

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 777**

51 Int. Cl.:

C22C 37/04 (2006.01)

C21D 5/00 (2006.01)

C21D 9/28 (2006.01)

C21D 9/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.07.2010 E 10169197 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **18.05.2011 EP 2322678**

54 Título: **Componentes de hierro dúctil templado pesados**

30 Prioridad:

23.07.2009 US 507885

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

05.02.2013

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**PARK, JUNYOUNG;
BOUSE, GREGORY KEITH;
PAROLINI, JASON ROBERT y
SATHIAN, SUJITH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 394 777 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

Componentes de hierro dúctil templado pesados

Antecedentes de la invención

La invención se refiere a ejes de accionamiento en turbinas eólicas fabricadas de hierro dúctil templado.

5 Las turbinas eólicas tienen un eje principal que transmite energía desde un rotor hasta un generador. Según las turbinas eólicas incrementan sus rendimientos desde 1,5 y 2,5 megawatios (MW) hasta 3, 4, 5, y 6 MW, se incrementan el tamaño y las propiedades requeridas del eje de accionamiento de turbina eólica. Además, los componentes de la caja de cambios de cargas, tales como transportadores de engranajes planetarios, son demasiado grandes para calidades de hierro dúctil convencionales (calidades ferrítica/perlítica). El acero forjado/endurecido es el material de elección para componentes de cajas de cambios y ejes de accionamiento que tengan tamaños mayores de 10 3 toneladas. Este eje está típicamente fabricado de un acero forjado. El material del eje usualmente es acero de aleación pobre de alta resistencia apagado-templado con propiedades de fatiga críticas. Los ejemplos incluyen aceros de níquel-cromo tales como acero 34CrNiMo6.

15 El procesamiento de componentes eólicos de acero forjado pesado de lingotes grandes es complejo, requiriendo numerosas operaciones de trabajo en caliente (también conocido como forjado) y operaciones de tratamiento de calor para refinar suficientemente la estructura proporcionando una microestructura que responde al tratamiento térmico de calidad subsiguiente para desarrollar las propiedades mecánicas deseadas. Tales vías de procesamiento exhaustivo y la mecanización extensiva atribuida a la libertad limitada de geometría tienen un precio elevado relacionado con la producción sencilla de homólogos de piezas de ADI de molde. En 'Austempered ductile-iron castings-advantages, production, properties and specifications', por Cast Metals Development Ltd., Materials & Design, vol. 13, N.º: 5, 1992, las piezas de ADI incluyen cigüeñales y piezas de automoción.

Resumen de la invención

Las realizaciones de la invención incluyen un componente de eje de accionamiento como se da en la reivindicación 1.

Otra realización de la invención incluye un procedimiento como se da en la reivindicación 4.

25 Las realizaciones de la invención se dan en las reivindicaciones dependientes.

Descripción detallada

30 El hierro dúctil templado (ADI) que se moldea es capaz de proporcionar componentes de masa alta y de forma de red, mayores de aproximadamente 3 toneladas, preferentemente mayores de aproximadamente 6 toneladas, para ejes de turbinas eólicas pesadas. Actualmente, el acero forjado/endurecido se usa para fabricar ejes de turbina eólica grandes y componentes de caja de cambios grandes. Sin embargo, el acero forjado/endurecido, por ejemplo 34CrNiMo6, es un material relativamente caro que requiere un proceso complejo para producir un componente, especialmente un componente de más de aproximadamente 3 toneladas con geometrías complejas. Si el tamaño se incrementa a 6 toneladas o más el gasto de producir un componente de acero forjado/endurecido es incluso mayor y la base mundial de proveedores es muy limitada. Las típicas etapas requeridas para producir componentes de caja de cambios de 35 turbina eólica pesada a partir de aceros de aleación pobre y de alta resistencia incluyen fusión de lingotes, desbastado del lingote para formar el tocho, forjado del tocho, forjado de pieza, normalización, austenización, inactivación con agua, revenido y mecanización extensa/complicada. El procedimiento para producir componentes de caja de cambios a partir de acero de aleación baja y de alta resistencia requiere numerosas etapas y un requerimiento de energía grande cuando se compara con un procedimiento de moldeo convencional. Estas etapas de elaboración para producir 40 componentes a partir de acero de aleación baja y de alta resistencia se incrementan en coste a medida que aumenta el tamaño del componente.

45 La composición química primaria de hierro dúctil templado (ADI) se da en la reivindicación 1. No todos los elementos se identifican ya que hay ciertos elementos "trampa" a concentraciones bajas en el hierro. El término hierro dúctil quiere decir que el hierro forma el resto de la composición salvo para elementos "trampa". El ADI proporciona reducción de peso atribuida a su densidad más baja, reducción de ruidos atribuida a su capacidad amortiguadora más alta, propiedades mecánicas similares o mejores que aquellas de acero de molde/forjado y los procedimientos de moldeo proporcionan elaboración menos costosa y mantienen la mecanización del componente a un mínimo. El ADI requiere un tratamiento de calor isotérmico especial, referido a templado, que proporciona combinaciones excelentes de alta resistencia y tenacidad. La tensión inducida por la maquinación final después de este tratamiento potencia las 50 propiedades de fatiga.

Ciertas propiedades del ADI no son tan buenas como las del acero forjado/endurecido. El ADI posee el 15-20 por ciento menos de rigidez que el acero forjado/endurecido y resistencia al impacto más baja. Sin embargo, esta deficiencia se mitiga fabricando las piezas ligeramente más grandes y/o por modificaciones de diseño apropiadas. Comparando ADI con acero forjado/endurecido y el intervalo de química identificado, es posible obtener ejes de 55 turbinas eólicas pesadas y componentes de cajas de cambios a costes reducidos con propiedades comparables.

La composición química primaria preferida de ADI para usar en realizaciones de la presente invención se da en la reivindicación 1.

5 Los elementos que forman carburo incluyendo pero no limitados a cromo y vanadio, se mantendrán a un nivel tan bajo como sea posible para evitar la formación de carburos masivos en la microestructura. El cromo y el vanadio estarán por debajo del 0,05 por ciento en peso y del 0,02 por ciento en peso respectivamente.

La microestructura de matriz de ADI incluye una dispersión a pequeña escala de ferrita acicular con austenita estabilizada alta en carbonos dúctil, denominada ausferrita. La matriz de ausferrita es responsable de propiedades únicas alcanzables en componentes de ADI.

10 La austenita en ADI está estabilizada térmicamente con carbono durante el tratamiento con calor y no se transformará en martensita frágil incluso a temperaturas que se aproximan al cero absoluto. La austenita enriquecida con carbono, estable puede sufrir una transformación inducida por tensión cuando se expone a fuerzas normales, altas. Esta transformación, que proporciona al ADI su destacable resistencia al desgaste, es más que un mero "endurecimiento mecánico". Además de un incremento significativo en estrés de flujo y dureza, esta transformación inducida por
15 tensión de la austenita a martensita también proporciona un incremento localizado de volumen y crea tensiones de compresión alta en las áreas "transformadas". Estas tensiones de compresión inhiben la formación de grietas y el crecimiento y producen mejoras significativas en las propiedades de fatiga del ADI cuando se manufacturan después del tratamiento de calor o se someten a tratamientos de superficie tales como granallado, molienda o laminación.

20 El templado es el procedimiento de mantenimiento del moldeo de hierro dúctil por encima de la temperatura crítica durante un periodo de tiempo suficiente para asegurar que la matriz esté totalmente transformada a austenita. Tanto el tiempo de templado como la temperatura dependen de la microestructura y de la composición del material según se moldea. Con el fin de producir una microestructura de matriz de fase individual (austenita) con una distribución de carbono uniforme, la austenitización incluye mantener el moldeo a temperaturas en el intervalo de aproximadamente 815-985 °C (1500-1800 °F) durante un periodo de tiempo que es suficiente para convertir totalmente la matriz de la sección más gruesa a austenita. Al contrario que en aceros, la selección de temperatura de austenitización en hierros
25 de molde determina el contenido de carbono inicial de la austenita, un factor crucial al definir la fuerza principal termodinámica para transformación de ausferrita durante el templado subsiguiente. Adicionalmente, la selección apropiada de la temperatura de austenitización ayudará a asegurar la distribución de las fases de austenita y ferrita dentro del producto de ausferrita totalmente transformado.

30 Se lleva a cabo un mantenimiento isotérmico correcto después de austenitizar a una temperatura por encima de la transformación martensítica. La velocidad de desactivación ha de ser suficiente para evitar la formación de ferrita/perlita. Dependiendo de las propiedades mecánicas deseadas de los productos finales, la temperatura del mantenimiento isotérmico (también conocido como templado) está en el intervalo de aproximadamente 230 a aproximadamente 400 °C (450-750 °F) y su duración ha de ser suficiente para producir una matriz de ausferrita que incluya ferrita acicular y austenita estabilizada con carbono aproximadamente al 2 por ciento en peso. La selección de
35 la temperatura de templado también desempeña un papel crucial para definir la naturaleza y composición del producto de ausferrita y sus propiedades concomitantes. En general, según disminuye la temperatura de templado, la austenita estabilizada con carbono se incrementará en contenido de carbono y disminuirá en fracción de volumen, lo que se compensa por un incremento en la fracción de volumen de ferrita. El hierro dúctil templado a temperaturas más bajas tendrá típicamente una microestructura de matriz más fina con fuerza incrementada comparada con hierro transformado a temperaturas más altas. Sin embargo, estos hierros contendrán típicamente niveles más altos de carburo a expensas de ferrita conduciendo potencialmente a una caída en tenacidad. La selección cuidadosa de temperatura de templado con tiempo de mantenimiento suficiente se requiere para desarrollar las propiedades deseadas de componentes de ADI.

45 Generalmente, moldear las piezas de ADI proporciona componentes que son de forma de red y no requieren mecanización adicional; sin embargo, para algunas piezas, dependiendo de su geometría puede ser necesaria la mecanización. Se puede eliminar un taladrado de pistola o un taladrado profundo que es necesario para crear un agujero central en ejes de turbinas eólicas forjados con el uso de machos en el procedimiento del moldeo descrito anteriormente.

50 Mientras que diversas realizaciones se describen en el presente documento, se apreciará a partir de la memoria descriptiva que se pueden hacer diversas combinaciones de elementos, variaciones o mejoras en ellos por aquellos expertos en la técnica y están dentro del alcance de la invención. Además, se pueden hacer muchas modificaciones para adaptar una situación particular o un material a las enseñanzas de la invención sin apartarse del alcance dado en las reivindicaciones. Por lo tanto, se desea que la invención no se limite a la realización particular divulgada como el mejor modo contemplado para llevar a cabo esta invención, sino que la invención incluirá todas las realizaciones que
55 entren dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un eje de accionamiento de turbina eólica que comprende:
5 hierro dúctil templado de molde que contiene del 3,0 al 3,8 por ciento en peso de carbono, del 1,9 al 2,8 por ciento en peso de silicio, hasta el 0,3 por ciento en peso de manganeso, hasta el 0,8 por ciento en peso de cobre, hasta el 2,0 por ciento en peso de níquel, hasta el 0,3 por ciento en peso de molibdeno, del 0,03 al 0,06 por ciento en peso de magnesio, menos del 0,05 por ciento en peso de cromo, menos del 0,02 por ciento en peso de vanadio y menos del 0,01 por ciento de azufre, hierro hasta el equilibrio e impurezas accidentales en el que el eje de accionamiento comprende una masa de más de aproximadamente 3 toneladas.
- 10 2. El eje de accionamiento de turbina eólica de la reivindicación 1, en el que el eje de accionamiento comprende una masa de más de aproximadamente 6 toneladas.
3. El eje de accionamiento de turbina eólica de la reivindicación 1 o de la reivindicación 2, en el que el hierro dúctil templado comprende ferrita acicular y austenita.
4. Un procedimiento de fabricación de un eje de accionamiento de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
15 Fundir el hierro dúctil que contiene del 3,0 al 3,8 por ciento en peso de carbono, del 1,9 al 2,8 por ciento en peso de silicio, hasta el 0,3 por ciento en peso de manganeso, hasta el 0,8 por ciento en peso de cobre, hasta el 2,0 por ciento en peso de níquel, hasta el 0,3 por ciento en peso de molibdeno, del 0,03 al 0,06 por ciento en peso de magnesio, menos del 0,05 por ciento en peso de cromo, menos del 0,02 por ciento en peso de vanadio y menos del 0,01 por ciento de azufre, hierro hasta el equilibrio e impurezas accidentales;
moldear el componente;
20 austenitizar el componente;
desactivar el componente; y
templar el componente;
en el que el componente comprende una masa de
más de aproximadamente 3 toneladas.
- 25 5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la desactivación comprende sumergir el componente en un medio mantenido a una temperatura desde 230 hasta 400 °C.
6. El procedimiento de la reivindicación 4 o de la reivindicación 5, que comprende adicionalmente:
mecanizar el componente.
- 30 7. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el componente comprende una masa de más de aproximadamente 6 toneladas.
8. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, en el que la austenización comprende mantener el componente a una temperatura en el intervalo de 815 °C a 985 °C durante un tiempo suficiente para convertir una matriz en austenita.