅動單元外殼在一個軸向端處具有一導管附接部分，且在另一軸向端處具有一葉輪支撐部分，其中該定子設置在該驅動單元外殼內，且其中該驅動單元外殼至少部分以一灌封材料填充。

【0169】 A74 如段落A73之血液泵，其中該灌封材料接觸該葉輪支撐部分。

【0170】 A75 如段落A74之血液泵，其中該灌封材料包含環氧樹脂，較佳地，環氧樹脂及氧化鋁之混合物，較佳係EpoTek® 301及Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>粉末之混合物，較佳地，以1:1.5之比率。

【0171】 A76 如前述段落A73至A75中任一者之血液泵，其中該葉輪支撐部分包含一類薄膜部分及一突起銷，其中該突起銷被配置為可旋轉地支撐該葉輪。

【0172】 A77 如段落A76之血液泵，其中該類薄膜部分具有60 μm至80 μm之厚度，較佳係70 μm。

【0173】 A78 如段落A76或A77之血液泵，其中該突起銷與該類薄膜部分一體形成。

**【0174】** A79 如前述段落A76至A78中任一者之血液泵，其中該突起銷之中心軸與該葉輪之旋轉軸同心。

**【0175】** A80 如前述段落A76至A79中任一者之血液泵，其中一圓化轉變部分提供在該類薄膜部分與該突起銷之間。

**【0176】** A81 如前述段落A73至A80中任一者之血液泵，其中至少一加勁構件在導管附接部分之一方向上自該葉輪支撐部分突起，其中該加勁構件較佳地突起至該驅動單元外殼之一內部中。

**【0177】** A82 如段落A81之血液泵，其中該加勁構件在一軸向方向上突起，其中該灌封材料加勁該類薄膜部分。

**【0178】** A83 如段落A81或A82之血液泵，其中該灌封材料環繞該至少一加勁構件。

**【0179】** A84 如前述段落A81至A83中任一者之血液泵，其中該至少一加勁構件與該葉輪之該旋轉軸同心。

**【0180】** A85 如前述段落A1至A84中任一者之血液泵，其中該泵殼體包含一驅動單元外殼，其中該葉輪具有被配置為建立一主要血流之至少一主要葉片，且其中該葉輪具有一外殼側端，其中該外殼側端指向該驅動單元外殼，且其中複數個次要葉片設置於該外殼側端上，被配置為建立一次要血流。

**【0181】** A86 如段落A85之血液泵，其中該葉輪具有一旋轉軸，且其中該等次要葉片之各者相對於該旋轉軸非徑向地延伸。

**【0182】** A87 如段落A85或A86之血液泵，其中該等次要葉片之各者具有一基點及一端點，其中該等基點位於一基圓上，且該等端點位於一端圓

上，其中該基圓與該端圓係與一共同中心點同心，且其中連接該等次要葉片之任一者之該基點及該端點的一直線不通過該中心點。

**【0183】** A88 如段落A87之血液泵，其中該複數個次要葉片之各者相對於各別直線彎曲。

**【0184】** A89 如前述段落A1至A88中任一者之血液泵，其中該泵殼體包含一導管附接部分，其中該導管附接部分包含在該外周邊表面上的一螺紋結構，其被配置為螺紋接合該血液泵之一導管之一螺旋構件。

**【0185】** A90 如段落A89之血液泵，其中該血液泵包含一導管，該導管具有一螺旋構件，其中該導管附接至該導管附接部分，因為該螺旋構件螺紋接合該螺紋結構，且其中該螺旋構件較佳地係鎳鈦諾線圈。

**【0186】** 如本文所用，用語「大約(approximately)」、「約(about)」、「實質上(substantially)」及類似用語意欲具有與本揭露之主題相關之所屬技術領域具有通常知識者之共同及接受用法一致之廣泛意義。檢視本揭露之所屬技術領域中具有通常知識者應瞭解，此等用語意欲允許某些特徵之描述以不限制此等特徵之範圍至所提供之精確數值範圍的方式來描述。因此，此等用語應解釋為指示所描述之主題之非實質或無足輕重的修改或替代，且視為在本揭露之範圍內。如本文所使用之用語「至少部分地(at least partially)」或「部分地(partially)」係分別意指部分及完全地或全面地兩者。

## **【符號說明】**

### **【0187】**

10:血液泵

- 12: 泵殼體
- 14: 血流入口
- 16: 血流出口
- 18: 通路
- 20: 葉輪
- 22: 驅動單元外殼
- 24: 葉輪外殼
- 26: 驅動單元
- 28: 套管附接部分
- 30: 導管
- 32: 導管附接部分
- 34: 管狀部分
- 36: 螺紋結構
- 38: 鎳鈦諾線圈
- 40: 軸承配置/樞軸軸承
- 42: 軸承配置/徑向軸承
- 44: 軸承容納部分
- 46: 冠部
- 48: 中心管狀部分
- 50: 連接臂
- 52: 磁體

- 54: 主要葉片
- 56: 主體
- 58: 開口
- 60: 入口/開口
- 62: 外殼側端
- 64: 次要葉片/次要主葉片
- 65: 次要輔助葉片
- 66: 定子
- 68: 絕緣總成
- 70: 柱
- 72: 線圈繞組
- 74: 印刷電路板
- 76: 背板
- 78: 導管側端
- 80: 支柱
- 82: 支柱支腳
- 84: 間隔物
- 86: 前板
- 88: 前片
- 90: 間隔物總成
- 92: 管狀部分

- 94: 中心部分
- 96: 環形之外部分
- 98: 前板支腳
- 100: 葉輪側端
- 102: 葉輪支撐部分
- 104: 縮小元件/管狀構件
- 106: 類薄膜部分
- 108: 突起銷
- 110: 連接部分
- 112: 轉變部分
- 114: 灌封材料
- 116: 加勁構件
- 118: 第一樞軸軸承構件
- 120: 第二樞軸軸承構件
- 122: 第一抵接部分
- 124: 球形部分
- 126: 球
- 128: 支撐元件
- 130: 裝配銷
- 132: 第二抵接部分
- 134: 第一球形帽

136:第二球形帽

138:第一切口

140:第二切口

142:第一中空部分

144:第一冷卻構件

146:第二中空部分

148:第二冷卻構件

149:槽

150:第一徑向軸承構件

152:第二徑向軸承構件

154:軸環

156:第三切口

158:葉輪切口

160:第四切口

X:旋轉軸

CA:中心軸

CCP:共同中心點

BP:基點

BC:基圓

EP:端點

EC:端圓

G:間隙

SL:直線

## 【發明申請專利範圍】

【請求項1】一種血液泵(10)，係血管內血液泵，其包含：

一泵殼體(12)，其具有藉由一通路(18)連接的一血流入口(14)及一血流出口(16)；

一葉輪(20)，其設置於該泵殼體(12)中；

一驅動單元(26)，其被配置為驅動該葉輪(20)；及

一軸承配置(40, 42)，其可旋轉地支撐該葉輪(20)；

其中，該軸承配置(40, 42)包含至少一樞軸軸承(40)。

【請求項2】如請求項1之血液泵(10)，其中，該樞軸軸承(40)包含一第一樞軸軸承構件(118)及一第二樞軸軸承構件(120)，其中該第一樞軸軸承構件(118)相對於該第二樞軸軸承構件(120)可樞轉；

其中，該第一樞軸軸承構件(118)包含一第一抵接部分(122)，且其中該第二樞軸軸承構件(120)包含一第二抵接部分(132)；以及

其中，該第一樞軸軸承構件(118)的該第一抵接部分(122)至少部分地接觸該第二樞軸軸承構件(120)的該第二抵接部分(132)。

【請求項3】如請求項2之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)的該第一抵接部分(122)包含一球形部分(124)，且其中該第二樞軸軸承構件(120)的該第二抵接部分(132)包含一第一球形帽(134)；

其中，該球狀部分(124)毗連該第一球形帽(134)；

其中，該球形部分(124)較佳地具有一第一半徑，且其中該第一球形帽(134)較佳地具有一第二半徑；

其中，該第二半徑較佳地大於該第一半徑。

**【請求項4】**如請求項3之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)包含一支撐元件(128)及一球(126)，其中該球(126)毗連該支撐元件(128)且包含該球形部分(124)；

其中，該支撐元件(128)較佳地包含具有一第三半徑的一第二球形帽(136)，其中該球(126)較佳地毗連該第二球形帽(136)，且其中該第三半徑較佳地大於該第一半徑。

**【請求項5】**如請求項4之血液泵(10)，其中，該球(126)固定至該支撐元件(128)。

**【請求項6】**如前述請求項2至5中任一項之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)的該第一抵接部分(122)包含至少一第一切口(138)，較佳地沿著該第一抵接部分(122)之圓周均勻分布之複數個第一切口(138)。

**【請求項7】**如前述請求項2至6中任一項之血液泵(10)，其中，該第二樞軸軸承構件(120)的該第二抵接部分(132)包含至少一第二切口(140)，較佳地沿著該第二抵接部分(132)之圓周均勻分布之複數個第二切口(140)。

**【請求項8】**如請求項7之血液泵(10)，其中，該至少一第二切口(140)的軸向延伸不平行於該第二樞軸軸承構件(120)的一主軸，或其中該至少一第二切口(140)的該軸向延伸平行於該第二樞軸軸承構件(120)的該主軸。

**【請求項9】**如請求項1或2之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)包含從該第一抵接部分(122)延伸的一槽(149)；及/或

其中，該槽(149)將該第一樞軸軸承構件(118)的該第一抵接部分(122)分離成兩個部件；及/或

其中，該槽(149)被配置為使得該第一樞軸軸承構件(118)之一旋轉導致自該槽之一側向側至該槽之另一側向側的一泵送動作。

**【請求項10】**如請求項1、2、9中任一項之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)的該第一抵接部分(122)包含一第一球形帽(134)；且

其中，該第二樞軸軸承構件(120)的該第二抵接部分(132)包含一第一球形部分(124)。

**【請求項11】**如前述請求項2至10中任一項之血液泵(10)，其中，該葉輪(20)包含在其內部的一軸承容納部分(44)及至少一開口(58)，該至少一開口連接該通路(18)與該軸承容納部分(44)，其中該樞軸軸承(40)至少部分設置於該軸承容納部分(44)內；及/或

其中，該開口(58)具有一中心軸(CA)，該中心軸指向該第二樞軸軸承構件(120)的該第二抵接部分(132)，或指向該第一樞軸軸承構件(118)之該槽(149)。

**【請求項12】**如請求項11之血液泵(10)，其中，該葉輪(20)包含一主體(56)及至少一主要葉片(54)，該至少一主要葉片從該主體(56)的一外周邊表面螺旋突起，其中該開口(58)包含提供於該主體(56)的該外周邊表面上的一入口(60)；且

其中，該至少一主要葉片(54)之至少一部分在該主體(56)之周向方向上相鄰於該入口(60)設置。

【請求項13】如前述請求項2至12中任一項之血液泵(10)，其中，該第一樞軸軸承構件(118)附接至該葉輪(20)，且其中該第二樞軸軸承構件(120)附接至泵殼體(12)。

【請求項14】如前述請求項1至13中任一項之血液泵(10)，其中，該軸承配置(40, 42)進一步包含至少一徑向軸承(42)；

其中，該樞軸軸承(40)相對於該泵殼體(12)在該葉輪(20)之一點處可旋轉地支撐該葉輪(20)，且其中該徑向軸承(42)相對於該泵殼體(12)在該葉輪(20)之另一點處可旋轉地支撐該葉輪(20)；

其中，該驅動單元(26)係一非接觸電磁驅動單元，其被配置為相對於該泵殼體(12)可旋轉地驅動該葉輪(20)；且

其中，該驅動單元(26)進一步在該葉輪(20)上建立一吸引力。

【請求項15】如請求項14之血液泵(10)，其中，該徑向軸承(42)包含一第一徑向軸承構件(150)及一第二徑向軸承構件(152)；

其中，該第一徑向軸承構件(150)附接至該葉輪(20)，且其中該第二徑向軸承構件(152)附接至該泵殼體(12)；

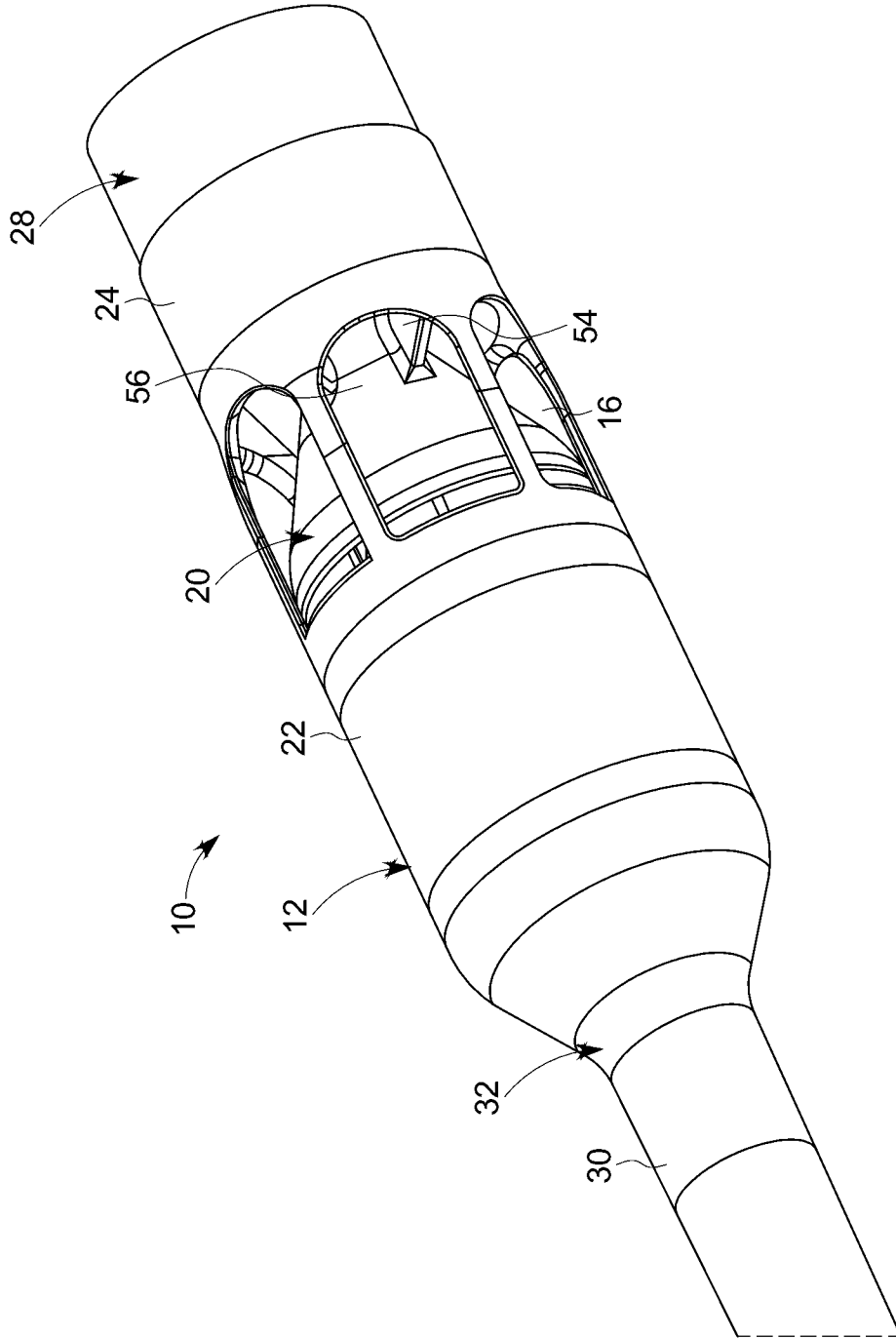
其中，該第一徑向軸承構件(150)包含一軸環(154)；

其中，該軸環(154)至少部分從該第一徑向軸承構件(150)的一外周邊表面周向延伸；

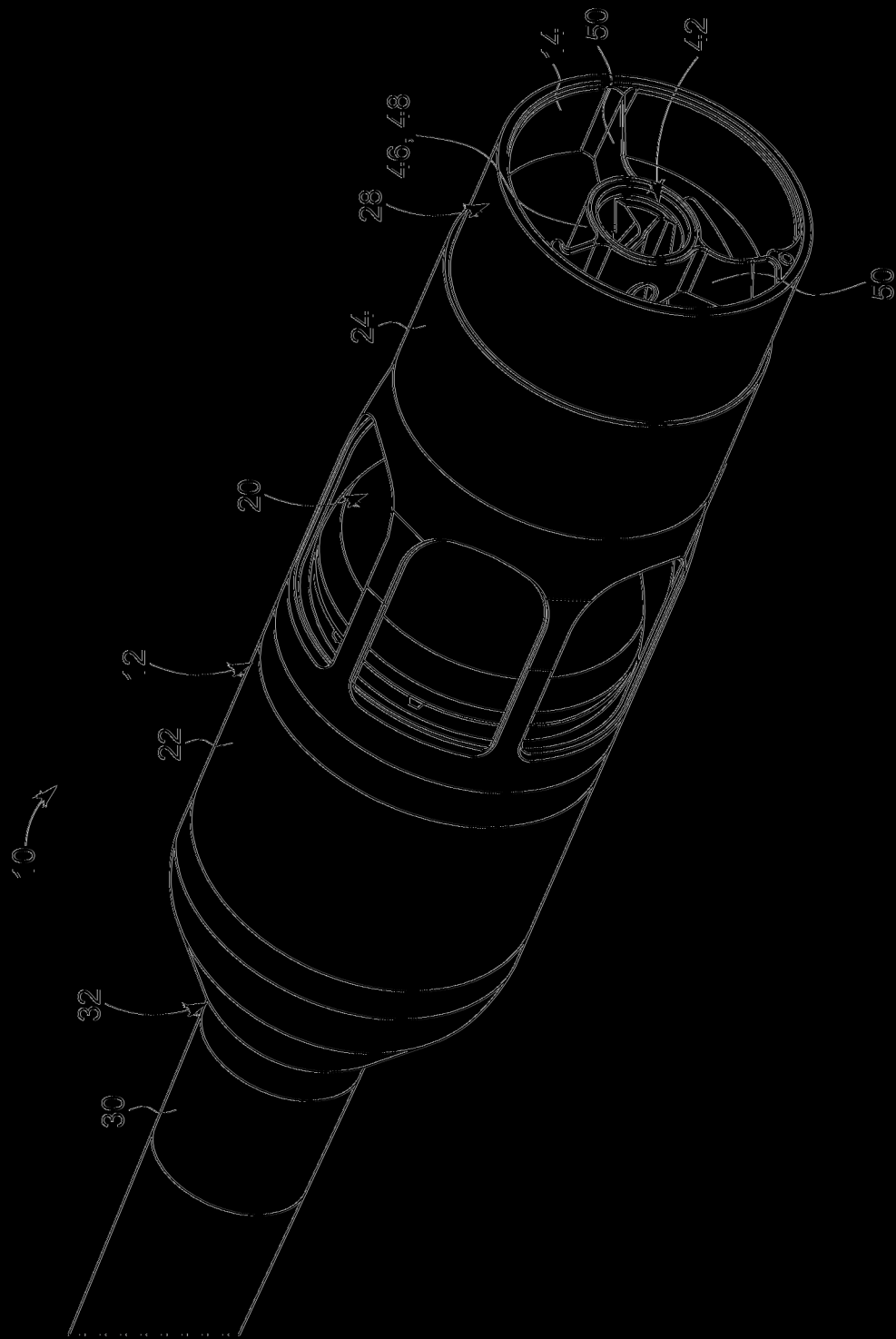
其中，該軸環(154)經提供相鄰於該第二徑向軸承構件(152)；且

其中，一間隙(G)在該軸向方向上形成在該軸環(154)與該第二徑向軸承構件(152)之間。

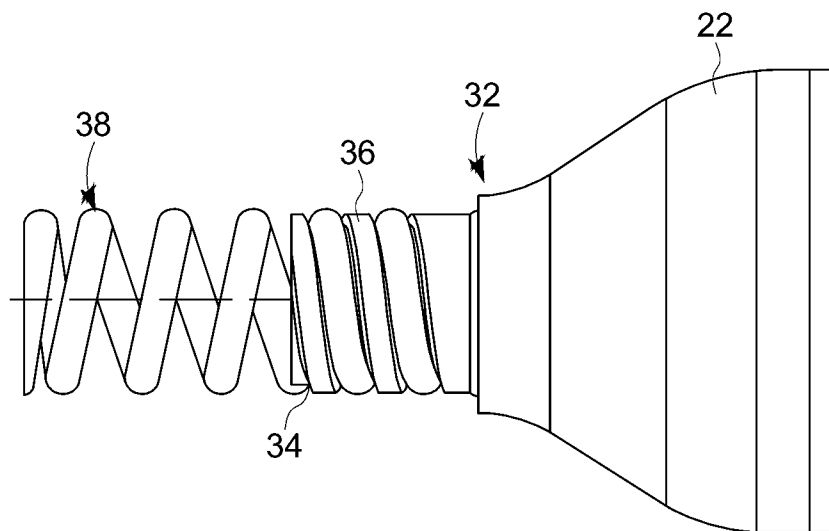
【發明圖式】



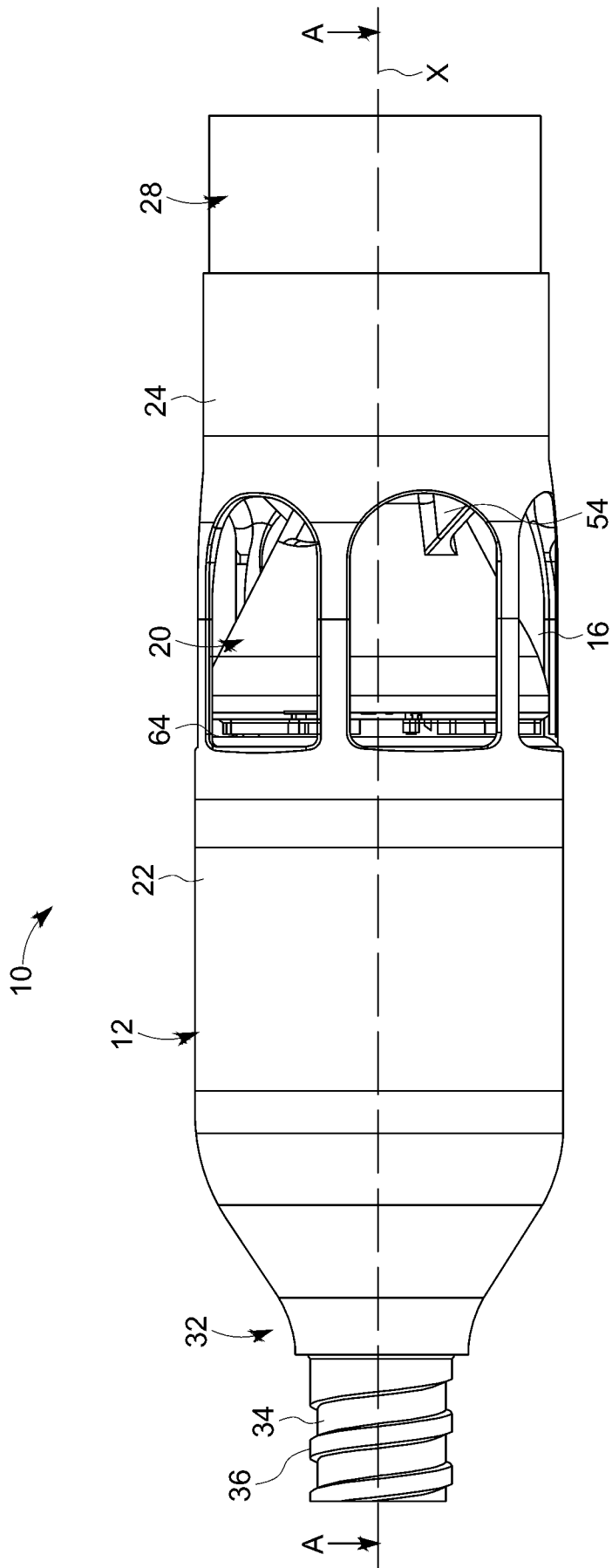
【圖1】



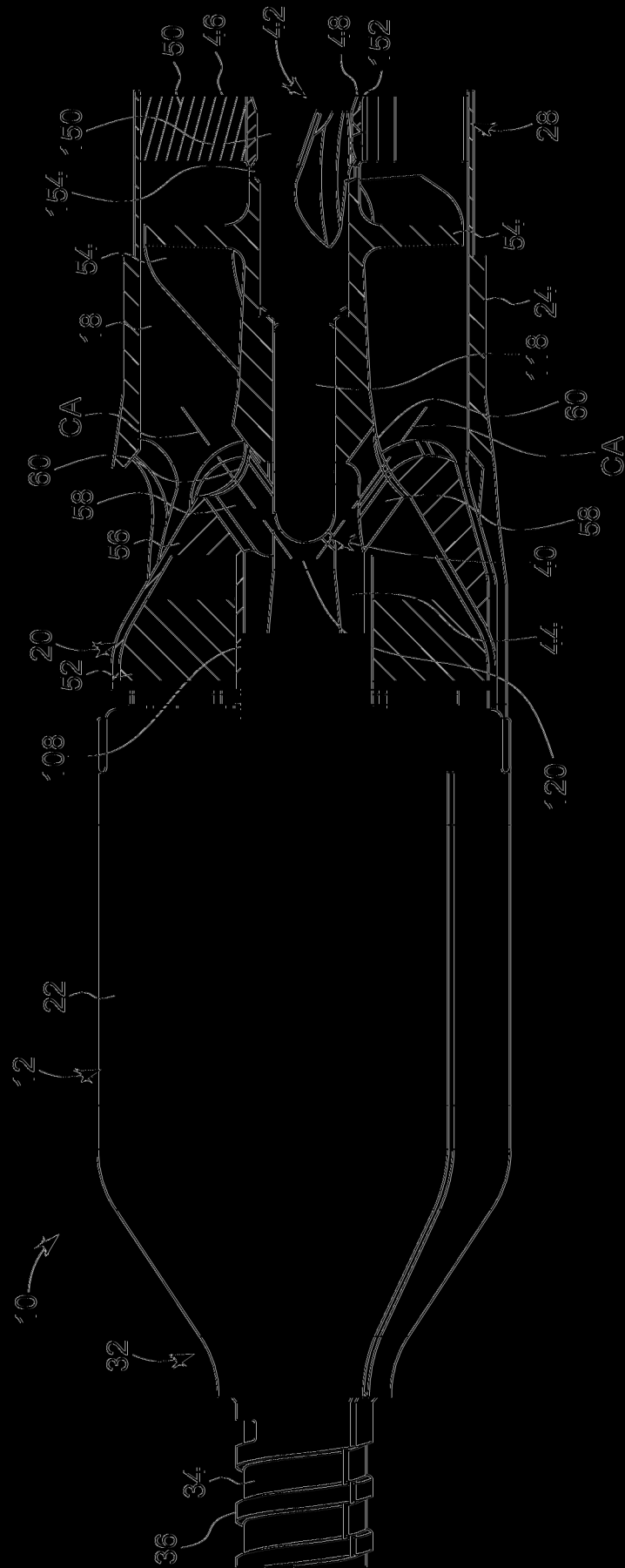
(圖2)



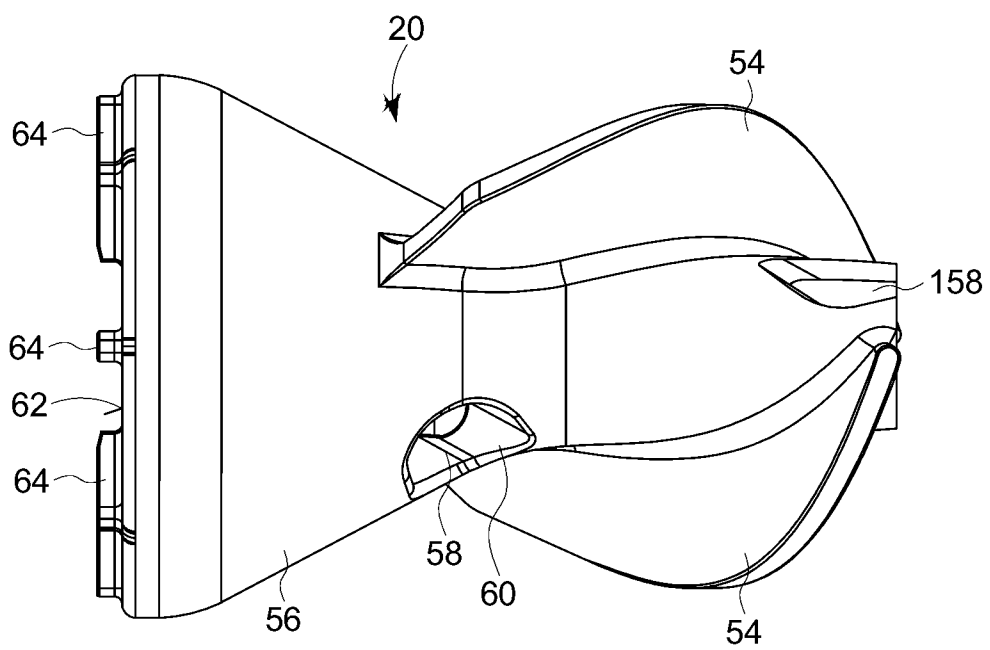
【圖3】



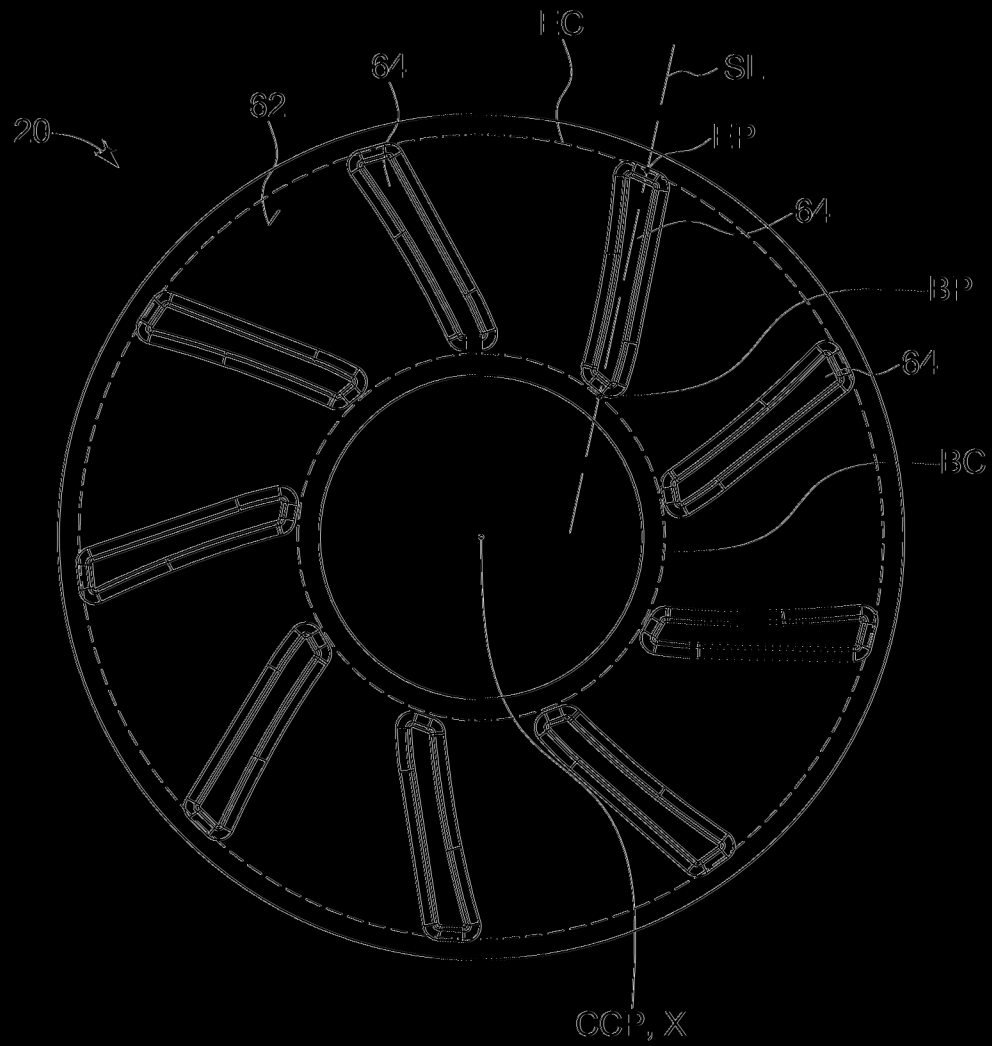
【圖4】



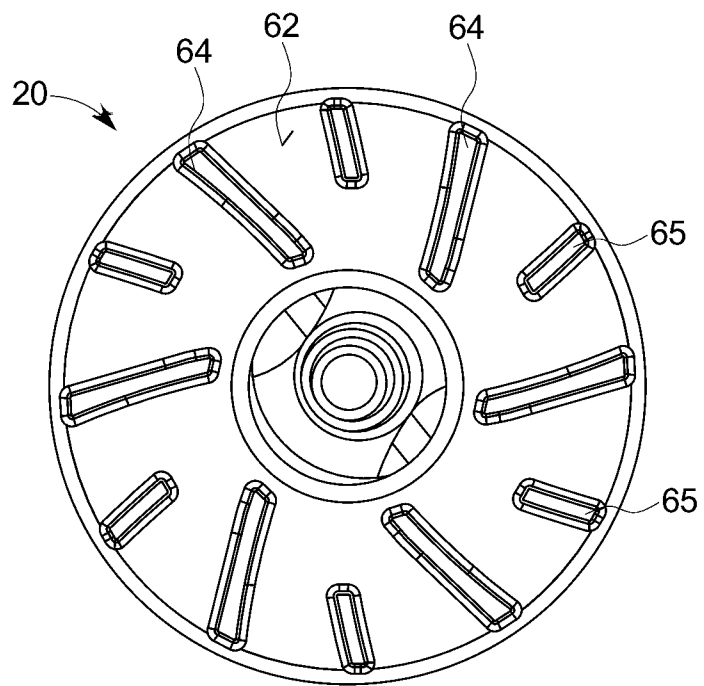
(圖5)



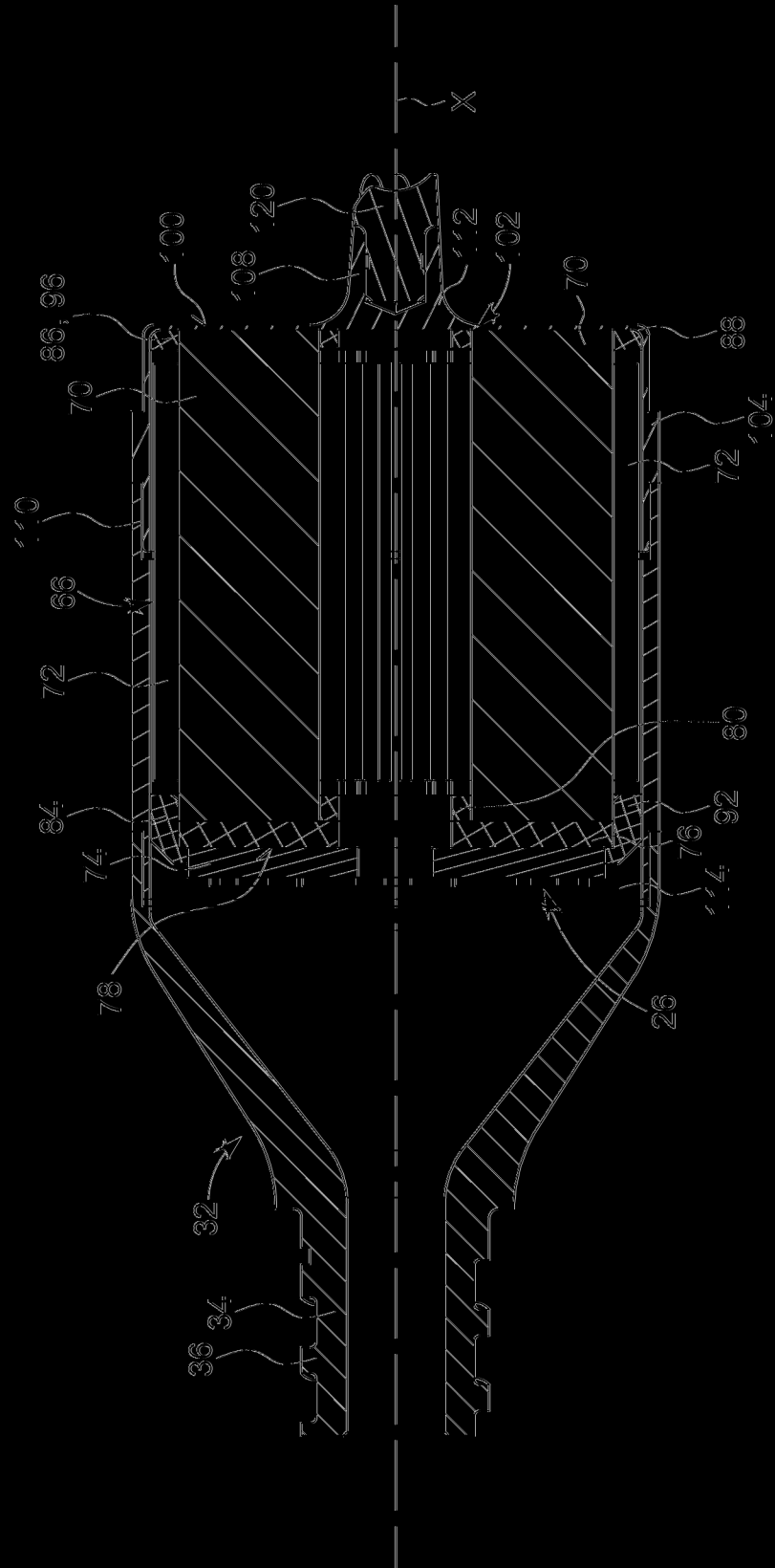
【圖6】



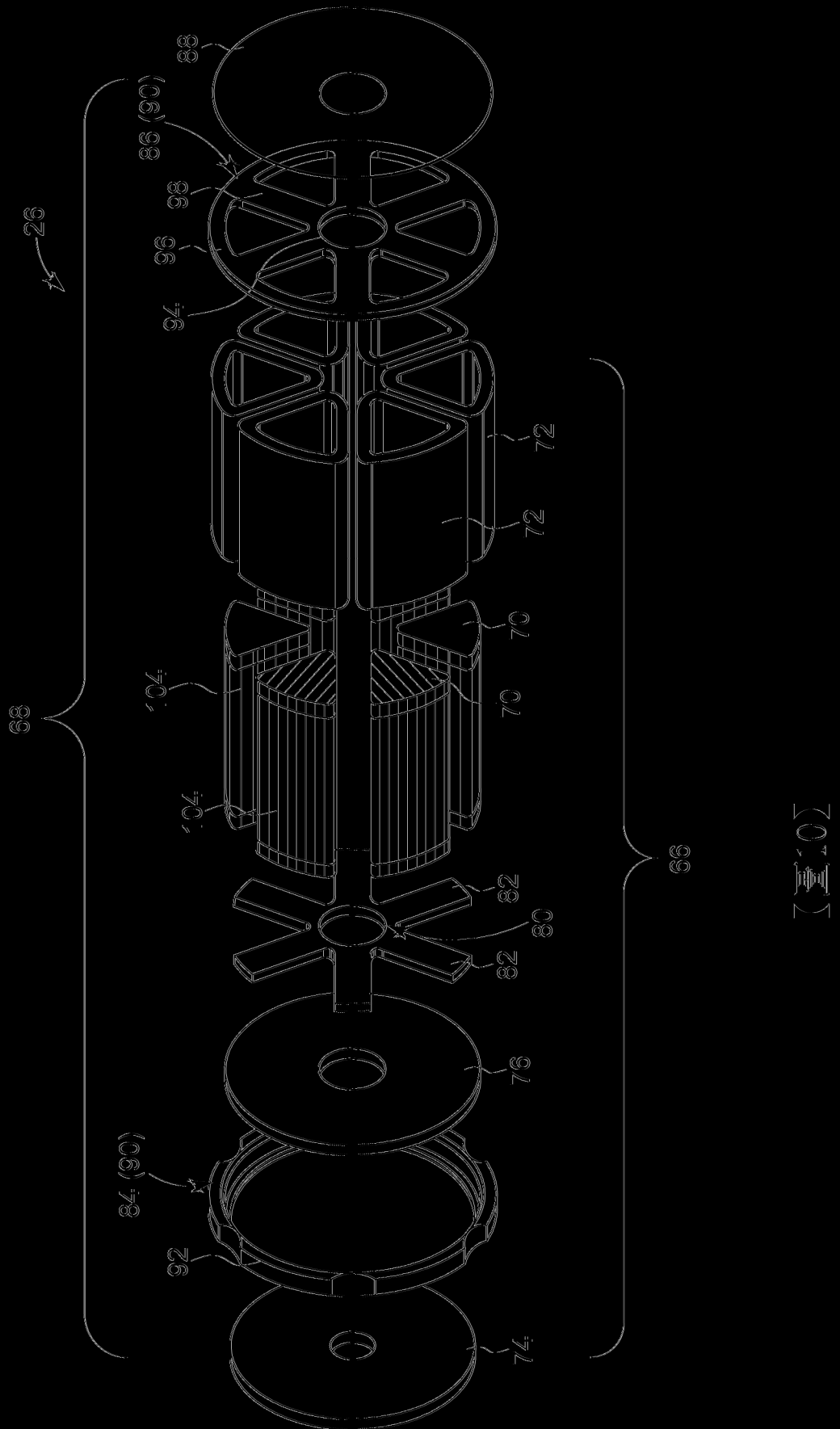
(1/1)

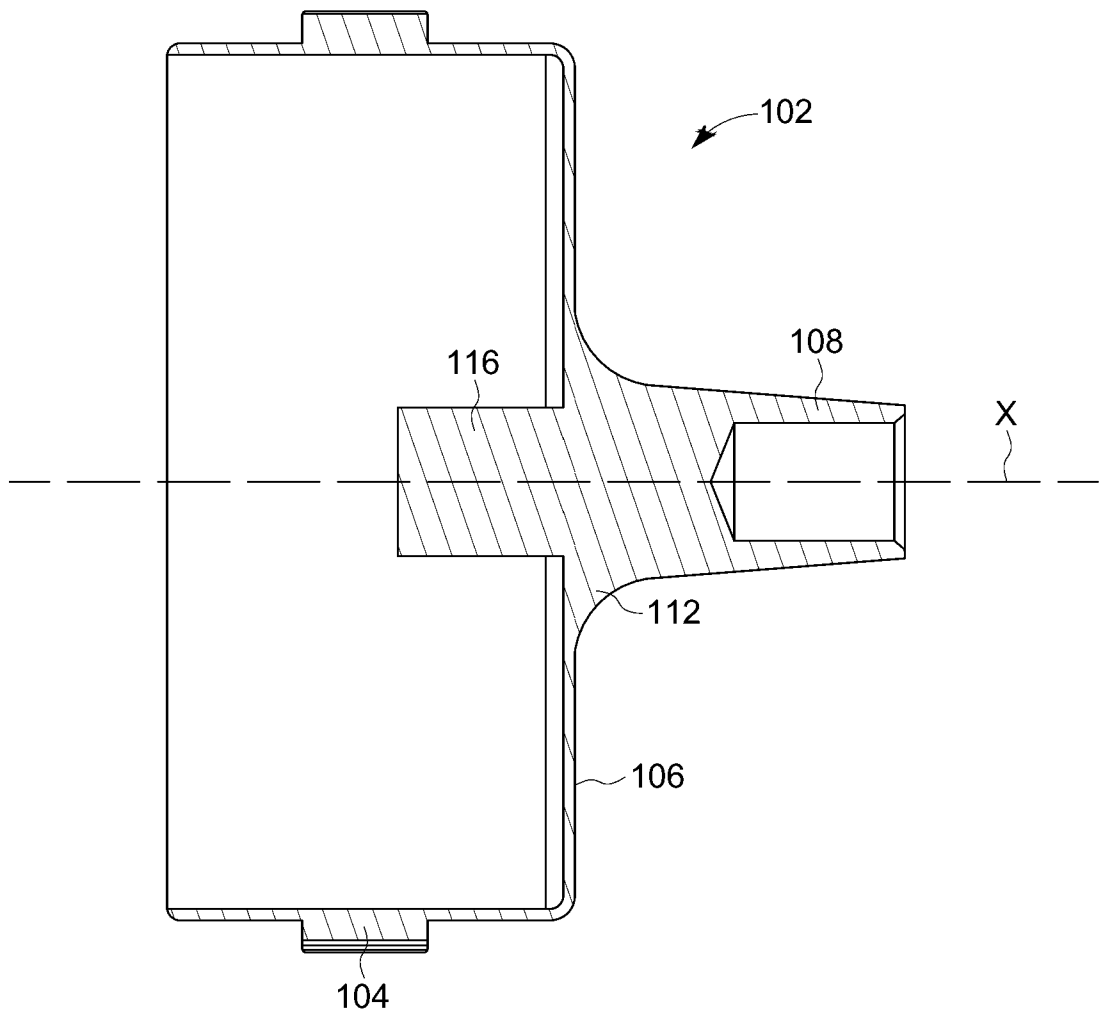


【圖8】

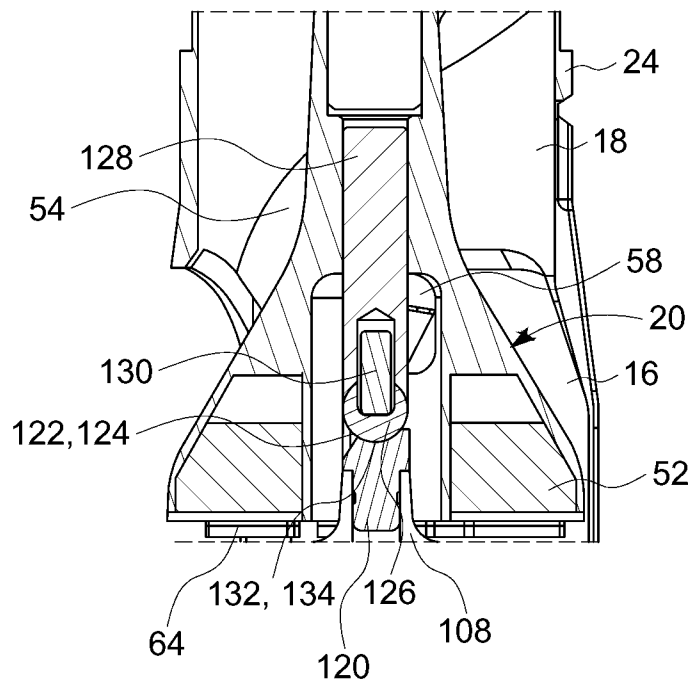


【圖9】

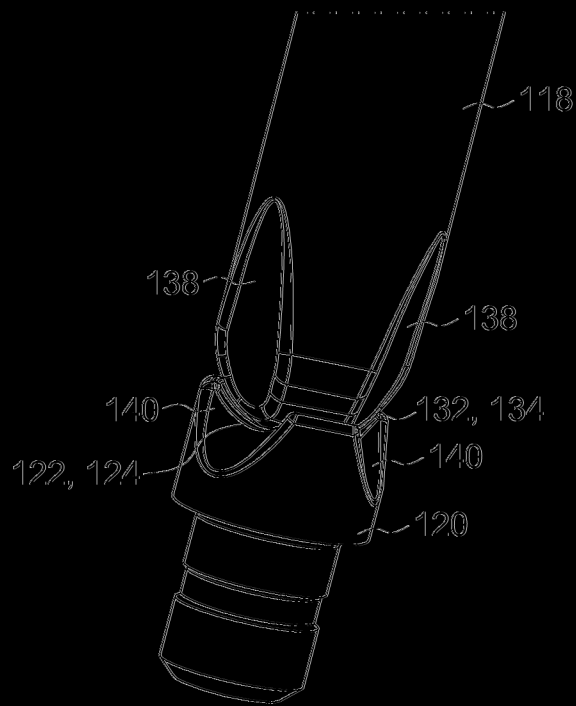




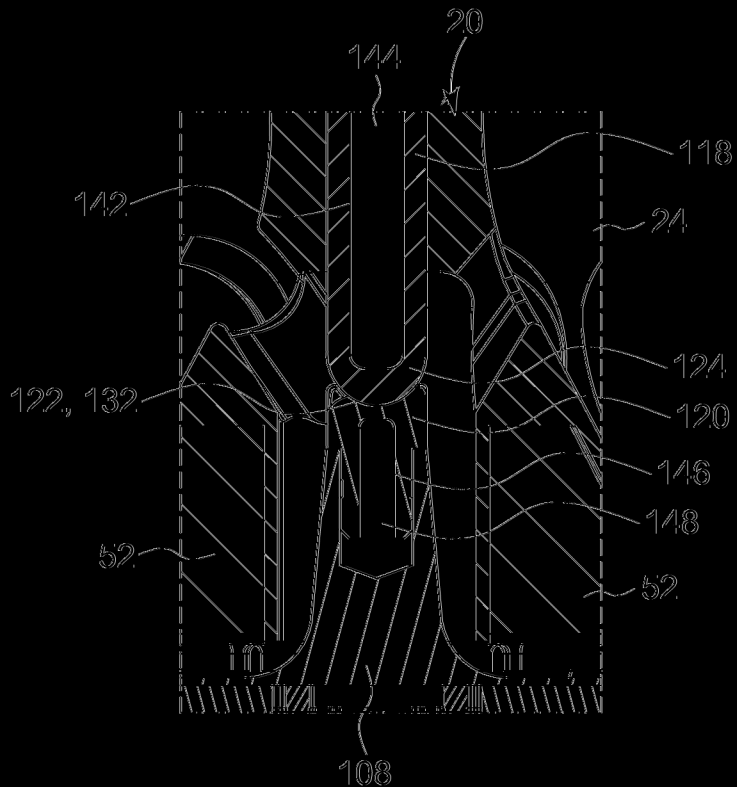
【圖11】



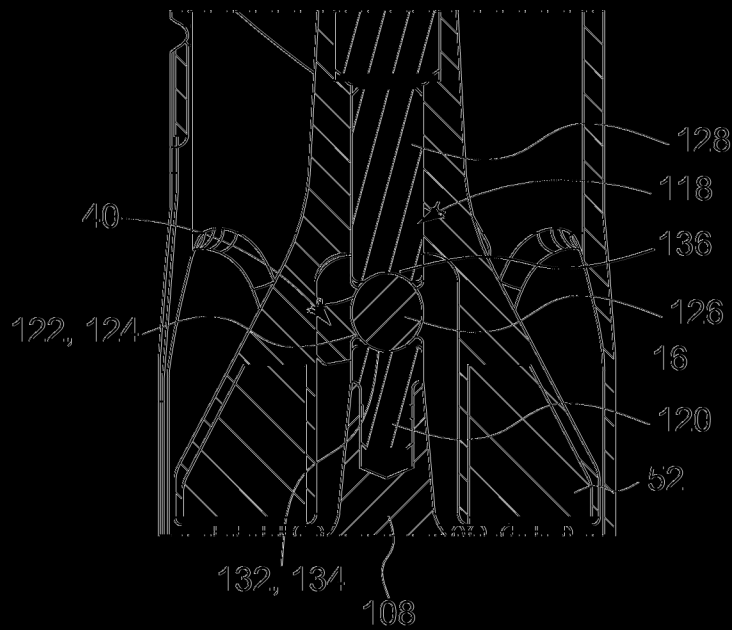
【圖12】



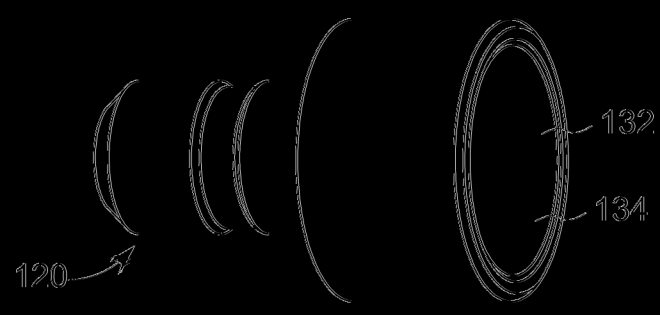
[(圖13)]



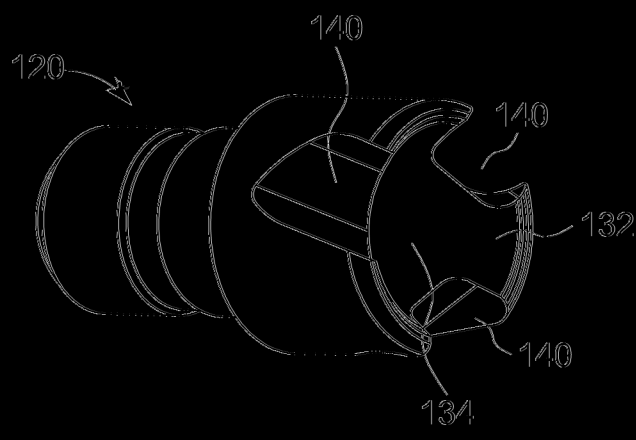
[(圖14)]



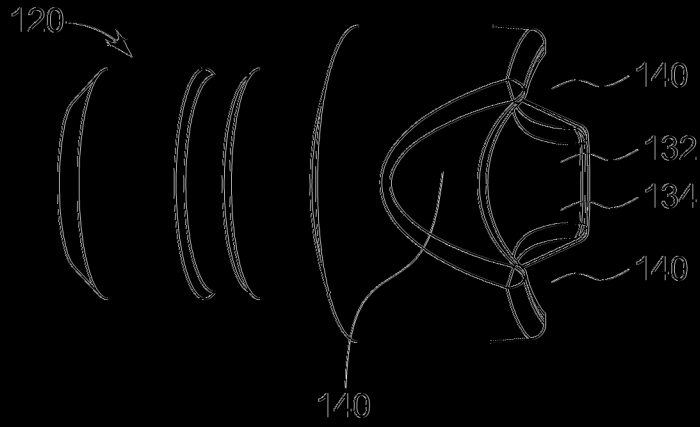
|(Fig 15)|



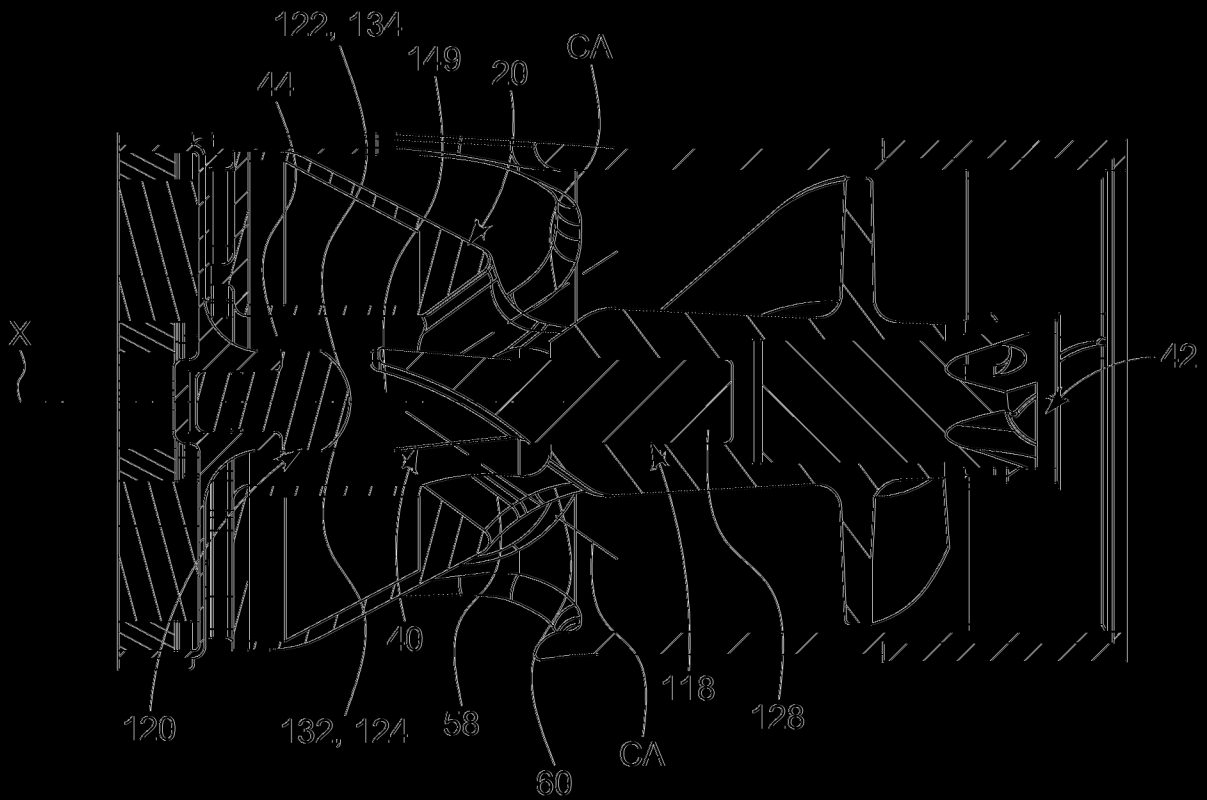
|(Fig 16)|



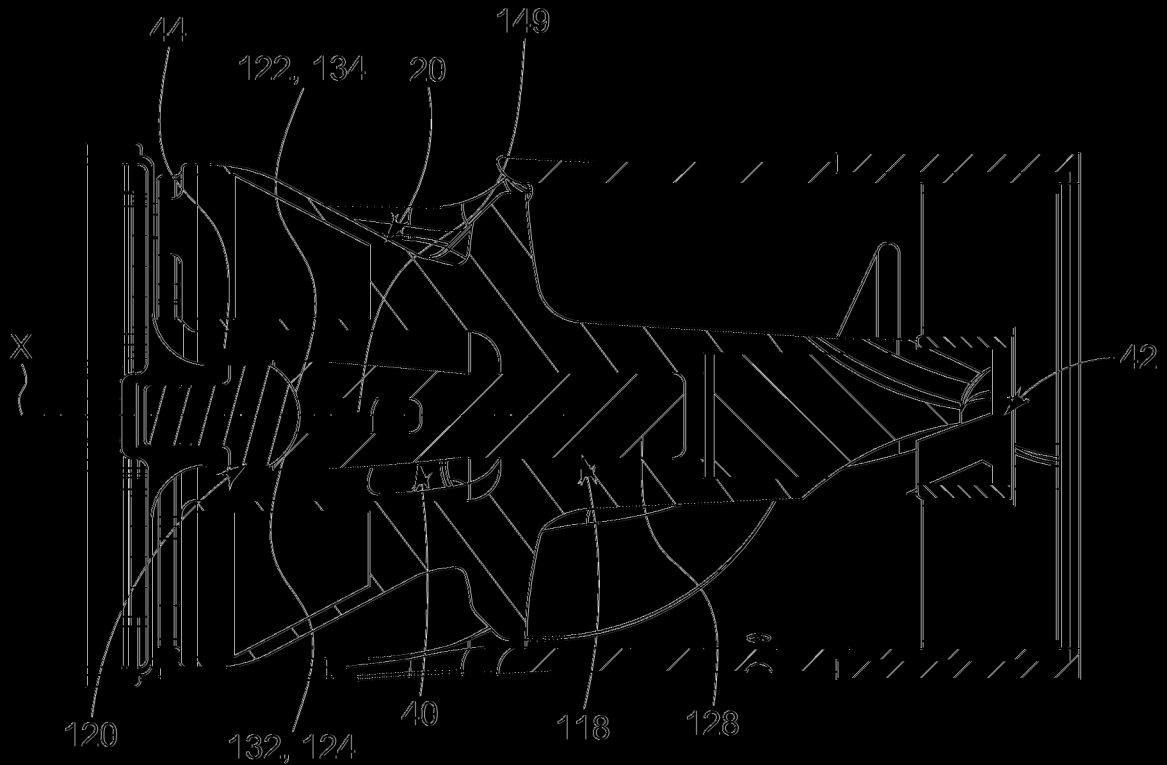
|(Fig 17)|



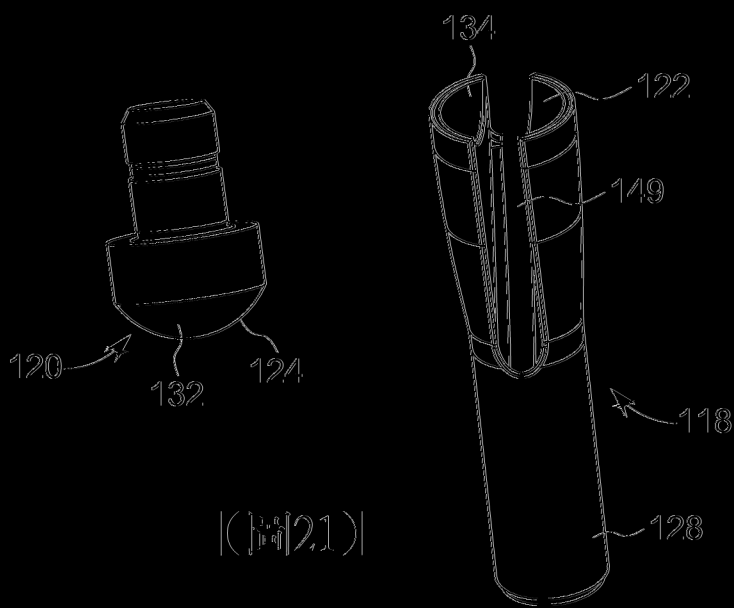
|(圖18)|



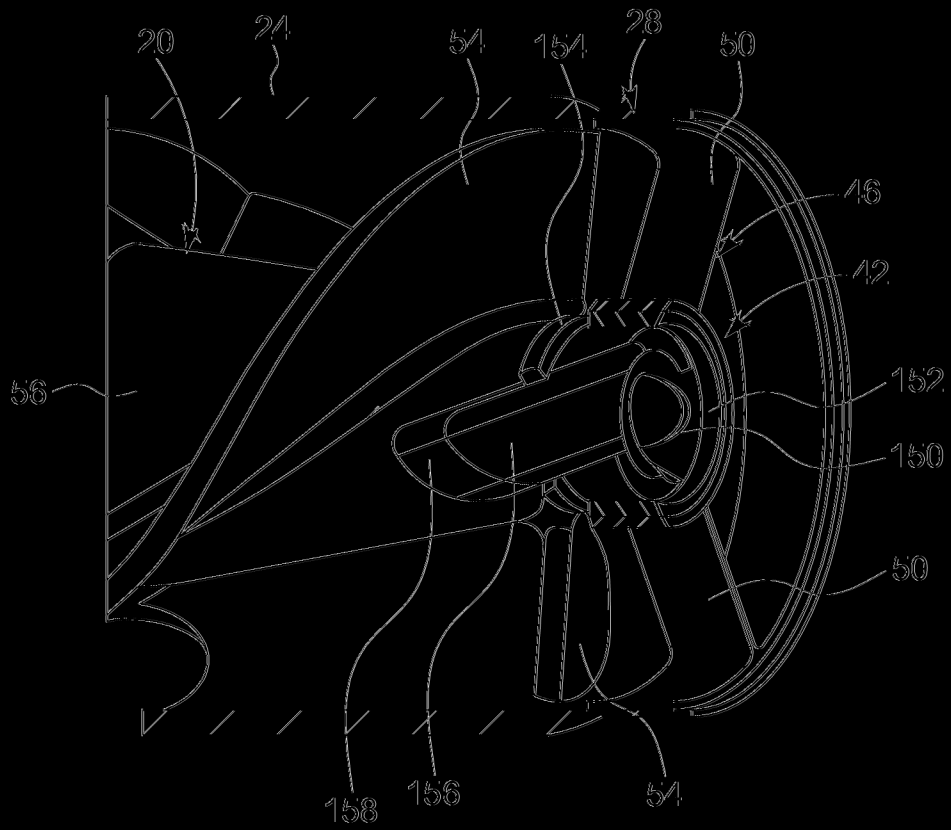
|(圖19)|



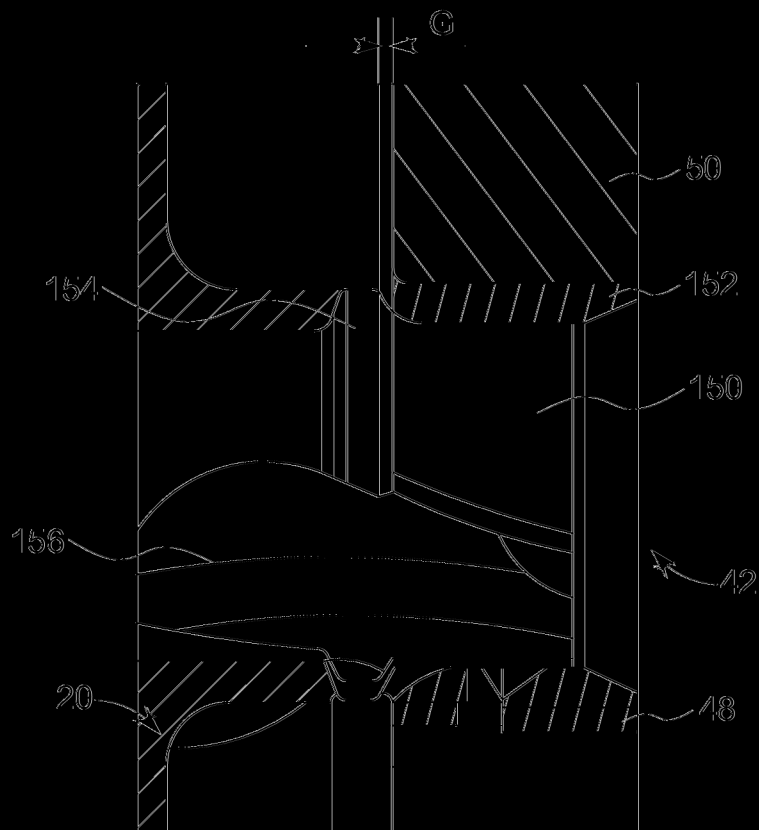
(Fig. 20)



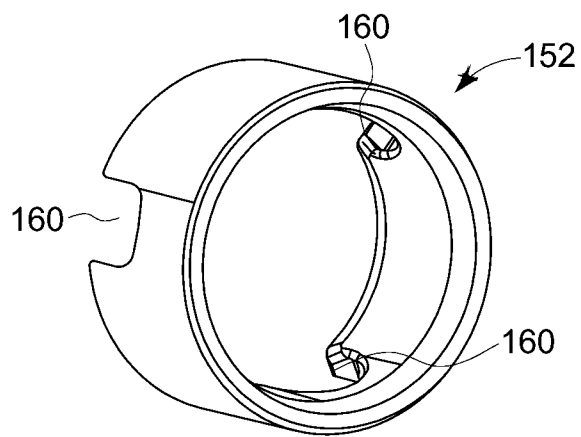
(Fig. 21)



|(圖22)|



|(圖23)|



【圖24】