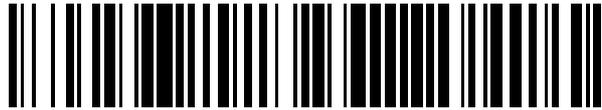


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 461 517**

51 Int. Cl.:

F16H 57/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2009 E 09839786 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.04.2014 EP 2394075**

54 Título: **Conjunto de engranajes con un pasador flexible ahusado**

30 Prioridad:

05.02.2009 US 322781

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

20.05.2014

73 Titular/es:

**FRIEDE GOLDMAN UNITED, LTD. (100.0%)
c/o Campbells Corporate Services Limited, Floor
4, Willow House, Cricket Square, PO Box 268
Grand Cayman KY1-1104, KY**

72 Inventor/es:

MONTESTRUC, ALFRED

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 461 517 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

Conjunto de engranajes con un pasador flexible ahusado

Antecedentes de la invención

5 La presente invención versa acerca de conjuntos de engranajes y, más en particular, acerca de conjuntos de engranajes planetarios que pueden ser utilizados en sistemas de piñón y cremallera y otras aplicaciones industriales de ese tipo.

10 Los sistemas de engranajes planetarios utilizados de forma generalizada en una variedad de entornos industriales. En tales disposiciones, la entrada giratoria normalmente tiene la forma de un engranaje solar. Hay montada una pluralidad de engranajes planetarios en torno al engranaje solar para recibir fuerza de rotación desde el engranaje solar mediante la toma constante de los dientes respectivos. Convencionalmente, los engranajes planetarios están montados en un área de rotación de un engranaje planetario, y el elemento de salida normalmente tiene la forma de un engranaje anular.

15 Un sistema típico de engranajes epicíclicos o de engranajes planetarios, además de un engranaje solar y una pluralidad de engranajes planetarios utiliza un engranaje anular dotado de dientes internos. El engranaje solar está ubicado en el soporte, con el engranaje planetario engranado con el elemento solar y el engranaje anular yendo en torno tanto a los engranajes planetarios como al engranaje solar. Normalmente, el engranaje anular está engranado con todos los engranajes planetarios. De esta manera, cada engranaje planetario está engranado tanto con el elemento solar como con el engranaje anular, y con ninguno de los otros planetas, mientras que cada uno del anular y del solar está engranado con todos los planetas. Todos los planetas están montados en los ejes en una relación paralela, relación que se mantendría idealmente durante la rotación. De estos tres conjuntos de elementos, sol, planetas montados en el soporte, y el engranaje anular, normalmente uno se mantendrá fijo y el otro girará, con la potencia para girar suministrada a un componente giratorio, a una velocidad angular y un par dados, y la potencia tomada del otro componente giratorio a un par y una velocidad distintos relacionados lineal o inversamente con el primero por medio de la relación de transmisión.

25 Un problema común en todos los sistemas de engranajes tanto planetarios como no planetarios es el defecto de alineación de los dos engranajes según se engranan sus dientes. Cuando los ejes de rotación de los engranajes no son perfectamente paralelos los contactos parciales de los dientes provocan esfuerzos de expansión y de contacto en un extremo de un diente. En teoría, la pérdida potencial de potencia de la salida del conjunto de engranajes debido a un defecto de alineación puede ser un 30 por ciento o mayor. La condición de falta de paralelismo provoca problemas significativos de un desgaste excesivo, un rozamiento añadido, un ruido adicional, y un mayor esfuerzo en los dientes de engranaje, lo que provoca una fatiga del metal.

35 Otro problema creado en los conjuntos de engranajes planetarios con cuatro o más engranajes es la distribución de cargas entre los engranajes de carga. Para aproximarse mejor una carga uniforme, uno de los procedimientos sugeridos es permitir una deformación plástica de los ejes de los engranajes planetarios y proporcionar "montajes flexibles". Sigue surgiendo otro problema debido a la deformación del soporte bajo carga, lo que introducirá el mayor defecto de alineación cuando se somete a los engranajes a una carga máxima. En tal momento la deflexión torsional del soporte introduce el mayor defecto de alineación debido a la deformación. Una parte significativa del gran porcentaje de reducción de la potencia de todos los engranajes debido a un defecto de alineación es directamente atribuible a este hecho.

40 Una de las soluciones ofrecidas por la industria es utilizar un par de placas separadas conectadas rígidamente para que funcionen como el soporte planetario. El diseño de doble placa permite reducir significativamente la deformación del eje planetario y el defecto de alineación. Sin embargo, el diseño de doble placa es significativamente más pesado que el de una placa, y más costoso de construir. Tales diseños no son muy adecuados para el uso de montajes flexibles para los planetas, lo que a su vez hace que tengan una adecuación deficiente para el uso de más de tres planetas. Además, los problemas de falta de tolerancia tenderán a agravarse por la rigidez de esos diseños.

45 En la patente U.S. nº 3.303.713 expedida a R. J. Hicks en 1967 se muestra otro enfoque del problema. Según la patente U.S. nº 3.303.713, se intercala un manguito entre el engranaje y el eje, sobre el que se ubica la rueda de engranaje. El eje tiene porciones extremas opuestas fijadas rígidamente entre la rueda de engranaje y el soporte. Se dice que el espacio entre la rueda de engranaje y el soporte permite que el eje se flexione para proporcionar una carga uniforme. Hicks también enseña la forma que se le da al eje, de manera que esté aplanado en los dos lados paralelos al eje radial del elemento solar y perpendicular a la dirección tangencial del movimiento planetario. El objeto de este diseño es reducir el módulo resistente de la sección en ese eje para permitir mayores deformaciones en esa dirección que permita un mejor reparto de la carga, y también permita una mejor prevención de la deformación en la dirección radial debido a fuerzas centrípetas.

55 Se conoce otro intento más por solucionar los problemas indicados anteriormente en la patente U.S. nº 6.994.651 expedida a G. P. Fox y E. Jallat, en la que se da a conocer un sistema de engranajes epicíclicos que tiene un engranaje solar, un engranaje anular ubicado en torno al engranaje solar y engranajes planetarios ubicados entre los

5 engranajes solar y anular, y engranados con los mismos. Un reborde de soporte está desplazado axialmente del engranaje planetario y un eje de soporte se prolonga desde el mismo al interior del engranaje planetario. Cada eje de soporte, que se encuentre en voladizo con respecto al reborde de soporte, tiene un ahusamiento doble y se dice que se deforma con respecto al reborde por el par. La cara interna, que se encuentra en voladizo con respecto al eje en su extremo opuesto en el que la deformación del eje es mayor, se deforma en la dirección opuesta, de forma que se compense la deformación causada por el eje. Como consecuencia de las dos deformaciones, el eje Y para el engranaje planetario permanece esencialmente paralelo al eje central X, y el engranaje planetario permanece engranado de forma apropiada con el engranaje solar y con el engranaje anular. Se dice que un surco en el eje facilita la flexión del eje.

10 Aunque los sistemas de las patentes U.S. n^{os} 3.303.713 y 6.994.651 pueden funcionar satisfactoriamente en ciertos entornos, existe una necesidad de un conjunto de engranajes para ser utilizado en sistemas de piñón y cremallera en un entorno de carga elevada de una plataforma autoelevadora.

15 El documento DE 197 06 686 A1 de la técnica anterior más cercana da a conocer un conjunto de engranajes que comprende un engranaje central montado en una placa de soporte y una pluralidad de conjuntos de engranajes planetarios que rodean el engranaje central en una relación de transmisión de par. Cada uno de dichos conjuntos de engranajes planetarios comprende un engranaje planetario soportado por un eje planetario. El eje planetario comprende un primer extremo en voladizo con respecto a la placa de soporte y un segundo extremo que soporta el engranaje planetario.

20 Según la presente invención se proporciona un conjunto de engranajes como se define en la reivindicación 1. Se divulgan realizaciones preferentes de la invención en las reivindicaciones dependientes.

Sumario de la invención

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es maximizar la deformación de la carga de los engranajes planetarios para ayudar en el reparto de la carga entre los engranajes planetarios.

25 Otro objeto de la invención es minimizar el defecto de alineación con respecto a los engranajes planetarios centrales.

30 Se consiguen estos y otros objetos de la invención mediante la provisión de un conjunto de engranajes epicíclicos que tiene una unidad de engranaje planetario dentado central montada en una placa de soporte y una pluralidad de conjuntos de engranajes planetarios que rodean el engranaje solar en una relación de transmisión de par. Cada uno de dichos conjuntos de engranajes planetarios tiene un engranaje planetario dentado soportado por un eje planetario, cuyo primer extremo está en voladizo con respecto a la placa de soporte. Un segundo extremo del eje planetario soporta el engranaje planetario. Una porción central cóncava doblemente ahusada del eje planetario permite la flexión del eje, de forma que se facilite la deformación elástica del eje planetario mientras que se distribuyen las cargas entre los conjuntos de engranajes planetarios. La circunferencia externa de la porción central tiene un par de proyecciones convexas separadas hacia fuera formadas entre el primer extremo y el segundo extremo.

Breve descripción de los dibujos

Se hará referencia ahora a los dibujos, en los que las piezas similares están designadas por medio de números similares, en los que

40 La Figura 1 es una vista en perspectiva del conjunto de engranajes según la presente invención, con uno de los engranajes planetarios retirado en aras de la claridad.

La Figura 2 es una vista en perspectiva de la cuerda de una pata de una plataforma replegable, con una caja de engranajes planetarios movida hacia atrás para mostrar el engranaje solar.

45 La Figura 3 es una vista en perspectiva de la caja de engranajes según la presente invención con uno de los engranajes dentados retirado para mostrar el eje del engranaje, o pasador flexible.

La Figura 4 es una vista en perspectiva de la caja de engranajes mostrada en la Figura 4 que ilustra la placa de soporte y también ilustra soldaduras en ranura entre el soporte y los ejes de engranajes planetarios.

La Figura 5 es una vista en corte transversal de uno de los engranajes planetarios.

La Figura 6 es una vista en corte longitudinal que muestra el eje de engranaje planetario.

La Figura 7 es una vista en corte transversal del eje de engranaje planetario.

Descripción detallada de la invención

55 Como se ha expuesto anteriormente, en cualquier tipo de aplicación de caja de engranajes planetarios, un problema significativo es el reparto de la carga entre los planetas. Muchos efectos pueden provocar una distribución indebida de las cargas entre los engranajes planetarios. Estos incluirían, sin limitación a errores de tolerancia en la fabricación de componentes de la caja de engranajes, cargas laterales introducidas en el soporte en el caso de un sistema autoelevador, cargas resultantes de tormentas que provocan deformaciones del eje del piñón de autoelevación, el

descentrado de la cuerda de la pata de la plataforma de sondeo de la carcasa del gato si se desgastan excesivamente las guías de las patas, una turbina eólica que ve cargas excéntricas sobre el rotor debido a que la velocidad del viento es mayor por encima de la línea central del rotor que por debajo. Cualquiera de estos tipos de problemas puede provocar que algunas de las correspondencias de los engranajes planetarios vean cargas significativamente mayores que las otros, y para abordar esto es deseable un pasador flexible más dúctil (mayor deformación por carga unitaria) que ayuda al permitir que el planeta más cargado se deforme más y empuje así la carga por medio del soporte a otros planetas. La presente invención soluciona estos problemas por medio de los aspectos estructurales del conjunto de caja de engranajes descrito a continuación.

Con referencia ahora a los dibujos con más detalle, el número 10 designa una cuerda de pata de plataforma autoelevadora que normalmente tiene una fila de dientes 12 que se extienden a lo largo de lados verticales opuestos 14. Normalmente, las patas de una plataforma plegable (no mostrada) están elevadas por encima de la superficie del agua durante el transporte de una plataforma de sondeo hasta un sitio de despliegue, y se las hace descender entonces para apoyarse sobre el fondo del mar. Entonces, se eleva el casco de la plataforma de sondeo utilizando un sistema de piñón y cremallera hasta una altura por encima de la acción prevista del oleaje. Según se eleva el casco, los dientes 12 de la cuerda 10 de la pata se engranan con los dientes 16 de una carcasa 18 del gato .

Normalmente, los piñones 20 de autoelevación transmiten par a las cuerdas 10 de las patas, lo que hace que las patas se muevan verticalmente con respecto a cada piñón 20 por medio de un conjunto 30 de engranajes, que está fijado a la carcasa 18 del gato frente a los piñones 20. El conjunto 30 de engranajes está fijado en una caja 22 de engranajes, con el piñón central, o engranaje solar 34 conectado a un motor. Hay montado un engranaje anular externo 35 en la caja 22 de engranajes.

Se supone que la disposición de caja de engranajes planetarios ofrece muchas ventajas con respecto a las disposiciones tradicionales de caja de engranajes. Una ventaja es que su combinación única tanto de compacidad como de eficacias excepcionales de transmisión de potencia. Las pérdidas de eficacia típicas en una disposición de caja de engranajes planetarios es únicamente de 3% por etapa. Este tipo de eficacia garantiza que una proporción elevada de la energía que está siendo introducida a través del engranaje solar en la caja de engranajes es multiplicada y transmitida al par, en vez de desperdiciarse en pérdidas mecánicas en el interior de la caja de engranajes. Otra ventaja de la disposición de caja de engranajes planetarios es la distribución de las cargas. Debido a que la carga transmitida es compartida entre múltiples planetas, o conjuntos 36 de engranajes planetarios, se aumenta mucho la capacidad de par. Cuantos más planetas haya en el sistema mayor será la capacidad de carga y mayor será la densidad de par. La disposición de caja de engranajes planetarios también crea una mayor estabilidad y una mayor rigidez de rotación. Sin embargo, como se ha indicado anteriormente, tales soluciones técnicas no están libres de problemas, tales como una complejidad de diseño y huecos entre los dientes engranados durante la rotación del engranaje solar 34.

Como puede verse en los dibujos, los conjuntos 36 de engranajes planetarios están montados en una placa 38 de soporte mediante ejes 40 de engranajes planetarios. Cada conjunto de engranajes planetarios tiene un engranaje planetario dentado que está diseñado para engranarse con los dientes del engranaje solar 34 y del engranaje anular 35. Cada eje planetario 40 está conectado de forma fija a la placa 38 de soporte con un ángulo de 90 grados con respecto a la superficie plana del soporte 38. Los engranajes planetarios 36 transmiten el par desde el engranaje solar 34 al soporte 38. Los ejes planetarios o los pasadores flexibles 40 están fijados en relación paralela entre sí, siendo los ejes centrales de los engranajes planetarios 40 paralelos al eje central del engranaje solar 34.

Cada engranaje planetario 36 está dotado de dientes que tienen superficies complementarias de contacto para engranarse con el engranaje solar 34 ubicado en el centro. Convencionalmente, los conjuntos de engranajes pueden contener cuatro o más engranajes planetarios que rodean el engranaje solar 34. La rotación del eje motor y del engranaje solar 34 provoca la rotación de los engranajes planetarios 36, y el engranaje del engranaje planetario giratorio 36 en torno a los ejes 40 fijados individualmente provoca que los engranajes planetarios 36 giren en torno al engranaje solar 34 y la rotación del soporte 38.

Como puede verse en la Figura 1, la placa 38 de soporte está fijada a una placa 42 de torsión, que hace tope con la carcasa 18 del gato . En la realización mostrada en los dibujos, se mantiene a la placa 42 de torsión en su lugar por medio de una pluralidad de lengüetas 46 antitorsión portadas por la carcasa 18 del gato .

Se encaja a presión el soporte planetario 38 en un primer extremo 50 del pasador flexible 40. El pasador flexible 40 está en voladizo con respecto a la placa 48 de soporte en su primer extremo 50. Las dimensiones longitudinales del primer extremo 50 son sustancialmente iguales al grosor de la placa 38 de soporte. Se forma una soldadura 52 a lo largo de surcos contiguos formados en la placa 38 de soporte y el primer extremo 50 del pasador flexible 40.

Se encaja a presión un segundo extremo 54 del pasador flexible 40 con un manguito planetario o manguito 56, que rodea el extremo 54 en torno a toda su circunferencia. El extremo 54 tiene un diámetro generalmente menor que el primer extremo 50 y tiene una dimensión longitudinal menor que el primer extremo 50.

El manguito 56 comprende un cuerpo tubular que tiene un extremo distante 58 que se acopla al segundo extremo 54 del pasador flexible 40, y un extremo próximo 60 que está ubicado adyacente al primer extremo 50 del pasador

flexible 40 sin tocar el pasador flexible 40. Se realiza un corte 62 en chaflán en el segundo extremo 60 para permitir una mayor longitud útil de flexión del pasador flexible 40, como se describe con más detalle posteriormente.

5 Se realiza una soldadura 64 entre el extremo distante 58 del manguito 56 y el segundo extremo 54 del pasador flexible 40. Se forma la soldadura 64 en los surcos contiguos formados en las superficies de borde del manguito 56 y del pasador flexible 40.

10 El manguito 56 tiene una superficie cilíndrica externa 57, que proporciona una superficie de contacto para el engranaje planetario 36. Se forma un reborde 61 que se extiende hacia fuera en torno al extremo próximo 60 del manguito 56. Se intercala un rodamiento planetario 63 entre la superficie externa 57 y el engranaje planetario 36. Un extremo 65 del rodamiento planetario 63 hace tope contra la cara interna del reborde 61. El rodamiento planetario 63 tiene dimensiones longitudinales sustancialmente idénticas a las dimensiones longitudinales del engranaje planetario 36.

15 La porción central 70 del pasador flexible 40 está formada entre el primer extremo 50 y el segundo extremo 56 del pasador flexible. La porción central 70 tiene un diámetro reducido que tiene una configuración, en general, de doble ahusamiento. Se define un espacio anular 70 entre una superficie interna 68 del manguito 56 y la superficie externa de la porción central 70. Como puede verse en los dibujos, la construcción del pasador flexible 40 permite que el segundo extremo 56 tenga dimensiones longitudinales menores que las del primer extremo 50.

20 Cada pasador flexible 40 tiene un eje longitudinal central 72, y la porción central 70 tiene la porción 74 de menor diámetro. La porción central 70 se ahúsa, en general, hacia la porción 74 de menor diámetro, como se muestra en detalle en la Figura 6. El ahusamiento de la superficie exterior de la porción central 70 del pasador flexible no es uniforme. Se forma una primera parte cóncava 76 adyacente al primer extremo 50 del pasador flexible 40. Una segunda parte o proyección convexa hacia fuera 78 se extiende de forma unitaria desde la primera parte cóncava 76.

25 Una tercera parte cóncava 80 se extiende de forma unitaria desde la segunda parte convexa 78. La primera parte cóncava 76 tiene un radio generalmente menor de curvatura que la tercera parte cóncava 80. La tercera parte cóncava 80 cubre la porción 74 de menor diámetro, después de lo cual la superficie externa de la porción central 70 aumenta progresivamente de diámetro hacia el segundo extremo 54 del pasador flexible 40. Una cuarta parte convexa hacia fuera 82 define una segunda proyección convexa hacia fuera, que se extiende de forma unitaria desde la tercera parte cóncava 80. Una quinta parte cóncava 84 forma una superficie arqueada adyacente al segundo extremo 54 del pasador flexible 40.

30 Una línea imaginaria 86 pasa a través de la tercera parte cóncava 80. La línea 86 representa una línea de fuerza prevista aplicada por el engranaje planetario 36 sobre el manguito planetario 56. La fuerza que normalmente flexionaría el pasador flexible 40, provoca la flexión del eje 40 debido al diseño de doble ahusamiento de la porción central y a la presencia de partes cóncavas/convexas. Entonces, se transmite la fuerza mediante encaje a presión a toda la longitud del pasador flexible 40 de doble ahusamiento. Los radios cóncavos de las partes 76 y 82 cortadas en la superficie del eje pueden ser infinitos constantes (planos) o variables (normalmente una función elíptica). Los radios convexos de las partes 78 y 82 cortados en la superficie del pasador flexible pueden ser infinitos constantes (planos) o variables (normalmente una función elíptica).

35 Las proyecciones circunferenciales convexas hacia fuera definidas por las partes convexas 78 y 82 no necesitan estar separadas uniformemente entre sí con respecto al centro de la porción central 70. En cada lado circunferencial de las proyecciones 78, 82, hay definidas superficies cóncavas para proporcionar la distribución de las fuerzas aplicadas, de forma que se flexione el pasador flexible 40 en la dirección axial del eje 72. Se concibe que en algunas aplicaciones se puede utilizar al menos una proyección circunferencial convexa hacia fuera.

El conjunto de engranajes de la presente invención permite aumentar sustancialmente la deformación con el mismo esfuerzo, o menor, para una carga idéntica y para mejorar el reparto de la carga entre los engranajes planetarios.

45 La ductilidad del pasador flexible de doble ahusamiento como un resorte permitirá que los pequeños defectos de alineación se corrijan ellos solos, dado que la fuerza introducida por el defecto de alineación sobre el diente del engranaje puede ser interpretada como un momento adicional generalmente pequeño añadido al momento y al esfuerzo cortante, o restado de los mismos, aplicados sobre el pasador flexible. Un pasador flexible de la presente invención tiende a deformarse de forma que minimice la carga excéntrica debido a un defecto de alineación, y cuanto más dúctil (más deformación por carga dada) sea el pasador flexible, menos importará el defecto de alineación en la operación del conjunto de engranajes de la presente invención.

50 La colocación asimétrica de los soportes extremos del eje facilita una deformación controlada del eje, de forma que esta deformación del eje planetario coincida estrechamente con la deformación del soporte planetario, pero en la dirección exacta opuesta, de forma que la alineación del engranaje planetario se mantenga coaxial con la rotación del soporte.

5 La estructura del presente conjunto de engranajes proporciona una rigidez asimétrica del eje 40 en lados opuestos de la carga aplicada, esto se facilita por medio de distintas pendientes de ahusamiento en dos lados opuestos del punto de la aplicación de la carga. En la estructura del presente pasador flexible, los puntos de mayor momento de flexión tienen el mayor diámetro, mientras que los puntos de menor momento de flexión tienen un diámetro menor, lo que tiende a aumentar la deformación del eje mientras que no aumenta el esfuerzo en el eje.

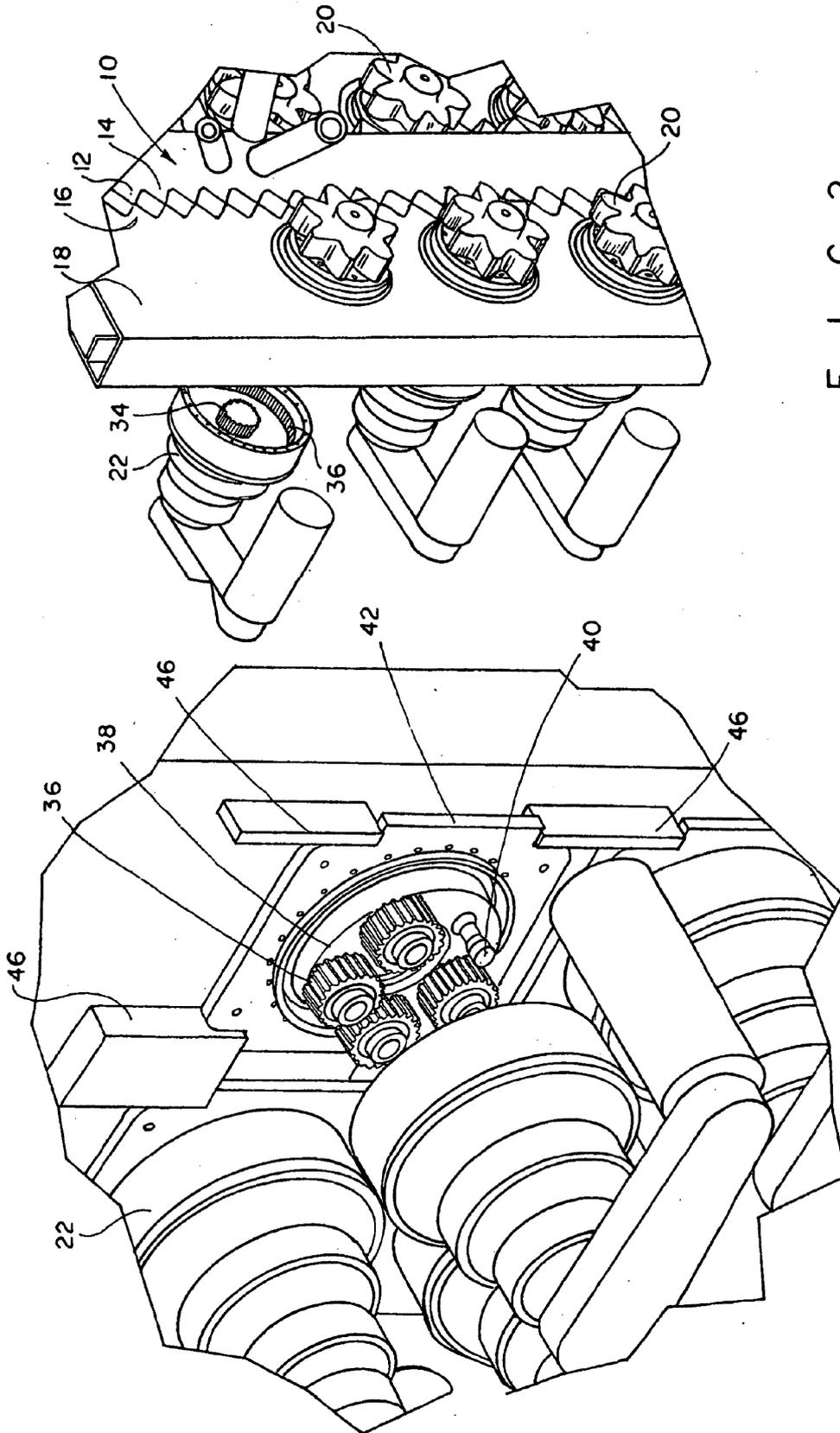
10 Los ejes planetarios pueden estar fabricados de acero carburado (u otro acero templado) para permitir que se utilice un diámetro mucho más pequeño para una mayor deformación del resorte. En uno de los aspectos de la invención, el rodamiento planetario 63 está fabricado de metal dúctil, como resultado de lo cual se coloca el inserto dúctil entre el eje de acero carburado muy duro y cubos de acero templado. Los insertos de rodamiento planetario deberían estar fabricados de un material con un módulo de elasticidad mucho menor que el acero dado que estos mantendrán el eje con un encaje a presión ligera. Este aspecto permite evitar un agrietamiento por desgaste del eje, lo que podría tener como resultado un menor número de ciclos si los cubos (placa de soporte y manguito) fuesen encajados a presión directamente sobre el eje.

15 La presente invención permite tanta deformación elástica del planeta bajo carga como sea posible para distribuir la carga entre los planetas. Además, se mantiene la alineación del engranaje planetario con respecto a los engranajes solar y anular debido a las capacidades de flexión de los ejes planetarios.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de engranajes que comprende un engranaje central montado en una placa (38) de soporte y una pluralidad de conjuntos (36) de engranajes planetarios que rodean el engranaje central en una relación de transmisión de par, en el que cada uno de dichos conjuntos (36) de engranajes planetarios comprende un engranaje planetario (36) soportado por un eje planetario (40), comprendiendo el eje planetario (40) un primer extremo (50) en voladizo con respecto a la placa (38) de soporte, un segundo extremo (54) que soporta el engranaje planetario (36);
caracterizado porque dicho eje planetario (40) comprende, además:
 una porción central cóncava (51) de diámetro reducido, y en el que dicha porción central (51) tiene una circunferencia externa dotada de al menos una proyección circunferencial convexa hacia fuera (78, 82) formada entre el primer extremo (50) y el segundo extremo (54).
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que cada una de dichas proyecciones circunferenciales convexas hacia fuera (78, 82) está formada en partes ahusadas opuestas a una distancia desde la parte central (51).
3. El aparato de la reivindicación 1, en el que el segundo extremo (54) del eje planetario (40) está fijado, preferentemente soldado, a un manguito planetario (56), rodeando dicho manguito (56) el segundo extremo (54) y la porción central (51) del eje planetario (40).
4. El aparato de la reivindicación 1, en el que el primer extremo del eje planetario (40) está soldado a la placa (38) de soporte.
5. El aparato de la reivindicación 1, en el que la porción central (51) se ahúsa hacia abajo en un aspecto cóncavo asimétrico desde el primer extremo (50) del eje planetario (40) y desde el segundo extremo (54) del eje planetario (40) hacia la parte central, y/o en el que la porción central (51) tiene, preferentemente, un aspecto de doble ahusamiento, con extremos opuestos de la porción central (51) ahusados hacia abajo asimétricamente desde el primer extremo (50) y el segundo extremo (54) del eje planetario (40) hacia la parte central.
6. El aparato de la reivindicación 1, en el que el engranaje central es una unidad central (34) de engranaje solar dentado montada en la placa (38) de soporte, comprendiendo cada uno de dichos conjuntos (36) de engranajes planetarios un engranaje planetario dentado soportado por el eje planetario (40), comprendiendo el eje planetario (40) un primer extremo cilíndrico (50) en voladizo con respecto a la placa (38) de soporte, un segundo extremo cilíndrico (54) que soporta el engranaje planetario, y una porción central cóncava (51) de doble ahusamiento que tiene partes ahusadas opuestas que se conectan de manera unitaria en una parte central (74) de menor diámetro de la porción central (51), y en el que cada una de dichas partes ahusadas tiene una circunferencia externa dotada de al menos una proyección circunferencial convexa hacia fuera (78, 82) formada entre el primer extremo (50) y el segundo extremo (54), estando configuradas dichas partes ahusadas opuestas y proyecciones convexas hacia fuera (78, 82) para evitar la curvatura del eje planetario (40) y para permitir la flexión del eje planetario (40) en una dirección axial de un eje longitudinal del eje planetario (40), de manera que se facilite la deformación elástica del eje planetario (40) mientras que se distribuye la carga entre los conjuntos (36) de engranajes planetarios.
7. El aparato de la reivindicación 6, en el que se retiene a cada uno de dichos ejes planetarios (40) en una relación generalmente paralela a un eje central del engranaje solar central (34) durante la transmisión del par entre el engranaje solar central (34) y los conjuntos (36) de engranajes planetarios.
8. El aparato de la reivindicación 6, en el que dicha porción central (51) comprende una primera parte cóncava (76) adyacente al primer extremo (50) del planeta, una segunda parte circunferencial convexa hacia fuera (78), una tercera parte cóncava (80) que define sustancialmente la parte central de la porción central (51), una cuarta parte circunferencial convexa hacia fuera (84) adyacente a la tercera parte cóncava (80), y una quinta parte cóncava (84) formada adyacente al segundo extremo (54) del eje planetario (40).
9. El aparato de la reivindicación 6, en el que el eje planetario (40) tiene un aspecto asimétrico, en el que el segundo extremo (54) del eje planetario (40) tiene dimensiones radiales y longitudinales menores que el primer extremo (50) del eje planetario (40).
10. El aparato de la reivindicación 6, en el que el segundo extremo (54) del eje planetario (40) está firmemente sujeto, preferentemente soldado, a un manguito planetario (56), rodeando dicho manguito (56) el segundo extremo (54) y la porción central (51) del eje planetario.
11. El aparato de la reivindicación 10, en el que se define un espacio anular (70) entre una superficie interna (68) del manguito planetario (56) y una circunferencia externa de la porción central (51).
12. El aparato de la reivindicación 10, en el que cada una de dichas unidades de engranajes (36) planetarios comprende además un rodamiento planetario (63) intercalado entre el manguito planetario (56) y el engranaje planetario (36).

- 5
- 10
13. El aparato de la reivindicación 10, en el que dicho manguito planetario (56) tiene un extremo próximo (60) adyacente al primer extremo (50) del eje planetario (40) y un extremo distante (58) adyacente al segundo extremo (54) del eje planetario (40).
 14. El aparato de la reivindicación 13, en el que el extremo próximo (60) del manguito planetario (56) tiene un reborde (61) que se extiende hacia fuera, y en el que el rodamiento planetario (63) hace tope con el reborde (61), encajando entre el engranaje planetario (36) y el manguito planetario (56).
 15. El aparato de la reivindicación 13, en el que el extremo próximo (60) del manguito planetario (56) está dotado de un corte (62) en chaflán que se extiende desde una superficie interna hasta una superficie externa del manguito planetario (56), estando configurado dicho corte (62) en chaflán para aumentar la distancia entre la porción central (51) del eje planetario (40) y el manguito planetario (56).



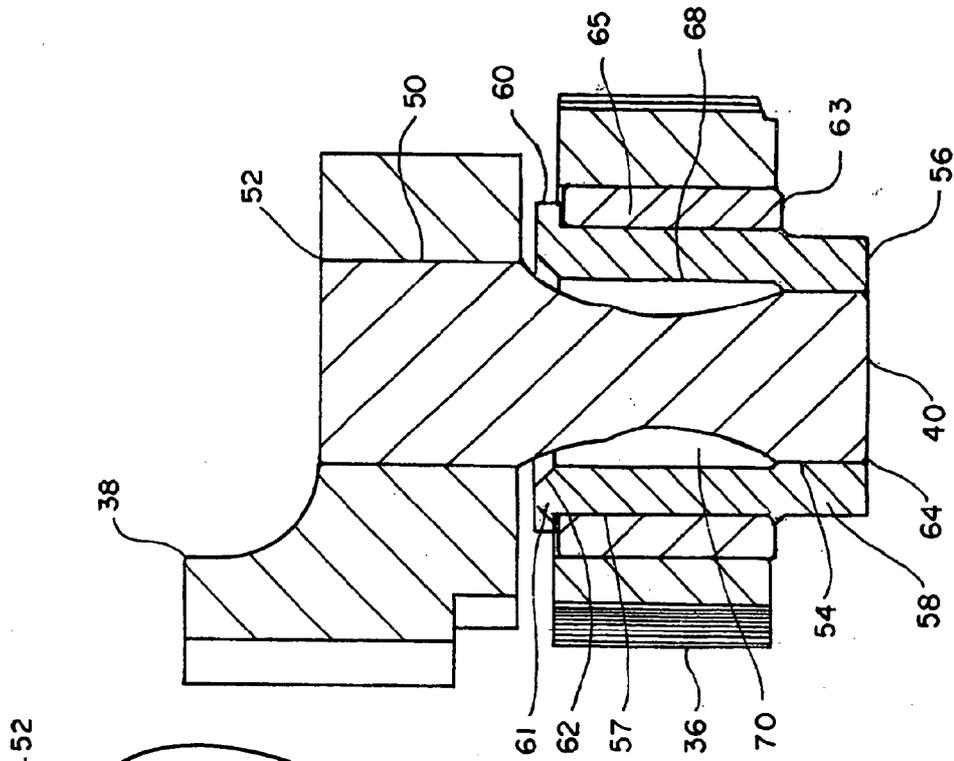


FIG. 4

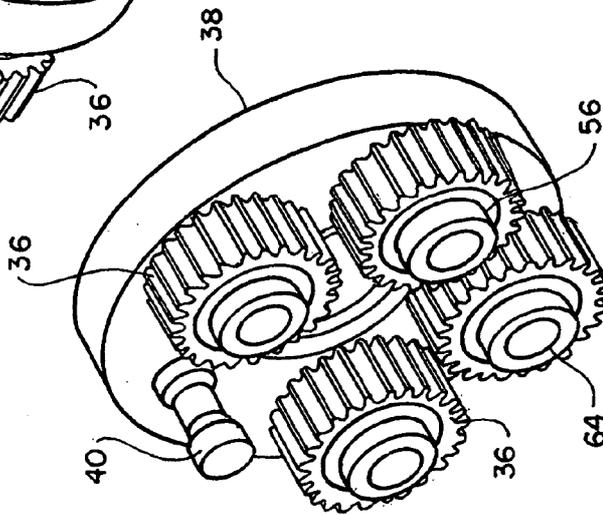
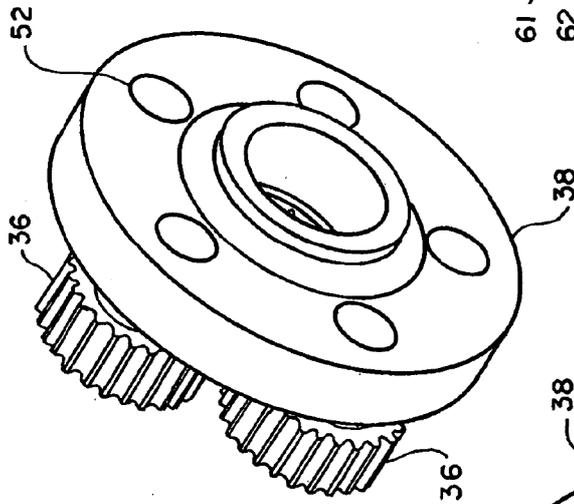


FIG. 5

FIG. 3

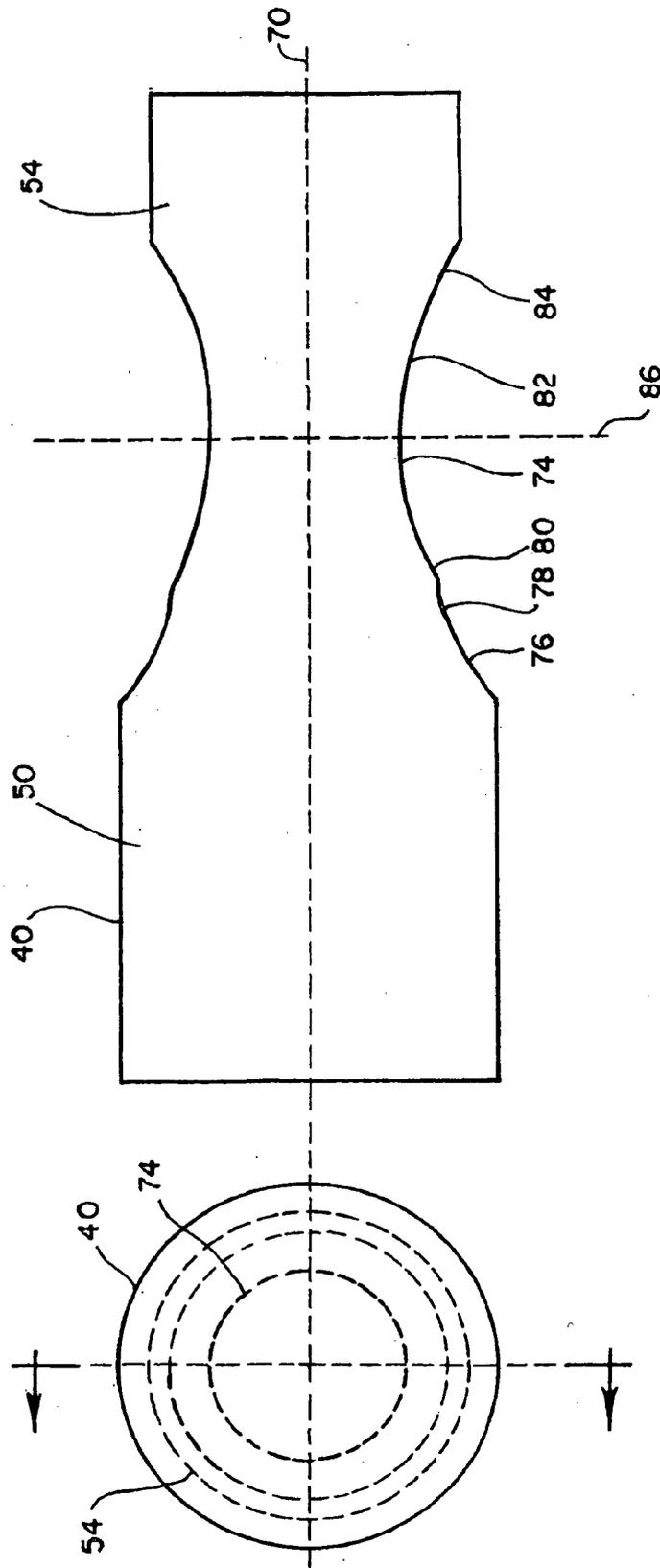


FIG. 6

FIG. 7