

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 914 334**

51 Int. Cl.:

**F16H 55/16** (2006.01)

**F16H 55/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.02.2020 PCT/EP2020/053401**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.08.2020 WO20165129**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.02.2020 E 20706956 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.04.2022 EP 3891418**

54 Título: **Elemento de transmisión y procedimiento para la fabricación de un elemento de transmisión**

30 Prioridad:

**12.02.2019 EP 19156632**

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

**09.06.2022**

73 Titular/es:

**FLENDER GMBH (100.0%)  
Alfred-Flender-Strasse 77  
46395 Bocholt, DE**

72 Inventor/es:

**KAMPS, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 914 334 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Elemento de transmisión y procedimiento para la fabricación de un elemento de transmisión

5 La invención se refiere a un elemento de transmisión así como a un procedimiento para la fabricación de un elemento de transmisión y a una máquina, en particular eléctrica, así como a una transmisión y una turbina.

10 Los elementos de transmisión como, en particular, los engranajes y las cremalleras, están sujetos a altos requisitos tanto en cuanto a su dureza superficial como en cuanto a la ductilidad de su material en el interior. Por un lado, la dureza superficial para el funcionamiento de un elemento de transmisión debe ser lo suficientemente alta. Al mismo tiempo, estos elementos de transmisión deben tener una ductilidad suficientemente alta en su interior, es decir, en su núcleo, para poder compensar fuerzas dinámicas sobre el elemento de transmisión. Al mismo tiempo, resulta ventajoso si la superficie del elemento de transmisión presenta tensiones de compresión residuales. Tales requisitos existen especialmente para elementos de transmisión de turbinas y máquinas, en particular eléctricas.

15 Se conoce el modo de fabricar dentados de elementos de transmisión a partir de acero de cementación y aumentar un contenido de carbono del material por lo demás bajo mediante carburación superficial. A continuación, el elemento de transmisión puede endurecerse, de manera que el elemento de transmisión presente un dentado especialmente duro superficialmente y, por lo demás, esté realizado de forma suficientemente blanda, es decir, dúctil. Sin embargo, la cadena de procesos para el endurecimiento de superficies requiere mucho tiempo, costes y energía y perjudica el medio ambiente a causa del uso de gases de proceso.

20 Alternativamente, usando aceros cementados es posible realizar una adaptación química compleja del material y un tratamiento térmico, o bien, nitrurar elementos de transmisión superficialmente o someterlos a un endurecimiento de capa marginal por medio de láser o inducción. Sin embargo, estas alternativas están limitadas en cuanto a sus propiedades de material, como especialmente su dureza superficial o su curso de profundidad de dureza, de manera que tales elementos de transmisión no pueden emplearse de manera amplia para requisitos de alta resistencia.

25 Otra alternativa se conoce por ejemplo del documento US2010/0132024A1, en el que se da a conocer un elemento de transmisión dentado con dientes, en el que se sigue una propuesta con la que se pretende reducir vibraciones. Para ello, se da a conocer un diseño de capas en el que la capa central presenta una menor dureza que las capas circundantes. En esta estructura, sin embargo, no se realiza ninguna función de amortiguación mecánica mediante diferentes propiedades de material.

30 Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar un elemento de transmisión que, en cuanto a sus propiedades de material, pueda emplearse de manera fiable en turbinas y/o máquinas y que al mismo tiempo pueda fabricarse de manera económico y comparativamente sencilla. Además, la invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la fabricación de un elemento de transmisión de este tipo, que pueda realizarse de manera fiable y sin complicaciones. Adicionalmente, la invención tiene el objetivo de proporcionar una máquina y una turbina que presenten un elemento de transmisión de este tipo.

35 Este objetivo de la invención se consigue con un elemento de transmisión con las características indicadas en la reivindicación 1 y con un procedimiento con las características indicadas en la reivindicación 11 así como con una transmisión con las características indicadas en la reivindicación 12 y con una máquina con las características indicadas en la reivindicación 13 así como con una turbina con las características indicadas en la reivindicación 14. Variantes preferibles de la invención se indican en las reivindicaciones subordinadas correspondientes, la siguiente descripción y el dibujo.

40 El elemento de transmisión según la invención está dentado con dientes y presenta al menos una zona parcial formada con un primer material así como al menos una zona marginal formada de manera aditiva con un segundo material. En el elemento de transmisión según la invención, el segundo material presenta una mayor dureza que el primer material.

45 El elemento de transmisión según la invención está formado con más de dos materiales, realizando los materiales adicionales convenientemente un aumento escalonado de la dureza desde el primer hasta el segundo material, encontrándose estos materiales adicionales entre el primer y el segundo material.

50 De manera ventajosa, a causa de la dureza superficial que se puede lograr sin complicaciones, el elemento de transmisión según la invención presenta un tiempo útil considerablemente mayor. Por lo tanto, el elemento de transmisión según la invención se puede emplear con costes de mantenimiento y/o costes de reparación significativamente reducidos. Al mismo tiempo, la primera zona parcial se puede formar con un material suficientemente dúctil, de manera que la primera zona parcial puede asumir una función de amortiguación mecánica para compensar fuerzas dinámicas sobre el elemento de transmisión.

En particular, como consecuencia de su unión al primer material, en particular, a causa de las diferencias de las estructuras del primer y del segundo material, el segundo material del elemento de transmisión presenta tensiones de compresión residuales en una superficie de la zona marginal.

5 El elemento de transmisión según la invención puede fabricarse de manera adecuada y sin complicaciones por medio de sistemas multiteje o de robot mediante fabricación aditiva. Según la invención, las propiedades de material pueden concebirse de forma graduada, de manera que el elemento de transmisión presente una ductilidad suficientemente alta en su interior a causa del primer material. Al mismo tiempo, el elemento de transmisión según la invención puede realizarse con una suficiente dureza, en particular una dureza frágil, a causa del segundo material.  
10 A causa del procedimiento de fabricación, la combinación de materiales frágiles, duros y dúctiles se puede estructurar de manera graduada, de manera que se puede ajustar un curso de profundidad de dureza graduado o un gradiente de tensión de compresión residual. A causa de la realización del elemento de transmisión, al menos con respecto al segundo material como pieza de trabajo aditiva, se puede realizar una multitud de combinaciones de materiales. En particular, se puede emplear IN718 como primer material, de manera que el elemento de transmisión puede estar concebido, con respecto al primer material, de forma especialmente resistente al calor y dúctil. Como pieza de trabajo aditiva, el elemento de transmisión según la invención puede presentar una transición graduada o escalonada hacia un segundo material, especialmente hacia una o varias estelitas y/o metales duros y/o materiales intermetálicos.

20 Como pieza de trabajo aditiva, el elemento de transmisión según la invención puede presentar dentados especiales realizados de manera económica prácticamente a discreción.

De manera ventajosa, el elemento de transmisión según la invención se puede fabricar por medio del procedimiento según la invención de forma económica a causa de la fabricación aditiva. En particular, se producen unos costes de herramientas significativamente reducidos. Además, según la invención, a causa de la posibilidad básica del uso de robots se pueden lograr tarifas horarias de máquina reducidas. Los tiempos de preparación se pueden reducir significativamente según la invención. De manera ventajosa, el elemento de transmisión según la invención tiene un tiempo de producción reducido, en particular en comparación con la producción convencional en el caso de materiales difíciles de mecanizar con arranque de virutas.  
25

30 Como pieza de trabajo aditiva, al menos con respecto al segundo material, el elemento de transmisión según la invención también se puede fabricar de forma económica en lotes pequeños.

Preferiblemente, en el elemento de transmisión según la invención, la diferencia de la dureza Vickers del segundo material y del primer material es preferiblemente de al menos 100 HV, preferiblemente de al menos 200 HV e idealmente de al menos 400 HV. De manera preferible, el segundo material tiene una dureza Vickers de al menos 500 HV, preferiblemente de al menos 600 HV y preferiblemente de al menos 700 HV o incluso de al menos 780 HV y/o el primer material tiene una dureza Vickers de como máximo 400 HV y preferiblemente como máximo 350 HV.  
35

40 De manera ventajosa, el elemento de transmisión según la invención tiene una vida útil significativamente más larga a causa de la dureza superficial fácilmente alcanzable. Por lo tanto, el elemento de transmisión según la invención se puede emplear con costes de mantenimiento y/o costes de reparación significativamente reducidos. Al mismo tiempo, el material de la primera zona parcial puede realizarse de forma dúctil a discreción dentro de amplios márgenes.

45 Convenientemente, en el elemento de transmisión según la invención, al menos uno o varios, preferiblemente todos, los dientes presentan la zona marginal formada de manera aditiva con el segundo material. De manera ventajosa, todos los dientes están formados con el segundo material. Sin embargo, básicamente, ya se puede lograr una concepción robusta del elemento de transmisión según la invención si tan solo cada segundo o cada tercer o cada enésimo diente está formado con el segundo material.  
50

En el caso ideal, en el elemento de transmisión según la invención uno o varios, preferiblemente todos los dientes presentan la zona marginal formada de manera aditiva con el segundo material. Preferiblemente, el elemento de transmisión según la invención se forma de manera aditiva por medio de uno o varios o todos los materiales adicionales.  
55

Preferiblemente, en el elemento de transmisión según la invención, la zona parcial también está formada preferiblemente de manera aditiva o la zona parcial está formada alternativamente e igualmente preferiblemente por medio de conformación primaria, preferiblemente fundición, conformación, preferiblemente forja, de forma sustractiva, en particular por medio de mecanizado con arranque de virutas.  
60

De manera ventajosa, en la última variante mencionada del elemento de transmisión según la invención, se puede utilizar un núcleo fabricado convencionalmente a partir del primer material, de manera que el elemento de transmisión según la invención se puede fabricar de forma especialmente económica.  
65

De manera adecuada, en el elemento de transmisión según la invención, el primer material presenta una mayor ductilidad que el segundo material. De esta manera, el primer material y, por tanto, en particular, la zona parcial pueden compensar fuerzas dinámicas sobre el elemento de transmisión.

5 Convenientemente, el elemento de transmisión según la invención es una rueda dentada o una cremallera o presenta una rueda dentada o una cremallera.

10 En el elemento de transmisión según la invención, la dureza a lo largo de una sección que se extiende desde una zona marginal hasta la zona parcial disminuye de forma escalonada y/o de forma continua, preferiblemente al menos por medio del primer y del segundo material, preferiblemente además por medio de uno o varios materiales adicionales.

15 De manera adecuada, en el elemento de transmisión según la invención, el primer material está formado con o a partir de acero de cementación y/o una aleación a base de níquel.

20 Convenientemente, en el elemento de transmisión según la invención, el segundo material está formado con o a partir de metal duro, preferiblemente carburo de wolframio y/o una aleación a base de níquel que es preferiblemente térmicamente estable a largo plazo a al menos 250 grados Celsius. Según la invención, en esta variante del elemento de transmisión según la invención se puede usar un material altamente resistente al calor y duro y frágil como pieza de trabajo aditiva para el segundo material.

25 En el elemento de transmisión según la invención, de manera ventajosa, al menos el segundo material está formado por medio de soldadura de recargue por láser, en particular soldadura de recargue con alambre por láser o soldadura de recargue de polvo por láser, y/o por medio de proyección térmica y/o por medio de proyección de gas frío y/o por medio de soldadura de recargue con arco y/o por medio de un procedimiento de lecho de polvo, en particular fusión por haz de láser y/o fusión por láser selectiva y/o fusión por haz de electrones. Por medio de los procedimientos de fabricación aditiva anteriores, el segundo material del elemento de transmisión se puede imprimir de una manera particularmente sencilla y económica.

30 En el procedimiento según la invención para la fabricación de un elemento de transmisión tal como se ha descrito anteriormente, al menos el segundo material se suelda, al menos en la zona marginal, por medio de soldadura de recargue por láser, en particular soldadura de recargue con alambre por láser, y/o proyección térmica y/o proyección de gas frío y/o soldadura de recargue con arco y/o un procedimiento de lecho de polvo y/o fusión por láser selectiva. La primera zona parcial se puede formar básicamente de manera convencional, es decir, por conformación primaria o conformación o mecanizado con arranque de virutas, con el primer material.

35 Básicamente, en el procedimiento según la invención, finalmente, también se pueden realizar pasos de mecanizado duro de precisión convencionales y establecidos, de manera que según la invención es posible una producción con una precisión dimensional discrecional.

40 La transmisión según la invención presenta al menos un elemento de transmisión según la invención tal como se ha descrito anteriormente y/o fabricado según el procedimiento según la invención.

45 La máquina según la invención es en particular una máquina eléctrica, preferiblemente un generador y/o un motor y/o un motor eléctrico. La máquina según la invención presenta una transmisión según la invención tal como se ha descrito anteriormente.

50 La turbina según la invención es en particular una turbina eólica y/o una turbina de gas y/o una turbina de gas para aviones. La turbina según la invención presenta una transmisión según la invención y/o una máquina según la invención tal como se han descrito anteriormente.

A continuación, la invención se explica con más detalle con la ayuda de un ejemplo de realización representado en el dibujo.

55 La única figura 1 del dibujo muestra un elemento de transmisión según la invención en forma de una rueda dentada esquemáticamente en un diagrama esquemático en sección transversal.

60 El elemento de transmisión según la invención representado en el dibujo en forma de una rueda dentada 10 es parte integrante de una máquina eléctrica 20 según la invención en forma de un generador de una turbina eólica 30 según la invención. En otros ejemplos de realización no representados explícitamente, la rueda dentada 10 es parte integrante de una transmisión de una turbina de gas o de una turbina de gas para aviones o de un motor y por lo demás corresponde al ejemplo de realización representado.

65 La rueda dentada 10 es giratoria en el plano del dibujo de la figura 1, es decir, alrededor de un eje de giro (no representado explícitamente) perpendicular al plano del dibujo. Como está representado en la figura 1, la rueda dentada 10 está dentada con dientes 40 dispuestos en la circunferencia exterior alrededor de este eje de giro. Los

dientes 40 se extienden radialmente, es decir, en la dirección radial R, hacia fuera desde un núcleo de rueda dentada 50 sustancialmente circular.

5 La rueda dentada 10 está formado según la invención de la siguiente manera: En primer lugar, el núcleo de rueda dentada 50 circular se fabrica por medio de conformación primaria, en el ejemplo de realización representado por medio de fundición. Para ello, en el ejemplo de realización representado se utiliza una aleación a base de níquel. Alternativamente, en otros ejemplos de realización a modo de ejemplo que no están representados explícitamente, el núcleo de rueda dentada 50 se puede fabricar por medio de conformación, por ejemplo, de acero cementado, o por medio de fabricación sustractiva, por ejemplo, por medio del mecanizado con arranque de virutas de un bloque de un aleación a base de níquel. El núcleo de rueda dentada 50 forma una primera zona parcial de la rueda dentada 10, que está formada con un primer material, en el ejemplo de realización representado, una aleación a base de níquel.

15 En el núcleo de rueda dentada 50 se conforman dientes 40 por medio de un procedimiento de fabricación aditiva, aplicado en el ejemplo de realización representado por medio de fabricación aditiva. Para ello, los dientes 40 se imprimen sobre el núcleo de rueda dentada 50 por medio de soldadura de recargue por láser a partir del metal duro, en el ejemplo de realización representado, carburo de wolframio.

20 En el ejemplo de realización representado, los dientes 40 forman una zona marginal que está formada con un segundo material, aquí carburo de wolframio como se ha descrito.

25 Según la invención, el segundo material presenta una dureza Vickers que difiere de la dureza Vickers del primer material en más de 500 grados de dureza. El segundo material también está sujeto a tensiones de compresión residuales en el primer material, lo que hace que el segundo material sea particularmente robusto frente a sollicitaciones mecánicas.

30 En otros ejemplos de realización no representados explícitamente, el segundo material se puede imprimir por medio de soldadura de recargue de alambre por láser o proyección térmica o soldadura de recargue con arco o por medio de un procedimiento de lecho de polvo, en particular fusión por rayo láser y/o fusión por haz de electrones. En el ejemplo de realización representado, la dureza Vickers del segundo material es superior a 800 HV, la dureza Vickers del primer material es inferior a 300 HV.

35 En otros ejemplos de realización no representados explícitamente, los dientes 40 no forman la zona marginal en su totalidad, sino que solo una zona radialmente exterior de los dientes 40 forma la zona marginal. La parte interior de los dientes 40 es parte del núcleo de rueda dentada 50, en la que está impresa la zona exterior.

40 En otros ejemplos de realización no representados explícitamente, no solo se emplean dos materiales con diferentes durezas Vickers, sino que se utilizan tres o más materiales, cuyas durezas Vickers que difieren entre sí aumentan en dirección hacia el borde 100 dentado de la rueda dentada 10, es decir, en dirección radial R.

Para ello, por ejemplo, se puede utilizar una aleación a base de níquel, cuyos componentes de aleación se modifican por zonas de tal manera que la dureza Vickers de las respectivas zonas aumenta conforme aumenta la proximidad al borde dentado de la rueda dentada 10, es decir en la dirección radial R.

45 En otros ejemplos de realización, la zona marginal no está formada o no solo con dientes 40 dispuestos en la circunferencia exterior, sino con o sobre dientes dispuestos en la circunferencia interior. En lugar de una rueda dentada 10, en otros ejemplos de realización no representados por separado, como elemento de transmisión según la invención puede estar presente una cremallera, estando formada la zona marginal con o en un borde dentado de la cremallera.

50 Se entiende que en los ejemplos de realización mencionados anteriormente, la zona marginal no necesariamente tiene que estar formada en o con todos los dientes 40. Más bien, la zona marginal también puede estar formada, por ejemplo, en o con cada segundo, tercer o enésimo diente 40.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Elemento de transmisión (10) dentado con dientes (40), que presenta al menos una zona parcial (50) formada con un primer material así como al menos una zona marginal formada de manera aditiva con un segundo material, en el cual el segundo material presenta una mayor dureza que el primer material, **caracterizado por que** al menos un material adicional se encuentra entre el primer y el segundo material y la dureza disminuye de forma escalonada a lo largo de una sección que discurre desde un borde hasta la zona parcial.
- 10 2. Elemento de transmisión según la reivindicación 1, en el que la diferencia de la dureza Vickers del segundo material y del primer material es de al menos 100, preferiblemente de al menos 200, idealmente de al menos 400, y en particular, el segundo material tiene una dureza Vickers de al menos 500, preferiblemente de al menos 600 y preferiblemente de al menos 780 HV, y/o el primer material presenta una dureza Vickers de como máximo 400 HV y preferiblemente como máximo 350 HV.
- 15 3. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno o varios, preferiblemente todos, los dientes (40) presentan la zona marginal formada de manera aditiva con el segundo material.
- 20 4. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que además la zona parcial (50) está formada de manera aditiva o la zona parcial está formada por medio de conformación primaria, preferiblemente fundición, conformación, preferiblemente forja, sustracción, en particular mecanizado con arranque de virutas.
- 25 5. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer material presenta una mayor ductilidad que el segundo material o el segundo material presenta mayores tensiones de compresión residuales que el primer material.
- 30 6. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, que es o presenta una rueda dentada o una cremallera.
- 35 7. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el al menos un material adicional está formado de manera aditiva entre el primer y el segundo material.
- 40 8. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer material está formado con o a partir de acero de cementación y/o una aleación a base de níquel.
- 45 9. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo material está formado con o a partir de metal duro, preferiblemente carburo de wolframio y/o una aleación a base de níquel que es preferiblemente térmicamente estable a largo plazo a al menos 250 grados Celsius.
- 50 10. Elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos el segundo material está formado por medio de soldadura de recargue por láser, en particular soldadura de recargue con alambre por láser o soldadura de recargue de polvo por láser, o proyección térmica o proyección de gas frío o soldadura de recargue con arco o por medio de un procedimiento de lecho de polvo, en particular fusión por haz de láser o fusión por láser selectiva o fusión por haz de electrones.
- 55 11. Procedimiento para la fabricación de un elemento de transmisión según una de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos el segundo material se forma por medio de soldadura de recargue por láser, en particular soldadura de recargue con alambre por láser o proyección térmica o soldadura de recargue con arco o un procedimiento de lecho de polvo o fusión por láser selectiva.
12. Transmisión con al menos un elemento de transmisión según una de las reivindicaciones 1 a 10 anteriores.
13. Máquina, en particular una máquina eléctrica (20), preferiblemente un generador y/o un motor y/o un motor eléctrico, con una transmisión según la reivindicación 12.
14. Turbina, en particular una turbina eólica (30) o una turbina de gas o una turbina de gas para aviones, con una transmisión según la reivindicación 12 y/o una máquina eléctrica según la reivindicación 13.

