

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 706 406**

51 Int. Cl.:

**F16H 63/32** (2006.01)

**C22C 21/02** (2006.01)

**C22F 1/043** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2013 PCT/EP2013/054685**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.09.2013 WO13132048**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2013 E 13708158 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.10.2018 EP 2823076**

54 Título: **Horquilla de caja de cambios de vehículo y su procedimiento de fabricación y caja de cambios que la comprende**

30 Prioridad:

**09.03.2012 FR 1252154**

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

**28.03.2019**

73 Titular/es:

**BRONZE ALU (100.0%)  
Zone Industrielle BP 12  
27750 La Couture Boussey, FR**

72 Inventor/es:

**DOREMUS, ERIC y  
JANVIER, BRUNO**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

ES 2 706 406 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

Horquilla de caja de cambios de vehículo y su procedimiento de fabricación y caja de cambios que la comprende

- 5 **[0001]** La invención se refiere a piezas para la industria automovilística y, en particular, a horquillas de cajas de cambios sometidas a esfuerzos de flexión, de contacto deslizante, de desgaste y de trillado.
- [0002]** Las horquillas de cajas de cambios se constituyen convencionalmente con piezas de fundición de latón de alta resistencia (latón HR), de aleación de bronce de aluminio del tipo CuAl10Fe3 constituido en torno al 87 % de  
10 cobre, 10 % de aluminio, 3 % de hierro, de fundición o de acero laminado. Se pueden formar por inyección a presión, por fundición por gravedad en moldes del tipo coquillas metálicas, por fundición en arena automatizada de tipo DISAMATIC o por montaje mediante soldadura de elementos de acero laminado.
- [0003]** Estas horquillas tienen forma de tambor sensiblemente cilíndrico, en el que se sujetan, por medio de  
15 una parte llamada «cuerpo», dos ramificaciones perpendiculares al eje del tambor y formando en su conjunto un semicírculo. Estas ramificaciones terminan cada una con una zapata. En determinados casos, es necesario sobreinyectar un recubrimiento de compuesto de tipo poliamida cargado de fibras de vidrio alrededor de las zapatas, para resolver problemas de resistencia al desgaste de las zapatas de las horquillas. Esta sobreinyección tiene, entre otros inconvenientes, el de obligar a debilitar la zona vecina de las zapatas de la horquilla para conservar en la horquilla  
20 dimensiones compatibles con el entorno tan ajustado en el que está situada.
- [0004]** Las horquillas se montan rígidas o corredizas sobre un eje que atraviesa el tambor. A veces, es el eje sobre el que la horquilla está montada el que lleva una cruceta equipada de un casquillo, el cual, bajo la acción de un mecanismo de control, transmite a la horquilla los esfuerzos necesarios para realizar el cambio de una marcha a otra.  
25 Pero, en otras horquillas, esta cruceta y este casquillo están integrados directamente en la horquilla. El casquillo debe soportar grandes esfuerzos durante los cambios de marcha, especialmente en el caso de una conducción «deportiva» por parte del usuario del vehículo o, en el caso de cajas de cambios robotizadas, en las que los cambios de marcha son muy rápidos, del orden de varias décimas de segundo. Estos esfuerzos se transmiten a la horquilla (directamente o indirectamente según que la cruceta se integre o no en la horquilla), que ella misma transmite por contacto deslizante  
30 a un balador, por medio de zapatas situadas en el extremo de cada una de las ramificaciones. También puede estar presente una zapata central, situada en el borde inferior del cuerpo entre las bases de las dos ramificaciones. Su función es, en caso de esfuerzos particularmente altos (por ejemplo, superiores a 700 N) ejercidos sobre las ramificaciones de la horquilla y que producen una deformación de esta, entrar en contacto con el balador y contribuir también a su puesta en marcha. Se alivian así las ramificaciones de la horquilla, lo que permite evitar una deformación  
35 excesiva, con el riesgo de volverse definitiva o producir una ruptura de la pieza.
- [0005]** Los materiales generalmente utilizados para la fabricación de las horquillas de cajas de cambios son las aleaciones llamadas «cupro-aluminios» que contienen (todas las composiciones dadas en este texto se expresan en porcentajes ponderados) 8-10,5 % de Al, 0-5 % de Fe, 0-5 % de Ni, siendo el resto de Cu, latón inyectado a presión,  
40 fuentes GS (en este caso, las zapatas de la horquilla se sobreinyectan con un recubrimiento de poliamida cargado de fibras de vidrio), acero laminado de alto límite elástico (en este caso, las zapatas de la horquilla se sobreinyectan con un recubrimiento de poliamida cargado de fibras de vidrio o son compuestos de poliamida cargada de fibras de vidrio sobreinyectados alrededor de un cuerpo metálico y montados pivotantes sobre la extremidad de las ramificaciones de la horquilla). Se utilizan también a veces aceros forjados como el C45, el 38MnVS6, el 34CrMo4 o el 42CrMo4.  
45
- [0006]** También se encuentran horquillas de aleación de aluminio AlSi9Cu3 con zapatas sobreinyectadas con un recubrimiento de poliamida cargado de fibras de vidrio. Disponen, a veces, de una cruceta de acero, solidaria con la horquilla mediante un montaje mecánico del tipo remachado o por montaje moldeado de una parte de la cruceta, cuya geometría se dispuso de manera que se queda unido a la horquilla durante la fabricación por un procedimiento  
50 de fundición por inyección a presión de la aleación de aluminio. Esta cruceta de acero, solidaria con la horquilla, debe resistir los esfuerzos generados durante los cambios de marcha por el mecanismo de accionamiento que trabaja por contacto con o sin deslizamiento relativo con las caras con ranuras dispuestas en la cruceta. Estas caras con ranuras se tratan generalmente térmicamente (templado, nitruración) con el fin de aumentar su dureza superficial para una mejor resistencia a las cargas de presión y al deslizamiento relativo bajo esfuerzos de presión.  
55
- [0007]** El latón generalmente utilizado es un latón de un 2-4 % de Al, 25-30 % de Zn, 3-4 % de Mn y 1-3 % de Fe aproximadamente, siendo el resto de Cu. Este material tiene como ventajas ser dúctil y presentar una dureza elevada (160 HB aproximadamente) y una buena resistencia a la fatiga, siendo de hecho su límite a la ruptura del orden de 500 MPa para la aleación de latón CuZn27Mn3Fe2, asociado a una ductilidad elevada caracterizada por un  
60 coeficiente de elongación superior a 5 %. Pero también tiene inconvenientes.
- [0008]** El primero es su elevado peso, siendo su densidad del orden de 7,8 a 8.
- [0009]** Su límite elástico es también relativamente bajo, del orden de 350 MPa.  
65

- 5 **[0010]** Sería importante, en particular en el contexto generalizado del intento de aligerado de los vehículos, encontrar un material que pueda, de forma ventajosa, sustituir el latón anteriormente citado para la fabricación de las horquillas de cajas de cambios, sin que eso conduzca a modificar su concepción global, o a una modificación de las dimensiones de otras piezas de una caja de cambios preexistente. Naturalmente, también habría que conservar, en la medida de lo posible, las ventajas en términos de propiedades mecánicas que han llevado a la utilización generalizada de este latón, junto con otros materiales comúnmente utilizados para la fabricación de las horquillas de cajas de cambios y que se han citado anteriormente. Este material debería también, de forma ventajosa, poder utilizarse para la fabricación de otros elementos de la caja de cambios que se someten a cargas de flexión, de contacto deslizante, de desgaste, y de trillado comparables a los sufridos por las horquillas.
- 10 **[0011]** El documento JP-A-56102546 describe un elemento de caja de cambios de aleación de aluminio-silicio, en particular una horquilla según el preámbulo de la reivindicación 1.
- 15 **[0012]** El documento FR-A-2633074 describe una horquilla de caja de cambios que comprende una cruceta integrada.
- [0013]** A este efecto, la invención tiene como objeto una horquilla de caja de cambios de vehículos según la reivindicación 1.
- 20 **[0014]** Su composición se puede escoger entre las composiciones enumeradas en la reivindicación 2.
- [0015]** Puede constar también de una zapata central que forma una sobremedida en el borde inferior del cuerpo.
- 25 **[0016]** Se describe igualmente una palanca de casquillo de accionamiento de la marcha atrás.
- [0017]** Se describe igualmente una llave de interbloqueo de un módulo de accionamiento interno de dicha caja de cambio.
- 30 **[0018]** Se describe igualmente un cuerpo de mecanismo de accionamiento creado para trabajar con una llave de interbloqueo de un módulo de accionamiento interno de dicha caja de cambio.
- [0019]** La invención tiene igualmente como objeto un procedimiento de fabricación según una de las reivindicaciones 4, 5 o 6 y que comportan además las características de la reivindicación 7.
- 35 **[0020]** La invención tiene igualmente como objeto una caja de cambios de vehículos según la reivindicación 8.
- [0021]** Como se habrá entendido, la invención se basa en la utilización, para constituir una horquilla de caja de cambios con una cruceta integrada, de un tipo de aleaciones de Al conocido pero que, *a priori*, no estaban destinadas principalmente a esta aplicación.
- 40 **[0022]** Estas aleaciones son, de manera general, aleaciones hipereutécticas saturadas en Si (constan de entre el 16 y el 27 %), por motivos que se explicarán más adelante.
- 45 **[0023]** Había, a primera vista, muchos obstáculos en la utilización de una aleación de Al para constituir un elemento de caja de cambios y, en particular, una horquilla de caja de cambio. Se pensaba que la cruceta no podría resistir los esfuerzos ejercidos por los mecanismos que accionan la horquilla y que se produciría un fenómeno de trillado muy importante, es decir, una deformación plástica localizada del material bajo el efecto de los choques o de presiones elevadas soportadas. El límite convencional de elasticidad de la aleación dada en el ejemplo preferido es todavía más bajo (del orden de 200 MPa) que el del latón convencional utilizado y está cerca del límite de ruptura. Eso se asocia a un pequeño coeficiente de elongación (inferior a 1 %) e induce una maleabilidad y una susceptibilidad de la deformación permanente muy mediocre.
- 50 **[0024]** Aun así, las experiencias han demostrado que la clase de aleaciones anteriormente citadas permitiría proporcionar a los fabricantes de cajas de cambios una horquilla que presenta las calidades de resistencia mecánica requeridas, siendo, además, notablemente más ligera que las horquillas de materiales utilizadas clásicamente, como el latón HR, el cupro-aluminio, la fundición o el acero laminado.
- 60 **[0025]** Una de estas aleaciones es la AlSi17Cu4Mg que tiene para composición Si = 16-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 4-5 %, Mn ≤ 0,6 %, Mg = 0,5-0,6 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 %, siendo el resto aluminio e impurezas resultantes de la elaboración.
- 65 **[0026]** Las aleaciones de las designaciones 390.0 (o AlSi21CuNi), A390.0 y B390.0 según el Instituto de Estándares Nacionales Americanos, o bien incluso una aleación de tonalidad EN AC-Al Si17Cu4Mg según la norma NF EN 1706, que coincide parcialmente con la pista de composición indicadas previamente, son también utilizables.

**[0027]** Composiciones para las designaciones 390.0, A390.0 y B390.0 : Cu = 4-5 % ; Mg = 0,45-0,65 % ; Si = 16-18 % ; Fe ≤ 1,3 % ; Zn ≤ 1,5 % ; Ni ≤ 0,10 % ; Mn ≤ 0,60 % ; Ti ≤ 0,2 %), siendo el resto Al e impurezas resultantes de la elaboración.

5

**[0028]** Otras designaciones como la AlSi18CuMgNi (Si = 17-19 % , Fe ≤ 1 % , Cu = 0,8-1,5 % , Mn ≤ 0,2 % , Mg = 0,8-1,3 % , Ni = 0,8-1,3 % , Zn ≤ 0,3 % , Ti ≤ 0,2 % , siendo el resto Al e impurezas que resultan de la elaboración), la AlSi25CuMgNi (Si = 23-26 % , Fe ≤ 1 % , Cu = 0,8-1,5 % , Mn ≤ 0,2 % , Mg = 0,8-1,3 % , Ni = 0,8-1,3 % , Zn ≤ 0,2 % , Ti ≤ 0,2 % , Cr ≤ 0,6 % , siendo el resto Al e las impurezas que resultan de la elaboración) y sus variantes habituales, completan la lista de las aleaciones utilizables en el marco de la invención.

10

**[0029]** De manera general, las aleaciones utilizadas en la invención deben ser aleaciones hipereutécticas, de forma que presenten los granos de Si primarios etc., por lo tanto, deberían contener una proporción en Si de, al menos, 12,7 % si se cumpliesen estrictamente los diagramas de las fases clásicas. En la práctica, sin embargo, esta proporción mínima debe ser ligeramente más elevada (16 %) con el fin de presentar un número de granos suficientemente elevado para poder generar las propiedades buscadas.

15

**[0030]** En lo que se refiere a la proporción máxima de la aleación en Si, hay que saber que cuanto más aumenta la proporción de Si, más difícil es obtener piezas que presentan granos primarios demasiados grandes y uniformemente repartidos, lo que es necesario como se verá más adelante. Además, la diferencia entre líquido y sólido aumenta de forma drástica con la proporción de Si y las temperaturas de realización de estas aleaciones Al-Si se sitúan más allá de los valores habituales en la fundición de aluminio. Eso hace que estas aleaciones, fundidas por métodos clásicos de fundición o fabricación, no deban presentar una proporción de Si que pueda sobrepasar el 27 % para conservar su facilidad de trabajo en la aplicación industrial. Este es el caso de las principales aleaciones utilizables en la invención, que se citan más arriba.

25

**[0031]** El hecho de que los granos de Si sean químicamente puros en casi el 100 % tiene como consecuencia la localización de todos los demás elementos de aleación en la fase eutéctica que contiene principalmente Al. La adición de otros elementos en cantidades moderadas no influirá, por lo tanto, más que en la matriz y no sobre los granos primarios. En función del conocimiento del profesional, los diferentes elementos distintos de Al y Si que completan la aleación se añadirán, por lo tanto, en función de las propiedades precisas buscadas para el material y su aplicación.

30

**[0032]** Así, el empleo de elementos que se ajustan en una baja proporción, como el Ti o el P, mejora la calidad de la estructura disminuyendo el tamaño de los granos. El Fe se debe evitar, porque es nefasto desde este punto de vista. Sin embargo, puede estar significativamente presente (hasta en un 1 %) cuando la aleación se destina a fundirse por inyección a presión, porque permite proteger los aparatos de las agresiones corrosivas por las aleaciones de Al líquidas.

35

**[0033]** El Cu y el Mn mejoran significativamente las propiedades mecánicas de la aleación, pero presentan efectos nefastos excesivos: aumento de la sensibilidad a la oxidación, dificultades para trabajar la pieza. Sus contenidos deberán, por tanto, mantenerse preferiblemente en los límites fijados por las definiciones de las designaciones citadas anteriormente.

40

**[0034]** Una razón por la que estas aleaciones se muestran particularmente adaptadas a la realización de horquillas de cajas de cambios a la vez ligeras y resistentes a las fuertes y frecuentes sollicitaciones a las que se someten, es la presencia, dentro de la matriz, de cristales primarios de Si. Estos, incluso en el caso de desgaste de la pieza durante su fricción con el acero que constituye las piezas con las que está en contacto a nivel de las zapatas y de la cruceta (cuando esta se presenta e integra en la construcción de la horquilla), subsisten sobre la horquilla como consecuencia de su particular dureza. Presentan, además, un coeficiente de fricción con el acero particularmente bajo. El desgaste de la matriz de Al crea microcavidades en la superficie de las zonas de la horquilla que sufren esfuerzos de fricción, entre los cristales primarios de Si, pero estas cavidades pueden llenarse de aceite de lubricación y se obtiene rápidamente un buen lapeado entre la horquilla y de las superficies del balador, que trabajan por contacto deslizante con las zapatas de la horquilla. En la práctica, el desgaste de las zapatas no debe, preferiblemente, sobrepasar los 0,2 mm por cara después de este lapeado. Respecto al desgaste del casquillo de la cruceta, cuando existe, la deformación por endurecimiento y desgaste acumulados en las caras de la ranura del casquillo inducida por fenómenos y deformaciones plásticas y de desgaste no debe, preferiblemente, sobrepasar los límites considerablemente iguales a la mitad de lo que se autoriza para el desgaste de las zapatas de la horquilla, por lo tanto del orden de 0,1 mm.

45

50

55

60

**[0035]** Se conoce que las aleaciones utilizables en el marco de la invención presentaban propiedades de resistencia mecánica elevadas y se conoce el efecto benéfico de los cristales primarios de Si sobre la fricción. Pero nunca se había probado el límite de resistencia de estas aleaciones, es decir, su comportamiento a fatiga, en las franjas de temperatura tales como las sufridas por las horquillas de cajas de cambio, esto es entre -30°C y +180°C, y en el estado de la aleación obtenida por procedimientos de fundición del tipo moldeado por gravedad en coquilla metálica

65

sin tratamiento térmico o del tipo moldeo por inyección a presión.

**[0036]** Solamente existe en la bibliografía información respecto al límite de resistencia denotada  $\sigma_{bw}$  de la aleación de Al AISi17Cu4Mg a partir de pruebas normalizadas, efectuadas a temperatura ambiente, sobre barras normalizadas realizadas en fundición por moldeo por gravedad en cocha metálica tratadas después térmicamente (solución, templado, ingreso) de manera que aumente significativamente el límite elástico  $R_{p0,2}$  y la resistencia a la tracción  $R_m$  en los valores comprendidos respectivamente entre 270-360 MPa y 280-370 MPa. Sus valores indicados para el límite de resistencia son del orden de 90 a 125 MPa. Comparativamente, la misma aleación de Al, en el estado bruto de fundición del tipo moldeo por gravedad en coquilla metálica, para las características mecánicas  $R_{p0,2} = 170$ -225 MPa y  $R_m = 180$ -235 MPa.

**[0037]** En ausencia de datos disponibles sobre el comportamiento de estas aleaciones a las temperaturas de utilización de las horquillas y otras piezas de cajas de cambios sometidas a los mismos tipos de esfuerzos mecánicos, no era en ningún caso evidente que estas aleaciones se fuesen a adaptar bien a la utilización según la invención.

**[0038]** En particular, no era en absoluto evidente que la resistencia de la cruceta a las sollicitaciones ejercidas a su nivel sería suficiente para que la cruceta pudiera integrarse en la construcción en la horquilla. El riesgo de martilleo bajo el efecto de las presiones de Hertz y el riesgo de desgaste bajo el efecto conjugado de un deslizamiento relativo parecía a priori elevado.

**[0039]** De hecho, se muestra, de forma sorprendente, que la horquilla presenta una resistencia al aplastamiento satisfactoria, a pesar de las presiones máximas de Hertz superiores a 1 000 MPa, lo que está más allá del límite de ruptura de la aleación de aluminio utilizado para la fabricación de fundición por moldeo por gravedad de la horquilla probada. Por consiguiente, cuando el mecanismo de contacto que actúa en la cruceta es un plato, las presiones de Hertz no son un problema.

**[0040]** Una de las explicaciones probables al excelente comportamiento a fatiga de las aleaciones utilizadas en el marco de la invención reside en el hecho de que los cristales primarios de Si pueden servir de deflectores de antemano de las grietas del material durante las sollicitaciones de fatiga. Para eso es necesario que los cristales primarios de Si sean de forma redondeada, se repartan de forma uniforme y no sean de un tamaño demasiado importante. Las condiciones de composición y de fundición de la aleación expuestas más arriba son adecuadas a este efecto. Las aleaciones que contienen una proporción de Si relativamente moderada (16-18 %) son, desde este punto de vista, más tolerantes en las distancias con respecto a una práctica óptima, que es determinada por la experiencia, que las designaciones con más Si (25-27 %).

**[0041]** Por supuesto, esta presencia de cristales de Si se asocia a una composición de la matriz de aleación de Al que confiere a la horquilla propiedades mecánicas y tribológicas del conjunto que la hacen compatible con su utilización. Las composiciones de las aleaciones utilizadas de manera preferente en la invención responden muy bien a este criterio.

**[0042]** Independientemente del modo de llenado, la velocidad del moldeo de fundición, la obtención de los granos de silicio primarios que obtienen en estas aleaciones su resistencia mecánica particular se realiza en la salida, sin necesidad de un tratamiento térmico posterior.

**[0043]** Sin embargo, el tamaño de estos granos se tiene que tener en cuenta para la resistencia a la fatiga de las piezas de fundición obtenidas. Como se ha dicho, el modo de llenado de las cavidades del molde de fundición escogido debe permitir obtener granos primarios con un tamaño no demasiado importante. Pero debe también permitir un reparto lo más homogéneo posible de estos granos, evitando la macrosegregación y las concentraciones de granos de silicio, en caso contrario se fragiliza la estructura. En consecuencia, el método de fundición utilizado debe permitir una refrigeración rápida y una limitación de la segregación en las zonas críticas del molde susceptibles de ser difíciles de llenar.

**[0044]** Incluso si para la obtención de piezas adecuadas se puede considerar la fundición de arena y si la geometría de la pieza en cuestión es adecuada, se prefiere con más frecuencia la fundición por gravedad en coquilla metálica. La fundición por inyección a presión es, sin embargo, el procedimiento que da seguramente los resultados más satisfactorios.

**[0045]** De forma ventajosa, el procedimiento de moldeo puede ser del tipo inyección a presión en cámara fría, el molde de fundición a presión se puede equipar de un dispositivo de depresión de las cavidades con ayuda de una bomba de vacío, con el fin de facilitar el control de los defectos internos de las piezas moldeadas con este procedimiento, en concreto el nivel de porosidades del tipo sopladuras.

**[0046]** De forma ventajosa, se pueden efectuar tratamientos térmicos sobre la pieza moldeada con el fin de aumentar sus características mecánicas. Estos tratamientos térmicos asocian clásicamente operaciones de solución, templado, maduración, ingreso, como se conoce de practicar sobre las aleaciones clásicas utilizables

preferencialmente en el marco de la invención.

**[0047]** Las calidades requeridas para las horquillas de caja de cambios según la invención son variables según el destino de la horquilla. Las horquillas permiten el paso de las zapatas situadas en las extremidades de las marcas del orden de 5 000 ciclos a 1 100 N y 4 5000 ciclos a 650 N y 400 000 a 700 000 ciclos a 300 N. Pero ellas deben también poder resistir, con una deformación permanente de menos de 1 mm, a una sollicitación única, o limitada a varias decenas de ciclos, de intensidad excepcional, del orden de 2 500 N según las especificaciones del constructor y del creador de la caja de cambio. Estos esfuerzos son del orden de los que sufren las partes de una horquilla de las más sollicitadas de cargas, en deformación y de fricción durante un uso deportivo del vehículo o de una mala utilización fortuita de la palanca de paso de marchas.

**[0048]** Los valores de los esfuerzos y los números de ciclos citados anteriormente son dados a título de ejemplo sobre las horquillas de una caja manual de 5 velocidades que forman parte de un grupo motopropulsor de vehículo corriente, cuya cilindrada, gasolina o Diésel, es de 1500 a 2 000 cm<sup>3</sup>, el par máximo del orden de 250-300 N.m y la potencia máxima del orden de 100 kW. Estos valores de esfuerzos pueden ser más elevados en el caso de cajas de cambios mecánicas, de cambio de marcha robotizado o en el caso de cajas de cambios mecánicas de alto par, con o sin robotización. En este caso, la robustez de las horquillas debe probarse después de ensayos de sollicitaciones cíclicas de paso de marchas que pueden alcanzar de 1 800 a 2 000 N. A modo de ejemplo, se conocen las especificaciones de resistencia de paso de marchas según las cuales esta resistencia debe lograr aguantar 15 000 ciclos a 1 800 N y 300 000 ciclos a 1 000 N.

**[0049]** En lo que respecta a las dimensiones de las horquillas, resulta que la utilización de esta aleación de Al no necesita modificar, esencialmente, las dimensiones de las horquillas de latón con un 3-4 % de Zn, 3-4 % de Mn y 1 % de Fe aproximadamente de las que quieren sustituir, a excepción de varios refuerzos de su espesor en determinadas zonas particularmente sollicitadas. Estos refuerzos son, como se verá, suficientemente limitados para permitir que la horquilla, según la invención, se inserte en el mismo espacio ajustado que las horquillas de referencia de latón.

**[0050]** La invención se comprenderá mejor tras la lectura de la descripción que sigue, dada en referencia a las figuras anexadas siguientes:

- las figuras 1 y 2 muestran, en perspectiva isométrica por delante y por detrás respectivamente, una horquilla de caja de cambios desprovista de cruceta integrada;
- la figura 3 muestra en perspectiva isométrica trasera un ejemplo de horquilla según la invención, que dispone de una cruceta integrada;
- la figura 4 muestra en perspectiva isométrica un ejemplo de palanca de casquillo de accionamiento de marcha atrás;
- la figura 5 muestra en perspectiva isométrica una llave de interbloqueo de módulo de accionamiento interno de una caja de cambio;
- la figura 6 muestra en perspectiva isométrica un cuerpo de mecanismo de accionamiento, creado para trabajar con la llave de interbloqueo de la figura 5;
- la figura 7 muestra en perspectiva isométrica una llave de interbloqueo, creada para trabajar con el entorno inmediato de la caja de cambios como, por ejemplo, el casquillo de una horquilla de caja de cambios sujeta por la llave de interbloqueo;
- la figura 8 muestra en perspectiva isométrica un cuerpo de mecanismo de accionamiento, creado para trabajar con el entorno inmediato de la caja de cambios como, por ejemplo, el casquillo de una horquilla de caja de cambios accionada en movimiento de translación por medio de una pata que pertenece al cuerpo de mecanismo de accionamiento;
- la figura 9 muestra en perspectiva isométrica una llave de interbloqueo y un cuerpo de mecanismo de accionamiento, creados para trabajar entre ellos y con el entorno inmediato de la caja de cambio; en particular, un mecanismo de accionamiento, dicho mecanismo de engranaje, cuyo movimiento giratorio genera un movimiento de translación del cuerpo de mecanismo de accionamiento en la dirección de la llave de interbloqueo en una dirección opuesta.

**[0051]** La horquilla representada en las figuras 1 y 2 es, típicamente, una horquilla 1 destinada a garantizar el paso entre la relación 5<sup>a</sup> y 6<sup>a</sup> de la caja de cambio. No supone la existencia de una cruceta integrada porque está destinada a estar montada rígidamente en un eje común a otra horquilla (deslizamiento sobre dicho eje) garantizando el paso entre la relación 3<sup>a</sup> y 4<sup>a</sup>, el eje común está provisto de una cruceta solidaria a él. Se distinguen allí diferentes partes, típicas de una horquilla de caja de cambios, a saber:

- un tambor 2 provisto de un orificio recortado 3 destinado a atravesarse por el eje que porta la horquilla;
- dos ramificaciones 4, 5 de forma global significativamente semicircular destinadas a trabajar con el balador;
- un cuerpo 6 que conecta el tambor 2 con las ramificaciones 4, 5.
- dos zapatas 7, 8 colocadas cada una en un extremo de una de las ramificaciones 4, 5 y que presentan una sobremedida con respecto a las ramificaciones 4, 5 a las que prolongan;
- y una zapata central 9 que forma una sobremedida del borde inferior 10 del cuerpo 6 y que tiene la función de entrar en contacto con el balador cuando la horquilla es sometida a esfuerzos importantes, predeterminados en el momento

de la concepción de la horquilla 1 (por ejemplo, 700 N en el nivel del casquillo fijo en el eje a cuya horquilla 1 es solidaria), susceptibles de ejercitar la deformación de la horquilla 1 más allá de un valor predeterminado (por ejemplo 0,9 mm a nivel de la parte superior del tambor); la zapata central 9, cuya presencia es opcional, permite interrumpir o limitar en gran medida esta deformación aliviando las zapatas 7, 8 de las ramificaciones 4, 5.

5 **[0052]** En el ejemplo descrito y representado, la horquilla se realiza en una aleación de Al de tipo AISi17Cu4Mg de composición Si = 16-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 4-5 %, Mn ≤ 0,6 %, Mg = 0,5-0,6 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 %.

10 **[0053]** Un ejemplo no limitativo de su procedimiento de fabricación es el siguiente.

**[0054]** La horquilla 1 se fabrica con un procedimiento de fundición por gravedad en un molde con una o varias cavidades. Antes del moldeo, se procede, de manera conocida, a una pulverización de revestimiento de encolante sobre las superficies de las cavidades y del husillo que sirve para la conformación del orificio 3 del tambor 2, previamente calentados a aproximadamente 150°C (cuando menos, antes de la fundición de la primera pieza de la serie realizada con este molde; para las piezas posteriormente fundidas poco después de la primera, puede ser suficiente dejar las paredes del molde a su temperatura natural después del desmoldado de la pieza anterior). Se recomienda, sin embargo, proceder a una pulverización de un revestimiento de encolante después de cada desmoldado.

20 **[0055]** De forma conocida, esta temperatura natural puede, sin embargo, modificarse de forma controlada gracias a un dispositivo de termorregulación en aceite o en agua acondicionado en el molde (canales de circulación del fluido termoportador) y gracias a un equipo de termorregulación conectado al molde que permite mantener el fluido termoportador a una temperatura comprendida entre un valor mínimo y un valor máximo.

25 **[0056]** En el caso de una termorregulación en aceite, el dispositivo de termorregulación conectado al molde debe llevar el fluido a una temperatura del orden de 200°C antes de circular en los canales de termorregulación acondicionados en el molde.

30 **[0057]** Además, se recomienda, después de cada fundición, pulverizar un revestimiento de encolante diluido en el agua sobre las superficies de las cavidades del molde, después acelerar el secado de las superficies ceñidas por chorro de aire a presión, con el fin de facilitar el desmoldado de la pieza después de la solidificación y con el fin de limitar el calentamiento de las superficies del molde. Esta técnica es bien conocida por los expertos en la materia.

35 **[0058]** El precalentamiento y el control de las temperaturas mínima y máxima admisibles en la superficie de las partes del molde permiten evitar la formación de defectos internos y externos de la pieza resultante del molde, como los rechupes, los rechazos o las gotas frías.

**[0059]** Los excesos de recubrimiento de encolante se eliminan con un cepillo metálico.

40 **[0060]** El molde así preparado se monta sobre una coquilla y se lleva cerca del horno de conservación donde la aleación de Al se encuentra en el estado fundido. La fundición tiene lugar a una temperatura de 700°C, para adaptarse con más precisión, según el saber hacer habitual de los fundidores, en función de la temperatura de fusión precisa de la aleación y de la configuración y del estado de precalentamiento del molde. Igualmente, de manera habitual para los fundidores, se previene de la aparición de defectos en el seno del producto moldeado, tales como los rechazos, instalando guías de aire sobre el molde en los sitios más expuestos a la reclusión de aire.

**[0061]** En el caso de fundición por gravedad en un molde del tipo coquilla metálica, se deposita la aleación fundida en el molde a una velocidad moderada, para evitar la reclusión de aire.

50 **[0062]** Tal como saben los expertos en la materia, las bolsas organizadas en las cavidades del molde permiten igualmente llenar los contrapesos que tienen como función reducir o eliminar localmente los fenómenos de rechupes en la pieza. Estos contrapesos pueden servir igualmente de talones de lavado reclusiendo ciertos óxidos, excedentes de recubrimiento de encolante y gas. Estos talones de lavado están conectados a menudo a las guías de aire.

55 **[0063]** Después de su desmoldado, la horquilla puede, si es necesario, sufrir operaciones de rectificación y de mecanización que le confieren sus dimensiones precisas y su estado superficial definitivos, junto con los tratamientos térmicos que permiten mejorar sus propiedades mecánicas. Estos tratamientos pueden ser, principalmente, los que se reconocen como prácticos sobre la aleación cuando se utiliza para otras aplicaciones, para las que las típicas propiedades de la aleación también se buscan en el marco de la invención. Naturalmente, estos tratamientos no deben  
60 prácticamente deteriorar las propiedades específicamente exigidas por la invención porque son típicas de las horquillas de cajas de cambio.

**[0064]** De hecho, el procedimiento de fabricación anterior y su optimización no presentan particularidades que vayan más allá de las competencias generales del experto en la materia de la fundición de las aleaciones de Al. Se  
65 puede observar que, a diferencia de las horquillas de latón clásicas a las que las horquillas según la invención

sustituyen, no es necesariamente obligatorio recurrir a un procedimiento de inyección a presión que necesita un aparato claramente más complejo que la fundición por gravedad.

**[0065]** Dicho esto, se puede utilizar un procedimiento de fundición por inyección a presión para fabricar una horquilla según la invención si, por ejemplo, esta horquilla debe tener una configuración particularmente compleja para la que una fundición por gravedad no podría garantizar una calidad de fabricación suficiente.

**[0066]** La fundición por gravedad en coquilla metálica presenta la ventaja de necesitar medios de fundición claramente menos costosos que los dispositivos de fundición a presión. El precio de coste del molde es igualmente inferior. Sin embargo, tal como sabe el profesional, el llenado de las cavidades del molde depende de la fuerza de gravedad y de la concepción de los canales de alimentaciones de las cavidades, junto con la ubicación de las guías de aire y otros elementos que ayudan en el llenado del molde, como los contrapesos y los talones de lavado. Se recomienda tener una buena experiencia en la concepción de las coquillas metálicas para fundición por gravedad de las aleaciones de aluminio para que el fabricante pueda obtener piezas sin rechupes, sopladuras y rechazos.

**[0067]** En el caso de un procedimiento de fundición a presión, se asiste mecánicamente al llenado de las cavidades del molde, porque los equipos modernos permiten parametrizar en tres fases el llenado del molde. En una primera fase, el pistón empuja la aleación líquida contenida en el recipiente de alimentación del molde llamado «contenedor», justo hasta que el metal llega a los bebederos de la colada. Se trata de una transferencia de aleación del susodicho recipiente hacia los canales principales de alimentación de las cavidades del molde. Esta transferencia puede parametrizarse en velocidad, en aceleración y en tiempo. En una segunda fase, el pistón continúa su traslación en el recipiente y fuerza la aleación a llenar de una forma rápida las cavidades del molde. Allí, una vez más, se puede parametrizar esta segunda fase en velocidad, en aceleración y en tiempo. En la tercera parte, el pistón ejerce una presión sobre la aleación todavía líquida de manera que compacta los volúmenes gaseosos reclusos en la aleación y termina el llenado de las zonas que serían especialmente difíciles de llenar con un procedimiento por gravedad. Esta tercera fase se puede parametrizar en presión y en carrera de pistón, incluso si esta es pequeña, a partir de su posición de desencadenamiento con respecto al fin de la segunda fase. En resumen, esta asistencia al llenado del molde permite al fundidor resolver la mayoría de los problemas asociados a un llenado por gravedad.

**[0068]** En producción en serie, para volúmenes importantes, se puede privilegiar la inyección a presión para la aplicación de la invención, especialmente puesto que es relativamente fácil diseñar moldes de varias cavidades y parametrizar la instalación a presión para obtener, con la ayuda de estos módulos de varias cavidades, piezas sanas sin defectos o aceptables. En el caso de los procedimientos por gravedad, los moldes de varias cavidades son muy difíciles de preparar. Por consiguiente, se utilizará preferiblemente el procedimiento por gravedad para fundir piezas de aleación de aluminio en el marco de una fase de fabricación de prototipos de piezas o para cantidades de piezas fabricadas relativamente pequeñas.

**[0069]** La horquilla podría fabricarse completamente a partir de un boceto si debiese poseer calidades de precisión dimensionales particulares para satisfacer a un cuaderno de cargas muy exigente. Allí, una vez más, un tratamiento térmico puede completar el procedimiento de fabricación de la pieza.

**[0070]** Las principales formas y dimensiones de la horquilla 1 representada son las siguientes:

- diámetro del orificio 3 del tambor 2: 15 mm;
- espesores de las zapatas 7, 8 colocados en las extremidades de las ramificaciones 4, 5: 12,4 mm;
- espesor de la zapata central 9: 11 mm;
- geometría de las ramificaciones 4, 5 de la horquilla 1: su sección es significativamente rectangular y aumenta progresivamente a medida que se acerca al cuerpo 6 de la horquilla 1; pasa de 4 x 8 a 6 x 10 mm; esta última dimensión es importante para conferir a la horquilla 1 una robustez comparable a la de una horquilla de latón de geometría similar;
- la geometría de las nervaduras de conexión de las ramificaciones 4, 5 en el tambor 2 y en el cuerpo 6 de la horquilla 1 que desempeñan el papel de tensores limitadores de cargas; estos tensores se crean para obtener una flexibilidad de la horquilla superior a un valor del orden de 500-600 N/mm y de forma que limita las cargas máximas en la zona del cuerpo a valores inferiores a 130 MPa;
- las posiciones relativas de las superficies de las zapatas 7, 8 que trabajan por contacto deslizante con el balador, con relación a la superficie de la zapata central 9 (para los dos lados de la horquilla 1): las zapatas 7, 8 están a 83 mm; la zapata central 9 permite limitar las cargas en las ramificaciones 4, 5 de la horquilla 1; por otro lado, incluso si para esfuerzos elevados ampliamente superiores al esfuerzo por el que la zapata central 9 entra en contacto con el balador la zapata central 9 soporta esfuerzos con deslizamiento relativo elevados, el hecho de que la aleación seleccionada resista fuertemente al desgaste permite mantener la configuración de la horquilla de latón de referencia sobre estas posiciones relativas de las zapatas 8, 9; en efecto, si la zapata central 9 se desgastase rápidamente, entonces el efecto por el que la zapata central 9 entra en contacto con el balador aumentaría rápidamente, si bien las cargas en las dos ramificaciones 4, 5 de la horquilla 1 aumentarían también de forma no controlada, justo hasta producir una ruptura prematura de la horquilla 1;
- espesor del cuerpo de la horquilla: aproximadamente 10 mm.

65

## ES 2 706 406 T3

**[0071]** El peso de esta horquilla 1 según la invención es de 87 g.

**[0072]** A modo comparativo, una horquilla de referencia realizada en un latón del tipo CuZn27Mn3Fe2 y a la que la horquilla 1 fuese a sustituir tendría prácticamente las mismas dimensiones que la horquilla de aleación de aluminio 1; el espesor del cuerpo sería más débil localmente, de 2 mm aproximadamente, para la horquilla de latón, la sección significativamente rectangular de las ramificaciones de la horquilla de latón aumentarían de forma menor a medida que se acercara de la conexión al cuerpo 6, aunque fuera una sección de 4 x 8 mm en lugar de 6 x 10 mm para la horquilla 1 según la invención. Su peso sería de 175 gramos, por lo tanto, aproximadamente el doble del de la horquilla 1 según la invención.

10

**[0073]** Las propiedades mecánicas principales de la horquilla 1 en aleación AlSi17Cu4Mg de composición precisa Si = 16-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 4-5 %, Mn ≤ 0,6 %, Mg = 0,5-0,6 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 % según la invención, fundida por gravedad en un molde del tipo coquilla metálica y de la horquilla de latón de referencia son las siguientes:

- 15 - Rp<sub>0,2</sub>: 185 MPa, contra 350 MPa para la versión de latón;  
- dureza: 120 HB 2,5, contra > 160 HB 2,5 para la versión de latón;  
- cargas de Von Mises calculadas por el método de elementos finitos a partir del modelo 3D sólido: < 130 MPa en las zonas más cargadas con un esfuerzo aplicado de 800 N, contra localmente aproximadamente 250 MPa para la versión de latón;
- 20 - flexibilidad medida de las ramificaciones 4, 5 de la horquilla 1: alcanza entre 590 y 630 N/mm, contra aproximadamente 500 N/mm para la versión de latón;  
- Intensidad del esfuerzo de intervención de la zapata central: entre 800 y 900 N para la horquilla 1, contra aproximadamente 1400 N para la versión de latón;  
- deformación remanente después de un esfuerzo aplicado de 2600 N: < 0,15 mm para la horquilla 1, contra < 0,17 mm para la versión de latón.
- 25

**[0074]** Vemos, por tanto, que el ejemplo de horquilla 1 tiene dimensiones principales idénticas o muy próximas a estas de la horquilla de referencia de latón y propiedades mecánicas totalmente compatibles con la utilización de la horquilla de referencia, o incluso mejores en determinados puntos de vista. Se puede, por lo tanto, cambiar sin problema la horquilla de referencia en una caja de cambios de concepción preexistente, al igual que la utilizada en un nuevo tipo de caja de cambios creado desde el origen para hacer uso del tipo de aleación de Al descrito en el presente documento.

30

**[0075]** Un ejemplo de horquilla 11 según la invención, representada sobre la figura 3, es una horquilla destinada a la misma caja de cambios que la horquilla 1 y destinada a garantizar el paso entre las relaciones 1ª y 2ª. Como la precedente, consta de:

35

- un tambor 12 provisto de un orificio recortado 13 destinado a que lo atravesase el eje que porta la horquilla;  
- dos ramificaciones 14, 15 de forma significativamente semicircular destinadas a trabajar con el balador;
- 40 - un cuerpo 16 que conecta el tambor 12 con las ramificaciones 14, 15.  
- dos zapatas 17, 18 colocadas cada una en un extremo de las ramificaciones 14, 15 y que presentan una sobremedida con respecto a las ramificaciones 14, 15 a las que prolongan;  
- y una zapata central 19 que forma una sobremedida del borde inferior 20 del cuerpo 6.

45

**[0076]** Además, la horquilla 11 consta de una cruceta 21 que se extiende a partir del tambor 12 según una dirección significativamente perpendicular a la del eje del orificio 13. Esta cruceta se termina por un casquillo 22 que presenta dos ranuras 23 para su conexión con un mecanismo de accionamiento durante el paso de la 1ª o de la 2ª marcha.

50

**[0077]** La horquilla 11 se puede realizar en la misma aleación que la horquilla 1 previamente descrita y representada o en una aleación diferente pero que responda sin embargo a los criterios de composición definidos más arriba como los de la invención.

**[0078]** Su procedimiento de fabricación puede ser idéntico o comparable al ejemplo descrito más arriba para la fabricación de la anterior horquilla 1.

55

**[0079]** Las principales dimensiones de la horquilla 11 representada son las siguientes:

- diámetro del orificio 13 del tambor 12: 15 mm;
- 60 - espesores de las zapatas 17, 18 de las ramificaciones 14, 15: 12,4 mm;  
- espesor de la zapata central 19: 11 mm;  
- la geometría de las ramificaciones 14, 15: su sección es significativamente rectangular y aumenta progresivamente hacia el cuerpo 16 de la horquilla 11; pasa de 4 x 9 a 5 x 10 mm; esta última dimensión es importante para conferir a la horquilla 11 una robustez comparable a la de una horquilla de latón de geometría similar;
- 65 - la geometría de las nervaduras de conexión de las ramificaciones 14, 15 en el tambor 12 y en el cuerpo 16 de la

horquilla 11 desempeñan el papel de tensores limitadores de cargas; los tensores se crean para obtener una flexibilidad de la horquilla superior a un valor del orden de 500-600 N/mm y de forma que limita las cargas máximas en la zona del cuerpo a valores inferiores a 140 MPa;

- las posiciones relativas de las superficies de las zapatas 17, 18 de las ramificaciones 14, 15 que trabajan por contacto deslizante con el balador, con relación a la superficie de la zapata central 19 (para los dos lados de la horquilla 11): las zapatas 17, 18 están separadas 85,3 mm;
- espesor del cuerpo de la horquilla: 6 mm;
- la geometría de la conexión irradiada de la cruceta 21 sobre el tambor 12 de la horquilla 11; su radio de curvatura de 6 mm;
- 10 - espesor de la cruceta 21 a nivel del casquillo 22: 6 mm;
- el radio de curvatura de las ranuras 23 sobre el cuerpo de la cruceta 21 a nivel del casquillo 22: 1 mm;
- la geometría de la cruceta 21, especialmente su sección que es de 30 x 4 mm.

**[0080]** Su peso es de 120 g.

15

**[0081]** A modo comparativo, una horquilla de referencia realizada en un latón del tipo CuZn27Mn3Fe2 y a la que la horquilla 11 fuese a sustituir tendría dimensiones prácticamente idénticas a las de la horquilla 11 en aleación de aluminio según la invención. El espesor del cuerpo será casi idéntico. La sección casi rectangular de las ramificaciones de la horquilla de latón aumentaría de forma menor en dirección de la curvatura al cuerpo, siendo una sección de 4 x 9 mm para la sección situada justo antes de la curvatura con el cuerpo, el espesor de la cruceta a nivel del casquillo sería idéntico, del orden de 6 mm, la sección de la cruceta sería de 18 x 5 mm.

20

**[0082]** Su peso sería de 266 g, siendo entonces, 2 veces superior al de la horquilla 11 de la invención.

- 25 **[0083]** Las propiedades mecánicas principales de la horquilla 11 de aleación AlSi17Cu4Mg de composición precisa Si = 16-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 4-5 %, Mn ≤ 0,6 %, Mg = 0,5-0,6 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 %) según la invención, fundida por gravedad en un molde del tipo coquilla metálica y de la horquilla de latón de referencia son los siguientes:

- R<sub>p0,2</sub>: 185 MPa, contra 350 MPa para la versión de latón;
- 30 - dureza: 120 HB 2,5, contra > 160 HB 2,5 para la versión de latón;
- cargas de Von Mises calculadas por el método de elementos finitos a partir del modelo 3D sólido: < 130 MPa en las zonas más cargadas con un esfuerzo aplicado de 800 N;
- flexibilidad medida de las ramificaciones 14, 15 de la horquilla 1: alcanza entre 550 y 600 N/mm (aproximadamente 400 N/mm para la versión de latón);
- 35 - Intensidad del esfuerzo de intervención de la zapata central: entre 900 y 1.000 N para la horquilla 11 (aproximadamente 1200 N para la versión de latón);
- deformación remanente después de un esfuerzo aplicado de 2600 N: < 0,3 mm para la horquilla 1 (< 0,4 mm para la versión de latón).

- 40 **[0084]** Vemos, por tanto, una vez más, que la sustitución de una horquilla de latón clásica por una horquilla 11 de aleación de Al-Si según la invención, que tiene significativamente el mismo volumen, puede efectuarse sin dificultades, cuando la presencia de una cruceta integrada sometida a esfuerzos directos intensos por parte del mecanismo de accionamiento podía ser a primera vista un impedimento serio para la utilización de una aleación de Al en general.

45

**[0085]** La elección particular, para hacerlo, del tipo de aleación de Al-Si citado anteriormente y, en concreto, de las clases de aleaciones Al-Si que se han citado, cuyas propiedades extraordinarias en fatiga eran hasta ahora desconocidas, autoriza tal sustitución. Abre igualmente nuevas perspectivas sobre la concepción del conjunto de cajas de cambios más ligeras, pero no menos eficaces, que las que existen hoy en día y que utilizan horquillas de latón o de otros materiales relativamente pesados.

50

**[0086]** Se ha podido verificar igualmente que el comportamiento en desgaste/trillado (durante un contacto deslizante bajo fuerte presión) de las aleaciones utilizadas en la invención era excelente con relación a otras aleaciones de Al menos ricas en Si.

55

**[0087]** A tal fin, se ha mostrado en la extremidad de una palanca de casquillo de fundición fabricada templada en un inserto destinado a constituir una de las caras de la ranura del casquillo, precisamente la cara sobre la que se ejerce un esfuerzo cíclico de 1 000 N por parte de una puesta en marcha de perfil irradiado de radio R=4 mm, giratorio alrededor de un eje de rotación y accionado por un actuador. La zona de contacto estaba engrasada. Las presiones máximas de Hertz en la interfaz de contacto deslizante se han calculado y son del orden de 800 MPa.

60

**[0088]** Una aleación AlSi9Cu3 (que tiene una proporción de Si del orden de 9 % y, por lo tanto, no utilizable en el marco de la invención) en primer lugar se ha probado durante 10 000 ciclos. Se ha constatado un desgaste de 0,08 mm de profundidad. Al final de 80 000 ciclos, este desgaste pasa de 0,16 mm.

65

- [0089]** Entonces se ha cambiado este inserto por un inserto de la misma geometría en aleación AlSi17Cu4Mg utilizable según la invención. Después de 11 400 ciclos de esfuerzos en las mismas condiciones que previamente, el desgaste constatado no era más que de 0,05 mm de profundidad. Era de 0,06 mm después de 50 000 ciclos, de 0,07 mm después de 84 000 ciclos, para estabilizarse a 0,11 mm después de 150 000 ciclos, los ensayos se pararon en 5 500 000 ciclos. El desgaste acaba por estabilizarse a un valor muy aceptable. Por comparación, el desgaste constatado en las mismas condiciones para una pieza semejante de latón sería de varias décimas de milímetros, incluso más allá de un milímetro.
- [0090]** Estas condiciones de prueba eran particularmente severas, dado que el mecanismo de accionamiento 10 que se ha utilizado tenía un perfil irradiado, lo que tiende a concentrar las cargas y, así, a acentuar el desgaste localizado de la cara del casquillo concernido. En las cajas de cambios del tipo en el que el mecanismo de accionamiento tiene un perfil plano en su zona de contacto con el casquillo, este desgaste sería claramente menor ya que el contacto mecanismo/casquillo es más abierto y casi no tiene deslizamiento.
- 15 **[0091]** Se ha descrito en detalle hasta aquí solamente la aplicación de las aleaciones de Al-Si escogidas en la fabricación de horquillas de cajas de cambio, con o sin cruceta y casquillo integrados. Sin embargo, se describen igualmente todas las demás piezas de cajas de cambios que se someterían a cargas de naturalezas comparables a las sufridas por las horquillas durante la utilización del vehículo.
- 20 **[0092]** Es, por ejemplo, el caso de las palancas de casquillo de accionamiento de marcha atrás, como la 24 que se ve sobre la figura 4, que generalmente se fabrican en fundición o en acero. Se ha mostrado mediante una clavija sobre un eje 25 que es también, en el ejemplo representado, aquel sobre el que se muestra una horquilla 1 similar a la descrita y representada previamente en las figuras 1 y 2. La palanca de casquillo 24 comporta una ranura 26 en la que se inserta un mecanismo de accionamiento 27 montado giratorio y de la que la extremidad que comporta 25 un perfil irradiado transmite por contacto deslizante un movimiento de translación al conjunto formado por la palanca 24 y el eje 25. Sobre una de las extremidades de la palanca 24 se fija una clavija 28 orientada perpendicularmente en el eje 25 y destinada a trabajar por contacto deslizante con un mecanismo no representado sobre la figura 4; dicha clavija 28 permite transformar el movimiento de translación de la palanca 24 en un movimiento más o menos complejo de dicho mecanismo. Una protuberancia 29 solidaria a la palanca 24 y que se extiende de forma radial por una 30 superficie 30 en forma de escalera, dicha forma 30 estando destinada a trabajar por contacto deslizante bajo carga débil con la extremidad hemisférica de una varilla 31 perteneciente a un sensor de posición de la clavija 24 no representada en la figura 4.
- [0093]** Con el fin de limitar el desgaste a los valores aceptables de la ranura 26 que trabaja por contacto 35 deslizante con el extremo del mecanismo de accionamiento 27, el radio del perfil de dicha extremidad, el espesor de dicha extremidad, la rugosidad de la superficie del perfil radiado de dicha extremidad que trabaja por contacto deslizante con la ranura 27, junto con el espesor de la ranura 26, se dimensionan de forma que se limitan las presiones de Hertz máximas a valores inferiores a 800 MPa antes de la aparición del fenómeno de desgaste y de manera que se estabiliza el desgaste a valores aceptables. A modo de ejemplo no limitativo, para una carga máxima de 1 000 N 40 ejercida perpendicularmente en las caras de la ranura 26, se preferirá un radio de perfil del mecanismo 27 comprendido entre 10 y 18 mm, un espesor mínimo de la ranura 26 de 5 mm, una rugosidad de la superficie del perfil radiado del mecanismo 27 inferior a  $R_a = 3$  mm, un espesor mínimo de la extremidad del mecanismo 27 de 5 mm.
- [0094]** Otro tipo de elemento de caja de cambios es una llave de interbloqueo de los módulos de accionamiento 45 interno, tal como la representada en las figuras 5 y 7. Esta llave de interbloqueo 32 se realiza habitualmente en cupro-aluminio CuAl10Fe5Ni5, o en fundición GS o en acero. Comporta especialmente protuberancias 33, 34, 35 llamados pasadores, cuyas caras laterales significativamente paralelas 39, 40 o 41, 42 o 43, 44 pueden trabajar con la ranura 45 de un casquillo 65 unido de una horquilla 46 o unidas al eje sobre el que se fija la horquilla 46. Estos pasadores se destinan a bloquear en translación las horquillas por las que los pasadores 33, 34, 35 se posicionan en el interior de 50 la ranura 45 de los casquillos 65 unidos de las horquillas o unidos a sus ejes de soporte. Estos pasadores 33, 34, 35 son seguridades y no autorizan el accionamiento de cambio de velocidad más que para una sola horquilla a la vez.
- [0095]** Las llaves de interbloqueo 32 se fijan rígidamente sobre un eje 47 instalado en el giro en la caja de cambios. El movimiento de giro angular se asegura con una clavija de selección 48 fijada rígidamente sobre un extremo 55 del eje 47. Cuando el eje 47 se mueve angularmente, los pasadores 33, 34, 35 de la llave de interbloqueo 32 se mueven con respecto a las ranuras 45 de los casquillos 65 unidos a las horquillas o unidos a los ejes sobre los que se montan las horquillas. Se puede hacer así de manera que ningún pasador constituya un obstáculo al desplazamiento en translación, según un eje significativamente paralelo al eje 47, de la ranura 45 del casquillo 65 unido a una de las horquillas o unido a su eje soporte. Las ranuras 49, 50 se realizan en el cuerpo de la llave antibloqueo 32. Estas 60 ranuras 49, 50 permiten introducir las patas 36, 37 pertenecientes a un cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 montado por deslizamiento sobre el eje 47 que lleva la llave de interbloqueo 32 y situado entre dicha llave 32 y la palanca de selección 48. Así, durante un movimiento de rotación del eje 47, dicho movimiento de selección, por medio de la palanca de selección 48, la llave de interbloqueo 32 unida del eje 47 se produce igualmente en el mismo movimiento de rotación y las ranuras 49, 50 preparan en rotación el cuerpo del mecanismo de accionamiento 39 por 65 medio de las patas 36, 37. Un apéndice 38 trabaja con un resorte de torsión, no representado sobre la figura 5, del

que uno de los filamentos está en apoyo sobre una 66 de las dos ranuras realizadas sobre la extremidad del apéndice 38, el otro filamento estando en apoyo sobre una forma acondicionada en el cárter de la caja de cambios y viceversa, según el sentido de giro del eje 47. La parte helicoidal de este resorte se termina con los dos filamentos instalados alrededor del cuerpo casi cilíndrico 51 de la llave de interbloqueo 32. Este resorte de torsión tiene como objetivo ayudar a traer hacia una posición angularmente neutra la llave de interbloqueo 32 unido del eje 47.

**[0096]** Problemas de comportamiento al desgaste/trillado de las caras de las protuberancias 33, 34, 35 y del apéndice 38 similares a los previamente descritos para las horquillas son los mismos para esta llave de interbloqueo 32 y el empleo de las aleaciones citadas anteriormente aporta en ese caso una solución igualmente satisfactoria. Se reduce, al menos, a la mitad el peso de la llave de interbloqueo. A modo de ejemplo, la llave 32 ilustrada sobre las figuras pesa 240 g cuando se realiza en fundición o en aleación de cupro-aluminio y no pesa más que unos 100 g cuando se realiza en una aleación de aluminio.

**[0097]** Se describe igualmente un cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 como el representado sobre las figuras 6, 8 y 9 y se crea para trabajar con la llave de interbloqueo 32 de la figura 5. Su modo de funcionamiento en la caja de cambios se ilustra en las figuras 8 y 9. Se instala en deslizamiento a lo largo de un eje 47. Un elemento giratorio 62 llamado mecanismo de engranaje, generalmente realizado en acero, dispone de una extensión 61 de perfil radiado que trabaja por contacto deslizante con las caras 59, 60 paralelas entre las acondicionadas sobre los apéndices 57, 58 del cuerpo del mecanismo de accionamiento 39. Cuando el mecanismo de engranaje 62 está accionado en rotación, causa un movimiento de translación a lo largo del eje 47 del susodicho cuerpo 39.

**[0098]** Habitualmente, el cuerpo 39 se realiza en fundición o en acero y con el fin de limitar el desgaste de las caras 59, 60 de los apéndices 57, 58 acondicionados sobre el cuerpo 39, la duración superficial de las caras 59, 60 aumenta generalmente a través de tratamientos térmicos adicionales como un templado o a través de operaciones de tratamientos superficiales del cuerpo 39 que permiten crear una capa superficial de dureza elevada de al menos 50 HRC. De forma ventajosa, eso permite librarse de las operaciones adicionales de endurecimiento superficial de las caras 59, 60, en vista del nivel de resistencia al desgaste de la aleación de aluminio constitutiva del cuerpo 39.

**[0099]** Un alojamiento cilíndrico 53 se realiza en el cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 con el fin de insertar allí anillos de deslizamiento en los dos extremos del alojamiento cilíndrico 53. Estos anillos de deslizamiento trabajan por contacto deslizante a lo largo del eje 47 y permiten así en el cuerpo del mecanismo de accionamiento 39 deslizarse a lo largo del eje 47 con fugas por frotamiento limitadas.

**[0100]** El mecanismo de accionamiento 39 porta un apéndice 52 en el que se trabaja un ensanchamiento cilíndrico orientado perpendicularmente al eje 47 que desemboca en el taladrado cilíndrico 53 y en el que se inserta un cartucho de boleado (no representado) que dispone en su extremidad de una bola que trabaja con un perfil en forma de leva 67 realizado sobre el eje 47 que porta los diversos elementos que se han citado, el contacto entre la bola y el eje 47 siendo realizado por un resorte contenido en el cartucho de boleado.

**[0101]** Las patas 36, 37 pertenecientes al cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 y que se extienden radialmente en una dirección perpendicular al eje del alojamiento cilíndrico 53, se destinan no solamente a trabajar con las gargantas 49, 50 de la llave de interbloqueo 32 por medio de sus patas 55, sino igualmente a trabajar con las ranuras de los casquillos 65 solidarios con las horquillas 46 o solidarios a los ejes que portan las horquillas por medio de sus caras 54 perpendiculares a las caras 55. Los chaflanes 56 que conectan las susodichas caras 54, 55 facilitan la introducción de las patas 36, 37 en las ranuras 45 de los susodichos casquillos 65. Las superficies fabricadas 54, 55 y 56 que delimitan la parte funcional de cada pata 36 o 37 se juntan en el cuerpo 39 por terminaciones radiadas 66 con el fin de limitar las concentraciones de cargas cuando la pata 36, 37 está solicitada por esfuerzos dichos de paso de engranajes aplicados sobre una de las dos caras 54 de la pata 36, 37 que trabajan con un casquillo 65. En general, y en vista de los fenómenos de frotamiento bajo carga con dichas ranuras 45, las patas 36, 37 se endurecen superficialmente gracias a operaciones adicionales de tratamientos térmicos como el templado, o gracias a operaciones de tratamiento superficial del cuerpo 39 que permiten crear una capa superficial de dureza elevada, de al menos 50 HRC.

**[0102]** La geometría de las patas 36, 37 y los radios de las terminaciones 66 están determinados para que, en modo de funcionamiento normal de cambio de velocidad, las cargas máximas concentradas en las terminaciones de empalme 66 no superen 130 MPa. Para estos modos de funcionamiento particulares excepcionales, las cargas no deben sobrepasar el límite elástico convencional  $R_{p0.2}$ . De forma ventajosa, eso permite librarse de las operaciones adicionales de endurecimiento superficial de las patas 37 y 38, en vista del nivel de resistencia al desgaste de la aleación de aluminio constitutiva del cuerpo 39.

**[0103]** Como se ha dicho, las caras 59, 60 sensiblemente paralelas que se extienden radialmente a partir del eje longitudinal del cuerpo del mecanismo de accionamiento 39 son realizadas sobre los apéndices 57, 58 del cuerpo 39. Las caras 59, 60 trabajan por contacto deslizante con los perfiles de contacto radiados de la extremidad 61 de un mecanismo de accionamiento 62 montado de forma pivotante según un eje perpendicular al eje 47 que lleva, principalmente, el cuerpo 39. Así, el movimiento de giro del mecanismo de accionamiento 62 produce una translación

## ES 2 706 406 T3

del cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 que, por medio de una de sus patas 36, 37, se aloja en la ranura 45 del casquillo 65 solidario a una horquilla 46 seleccionada o alojada en la ranura del casquillo unido del eje que porta la horquilla seleccionada, permite a dicha horquilla 46 realizar el cambio de una velocidad.

- 5 **[0104]** La superficie exterior de un apéndice 63 del cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 está destinada a trabajar por contacto deslizante a poca carga con la extremidad hemisférica de un husillo perteneciente a un sensor de posición (no representado) del cuerpo de mecanismo de accionamiento 39. De forma ventajosa, eso permite librarse de las habituales operaciones adicionales de endurecimiento superficial de la superficie del apéndice 63, en vista del nivel de resistencia al desgaste de la aleación de aluminio constitutiva del cuerpo 39.
- 10 **[0105]** El peso del cuerpo de mecanismo de accionamiento 39 puede reducirse en, al menos, un 50 % con respecto al empleo de los materiales habituales. En el ejemplo ilustrado, la ganancia en peso se estima en 200 g.

**REIVINDICACIONES**

1. Horquilla (11) de caja de cambios de vehículo sometida a cargas de flexión, de contacto deslizante, de desgaste y de trillado, que comportan:

5

- un tambor (2; 12) destinado a atravesarse por el eje sobre que se montará la horquilla (11),
- dos ramificaciones (4, 5; 14, 15) formando juntas sensiblemente un semicírculo,
- un cuerpo (6; 16) conectando el tambor (2; 12) y las ramificaciones (4, 5; 14, 15),
- dos zapatas (7, 8; 17, 18), terminación de cada una de las ramificaciones (4, 5; 14, 15) y destinadas a trabajar con un balador de la caja de cambios, y
- una cruceta (21) que se extiende a partir del tambor (12) y terminada por un casquillo (22) destinado a tomar un mecanismo de accionamiento de la caja de cambios,

10

**caracterizada porque:**

15

- la cruceta (21) está integrada y
- la horquilla (11) está realizada en una aleación de aluminio-silicio hipereutéctica cuya proporción de Si está comprendida entre el 16 y el 27 % del peso.

20

2. Horquilla (11) según la reivindicación 1, **caracterizada porque**

su composición puede ser, en porcentajes ponderales:

Si = 16-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 4-5 %, Mn ≤ 0,6 %, Mg = 0,5-0,6 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 %, siendo el resto de Al y de impurezas que resultan de la elaboración; Cu = 4-5 % ; Mg = 0,45-0,65 % ; Si = 16-18 % ; Fe ≤ 1,3 % ; Zn ≤ 1,5 % ; Ni ≤ 0,10 %; Mn ≤ 0,60 % ; Ti ≤ 0,2 %, siendo el resto de Al y de impurezas que resultan de la elaboración Si = 17-19 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 0,8-1,5 %, Mn ≤ 0,2 %, Mg = 0,8-1,3 %, Ni = 0,8-1,3 %, Zn ≤ 0,3 %, Ti ≤ 0,2 %, siendo el resto de Al y de impurezas que resultan de la elaboración; Si = 23-26 %, Fe ≤ 1 %, Cu = 0,8-1,5 %, Mn ≤ 0,2 %, Mg = 0,8-1,3 %, Ni = 0,8-1,3 %, Zn ≤ 0,2 %, Ti ≤ 0,2 %, Cr ≤ 0,6 %, siendo el resto de Al y de impurezas que resultan de la elaboración.

30

3. Horquilla (11) según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada porque**

dispone igualmente de una zapata central (9; 19) que forman una sobremedida sobre el borde inferior (10; 20) del cuerpo (6; 16).

35

4. Procedimiento de fabricación de una horquilla (11) de caja de cambios según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** comporta una etapa de fundición por gravedad de la susodicha aleación de Al-Si en el estado líquido dentro de un molde de cavidades.

40

5. Procedimiento de fabricación de una horquilla (11) de caja de cambios según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque**

comporta una etapa de fundición por inyección a presión de la susodicha aleación de Al-Si en el líquido dentro de un molde con cavidades.

45

6. Procedimiento de fabricación de una horquilla (11) de caja de cambios según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque**

la susodicha horquilla (1; 11) se realiza por mecanización.

50

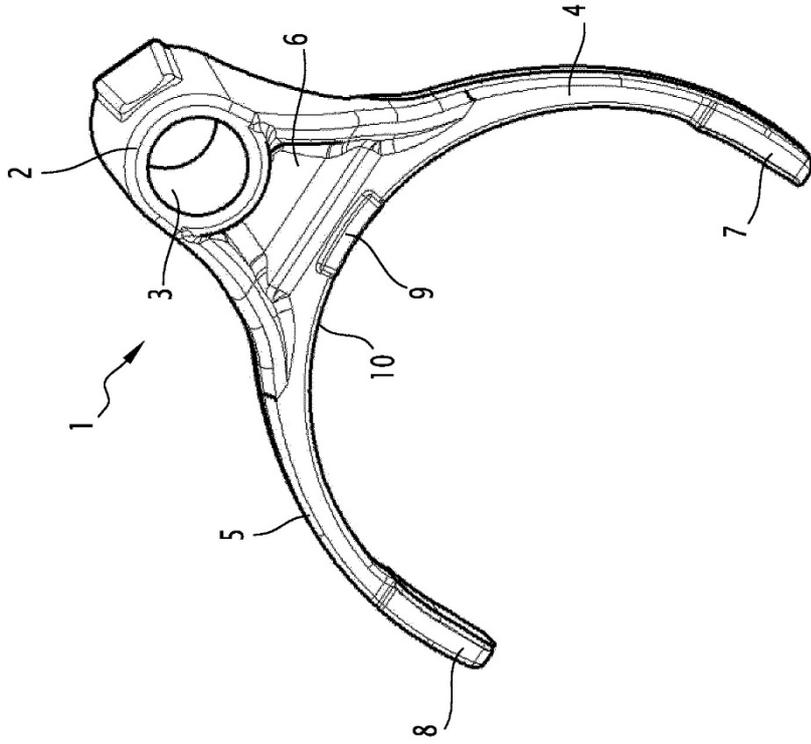
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, **caracterizado porque**

comporta igualmente un tratamiento térmico de la pieza moldeada o fabricada.

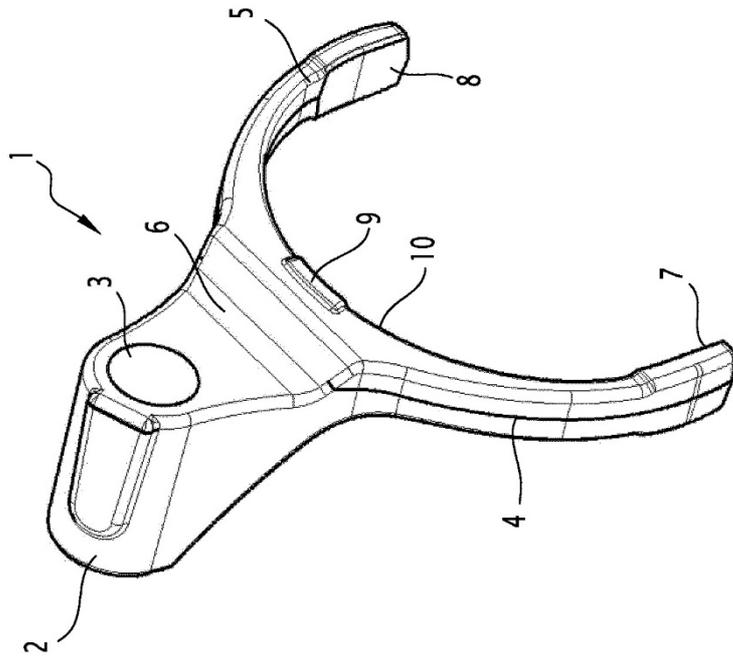
55

8. Caja de cambios de vehículo que comporta elementos sometidos a cargas de flexión, de contacto deslizante, de desgaste y de trillado, **caracterizado porque**

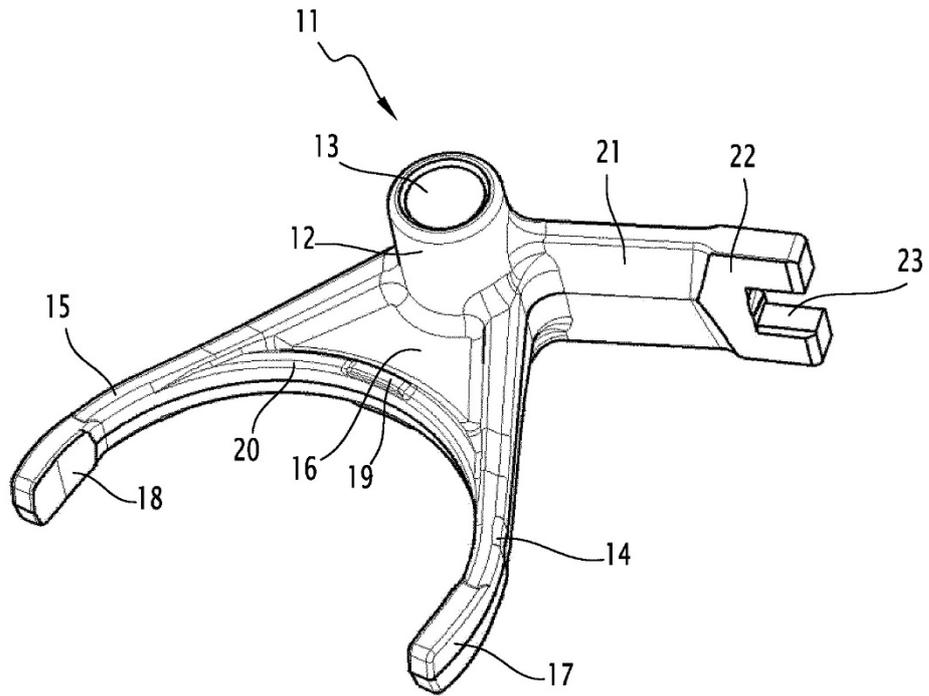
al menos uno de los citados elementos es una horquilla (111) tal como la descrita por cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.



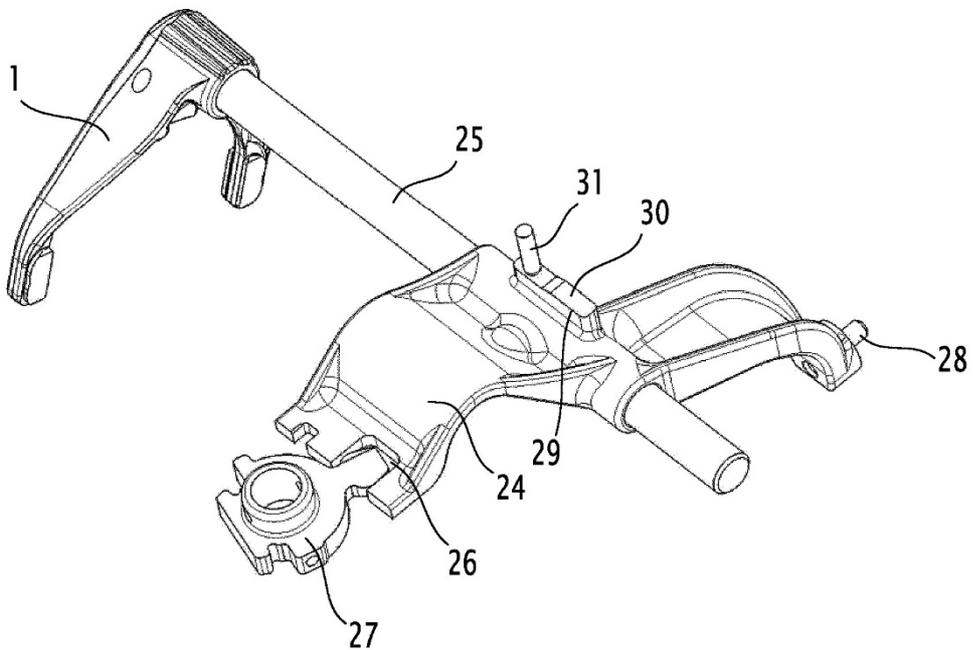
**FIG. 2**



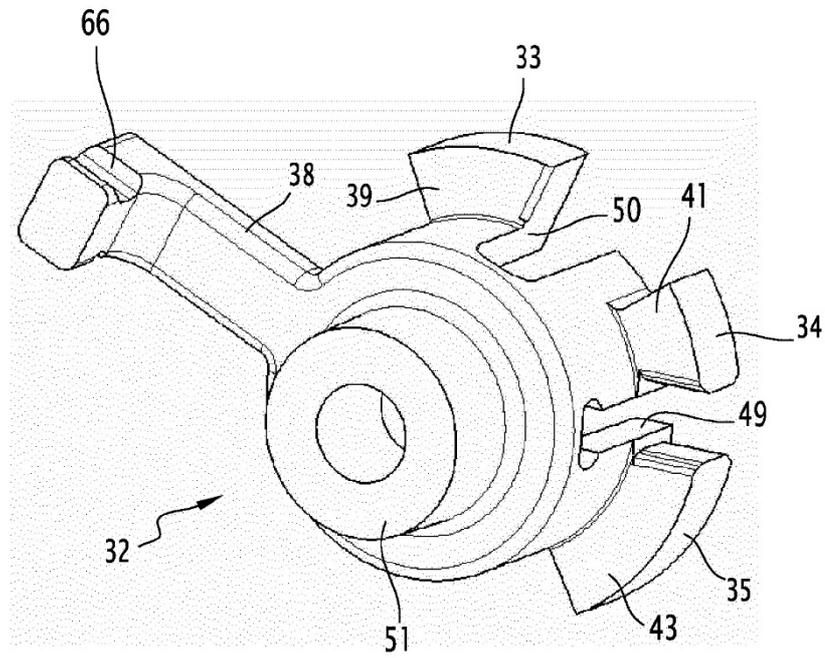
**FIG. 1**



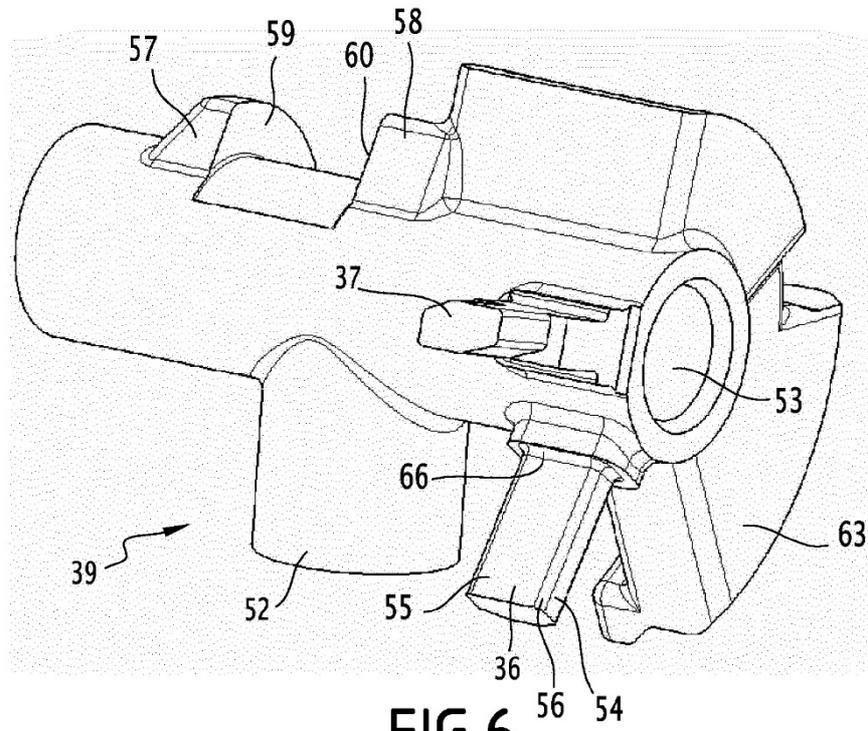
**FIG. 3**



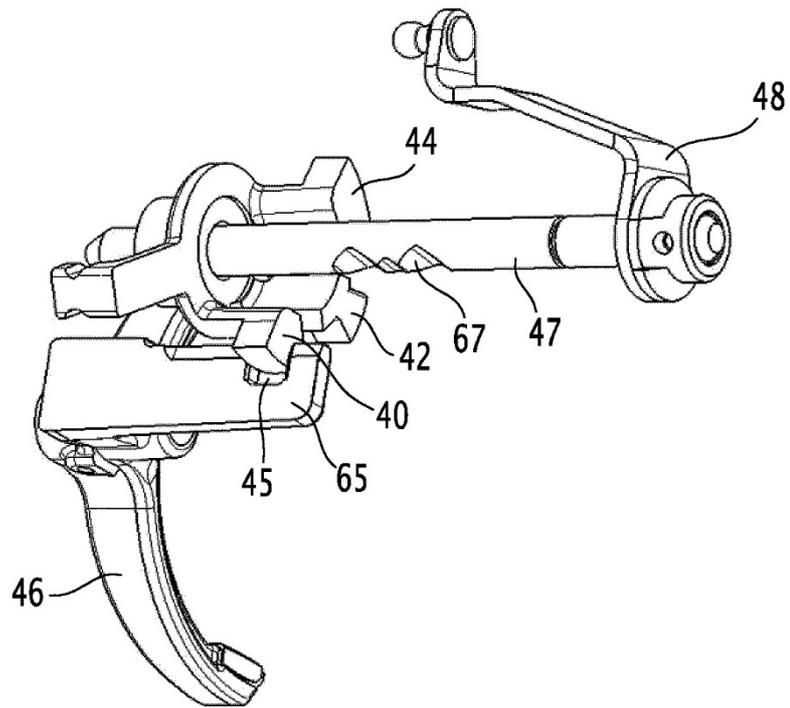
**FIG. 4**



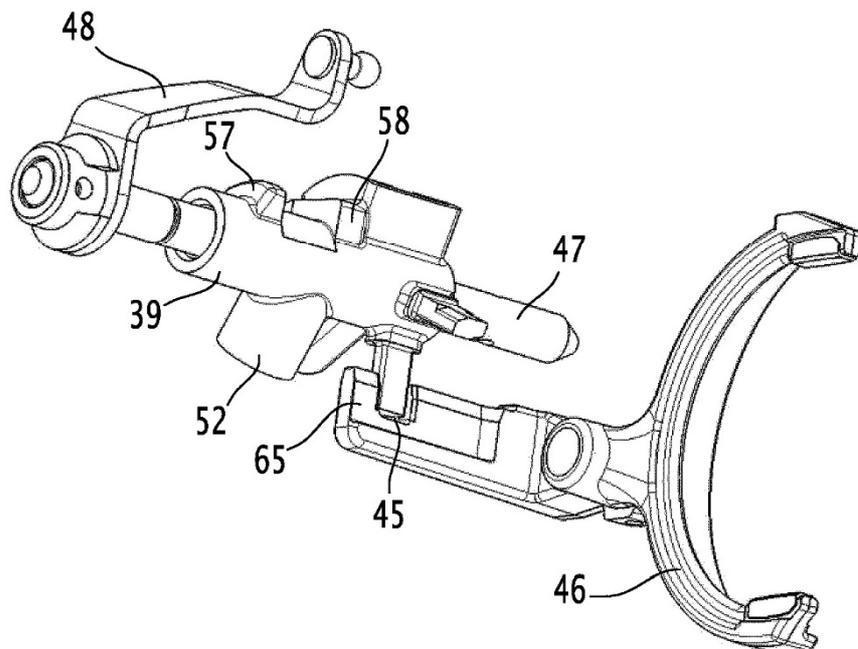
**FIG. 5**



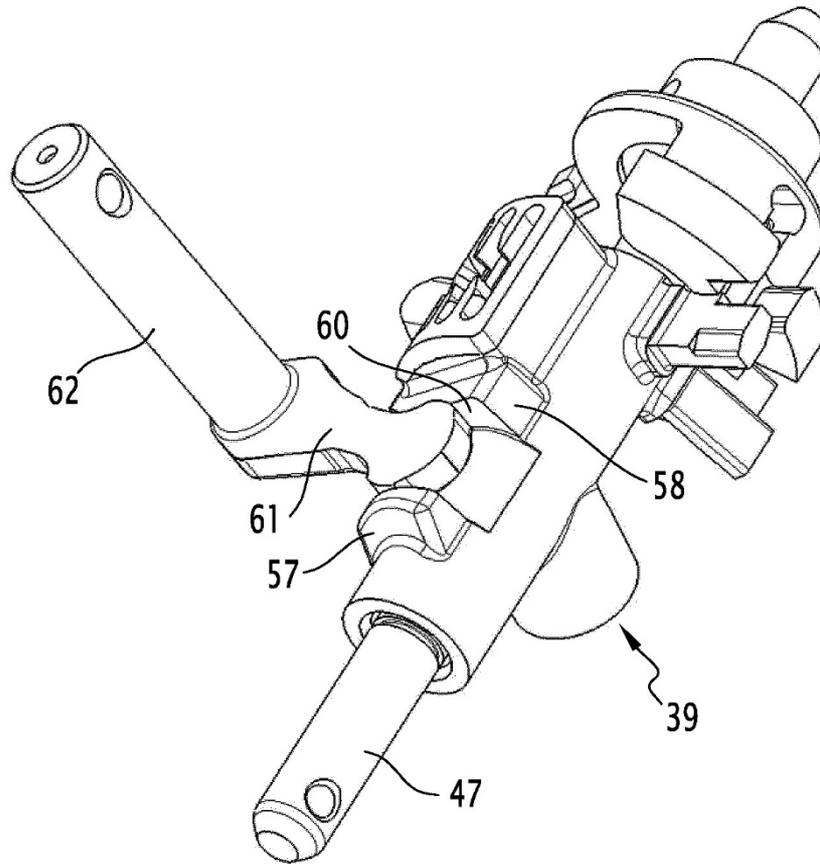
**FIG. 6**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**FIG.9**