

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 703 323**

(51) Int. Cl.:

**B64C 11/06** (2006.01)  
**F16C 19/36** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.06.2013 E 13171283 (8)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 2674357**

---

(54) Título: **Elemento de cojinete de rodillos cónicos y conjunto de retención de palas de hélice**

(30) Prioridad:

**15.06.2012 US 201213524672**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**08.03.2019**

(73) Titular/es:

**HAMILTON SUNDSTRAND CORPORATION (100.0%)  
One Hamilton Road  
Windsor Locks, CT 06096-1010, US**

(72) Inventor/es:

**CARVALHO, PAUL A. y SOULE, MATTHEW C.**

(74) Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 703 323 T3**

---

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Elemento de cojinete de rodillos cónicos y conjunto de retención de palas de hélice

### 5 Antecedentes

La presente invención se refiere a un sistema de pala de hélice, y más particularmente, a un elemento de cojinete de rodillos cónicos para el mismo.

- 10 Los sistemas de palas de hélice de aeronaves incluyen palas de hélice que tienen partes de raíz que se extienden a través de un brazo de cubo de un conjunto de cubo de palas. Cada pala de hélice está asegurada y puede girar con relación al brazo del cubo a través de un sistema de retención. Típicamente, el sistema de retención incluye una multitud de conjuntos de cojinetes que permiten la rotación de la pala dentro del brazo del cubo para permitir un cambio de paso de la pala. Un sistema de retención de hélice puede incluir uno o más cojinetes de rodillos cónicos para capacidad estructural y facilidad de ensamblaje en el caso de una retención precargada como se explica en la patente de EE. UU. 7.422.419.

Algunos elementos de cojinetes de rodillos cónicos tradicionales tienen un radio relativamente pequeño en uno o ambos extremos donde el contacto entre el elemento de cojinete y los componentes adyacentes termina abruptamente. Durante la rotación de la pala durante el cambio de paso, la carga en el elemento de cojinete combinada con los distintos extremos del elemento de cojinete causa una concentración de tensión en uno o ambos extremos del elemento de cojinete. La técnica anterior ha tratado estas concentraciones de tensión coronando el elemento de cojinete, lo que significa que, en lugar de un estrechamiento lineal, el elemento de cojinete tiene una superficie de contacto convexa. Bajo carga, esta superficie se deforma de manera ligeramente elástica, de manera que el contacto se interrumpe gradualmente a lo largo del elemento de cojinete. Desafortunadamente, este planteamiento acorta la longitud eficaz del elemento de cojinete, a medida que el elemento de cojinete se extiende pasado el punto en el cual el contacto con los componentes adyacentes se termina una distancia significativa debido a la curvatura gradual de la superficie de contacto.

- 30 El documento US 7.845.910 B2 describe un conjunto de retención de palas de la hélice según el preámbulo de la reivindicación 1 y un método según el preámbulo de la reivindicación 10.

### Compendio

- 35 Según la presente invención, se proporciona un conjunto de retención de palas de la hélice como se expone en la reivindicación 1 y un método como se expone en la reivindicación 10.

### Breve descripción de los dibujos

- 40 La FIG. 1A es una vista en perspectiva de un sistema de hélice.  
 La FIG. 1B es una vista en perspectiva de un conjunto de retención de palas de la hélice.  
 La FIG. 2 es una vista parcial en sección transversal del conjunto de retención de palas de la hélice.  
 La FIG. 3 es una vista en sección del conjunto de retención de palas de la hélice.  
 La FIG. 4A es una vista en perspectiva de un conjunto de cartucho de cojinetes de rodillos cónicos que incluye un elemento de cojinete de rodillos cónicos.  
 La FIG. 4B es una vista en sección transversal del elemento de cojinete de rodillos cónicos que tiene un cono de base y un cono de alivio.  
 La FIG. 4C es una vista ampliada del elemento de cojinete de rodillos cónicos que muestra una bajada.  
 La FIG. 4D es una vista en sección transversal de una realización alternativa que tienen conos de alivio tanto en el extremo superior como en el extremo inferior.  
 La FIG. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ensamblaje del conjunto de retención de palas de la hélice.  
 Las FIG. 6A-6F son unas vistas en perspectiva que ilustran los pasos del método de ensamblaje de la FIG. 5.  
 La FIG. 7 es una vista parcial en perspectiva en líneas de trazos del conjunto de retención de palas de la hélice en un estado ensamblado.

### Descripción detallada

- 60 La FIG. 1A ilustra una vista general en perspectiva del sistema de hélice 10. El sistema de hélice 10 incluye un conjunto de cubo 12 que soporta una pluralidad de conjuntos de retención de palas de la hélice 14 precargadas, cada uno de los cuales retiene una pala de la hélice P. Se debería entender que, aunque los conjuntos de retención de palas de la hélice 14 típicos de una aeronave turbohélice se ilustran en la FIG. 1A, diversos sistemas de palas de la hélice/rotor rígidas incluyendo sistemas de rotor de inclinación y de ala de inclinación que requieren retenciones precargadas y no precargadas se beneficiarán de la presente invención.

- Como se muestra en la FIG. 1B, el conjunto del cubo 12 incluye una pluralidad de brazos del cubo 16. Cada brazo del cubo 16 es el soporte estructural primario de un conjunto de retención de palas de la hélice 14. La pluralidad de brazos del cubo 16 se puede formar integralmente en un único cubo de una pieza que, además de proporcionar una ubicación de montaje para las palas de la hélice P, también puede alojar el sistema de control de paso de la hélice.
- 5 Se debería entender que varias construcciones del cubo serán utilizables con la presente invención.
- El conjunto del cubo 12 está montado en el eje de transmisión de la hélice 12S que se extiende transversalmente a partir del mismo, de manera que el sistema de hélice 10 se pueda accionar alrededor de un eje de rotación A. Cada conjunto de retención de palas de la hélice 14 define el eje de la pala B transversal al eje de rotación A.
- 10 Como se muestra en la FIG. 2, cada conjunto de retención de palas de la hélice 14 incluye una raíz de las palas de la hélice 18, un juego de cojinetes de bolas de retención interno 20, un juego de cojinetes de bolas de retención externo 22, una pista de rodadura flotante 24, un juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 y una tapa del extremo 28. Aunque cada conjunto de retención de palas de la hélice 14 puede no ser idéntico, la realización ilustrada del conjunto de retención de palas de la hélice 14 es representativa de todos los conjuntos de retención de pala de la hélice 14 en el sistema de hélice 10.
- 15 El conjunto de retención de palas de la hélice 14 aplica una precarga a la raíz de las palas de la hélice 18 generalmente a lo largo del eje de la pala B, que aumenta la capacidad del momento de la retención para un diámetro de paso dado, sin embargo, permite el cabeceo de la raíz de las palas de la hélice 18 alrededor del eje de la pala B en respuesta a un sistema de actuación de cambio de paso de la hélice que interactúa con el pasador de paso de la pala 18P. Se debería entender que la raíz de las palas de la hélice 18, como se ilustra, puede ser una sección de una pala de hélice completa, o una parte de retención que recibe una parte de perfil aerodinámico extraíble de una pala de la hélice.
- 20 Los componentes y la configuración del sistema de hélice 10 como se representa en las FIG. 1A, 1B y 2 permiten que el paso de las palas de la hélice P se cambie. Más específicamente, las palas de la hélice P se pueden girar en el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 (mostrado en la Figura 2) dentro del conjunto de retención de palas de la hélice 14.
- 25 Como se muestra en la FIG. 3, el conjunto de retención de palas de la hélice 14 está soportado dentro del brazo del cubo 16 por el juego de cojinetes de bolas de retención interno 20, el juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 y el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 que se extienden alrededor de un perímetro de la raíz de las palas de la hélice 18. Un diámetro de paso interno se define por el juego de cojinetes de bolas de retención interno 20 que discurre en la pista de rodadura interna 20R definida entre el brazo del cubo 16 y la raíz de las palas de la hélice 18. Un diámetro de paso externo se define por el juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 que discurre en la pista de rodadura externa 22R definida entre el brazo del cubo 16 y la pista de rodadura flotante 24.
- 30 El conjunto de cojinetes de rodillos cónicos 26 discurre entre la pista de rodadura flotante 24 y la raíz de las palas de la hélice 18 a medida que se mantiene por la tapa del extremo 28 que está sujetada a la pista de rodadura flotante 24 a través de una pluralidad de fijaciones roscadas 30 (también ilustradas en la FIG. 2) que pueden ser, por ejemplo, tornillos. La fijación roscada 30 se sitúa generalmente paralela al eje de la pala B para mantener la tapa del extremo 28 y la pista de rodadura flotante 24 en el acoplamiento facial, de manera que la punta de la tapa del extremo 32 entre en contacto con el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26. La tapa del extremo 28 está en acoplamiento facial con la pista de rodadura flotante 24 y no está roscada a la misma, de manera que las concentraciones de tensión se minimizan y las fijaciones roscadas 30 proporcionan múltiples trayectorias de carga redundantes. La punta de la tapa del extremo 32 coloca el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 entre la tapa del extremo 28 y la pista de rodadura flotante 24 para impartir y mantener el estado de precarga.
- 35 Los elementos de cojinetes de rodillos cónicos del juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 definen el ángulo del cono de base C que se cruza con el eje de la pala B. El juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 discurre entre la superficie de apoyo de la pista de rodadura flotante 24B de la pista de rodadura flotante 24 y la superficie de apoyo de la raíz de las palas de la hélice 18B de la raíz de las palas de la hélice 18. La superficie de apoyo de la pista de rodadura flotante 24B y la superficie de apoyo de la raíz de las palas de la hélice 18B también se definen a lo largo de un ángulo del cono de base, de manera que la superficie de apoyo de la pista de rodadura flotante 24B es una superficie interna que mira hacia el eje de la pala B y la superficie de apoyo de la raíz de hoja de hélice 18B es una superficie externa que se enfrenta lejos del eje de la pala B. En otras palabras, se forma una interfaz troncocónica alrededor del eje de la pala B para recibir el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26.
- 40 El estado de precarga se genera por el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 que empuja la raíz de las palas de la hélice 18 hacia afuera a lo largo del eje de la pala B y la pista de rodadura flotante 24 hacia dentro a lo largo del eje de la pala B. El juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 proporciona una fricción del elemento de rodillo potencialmente menor que el juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 en el que el cambio de paso da como resultado una rotación en el juego de cojinetes de bolas de retención interno 20 y en el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 durante el cambio de paso. El juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 tiene una fricción potencialmente mayor y no necesita girar. El juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 también
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

proporciona una junta precargada más blanda que permite el desgaste sin pérdida de precarga. La precarga proporciona una retención de pala relativamente rígida, sin embargo, permite el cabeceo de la raíz de las palas de la hélice 18 alrededor del eje de la pala B permitiendo la rotación en el juego de cojinetes de bolas de retención externo 22.

- 5 Los componentes y la configuración del conjunto de retención de palas de la hélice 14 como se muestra en la FIG. 3 permite que el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 reduzca la fricción que de otro modo existiría entre la raíz de las palas de la hélice 18 y la pista de rodadura flotante 24 cuando se cambia el paso de las palas de la hélice P. Además, se crea un ángulo del cono de base C que permite que los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 (mostrados en la FIG. 4A) tengan una forma generalmente cónica.

10 En la FIG. 3 se representa una realización de la presente invención, para la que hay realizaciones alternativas. Por ejemplo, se pueden emplear diversas disposiciones de sellado (no mostradas) según la presente invención. En tal realización, uno o más sellos se pueden situar entre la raíz de las palas de la hélice 18 y la tapa del extremo 28; la tapa del extremo 28 y la pista de rodadura flotante 24; y/o la pista de rodadura flotante 24 y el brazo del cubo 16.

15 En la FIG. 4A, se muestra una vista en perspectiva del conjunto de cartucho de cojinetes de rodillos cónicos 40 que incluye el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44. En la FIG. 4B, se muestra una vista en sección transversal del elemento de cojinete de rodillos cónicos 44. En la FIG. 4C, se muestra una vista ampliada del elemento de cojinete de rodillos cónicos. Las FIG. 4A-4C se tratarán ahora simultáneamente.

20 Con referencia a la FIG. 4A, el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 incluye una pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 (de la cual se muestra uno en la FIG. 4A), cada uno que tiene un cartucho de retención 42 y al menos un elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 (de los cuales se muestran cuatro en la FIG. 4A). El cartucho de retención 42 define el radio 43 para la recepción entre la raíz de las palas de la hélice 18 y la pista de rodadura flotante 24 alrededor del eje de la pala B. El cartucho de retención 42 retiene cada uno de la pluralidad de elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 dentro de una ranura del elemento de cojinete de rodillos 46 a lo largo del eje del elemento de cojinete de rodillos cónicos E.

25 30 En la realización ilustrada, el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 tiene cuatro elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 por cartucho de retención 42 con un total de siete cartuchos por pala de la hélice P. Se debería entender que se puede utilizar cualquier número de cartuchos con el menor número de cartuchos posible que es dos, no obstante, consideraciones de ensamblaje puedan dictar el número de cartuchos en base al tamaño del hueco inicial entre la pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 con respecto a la precarga deseada.

35 40 Con referencia a las FIG. 4B-4C, el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 comprende la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 que está conectada al cuello 50 que también está conectado a la cabeza 52. El cuello 50 y la cabeza 52 están diseñados para interactuar con el cartucho de retención 42 para permitir que el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 gire dentro de la ranura del elemento de cojinete de rodillos 46. Como se muestra en la FIG. 3, la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 es la parte del elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 que realiza el cojinete de carga estando en acoplamiento facial con la raíz de las palas de la hélice 18 y la pista de rodadura flotante 24.

45 Generalmente, la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 comprende un cono de base 54 y un cono de alivio 56. Más específicamente, el cono de base 54 tiene una forma troncocónica que se estrecha hacia fuera (con respecto al eje del elemento de cojinete de rodillos cónicos E) desde el extremo inferior 58 (que está conectado al cuello 50) hasta el anillo del vértice 60. El cono de alivio 56 es adyacente al cono de base 54 y tiene una forma troncocónica que se estrecha hacia dentro (con respecto al cono de base 54) desde el anillo del vértice 60 hasta el extremo superior 62 a lo largo del eje del elemento de cojinete de rodillos cónicos E.

50 55 Generalmente, el cono de base 54 se extiende a lo largo del ángulo del cono de base C, y el cono de alivio 56 se extiende a lo largo del ángulo del cono de alivio R. Tanto el ángulo del cono de base C como el ángulo del cono de alivio R se miden con respecto al eje del elemento de cojinete de rodillos cónicos E. Preferiblemente, el ángulo del cono de base C está entre medio (0,5) grado y cinco (5) grados. Más preferiblemente, el ángulo del cono de base C está entre un grado y dos grados. En la realización ilustrada, el ángulo del cono de base C es de 1,26 grados. Preferiblemente, el ángulo del cono de alivio R está entre un grado y dos grados. En la realización ilustrada, el ángulo del cono de alivio R es de 1,74 grados. Además, existe un ángulo de transición T entre el cono de base 54 y el cono de alivio 56 en el anillo del vértice 60. El ángulo de transición T es de al menos 170 grados y de no más de 179 grados. En la realización ilustrada, el ángulo de transición T es de 177 grados.

60 65 El cono de alivio 56 es preferiblemente no más del veinte por ciento de la longitud total de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48. Además, el cono de alivio 56 es preferiblemente al menos el diez por ciento de la longitud total de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48. En la realización ilustrada, la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 tiene una longitud de 17,8 mm (0,70 pulgadas) y el cono de alivio 56 tiene una longitud de 2,54 mm (0,10 pulgadas). Por lo tanto, el cono de alivio 56 es un 14,3 por ciento de la longitud de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48.

El anillo del vértice 60 se produce en la unión del cono de base 54 y el cono de alivio 56. El anillo del vértice 60 es el borde más externo de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 y tiene un radio del anillo del vértice G. Hacia el extremo superior 60 del cono de alivio 56, anterior al radio del borde 64, hay un radio del extremo superior F. La diferencia entre el radio del extremo superior F y el radio del anillo del vértice G es una bajada D. La bajada D está preferiblemente entre 0,050 mm (0,002 pulgadas) y 0,26 mm (0,010 pulgadas). En la realización ilustrada, la bajada D es de 0,10 mm (0,004 pulgadas).

Estrictamente desde la perspectiva de la geometría, el anillo del vértice 60 debería ser el punto de contacto más alto entre la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 y la raíz de las palas de la hélice 18/pista de rodadura flotante 24. Pero cuando el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 está cargado o precargado, el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 se comprime ligeramente. Esto deforma elásticamente el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44, de manera que el anillo del vértice 60 ya no es más la parte más externa de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48. En su lugar, el contacto cesa entre la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 y la raíz de las palas de la hélice 18/pista de rodadura flotante 24 en algún punto a lo largo del cono de alivio 56. Esto crea una separación gradual de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 de la raíz de las palas de la hélice 18/pista de rodadura flotante 24. Pero la bajada D es lo suficientemente grande en cuanto a evitar que se produzca el extremo de contacto en el extremo superior 62 (o en el radio del borde 64) debido a que crearía una ruptura brusca en el contacto que conduciría a concentraciones de tensión en la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48, la raíz de las palas de la hélice 18 y/o la pista de rodadura flotante 24.

La configuración del elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 como se muestra en las FIG. 4A-4C permite que el elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 esté unido de manera giratoria al cartucho de retención 42. Además, la separación gradual proporcionada por el cono de alivio evita sustancialmente que existan concentraciones de tensión en la sección del cuerpo principal del elemento del cojinete 48, la raíz de las palas de la hélice 18 o la pista de rodadura flotante 24. Este efecto ocurre con una longitud extra mínima de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete 48.

En las FIG. 4A-4C se representa una realización de la presente invención, para la que hay realizaciones alternativas. Por ejemplo, el cono de alivio 56 se puede colocar en el extremo inferior 58. Para otro ejemplo mostrado en la FIG. 4D, y hay dos conos de alivio 56, con uno en el extremo inferior 58 y otro en el extremo superior 62.

En la FIG. 5, se muestra un diagrama de flujo que ilustra un método de ensamblaje del conjunto de retención de palas de la hélice 14. Tal método también describe cómo se produce el estado de precarga de una manera sin complicaciones que facilita el mantenimiento y la reparación de rutina en un entorno de campo. Los pasos descritos en la FIG. 5 se ilustran en las FIG. 6A-6F, con el resultado final que se muestra en la FIG. 7.

La FIG. 6A ilustra los pasos 100, 110, 120 y 130. En el paso 100, la pista de rodadura flotante 24 y la tapa del extremo 28 se sitúan sobre la raíz de las palas de la hélice 18 en una posición externa temporal alejada del brazo del cubo 16. En el paso 110, la raíz de las palas de la hélice 18 se instala en el brazo del cubo 16. En el paso 120, el juego de cojinetes de bolas de retención interno 20 se sitúa dentro de la pista de rodadura interna 20R entre la raíz de las palas de la hélice 18 y el brazo del cubo 16. En el paso 130, la raíz de las palas de la hélice 18 se retrae parcialmente hacia fuera con respecto al brazo del cubo 16 de manera que el juego de cojinetes de bolas de retención interno 20 se asiente dentro de la pista de rodadura interna 20R.

Como se muestra en la FIG. 6B, en el paso 140, el juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 se sitúa dentro de una parte de la pista de rodadura externa 22R definida por el brazo del cubo 16. El juego de cojinetes de bolas de retención externo 22 permite que la pista de rodadura flotante 24 se gire con propósitos de ensamblaje, de otro modo, la raíz de las palas de la hélice 18 tendría que ser girada, lo que puede no ser posible en la medida que los perfiles aerodinámicos de las palas de la hélice P adyacentes pueden tocarse.

Como se muestra en la FIG. 6C, en el paso 150, la pista de rodadura flotante 24 se baja sobre el juego de cojinetes de retención externo 22 para completar la pista de rodadura externa 22R formada entre la pista de rodadura flotante 24 y el brazo del cubo 16.

Como se muestra en la FIG. 6D, en el paso 160, el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 se instala entre la pista de rodadura flotante 24 y la raíz de las palas de la hélice 18. En esta posición inicial, se define un hueco igualmente separado entre cada uno de la pluralidad de conjuntos de cartuchos de rodillos cónicos 40.

Como se muestra en la FIG. 6E, en el paso 170, la tapa del extremo 28 se baja sobre el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 hasta que la punta de la tapa del extremo 32 hace contacto con el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26. En el paso 180, se montan muelles de precarga S en los tornillos P que se pasan a través de las aberturas de la tapa del extremo 28A y las aberturas de la pista de rodadura flotante 24A.

Los muelles de precarga S desvían la tapa del extremo 28 hacia la pista de rodadura flotante 24. La tuerca RP roscada al tornillo de precarga P retiene selectivamente el muelle S en el tornillo de precarga P. La tuerca RP se

aprieta entonces para crear un estado de compresión sobre el muelle de precarga S. Se debería entender que otros dispositivos y accesorios de precarga se pueden utilizar alternativamente para aplicar una precarga que desvíe los elementos de cojinete de rodillos cónicos 44 hacia la pista de rodadura flotante 24 durante la instalación.

- 5 Como se muestra en la FIG. 6F, en el paso 190, la pista de rodadura flotante 24, la tapa del extremo 28 y los muelles de precarga S se giran hasta que el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 esté completamente instalado. El juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 está completamente asentado cuando la tapa del extremo 28 se empareja en acoplamiento facial con la pista de rodadura flotante 24. Durante este proceso de precarga, el hueco entre cada uno de la pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 se cierra de manera que se proporciona un espacio esencialmente igual entre los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 alrededor de la circunferencia del conjunto de cojinetes de rodillos cónicos 26. Es decir, la pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 facilita la instalación y retención de los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 dentro del conjunto de retención de palas de la hélice 14 precargada, a medida que la pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 se mueven juntos durante el proceso de precarga de la retención.
  - 10
  - 15
  - 20
  - 25
  - 30
  - 35
  - 40
  - 45
  - 50
  - 55
- El estado de precarga se establece inicialmente por los muelles de precarga S que aplican una carga sobre el extremo superior 62 de los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 a medida que se gira la pista de rodadura flotante 24, lo que permite que el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 empujen progresivamente la raíz de las palas de la hélice 18 hacia afuera y la pista de rodadura flotante 24 hacia dentro a lo largo del eje de la pala B, generando el estado de precarga. Es decir, los muelles S mantienen una carga del extremo del rodillo axial a medida que los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 se acoplan progresivamente con el espacio cónico entre la pista de rodadura flotante 24 y la raíz de las palas de la hélice 18. Esta carga del extremo axial se puede aplicar alternativa o adicionalmente con herramientas diseñadas para interactuar con la pista de rodadura externa 22R. La fuerza axial se aplica a los extremos superiores 62 de los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44. La fuerza axial se desliza a través de los extremos superiores 62 de los elementos de cojinetes de rodillos cónicos 44 durante el proceso de precarga como resultado de la geometría del hardware. (Aunque, el conjunto de retención de palas de la hélice 14 se puede configurar para aplicar una carga sobre extremo inferior 58. En tal realización, el cono de alivio 56 existiría en el extremo inferior 58).
- El movimiento a lo largo del eje E (mostrado en la Figura 4A) de cada elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 es posible debido a una combinación de un bajo coeficiente de rozamiento de fricción y un elemento de cojinete de rodillos cónicos 44 ligeramente en punta que se mueve hacia dentro en una trayectoria helicoidal. La pista de rodadura flotante 24 es importante para la aplicación de la precarga, en la medida que, de otro modo, la pala de la hélice P no sería libre de girar cuando se acopla con el sistema de accionamiento del paso de la hélice.
- Una vez que se completa este proceso, el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 se mantiene en su lugar debido a un coeficiente de fricción estático relativamente alto a lo largo del eje de la pala B. Pero la raíz de las palas de la hélice 18 todavía es libre de girar alrededor del eje de la pala B en respuesta a las entradas de cambio de paso. La pluralidad de conjuntos de cartuchos de cojinetes de rodillos cónicos 40 se acercan entre sí durante el proceso de precarga debido a que su diámetro final instalado, en relación con el eje de cambio de paso, es menor en su posición final que en su posición inicial.

Como se muestra en la FIG. 7, en el paso 200, la tuerca RP se retira del tornillo P y cada muelle de precarga S y tornillo P se retiran y se sustituyen por la fijación roscada 30 en cada abertura de la tapa del extremo 28A y la abertura de la pista de rodadura flotante 24A. Se debería entender que cada tuerca RP, tornillo P y muelle de precarga S se pueden retirar individualmente antes de la instalación de cada fijación roscada 30. El juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 se mantiene alternativamente en su lugar debido a un coeficiente de fricción estático relativamente alto a lo largo del eje de la pala B.

- 60
  - 65
  - 70
  - 75
  - 80
  - 85
  - 90
  - 95
- Para desensamblar el conjunto de pala 14 del brazo del cubo 16, se retiran las fijaciones roscadas 30. La carga axial en el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 se retira entonces mediante la rotación de la pista de rodadura flotante 24, de manera que las fuerzas normales sobre el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 desde la precarga y el ángulo del cono de base del elemento de cojinete de rodillos cónicos C dan como resultado una carga axial autogenerada sobre el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 que empuja al juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 fuera del acoplamiento.

Los pasos del método de ensamblaje del conjunto de retención de la pala de la hélice 14 permiten que el juego de cojinetes de rodillos cónicos 26 sea precargado. Esto evita la separación de las secciones del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 de la raíz de las palas de la hélice 18/pista de rodadura flotante 24 debido a la carga del momento durante la operación. Esta precarga también comprime las secciones del cuerpo principal del elemento de cojinete 48, cambiando el extremo superior de contacto entre las secciones del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 y la raíz de las palas de la hélice 18/pista de rodadura flotante 24.

- 95
- 100
- 105
- 110
- 115
- 120
- 125
- 130
- 135
- 140
- 145
- 150
- 155
- 160
- 165
- 170
- 175
- 180
- 185
- 190
- 195
- 200
- 205
- 210
- 215
- 220
- 225
- 230
- 235
- 240
- 245
- 250
- 255
- 260
- 265
- 270
- 275
- 280
- 285
- 290
- 295
- 300
- 305
- 310
- 315
- 320
- 325
- 330
- 335
- 340
- 345
- 350
- 355
- 360
- 365
- 370
- 375
- 380
- 385
- 390
- 395
- 400
- 405
- 410
- 415
- 420
- 425
- 430
- 435
- 440
- 445
- 450
- 455
- 460
- 465
- 470
- 475
- 480
- 485
- 490
- 495
- 500
- 505
- 510
- 515
- 520
- 525
- 530
- 535
- 540
- 545
- 550
- 555
- 560
- 565
- 570
- 575
- 580
- 585
- 590
- 595
- 600
- 605
- 610
- 615
- 620
- 625
- 630
- 635
- 640
- 645
- 650
- 655
- 660
- 665
- 670
- 675
- 680
- 685
- 690
- 695
- 700
- 705
- 710
- 715
- 720
- 725
- 730
- 735
- 740
- 745
- 750
- 755
- 760
- 765
- 770
- 775
- 780
- 785
- 790
- 795
- 800
- 805
- 810
- 815
- 820
- 825
- 830
- 835
- 840
- 845
- 850
- 855
- 860
- 865
- 870
- 875
- 880
- 885
- 890
- 895
- 900
- 905
- 910
- 915
- 920
- 925
- 930
- 935
- 940
- 945
- 950
- 955
- 960
- 965
- 970
- 975
- 980
- 985
- 990
- 995
- 1000
- 1005
- 1010
- 1015
- 1020
- 1025
- 1030
- 1035
- 1040
- 1045
- 1050
- 1055
- 1060
- 1065
- 1070
- 1075
- 1080
- 1085
- 1090
- 1095
- 1100
- 1105
- 1110
- 1115
- 1120
- 1125
- 1130
- 1135
- 1140
- 1145
- 1150
- 1155
- 1160
- 1165
- 1170
- 1175
- 1180
- 1185
- 1190
- 1195
- 1200
- 1205
- 1210
- 1215
- 1220
- 1225
- 1230
- 1235
- 1240
- 1245
- 1250
- 1255
- 1260
- 1265
- 1270
- 1275
- 1280
- 1285
- 1290
- 1295
- 1300
- 1305
- 1310
- 1315
- 1320
- 1325
- 1330
- 1335
- 1340
- 1345
- 1350
- 1355
- 1360
- 1365
- 1370
- 1375
- 1380
- 1385
- 1390
- 1395
- 1400
- 1405
- 1410
- 1415
- 1420
- 1425
- 1430
- 1435
- 1440
- 1445
- 1450
- 1455
- 1460
- 1465
- 1470
- 1475
- 1480
- 1485
- 1490
- 1495
- 1500
- 1505
- 1510
- 1515
- 1520
- 1525
- 1530
- 1535
- 1540
- 1545
- 1550
- 1555
- 1560
- 1565
- 1570
- 1575
- 1580
- 1585
- 1590
- 1595
- 1600
- 1605
- 1610
- 1615
- 1620
- 1625
- 1630
- 1635
- 1640
- 1645
- 1650
- 1655
- 1660
- 1665
- 1670
- 1675
- 1680
- 1685
- 1690
- 1695
- 1700
- 1705
- 1710
- 1715
- 1720
- 1725
- 1730
- 1735
- 1740
- 1745
- 1750
- 1755
- 1760
- 1765
- 1770
- 1775
- 1780
- 1785
- 1790
- 1795
- 1800
- 1805
- 1810
- 1815
- 1820
- 1825
- 1830
- 1835
- 1840
- 1845
- 1850
- 1855
- 1860
- 1865
- 1870
- 1875
- 1880
- 1885
- 1890
- 1895
- 1900
- 1905
- 1910
- 1915
- 1920
- 1925
- 1930
- 1935
- 1940
- 1945
- 1950
- 1955
- 1960
- 1965
- 1970
- 1975
- 1980
- 1985
- 1990
- 1995
- 2000
- 2005
- 2010
- 2015
- 2020
- 2025
- 2030
- 2035
- 2040
- 2045
- 2050
- 2055
- 2060
- 2065
- 2070
- 2075
- 2080
- 2085
- 2090
- 2095
- 2100
- 2105
- 2110
- 2115
- 2120
- 2125
- 2130
- 2135
- 2140
- 2145
- 2150
- 2155
- 2160
- 2165
- 2170
- 2175
- 2180
- 2185
- 2190
- 2195
- 2200
- 2205
- 2210
- 2215
- 2220
- 2225
- 2230
- 2235
- 2240
- 2245
- 2250
- 2255
- 2260
- 2265
- 2270
- 2275
- 2280
- 2285
- 2290
- 2295
- 2300
- 2305
- 2310
- 2315
- 2320
- 2325
- 2330
- 2335
- 2340
- 2345
- 2350
- 2355
- 2360
- 2365
- 2370
- 2375
- 2380
- 2385
- 2390
- 2395
- 2400
- 2405
- 2410
- 2415
- 2420
- 2425
- 2430
- 2435
- 2440
- 2445
- 2450
- 2455
- 2460
- 2465
- 2470
- 2475
- 2480
- 2485
- 2490
- 2495
- 2500
- 2505
- 2510
- 2515
- 2520
- 2525
- 2530
- 2535
- 2540
- 2545
- 2550
- 2555
- 2560
- 2565
- 2570
- 2575
- 2580
- 2585
- 2590
- 2595
- 2600
- 2605
- 2610
- 2615
- 2620
- 2625
- 2630
- 2635
- 2640
- 2645
- 2650
- 2655
- 2660
- 2665
- 2670
- 2675
- 2680
- 2685
- 2690
- 2695
- 2700
- 2705
- 2710
- 2715
- 2720
- 2725
- 2730
- 2735
- 2740
- 2745
- 2750
- 2755
- 2760
- 2765
- 2770
- 2775
- 2780
- 2785
- 2790
- 2795
- 2800
- 2805
- 2810
- 2815
- 2820
- 2825
- 2830
- 2835
- 2840
- 2845
- 2850
- 2855
- 2860
- 2865
- 2870
- 2875
- 2880
- 2885
- 2890
- 2895
- 2900
- 2905
- 2910
- 2915
- 2920
- 2925
- 2930
- 2935
- 2940
- 2945
- 2950
- 2955
- 2960
- 2965
- 2970
- 2975
- 2980
- 2985
- 2990
- 2995
- 3000
- 3005
- 3010
- 3015
- 3020
- 3025
- 3030
- 3035
- 3040
- 3045
- 3050
- 3055
- 3060
- 3065
- 3070
- 3075
- 3080
- 3085
- 3090
- 3095
- 3100
- 3105
- 3110
- 3115
- 3120
- 3125
- 3130
- 3135
- 3140
- 3145
- 3150
- 3155
- 3160
- 3165
- 3170
- 3175
- 3180
- 3185
- 3190
- 3195
- 3200
- 3205
- 3210
- 3215
- 3220
- 3225
- 3230
- 3235
- 3240
- 3245
- 3250
- 3255
- 3260
- 3265
- 3270
- 3275
- 3280
- 3285
- 3290
- 3295
- 3300
- 3305
- 3310
- 3315
- 3320
- 3325
- 3330
- 3335
- 3340
- 3345
- 3350
- 3355
- 3360
- 3365
- 3370
- 3375
- 3380
- 3385
- 3390
- 3395
- 3400
- 3405
- 3410
- 3415
- 3420
- 3425
- 3430
- 3435
- 3440
- 3445
- 3450
- 3455
- 3460
- 3465
- 3470
- 3475
- 3480
- 3485
- 3490
- 3495
- 3500
- 3505
- 3510
- 3515
- 3520
- 3525
- 3530
- 3535
- 3540
- 3545
- 3550
- 3555
- 3560
- 3565
- 3570
- 3575
- 3580
- 3585
- 3590
- 3595
- 3600
- 3605
- 3610
- 3615
- 3620
- 3625
- 3630
- 3635
- 3640
- 3645
- 3650
- 3655
- 3660
- 3665
- 3670
- 3675
- 3680
- 3685
- 3690
- 3695
- 3700
- 3705
- 3710
- 3715
- 3720
- 3725
- 3730
- 3735
- 3740
- 3745
- 3750
- 3755
- 3760
- 3765
- 3770
- 3775
- 3780
- 3785
- 3790
- 3795
- 3800
- 3805
- 3810
- 3815
- 3820
- 3825
- 3830
- 3835
- 3840
- 3845
- 3850
- 3855
- 3860
- 3865
- 3870
- 3875
- 3880
- 3885
- 3890
- 3895
- 3900
- 3905
- 3910
- 3915
- 3920
- 3925
- 3930
- 3935
- 3940
- 3945
- 3950
- 3955
- 3960
- 3965
- 3970
- 3975
- 3980
- 3985
- 3990
- 3995
- 4000
- 4005
- 4010
- 4015
- 4020
- 4025
- 4030
- 4035
- 4040
- 4045
- 4050
- 4055
- 4060
- 4065
- 4070
- 4075
- 4080
- 4085
- 4090
- 4095
- 4100
- 4105
- 4110
- 4115
- 4120
- 4125
- 4130
- 4135
- 4140
- 4145
- 4150
- 4155
- 4160
- 4165
- 4170
- 4175
- 4180
- 4185
- 4190
- 4195
- 4200
- 4205
- 4210
- 4215
- 4220
- 4225
- 4230
- 4235
- 4240
- 4245
- 4250
- 4255
- 4260
- 4265
- 4270
- 4275
- 4280
- 4285
- 4290
- 4295
- 4300
- 4305
- 4310
- 4315
- 4320
- 4325
- 4330
- 4335
- 4340
- 4345
- 4350
- 4355
- 4360
- 4365
- 4370
- 4375
- 4380
- 4385
- 4390
- 4395
- 4400
- 4405
- 4410
- 4415
- 4420
- 4425
- 4430
- 4435
- 4440
- 4445
- 4450
- 4455
- 4460
- 4465
- 4470
- 4475
- 4480
- 4485
- 4490
- 4495
- 4500
- 4505
- 4510
- 4515
- 4520
- 4525
- 4530
- 4535
- 4540
- 4545
- 4550
- 4555
- 4560
- 4565
- 4570
- 4575
- 4580
- 4585
- 4590
- 4595
- 4600
- 4605
- 4610
- 4615
- 4620
- 4625
- 4630
- 4635
- 4640
- 4645
- 4650
- 4655
- 4660
- 4665
- 4670
- 4675
- 4680
- 4685
- 4690
- 4695
- 4700
- 4705
- 4710
- 4715
- 4720
- 4725
- 4730
- 4735
- 4740
- 4745
- 4750
- 4755
- 4760
- 4765
- 4770
- 4775
- 4780
- 4785
- 4790
- 4795
- 4800
- 4805
- 4810
- 4815
- 4820
- 4825
- 4830
- 4835
- 4840
- 4845
- 4850
- 4855
- 4860
- 4865
- 4870
- 4875
- 4880
- 4885
- 4890
- 4895
- 4900
- 4905
- 4910
- 4915
- 4920
- 4925
- 4930
- 4935
- 4940
- 4945
- 4950
- 4955
- 4960
- 4965
- 4970
- 4975
- 4980
- 4985
- 4990
- 4995
- 5000
- 5005
- 5010
- 5015
- 5020
- 5025
- 5030
- 5035
- 5040
- 5045
- 5050
- 5055
- 5060
- 5065
- 5070
- 5075
- 5080
- 5085
- 5090
- 5095
- 5100
- 5105
- 5110
- 5115
- 5120
- 5125
- 5130
- 5135
- 5140
- 5145
- 5150
- 5155
- 5160
- 5165
- 5170
- 5175
- 5180
- 5185
- 5190
- 5195
- 5200
- 5205
- 5210
- 5215</

contacto con las secciones del cuerpo principal del elemento de cojinete 48. Para otro ejemplo, la longitud máxima eficaz de las secciones del cuerpo principal del elemento de cojinete 48 se utiliza sin desperdicio de longitud, lo que ahorra tanto peso como espacio.

- 5 Aunque la invención se ha descrito con referencia a una realización o realizaciones ejemplares, se entenderá por los expertos en la técnica que se pueden hacer diversos cambios sin apartarse del alcance de la invención.

Por tanto, se pretende que la invención no esté limitada a la realización o realizaciones particulares descritas, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de retención de palas de la hélice (14) que comprende:

- 5 una raíz de las palas de la hélice (18) que define un eje de la pala;
- un brazo del cubo (16) que rodea, al menos parcialmente, la raíz de las palas de la hélice (18);
- una pista de rodadura flotante (24) montada generalmente entre el brazo del cubo (16) y la raíz de las palas de la hélice (18), la pista de rodadura flotante (24) que define una superficie de apoyo de pista de rodadura flotante (24B) y la raíz de las palas de la hélice (18) define una superficie de apoyo de raíz de las palas de la hélice (18B), la superficie de apoyo de pista de rodadura flotante (24B) y la superficie de apoyo de raíz de las palas de la hélice (18B) definen un ángulo del cono de base (C) que se cruza con el eje de la pala;
- 10 un juego de cojinetes de rodillos cónicos (26) que incluye una pluralidad de elementos de cojinete de rodillos cónicos (44), cada elemento de cojinete de rodillos cónicos que incluye una sección del cuerpo principal del elemento de cojinete (48) que tiene un cono de base (54) que se extiende a lo largo del ángulo del cono de base (C); y
- 15 una tapa del extremo (28) montada en la pista de rodadura flotante (24) para mantener la precarga en la raíz de las palas de la hélice (18) en relación con el brazo del cubo (16);
- caracterizado por que el cono de base (54) se estrecha hacia fuera a un anillo del vértice (60), el cono de base (54) que es adyacente a un cono de alivio (56) que tiene una forma troncocónica que se estrecha hacia dentro desde el anillo del vértice (60), en donde un ángulo de transición (T) entre el cono de base (54) y el cono de alivio (56) en el anillo del vértice (60) es al menos de 170 grados y no es de más de 179 grados.
- 20

2. El conjunto de retención de palas de la hélice de la reivindicación 1, en donde cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) comprende, además:

- 25 una sección del cuerpo principal del elemento de cojinete (48) que comprende el cono de base (54) y el cono de alivio (56);
- una longitud del cono de alivio (56) que no es más del 15% de una longitud de la sección del cuerpo principal del elemento de cojinete (48).
- 30

3. El conjunto de retención de palas de la hélice de la reivindicación 2, en donde la longitud del cono de alivio (56) de cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) es al menos el 10% de la longitud del cojinete.

- 35 4. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde el ángulo del cono de base (C) de cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) está entre medio grado y cinco grados.

5. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde el ángulo del cono de base (C) de cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) está entre uno y dos grados.

- 40 6. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde el cono de alivio (56) de cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) se estrecha hacia dentro en un ángulo del cono de alivio (R) que está entre uno y dos grados.

- 45 7. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde en cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44):

el cono de base (54) se estrecha en el ángulo del cono de base (C) entre un primer extremo y el anillo de vértice (60) que tiene un radio del anillo del vértice;  
 el cono de alivio (56) se estrecha en un ángulo del cono de alivio (R) entre un segundo extremo que tiene un segundo radio del extremo y el anillo del vértice; y  
 una bajada (D) que se define por una diferencia entre el radio del anillo del vértice y el segundo radio del extremo, en donde la bajada (D) está entre 0,050 mm y 0,26 mm.

- 55 8. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) comprende, además:

un cuello (50) conectado a un o al primer extremo del cono de base (54); y  
 una cabeza (52) conectada al cuello (50).

- 60 9. El conjunto de retención de palas de la hélice de cualquier reivindicación precedente, en donde cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) comprende, además:

un segundo cono de alivio (56) que se extiende desde un segundo anillo del vértice (60) hasta el primer extremo.

10. Un método de ensamblaje de un conjunto de retención de palas de la hélice (14) que comprende los pasos de:

- 5 situar una raíz de las palas de la hélice (18) en un brazo del cubo (16) a lo largo de un eje de la pala;  
situar una pista de rodadura flotante (24) en contacto con un juego de cojinetes de bolas de retención externo (22) dentro del brazo del cubo (16);  
10 situar un juego de cojinetes de rodillos cónicos (26) entre la pista de rodadura flotante (24) y la raíz de las palas de la hélice (18), el juego de cojinetes de rodillos cónicos (26) que incluye una pluralidad de elementos de cojinetes de rodillos cónicos (44), cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) que incluye una sección del cuerpo principal del elemento de cojinete (48) que tiene un cono de base (54) y  
15 situar una tapa del extremo (28) en acoplamiento facial con la pista de rodadura flotante (24), la tapa del extremo (28) que hace contacto con el juego de cojinetes de rodillos cónicos (26) para mantener la precarga de la raíz de las palas de la hélice (18) en relación con el brazo del cubo (16);  
caracterizado por que el cono de base (54) se estrecha hacia fuera a un anillo del vértice (60), el cono de base (54) que es adyacente a un cono de alivio (56) que tiene una forma troncocónica que se estrecha hacia dentro desde el anillo del vértice (60), en donde un ángulo de transición (T) entre el cono de base (54) y el cono de alivio (56) en el anillo del vértice (60) es al menos de 170 grados y no es de más de 179 grados.

11. El método de la reivindicación 10, en donde cada elemento de cojinete de rodillos cónicos (44) comprende, además:

- 20 un cuello (50) conectado al cono de base (54); y  
una cabeza (52) conectada al cuello (50).

25 12. El método de la reivindicación 10 u 11, en donde la ubicación de la tapa del extremo (28) comprende, además:  
girar la pista de rodadura flotante (24) y la tapa del extremo (28) hasta que la tapa del extremo (28) haga contacto con la pista de rodadura flotante (24) en el acoplamiento facial.

30 13. El método de cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en donde la ubicación de la tapa del extremo (28) comprende, además:

- girar la pista de rodadura flotante (24) y la tapa del extremo (28) hasta que el juego de cojinetes de rodillos cónicos (26) esté completamente asentado entre la pista de rodadura flotante (24) y la raíz de las palas de la hélice (18).

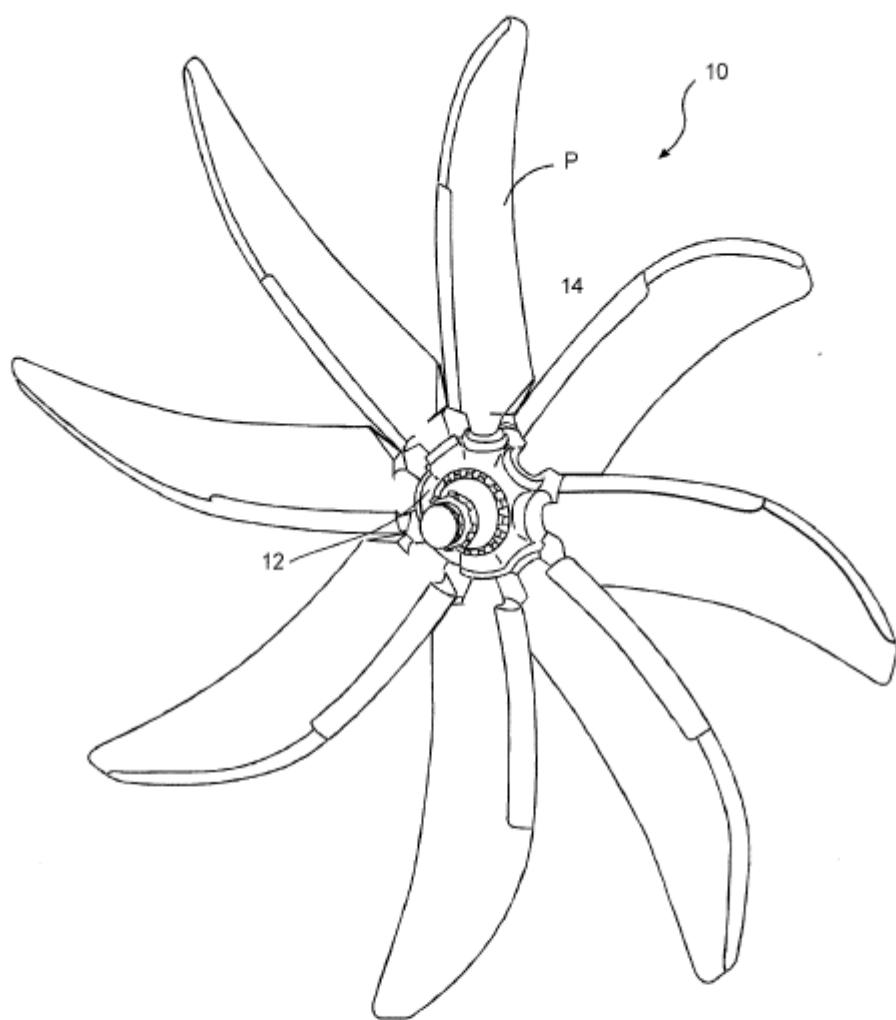


FIG. 1A

FIG. 1 B

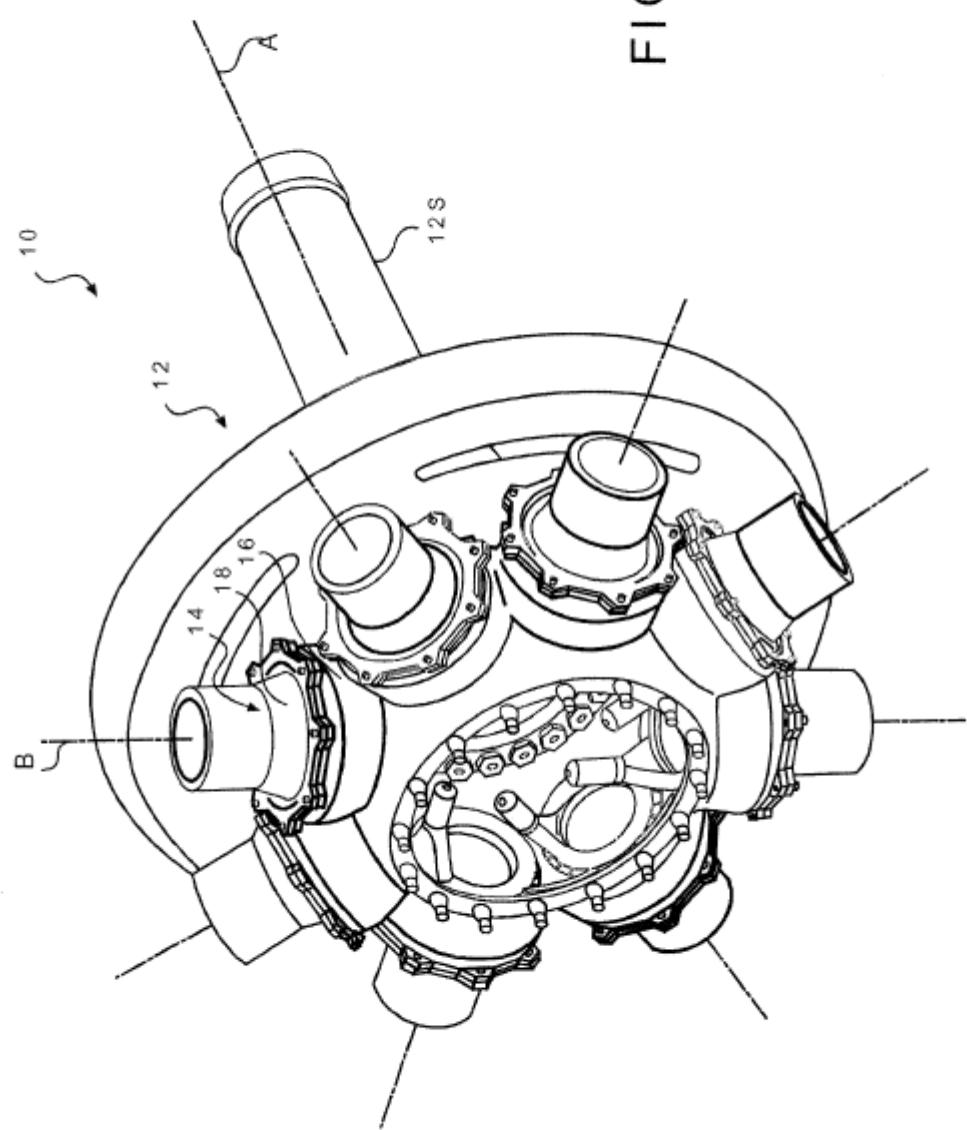
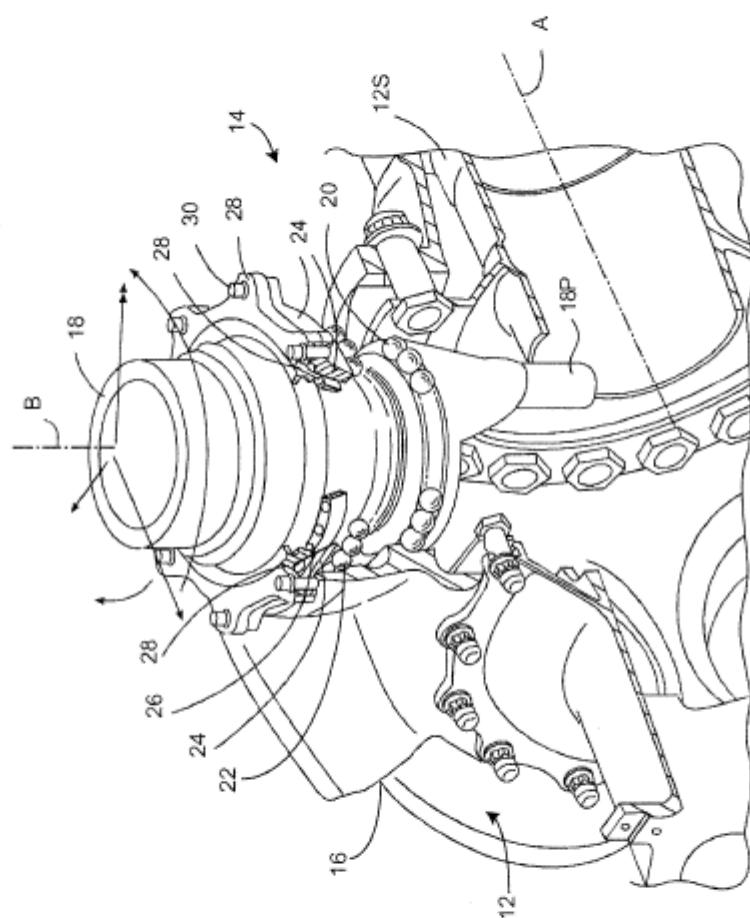


FIG. 2



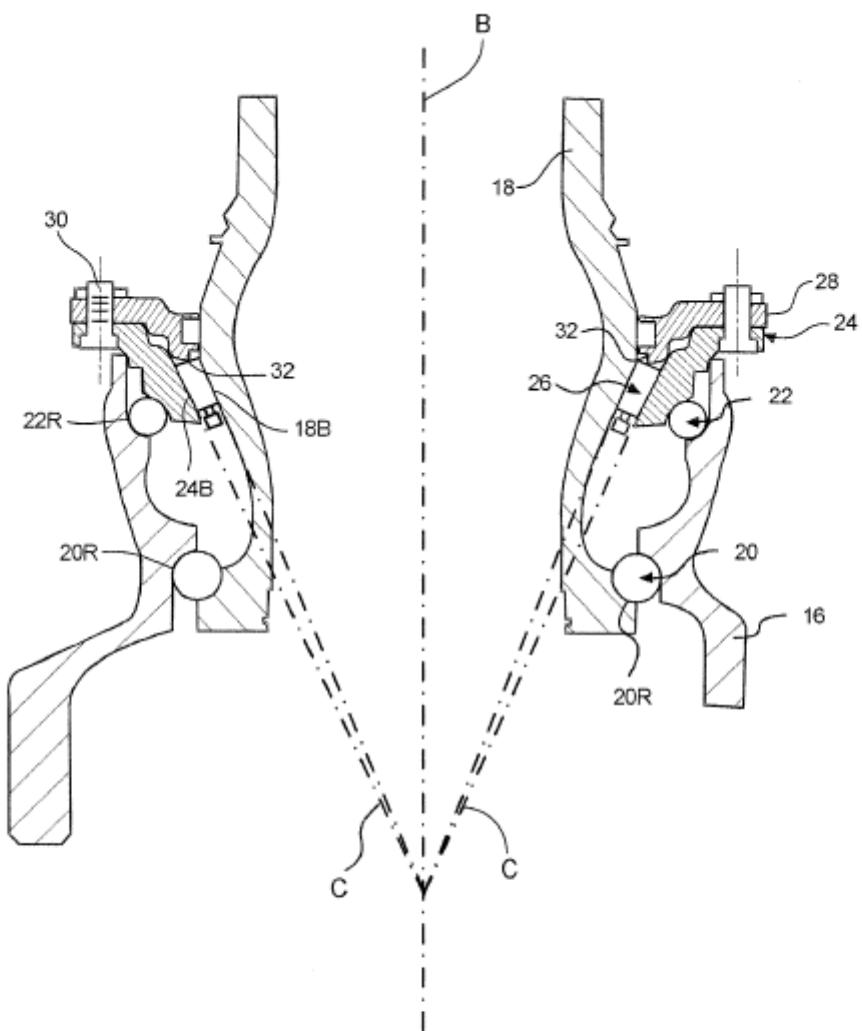


FIG. 3

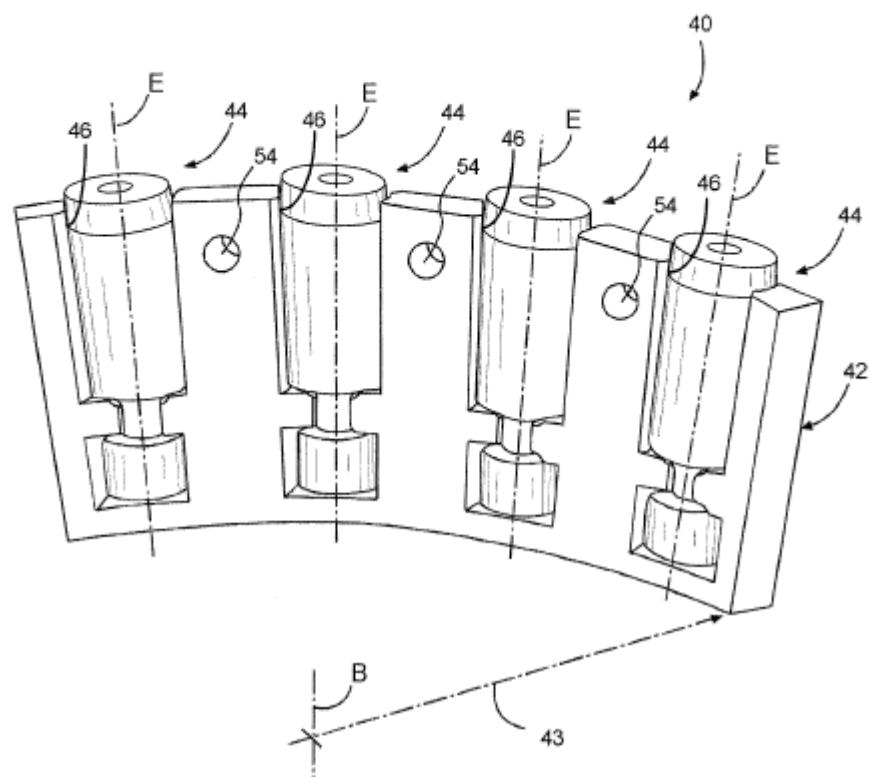
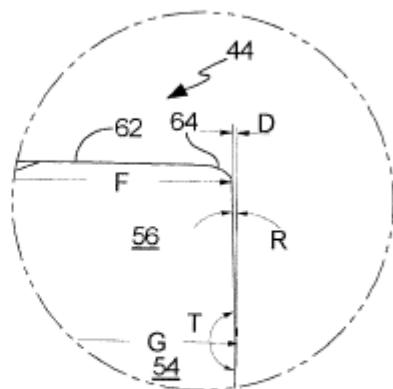
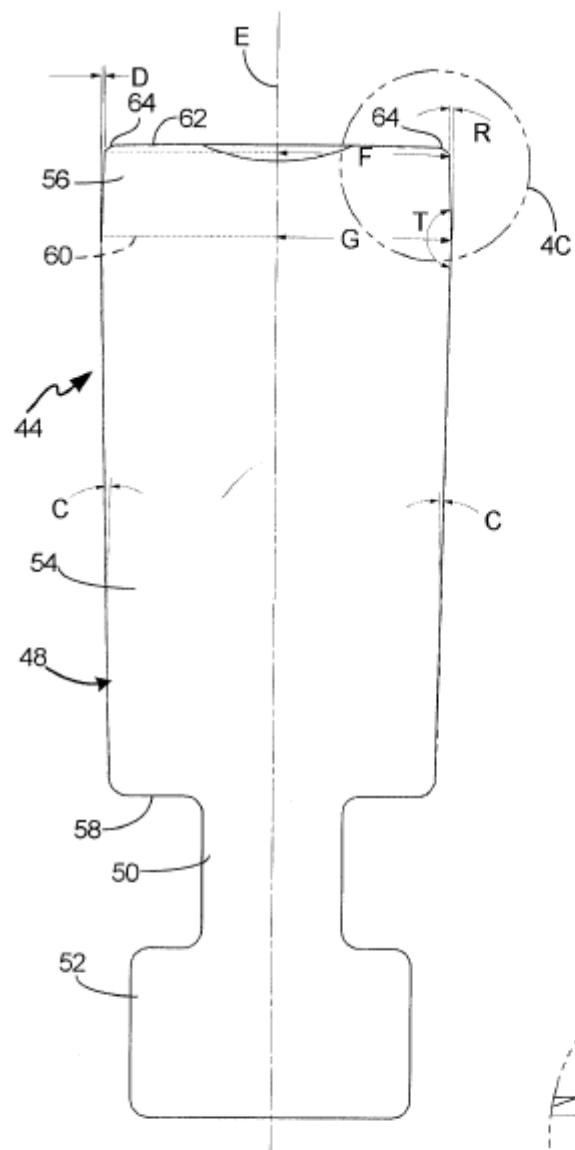


FIG. 4A



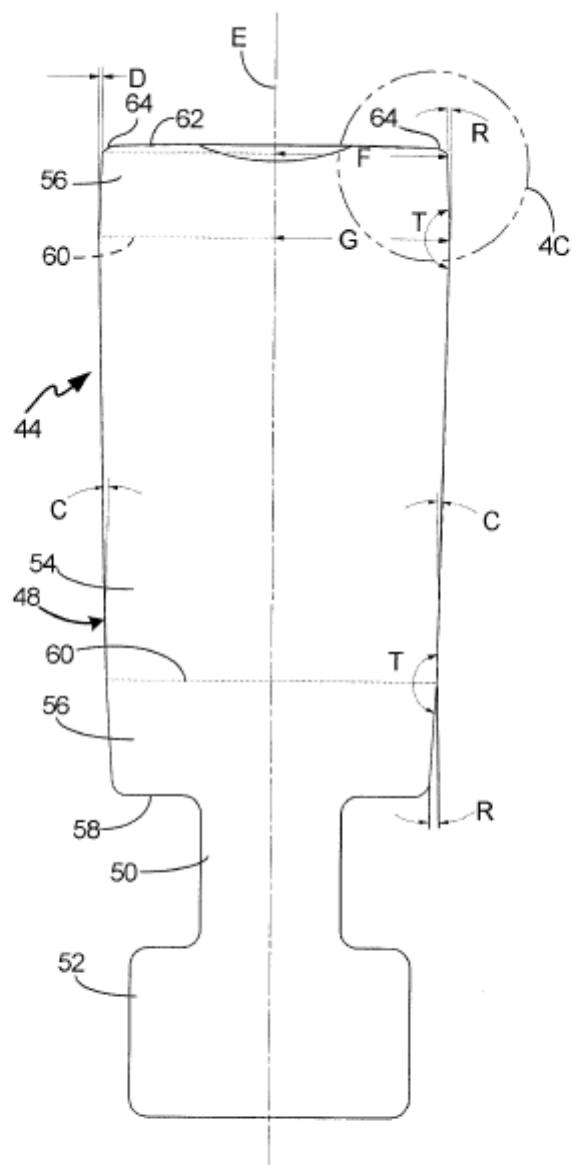


FIG. 4D

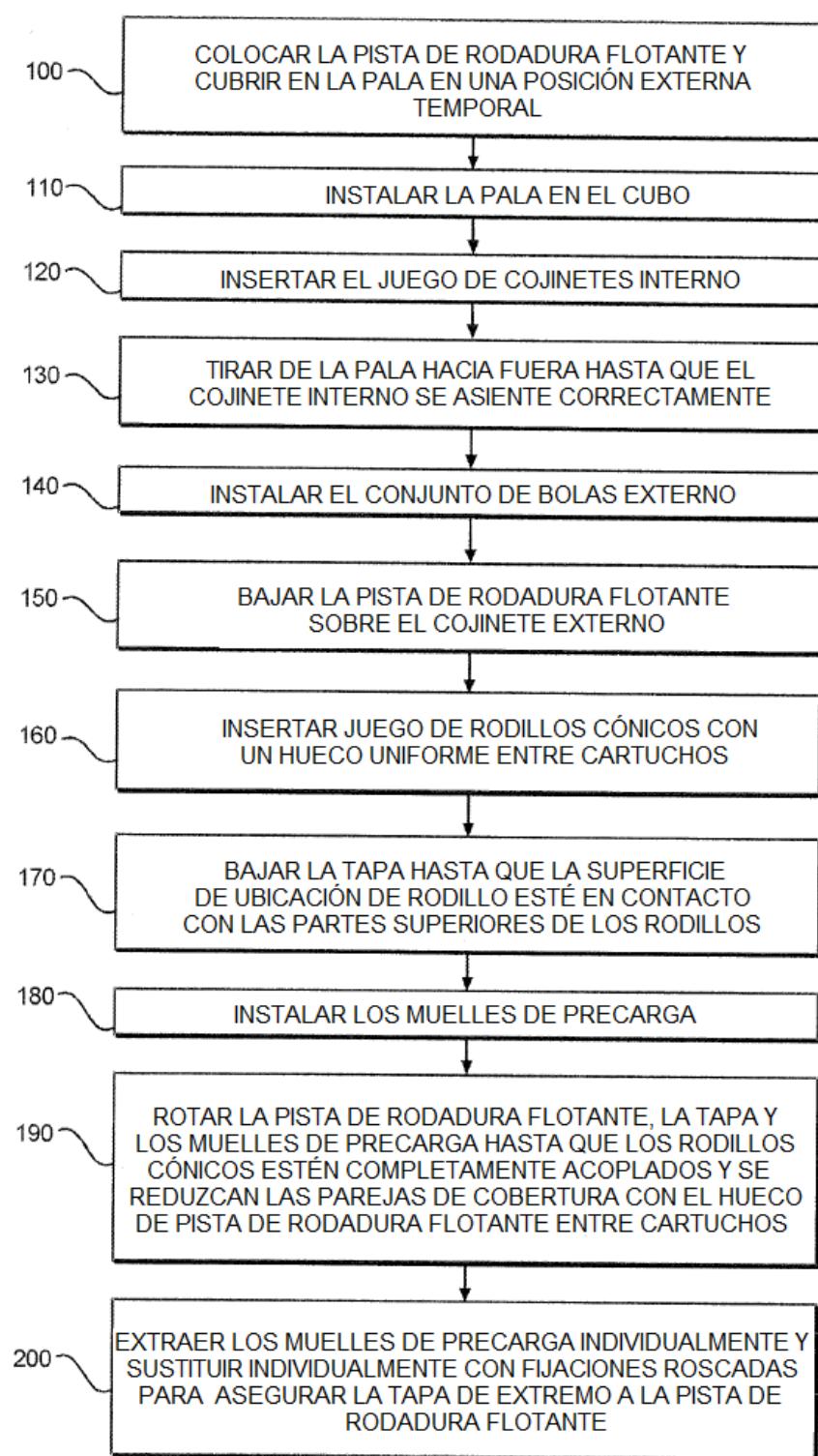


FIG. 5

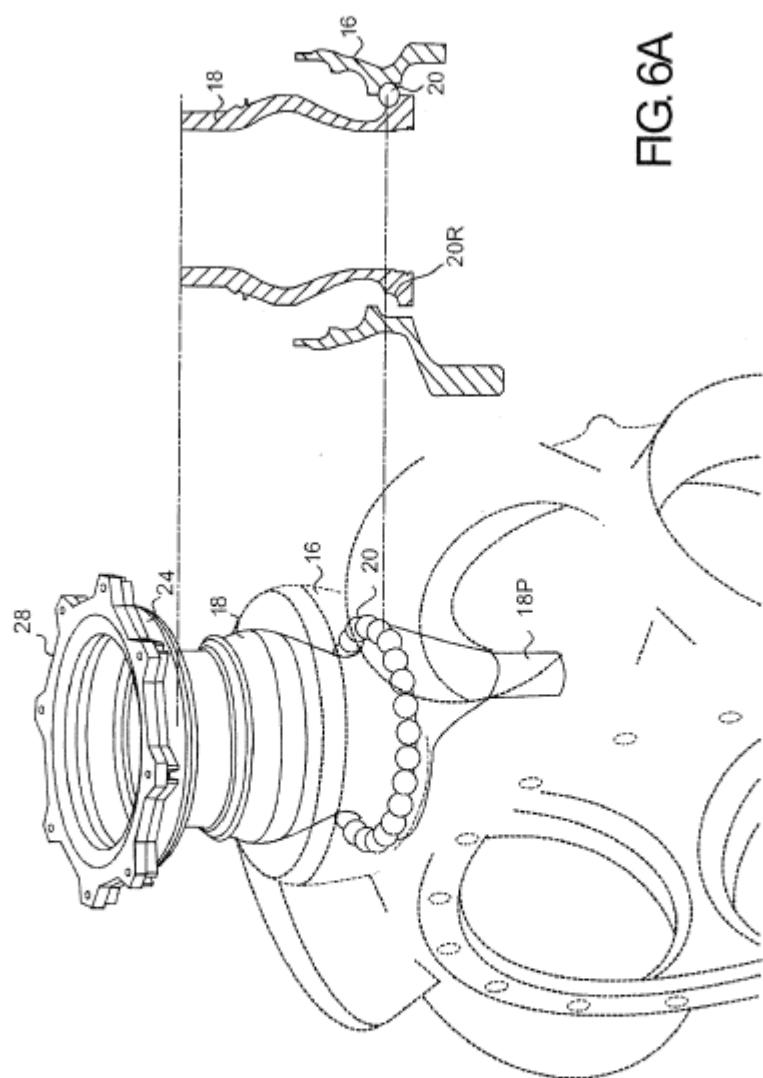
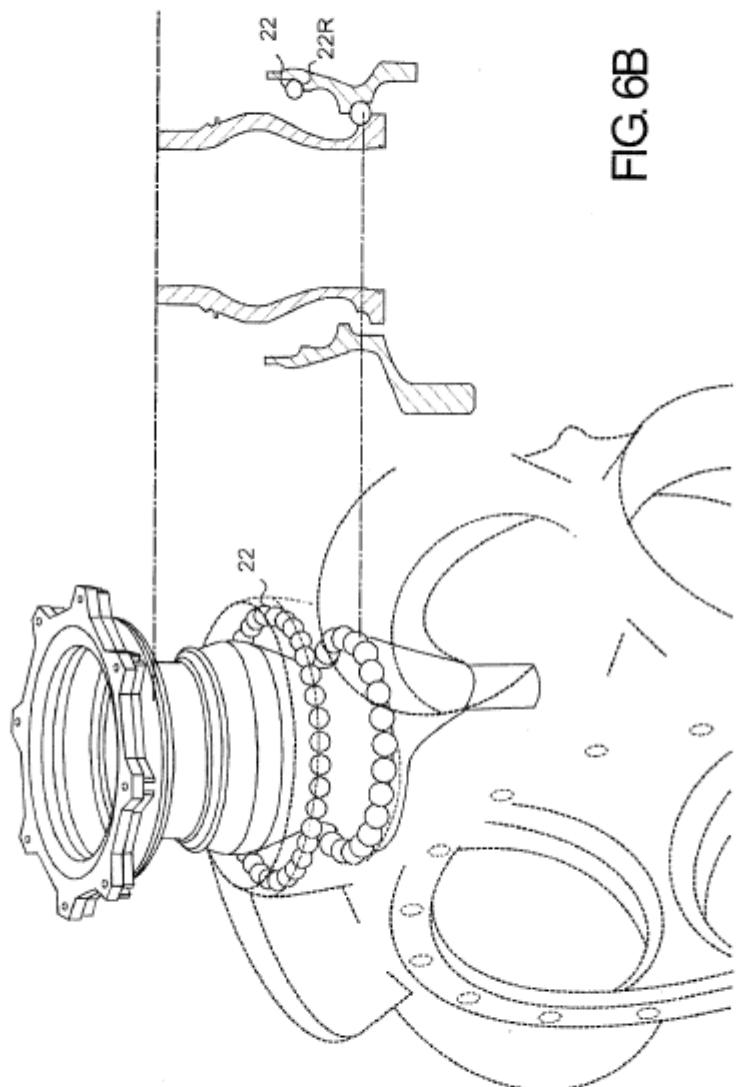


FIG. 6A

FIG. 6B



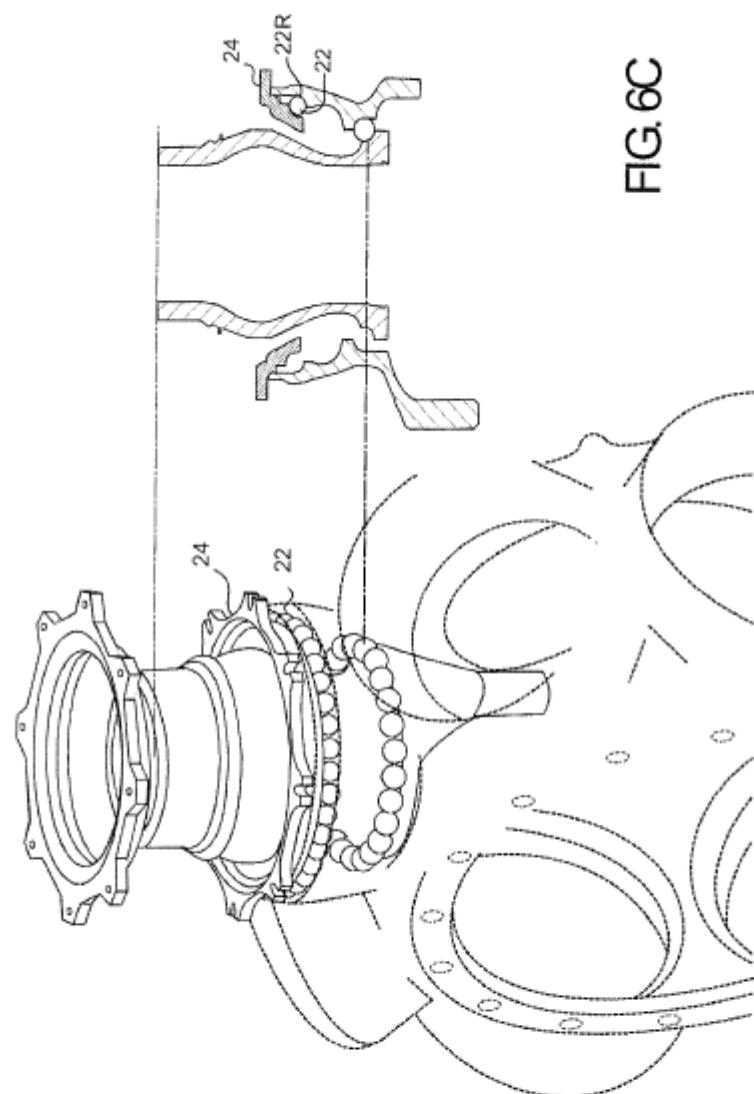
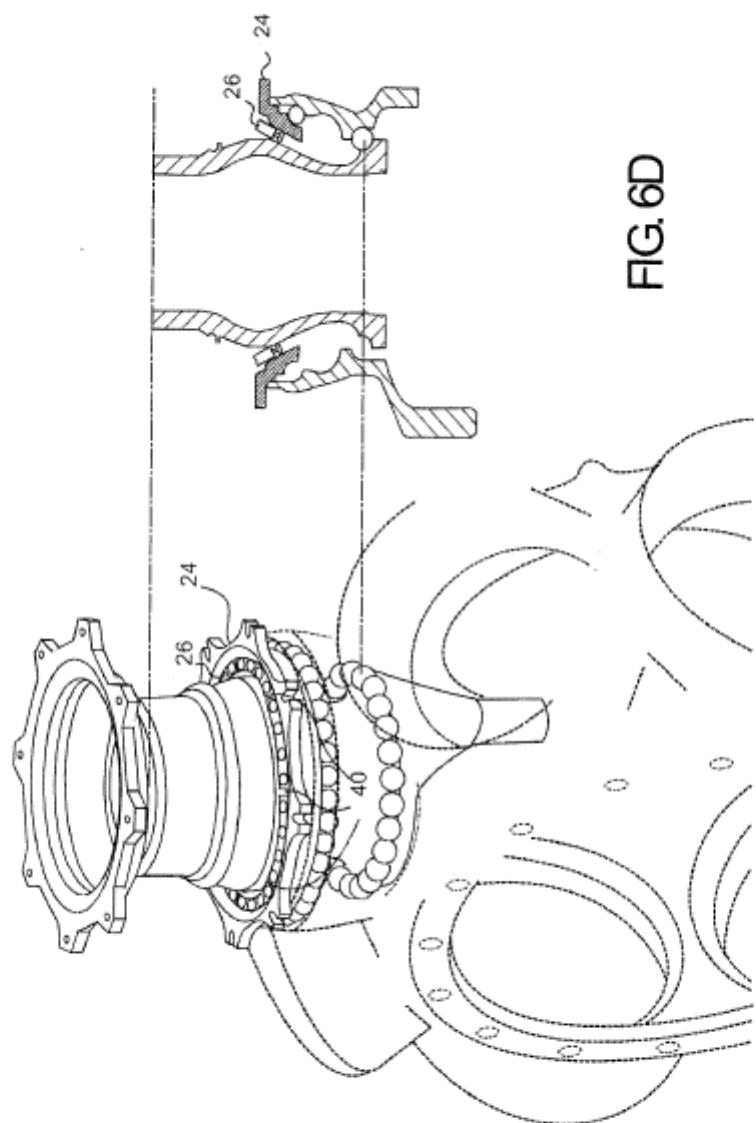


FIG. 6C

FIG. 6D



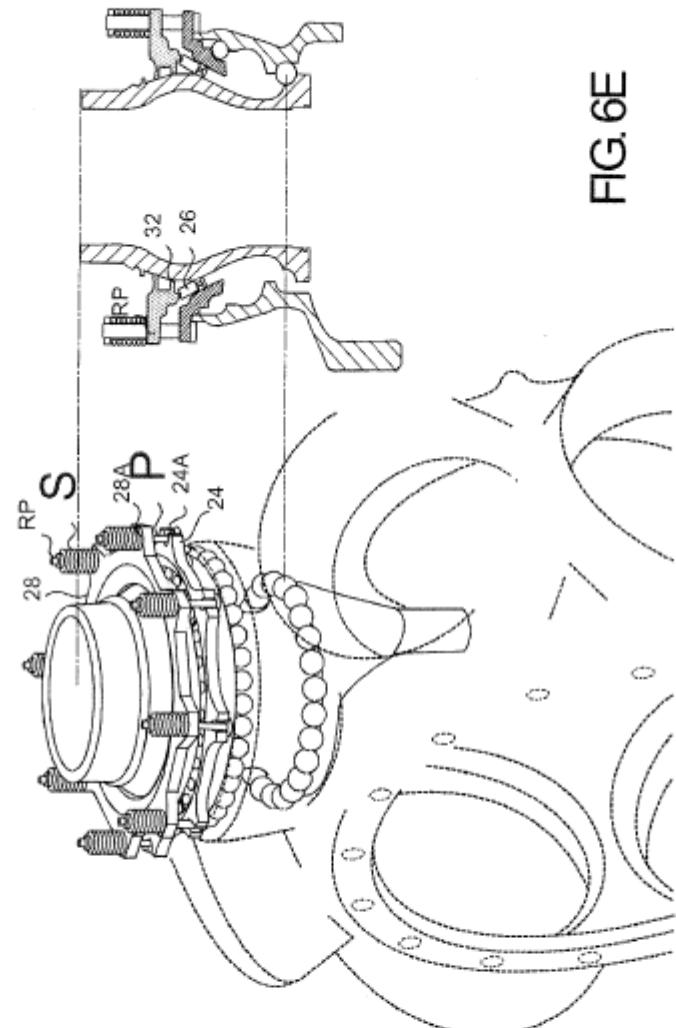


FIG. 6F

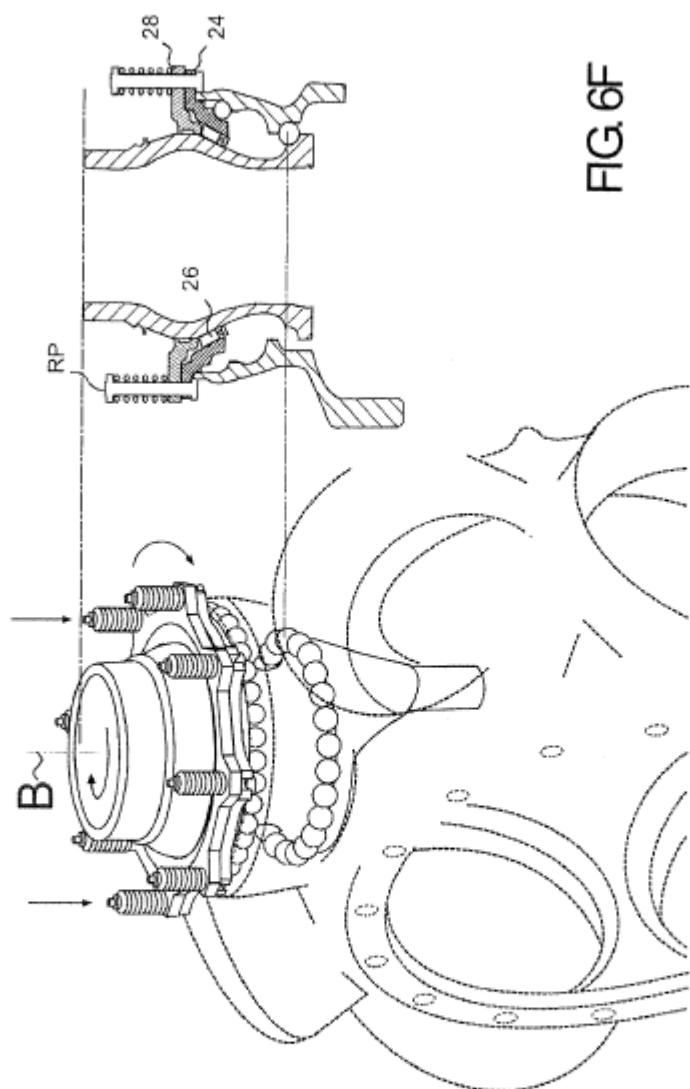


FIG. 7

