

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 787 273**

51 Int. Cl.:

B21D 53/78 (2006.01)
B23P 15/04 (2006.01)
F01D 5/28 (2006.01)
F04D 29/28 (2006.01)
F04D 29/32 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)
B21D 22/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.05.2017 E 17170050 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2020 EP 3243580**

54 Título: **Método para producir una cubierta de borde de un componente de pala de un motor de avión o de una turbina de gas y cubierta de borde para un componente de pala**

30 Prioridad:

09.05.2016 DE 102016108527

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

15.10.2020

73 Titular/es:

**LEISTRITZ TURBINENTECHNIK GMBH (100.0%)
Lempstrasse 24
42859 Remscheid, DE**

72 Inventor/es:

**DR.-ING. BAUMGÄRTNER, MARIANNE y
JANSCHK, PETER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 787 273 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

Método para producir una cubierta de borde de un componente de pala de un motor de avión o de una turbina de gas y cubierta de borde para un componente de pala

5 La invención se refiere a un método para producir una cubierta de borde metálica en forma de V en la sección transversal para cubrir una zona de borde de un componente de pala para un grupo moto-propulsor aéreo o una turbina de gas. Un procedimiento para producir una cubierta de borde de este tipo se conoce a partir del documento WO 2011/064406 A1.

10 Los grupos moto-propulsores aéreos u otras turbinas de gas comprenden normalmente varias coronas de palas, que giran a alta velocidad. Según la posición de la corona de palas en la sección de turbinas, las palas son de materiales metálicos o no metálicos, siendo realizada la selección del material respectivo no en último lugar en función del grado de carga de las palas. Así, por ejemplo, las palas extremadamente cargadas se fabrican de materiales metálicos de alta resistencia, mientras que las palas menos cargadas se fabrican de materiales metálicos menos resistentes, como por ejemplo de aluminio o de materiales no metálicos, como por ejemplo materiales compuestos de fibras de carbono. Un ejemplo del empleo de tales palas de materiales de este tipo son palas de ventilador en un moto-propulsor de ventilador.

15 Especialmente el canto de entrada, es decir, el canto delantero en la dirección de rotación de cada pala está expuesto, sin embargo, a cargas especiales, por lo que debe protegerse, por ejemplo contra impacto de pájaro o similar. Con esta finalidad, se conoce proveer los cantos de palas de materiales metálicos menos resistentes o de materiales metálicos con una cubierta del borde, que está fabricada de un material metálico resistente correspondiente. Estas cubiertas de borde metálicas de pared extremadamente fina, que están fabricadas, por ejemplo, de aleaciones de titanio de alta resistencia o de otros materiales de alta resistencia, presentan geometrías complejas, que siguen el diseño aerodinámico, es decir, la geometría concreta del canto de la pala a proteger del contorno de la hoja de la pala que se conecta a ambos lados, en determinadas circunstancias el contorno final de la hoja que se conecta a continuación. Las cubiertas de cantos están curvadas, por lo tanto, en varias direcciones y presentan espesores muy diferentes. En particular, el canto propiamente dicho está espesado, en general, frente a las superficies laterales, que se aproximan al lado convexa o bien cóncavo de las palas, es decir, que están espesados en el material en la zona delantera, pudiendo variar el grado del espesamiento sobre la longitud del canto.

20 Otro método para producir una cubierta de canto de este tipo se conoce, por ejemplo, a partir del documento EP 2 229 248 B1. Allí el contorno interior complejo, que debe presentar la cubierta de canto fabricada, y que corresponde, por decirlo así, como negativo al contorno positivo del canto de la pala, se fabrica a través de fresado de una geometría, por decirlo así, desplegada y flexión-en-molde siguiente de las partes laterales, que se conectan en la sección de canto propiamente dicha, a través de transformación con calor utilizando un mandril. La fabricación de un material macizo utilizando métodos erosivos en combinación con procesos de transformación es muy costosa y es adecuada esencialmente para geometrías más sencillas.

La invención tiene el problema de indicar un método, que posibilita la fabricación de cubiertas de cantos también con geometrías interiores complejas de manera sencilla.

45 Para solucionar este problema está previsto, según la invención, un método para producir una cubierta de canto metálica en forma de V en la sección transversal, con las siguientes etapas:

- transformación tridimensional de un producto semi-acabado tubular metálico en al menos una etapa de transformación para la formación de un cuerpo de transformación tubular, de tal manera que una parte de la geometría tridimensional de la pared interior del cuerpo de transformación corresponde a un negativo de la geometría tridimensional de la zona del canto a cubrir,
- aplicación de un material metálico sobre el lado exterior del cuerpo de transformación tubular en la zona de un canto redondeado, formado en la técnica de transformación, del cuerpo de transformación,
- mecanización por secciones del lado exterior del cuerpo de transformación tubular para la configuración de un contorno exterior definido,
- retirada de una o varias secciones del cuerpo de transformación tubular para la configuración de la cubierta de canto en forma de V.

60 La invención propone un método nuevo para producir una cubierta de canto de este tipo a partir de un producto semi-acabado tubular metálico que se transforma tridimensionalmente, con el objetivo de que una parte de la geometría tridimensional de la pared interior del cuerpo de transformación corresponda a un negativo de la geometría tridimensional de la zona del canto a cubrir. Es decir, que después de la transformación tridimensional, la geometría interior, que corresponde en la cubierta de canto acabada exactamente a la geometría exterior de la sección de canto a cubrir de la pala, está configurada ya acabada en el contorno final. Otras etapas de mecanización

de la cubierta de canto no son necesarias, más bien está se fabrica sólo en la técnica de transformación. El punto de partida es un producto semi-acabado tubular correspondiente, que se transforma tridimensional por medio de una técnica de fabricación apropiada. Por lo tanto, se utiliza un producto semi-acabado muy sencillo por su geometría de origen, estando adaptado el espesor de pared del producto semi-acabado tubular utilizado a los requerimientos dimensionales de las partes laterales que se conectan en el canto.

Después de la transformación se aplica según la invención material metálico en un método aditivo sobre el cuerpo transformado en el lado exterior en la zona de un canto redondeado formado según la técnica de transformación, para espesar localmente el cuerpo transformado en esta zona. Como se ha descrito, se utiliza un producto semi-acabado, cuyo espesor corresponde a las partes laterales o paredes laterales, que se conectan en la zona del borde espesado propiamente de la geometría en forma de U o se deposita encima. Si las partes laterales presentan, por ejemplo, en la continuación inmediata de la zona espesada por la aplicación de material metálico un espesor de 3 mm, que termina en la cubierta de borde acabada, por ejemplo, en 0,3 mm, entonces se utiliza un tubo, que tiene, por ejemplo, 3,5 – 4 mm de espesor. El espesor de la cubierta de borde en la zona del borde propiamente dicha, es decir, la zona que se dispone en la prolongación inmediata del canto de la hoja de la pala, es, sin embargo, claramente mayor, tiene, por ejemplo 25-35 mm o más. Para realizar esta zona espesada, se aplica ahora según la invención material metálico sobre el cuerpo transformado en el marco de un método aditivo. En la etapa siguiente, se realiza ahora una mecanización al menos por secciones del lado exterior del cuerpo transformado tubular para la configuración de un contorno exterior definido. El cuerpo transformado es mecanizado, por lo tanto, de manera correspondiente exclusivamente en el lado exterior, para configurar un contorno exterior definido. A tal fin, se erosiona material de manera correspondiente en la zona espesada, como también se mecanizan de manera correspondiente las secciones del cuerpo transformado, que forman las partes laterales, de manera que se consiguen las reducciones correspondientes del espesor de pared, si son necesarias.

Después de la terminación de esta mecanización del lado exterior resulta, por lo tanto, un cuerpo transformado, que presenta son secciones una geometría interior tridimensional, que corresponde exactamente a la geometría exterior de la zona del borde a cubrir de la hoja de la pala, y que presenta también por secciones una geometría exterior tridimensional, que corresponde al contorno final correspondiente de las cubiertas de los bordes deseadas. Por lo tanto, la cubierta del borde es después de la mecanización una parte integral del cuerpo transformado, que se “elabora” en la etapa siguiente a partir del cuerpo transformado.

A tal fin, se retiran una o varias secciones del cuerpo transformado tubular para la configuración de la cubierta de borde en forma de V. El cuerpo transformado tubular cerrado como anteriormente se abre sobre su longitud y, dado el caso, se adapta en su longitud, es decir, que se retira una parte del cuerpo transformado, que no forma la cubierta de borde propiamente dicha. Después de la retirada de una o varias de estas secciones, permanece la cubierta de canto acabada.

El método según la invención permite en virtud de la fabricación de la geometría interna tridimensional a través de transformación tridimensional de un producto semi-acabado tubular una copia negativa muy exacta de la sección del borde de la pala. No es necesaria una mecanización erosiva de material para producir esta geometría compleja. Más bien se realiza una mecanización exclusivamente en el lado exterior del cuerpo ya transformado tridimensional, lo que es esencialmente más sencillo.

Aunque con geometrías más sencillas, la transformación tridimensional se puede realizar también en una única etapa de transformación, un desarrollo conveniente de la invención prevé que la transformación tridimensional se realiza en dos etapas de transformación separadas, realizando en una primera etapa de transformación una transformación grosera para la configuración de una forma torsionada que corresponde a la forma torsionada de la zona del borde a cubrir, y realizando en una segunda etapa de transformación una transformación fina para la configuración de la geometría tridimensional de la pared interior. Por lo tanto, está prevista una transformación de varias etapas, pudiendo realizarse también todavía en caso necesario otra etapa de transformación fina, cuando lo requiera la complejidad de la geometría interior a elaborar.

Por lo tanto, la primera etapa de transformación grosera conduce a un cuerpo transformado tubular con una estructura torsionada que corresponde a la torsión del borde de la pala a cubrir. La segunda etapa de transformación tridimensional, la transformación fina, conduce a continuación a la configuración del contorno final propiamente dicho o bien a la geometría final de la pared interior, cuya geometría final es la geometría negativa del con torno positivo de la sección del borde a cubrir de la pala. Para la transformación correspondiente se presiona o bien se prensa el producto semi-acabado tubular originalmente cilíndrico, a cuyo fin se utilizan una o varias herramientas de prensa adecuadas.

Con preferencia, la transformación se realiza isoterma a través de prensado, utilizando para las diferentes etapas de transformación estampas diseñadas, naturalmente, de manera correspondiente. La temperatura durante el prensado isoterma debería estar entre 600 y 1050°C, dependiendo, naturalmente, la temperatura concreta de transformación del material metálico del que está constituido el producto semi-acabado tubular utilizado. El producto semi-acabado

se puede seleccionar de diferentes aceros o aleaciones, especialmente aleaciones de titanio y según el material utilizado y sus propiedades de transformación se realiza el ajuste correspondiente de la temperatura.

También la velocidad de transformación se selecciona según el material semi-acabado utilizado. Así, por ejemplo, se selecciona en cada caso una velocidad adaptada en función del material, empleando una transformación superplástica. La velocidad de transformación está según el material empleado entre $10^{-6} - 10^{-1} \text{ s}^{-1}$. Se utiliza, como se ha descrito, una herramienta de prensa, que posibilita un presado o transformación isoterma. La estampa utilizada especialmente para la transformación fina presenta un grabado, que incrementa el contorno interior exacto deseado, es decir, que posee la geometría objetiva de la cubierta del canto, en el espesor del producto semi-acabado tubular. Como ya se ha descrito, el producto semi-acabado tiene varios milímetros de espesor, según como se diseñe finalmente la cubierta de canto en la zona de sus partes laterales. El diámetro del tubo utilizado tiene varias decenas de milímetros, está en el intervalo entre 50 – 150 mm, según el tamaño y la geometría de la zona del canto de la pala a cubrir. El producto semi-acabado tubular puede ser un producto semi-acabado continuo sin costura o producto semi-acabado soldado longitudinal.

La transformación del producto semi-acabado tubular se realiza con preferencia bajo gas protector o vacío, si lo requiere el material semi-acabado utilizado.

Durante la transformación se deforma más o menos fuertemente el producto semi-acabado según la geometría a configurar. Para apoyar el producto semi-acabado tubular o bien el cuerpo transformado tubular durante la transformación, es concebible prever en el producto semi-acabado unos medios para el apoyo en el lado interior. Tales medios para el apoyo en el lado interior pueden estar previstos también cuando el cuerpo transformado tubular es mecanizado en el lado exterior y/o cuando la o las secciones del cuerpo transformado se retiran en la última etapa de mecanización para la elaboración de la cubierta de borde. A través de este medio de apoyo en el lado interior se apoya el producto semi-acabado o bien el cuerpo transformado durante la mecanización respectiva, de manera que se evita que se deforme o similar demasiado fuertemente por cualquier motivo.

Como medio de apoyo se puede rellenar, por ejemplo, un polvo, por ejemplo, polvo de óxido de circonio, en el interior del producto semi-acabado o del cuerpo transformado.

Para el espesamiento en la zona del borde se dota, como se ha descrito, el cuerpo transformado en un procedimiento aditivo con un material metálico. Este material a aplicar es con preferencia el mismo material que el del cuerpo transformado, cuando el cuerpo transformado es ya de un material suficientemente resistente o de alta resistencia, que posee ya las propiedades físicas y mecánicas correspondientes, que debe presentar la cubierta del borde. Alternativamente a ello, el material a aplicar puede ser también un material más resistente frente al material del cuerpo transformado. Éste se utiliza cuando la zona del borde propiamente dicha de la cubierta del borde está formada de un material de alta resistencia. Por lo tanto, si el producto semi-acabado es ya de un material de alta resistencia, entonces se puede aplicar sin más el mismo material para el espesamiento. Si el producto semi-acabado es, en cambio, un material más blando, entonces se aplica como material de espesamiento un material correspondiente de alta resistencia.

La aplicación aditiva propiamente dicha del material se realiza con preferencia a través de soldadura, especialmente soldadura por láser o soldadura-WIG, no siendo exhaustiva esta enumeración. Con preferencia, el material se aplica bajo gas protector o en vacío.

Un desarrollo conveniente de la invención prevé que después de la aplicación del material se realice un tratamiento térmico del cuerpo transformado para el recocido sin tensión, para excluir una eventual retracción del componente condicionada por la tensión. El recocido sin tensión se realiza con preferencia en un intervalo de temperatura entre 650 – 850 °C durante un tiempo de 0,5 – 5 h, seleccionando la temperatura y la duración concretas de nuevo en función del material utilizado del producto semi-acabado, dado el caso teniendo en cuenta el material utilizado en el material metálico aplicado.

Como ya se ha descrito, en la última etapa se retiran una o varias secciones del cuerpo transformado para configurar la cubierta de borde definitiva. Esta retirada se puede realizar por arranque de virutas o por separación. La erosión por arranque de virutas se puede realizar, por ejemplo, a través de fresado. Con preferencia, se utiliza una máquina fresadora-cinco-ocho, siendo necesaria a veces un empotramiento múltiple. La ventaja especial del procedimiento según la invención es que el cuerpo transformado a elaborar es tubular como anteriormente, es decir, que su propia geometría actúa estabilizando también durante este fresado mecánico. Como ya se ha descrito, sin embargo, existe la posibilidad de conseguir una estabilización utilizando medios de apoyo introducidos en el interior del cuerpo transformado, como por ejemplo el polvo de óxido de circonio descrito.

La separación de la o de las secciones se realiza, por ejemplo, a través de corte por láser o corte con chorro de agua. De esta manera en este caso se cortan de manera definida la o las secciones a separar. También en este caso, la geometría tubular del cuerpo transformado actúa estabilizando, pudiendo utilizarse también en estos

métodos de separación evidentemente medios de apoyo internos correspondientes.

5 El producto semi-acabado utilizado propiamente dicho es con preferencia de una aleación de titanio, especialmente $TiAl_6V_4$. Si se utilizan aleaciones de titanio de diferente tipo, la temperatura de transformación está, por ejemplo, en el intervalo entre 840 – 1050 °C, la velocidad de transformación está en el intervalo entre 10^{-5} – 10^{-1} s⁻¹. El recocido sin tensión de estas diferentes aleaciones de titanio se realiza a temperaturas entre 700 – 750 °C durante el tiempo de 0,5 – 4 h.

10 En el caso de utilización de $TiAl_6V_4$, con el objetivo de una transformación superplástica, se selecciona una temperatura de transformación de 900 – 950 °C, con preferencia 925 °C, a una velocidad de transformación en el intervalo entre 10^{-5} – 10^{-2} s⁻¹. El recocido sin tensión se realiza también a temperaturas entre 700 – 750 °C igualmente durante el tiempo de 0,5 – 4 h.

15 Además del propio método, la invención se refiere también a una cubierta de borde según la reivindicación 18 fabricada de un producto semi-acabado transformado, con una aplicación de material en el lado exterior de los cantos, siendo mecanizado el lado exterior por erosión de material.

20 En esta cubierta de borde se trata con preferencia de una cubierta de borde, que se fabrica según el método descrito anteriormente.

25 La cubierta de borde propiamente dicha se utiliza con preferencia para cubrir el canto delantero de la pala, estando adaptada a la geometría del canto delantero de la hoja de la pala. Pero, en principio, también es concebible adaptar la cubierta del canto para la aplicación a la geometría del canto siguiente de la hoja de la pala, es decir, para aplicación en el canto siguiente de la pala.

Otras ventajas y detalles se deducen a partir del ejemplo de realización descrito a continuación así como con la ayuda de los dibujos.

30 La figura 1 muestra una vista de un producto semi-acabado a utilizar para fabricar la cubierta de canto en forma de un tubo en una vista lateral (a) y en una vista de la sección transversal (b)).

La figura 2 muestra el producto semi-acabado para realizar la transformación grosera en una vista lateral (a) y en una vista de la sección transversal (b)).

35 La figura 3 muestra el cuerpo transformado grosero de la figura 2 después de la transformación fina en una vista lateral (a) y en una vista de la sección transversal (b)).

40 La figura 4 muestra el cuerpo transformado fino de la figura 3 después de aplicar el material metálico y la mecanización por secciones en una vista lateral (a) y en una vista de la sección transversal (b)), y

La figura 5 muestra la cubierta de borde acabada después de la retirada de una o varias secciones del cuerpo transformado de la figura 4 en una vista lateral (a) y en una vista de la sección transversal (b)).

45 Con la ayuda de las figuras 1 a 5 se explica en detalle a continuación el método para fabricar una cubierta de borde metálica en forma de V en la sección transversal para cubrir una zona de borde de un componente de pala para un grupo moto-propulsor aéreo o de una turbina de gas, como también la propia cubierta de borde.

50 El componente de partida para fabricar la cubierta de borde es un producto semi-acabado tubular 1, que presenta en el ejemplo mostrado una sección transversal redonda circular. En el producto semi-acabado 1 se trata de un tubo continuo sin costura o soldado longitudinalmente, con preferencia de una aleación de titanio, especialmente de $TiAl_6V_4$. Como material de partida se puede utilizar también un material de acero o una aleación a base de níquel.

55 Este producto semi-acabado tubular se somete ahora a una primera etapa de transformación, a una transformación grosera, para prestarle una forma torsionada correspondiente a la forma torsionada de la zona del borde a cubrir del componente de pala. Esto se muestra en la figura 2, que representa el cuerpo transformado 2. Como se muestra, el cuerpo transformado grosero 2, que presenta como anteriormente una sección transversal redonda, ver la figura parcial b) en la figura 2, una forma que se desvía claramente de la forma extendida longitudinal. Esta geometría básica corresponde por secciones a la geometría torsionada de la zona de la pala a cubrir y, en concreto, principalmente en la zona 3, cuya zona 3, que se describe en detalle más adelante, forma el borde propiamente dicho del producto semi-acabado transformado o bien de la cubierta de borde acabada.

60

Esta transformación grosera, es decir, la primera etapa de transformación, se realiza a través de prensado isoterma a una temperatura de transformación de 600 – 1050 °C, siendo la velocidad de transformación 10^{-6} – 10^{-2} s⁻¹, siendo seleccionada la temperatura de transformación o bien la velocidad de transformación en función del material

empleado. La transformación se puede realizar también bajo gas protector o en vacío, dependiendo también esto finalmente de los materiales utilizados para la pieza de trabajo y la herramienta.

Después de realizar la primera etapa de transformación se realiza otra transformación fina, es decir, una segunda etapa de transformación, ver la figura 3. El cuerpo transformado grueso 2 se transforma a través de prensado isoterma, de tal manera que una parte de la pared interior 4 del cuerpo transformado 2 presenta una geometría tridimensional, que corresponde a un negativo de la geometría tridimensional de la zona del borde a cubrir. Puesto que el cuerpo transformado 2 es, como anteriormente, un cuerpo hueco alargado, forzosamente sólo una parte de la pared interior del cuerpo transformado presenta la geometría tridimensional deseada, puesto que, como resulta a partir de la descripción siguiente, sólo una parte del cuerpo transformado forma la cubierta de borde acabada.

La transformación se realiza de nuevo como se ha descrito a través de prensado isoterma, la temperatura de transformación está en el rango entre 600 – 1050 °C, y la velocidad de transformación está en el rango de 10^{-6} – 10^{-1} s⁻¹. De nuevo, la transformación se realiza bajo gas protector o en vacío.

La temperatura y la velocidad de transformación en el marco de la primera y de la segunda etapas se seleccionan en función del material, para que se realice una transformación superplástica. En el marco de las transformaciones se pueden transformar al mismo tiempo varios componentes.

Como se muestra, además, en la figura 3, la transformación fina en el marco de la segunda etapa de transformación se realiza sólo en una zona longitudinal característica del cuerpo transformado 2. Los extremos 5, 6 permanecen no transformados, puesto que el cuerpo transformado 2 se retiene o bien se fija en los extremos más tarde durante las etapas siguientes y estas zonas se cortan, como se describe todavía a continuación.

Las dos etapas de transformación descritas y representadas en las figuras 2 y 3 se realizan, como se ha descrito, a través de prensado isoterma utilizando estampas adecuadas. En este caso, durante esta transformación se puede introducir un medio para el apoyo en el lado interior del producto semi-acabado tubular 1 o bien del cuerpo transformado 2, para estabilizar el producto semi-acabado 1 o bien el cuerpo transformado 2 durante la transformación. Tal medio puede ser, por ejemplo, un polvo, especialmente polvo de óxido de circonio, que se rellena en el producto semi-acabado 1 o bien en el cuerpo transformado 2.

Por lo tanto, el cuerpo transformado presenta después de la transformación fina según la figura 3 en una zona parcial de la pared exterior 7 una geometría tridimensional, que corresponde a la geometría exterior tridimensional deseada de la cubierta de borde acabada. La pared interior 4 presenta, como se ha indicado, por secciones una geometría tridimensional, que corresponde lo más exactamente posible al negativo de la geometría tridimensional de la zona del borde a cubrir del componente de pala.

El cuerpo transformado 2 según la figura 3 presenta, ver especialmente la figura parcial 3 b), un canto redondeado 8, que solapa el canto exterior del componente de pala. Este caso es delantero normalmente con respecto al sentido de giro del componente de pala, de manera que esto se aplica también para el canto 8 de la cubierta de borde. Para configurar el borde 8 correspondientemente estable, ver la figura 4, se aplica sobre este canto redondeado formado por la técnica de transformación del cuerpo transformado 2 un material metálico 9, que forma, ver especialmente la representación de la sección transversal según la figura 4 b), en el componente acabado el canto delantero de la cubierta de canto.

El material metálico 9 es con preferencia el mismo material que el del cuerpo transformado, en el supuesto de que el material de transformación presente ya una dureza suficiente o bien parámetros físicos y mecánicos que cumplen los requerimientos. Para el caso de que el material del cuerpo transformado no posea propiedades mecánicas suficientes, el material metálico 9 aplicado puede ser, en cambio, más duro.

El material metálico 9 se aplica, por ejemplo, por soldadura, como por ejemplo soldadura de aplicación por láser o soldadura-WIG, con preferencia de nuevo bajo gas protector o en vacío.

Puesto que con la aplicación del material metálico 9 va unida forzosamente una entrada de calor en el cuerpo transformado, se recuece sin tensión el cuerpo transformado después de la aplicación del metal con preferencia en el marco de un tratamiento térmico. La temperatura de recocido es con preferencia de 650 – 850 °C, la duración de recocido está entre 0,5 – 5 h.

Después de la aplicación del material metálico 9 se realiza una mecanización por secciones del lado exterior del cuerpo transformado tubular 2 como anteriormente para la configuración del con torno exterior definido. A tal fin se utiliza con preferencia una fresadora cinco-ochos, dado el caso con empotramiento múltiple. El empotramiento se realiza sobre los extremos 5 y 6 del cuerpo transformado 2. En este caso, por una parte, a partir de la figura 4, se elabora el material 9 aplicado así como su transición hacia el lado exterior 7 del cuerpo transformado 2, de manera que se realiza, por su parte, una transición homogénea sin grados ni escalonamiento. Además, a través de la

mecanización se elabora también el otro lado exterior del cuerpo transformado 2, de manera que se reduce especialmente el espesor de pared en una medida deseada y resulta, como se describe todavía con relación a la figura 5, un estrechamiento definido del espesor de pared. Esta mecanización se realiza, por ejemplo, a través de rectificado o fresado.

5 Para asegurar tanto durante la aplicación del material metálico 9 como también durante esta mecanización que el cuerpo transformado 2 no se daña en este caso en su geometría, existe también en este caso la posibilidad de apoyar en el lado interior, como anteriormente, el cuerpo transformado tubular 2, por ejemplo de nuevo a través de la aplicación de un polvo como polvo de óxido de circonio.

10 Además de la mecanización por erosión de material del lado exterior del cuerpo transformado 2, en la última etapa de trabajo es necesario todavía separar, por una parte, los extremos 5 y 6 y, por otra parte, abrir longitudinalmente el cuerpo transformado 5, retirando la sección 10, opuesta al material metálico 9 aplicado, del cuerpo transformado, como se muestra claramente en las 2 figuras parciales a) y b) de la figura 5. Esta retirada de las secciones, es decir, de los extremos 5 y 6 así como 10, o bien se puede realizar por arranque de virutas a través de fresado, 15 alternativamente se puede realizar también una separación a través de corte por láser o corte con chorro de agua.

Después de la separación de todas las secciones 5, 6 y 10 permanece la cubierta de canto acabada 11, como se muestra en la figura 5. La cubierta de canto 11 presenta ahora en su pared interior 4 una geometría tridimensional, que corresponde con alta exactitud del negativo de la geometría real de la sección a cubrir del componente de pala. También la pared exterior 7 de la cubierta de borde 11 presenta una geometría, que está adaptada a la geometría del componente de pala, de manera que la cubierta de borde 11 prosigue la geometría del componente de pala sin escalones o similares considerables.

25 A través de la configuración del canto reforzado sobre el metal 9, la cubierta de canto 11 presenta, además, una dureza o bien estabilidad mecánica suficientes en la zona especialmente solicitada.

Aunque en los ejemplos de realización la cubierta de canto 11 sirve para cubrir una zona delantera del canto de un componente de pala de un grupo moto propulsor aéreo o de una turbina de gas, evidentemente es posible utilizar 30 una cubierta de canto fabricada de la misma manera también para cubrir el canto siguiente de tal componente de pala.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para producir una cubierta de canto metálica en forma de V en la sección transversal para cubrir una zona de borde de un componente de pala de un grupo moto propulsor o de una turbina de gas, caracterizado por las siguientes etapas:
- transformación tridimensional de un producto semi-acabado tubular metálico (1) en al menos una etapa de transformación para la formación de un cuerpo de transformación tubular (2), de tal manera que una parte de la geometría tridimensional de la pared interior (4) del cuerpo de transformación (2) corresponde a un negativo de la geometría tridimensional de la zona del canto a cubrir,
 - aplicación de un material metálico (9) sobre el lado exterior (7) del cuerpo de transformación tubular (2) en la zona de un canto redondeado (8), formado en la técnica de transformación, del cuerpo de transformación (2),
 - mecanización por secciones del lado exterior (7) del cuerpo de transformación tubular (2) para la configuración de un contorno exterior definido,
 - retirada de una o varias secciones (5, 6, 10) del cuerpo de transformación tubular (2) para la configuración de la cubierta de canto en forma de V (11).
- 20 2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por que la transformación tridimensional se realiza en dos etapas de transformación separadas, realizando en una primera etapa de transformación una transformación grosera para la configuración de una forma torsionada correspondiente a la forma torsionada de la zona de borde a cubrir, y realizando en al menos una segunda etapa de transformación una transformación fina para la configuración de la geometría tridimensional de la pared interior (4).
- 25 3. Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la transformación se realiza isoterma a través de prensado.
4. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la temperatura durante la transformación es de 600 – 1050 °C.
- 30 5. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la velocidad de transformación es 10^{-6} – 10^{-1} s⁻¹.
- 35 6. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la transformación se realiza bajo gas protector o en vacío.
7. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza un producto semi-acabado tubular (1) continuo sin costuras o soldado longitudinal.
- 40 8. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que en el producto semi-acabado tubular (1) durante la transformación y/o en el cuerpo transformado tubular (2) durante la mecanización del lado exterior (7) y/o la retirada de la o de las secciones (5, 6, 11) del cuerpo transformado (2) están previstos medios para el apoyo en el lado interior.
- 45 9. Método según la reivindicación 8, caracterizado por que el interior del producto semi-acabado o del cuerpo transformado se rellena con un polvo, especialmente polvo de óxido de circonio.
- 50 10. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el material (9) a aplicar es el mismo material que el del cuerpo transformado (2), o por que se aplica un material más resistente frente al material del cuerpo transformado (2).
11. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el material (9) se aplica por medio de soldadura, especialmente soldadura de aportación por láser o soldadura-WIG.
- 55 12. Método según la reivindicación 11, caracterizado por que el material (9) se aplica bajo gas protector o en vacío.
13. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que después de la aplicación del material (9) se realiza un tratamiento térmico del cuerpo transformado (2) para el recocido sin tensión.
- 60 14. Método según la reivindicación 13, caracterizado por que la temperatura es de 650 – 850 °C y la duración es de 0,5 – 5 h.
15. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la retirada de la o de las secciones (5, 6, 10) del cuerpo transformado (2) se realiza por arranque de virutas o por separación.

16. Método según la reivindicación 15, caracterizado por que la erosión por arranque de virutas se realiza a través de fresado y la separación se realiza a través de corte por láser o corte con chorro de agua.

5 17. Método según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se utiliza un producto semi-acabado (1) de una aleación de titanio, especialmente $TiAl_6V_4$, un material de acero o una aleación a base de níquel.

10 18. Cubierta de borde, especialmente fabricada según el método según una de las reivindicaciones 1 a 17, que consta de un cuerpo transformado formado a partir de un tubo transformado tridimensional y formado en el lado extremo y longitudinalmente a través de separación de secciones de tubo, cuyo canto está formado de una aplicación de metal, que presenta la misma dureza que el tubo, siendo elaborado el cuerpo transformado y la aplicación de material en el lado exterior por erosión de material.

FIG. 1

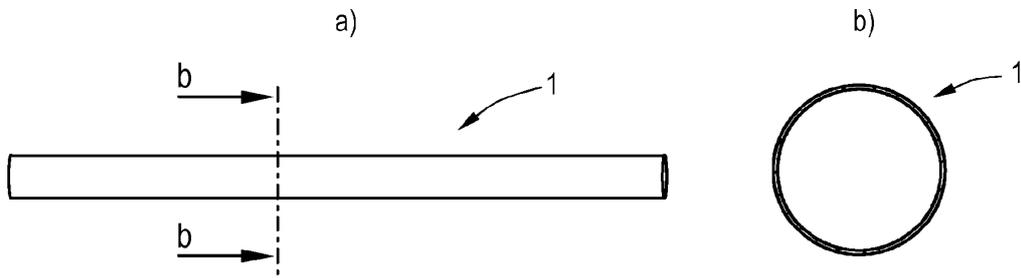


FIG. 2

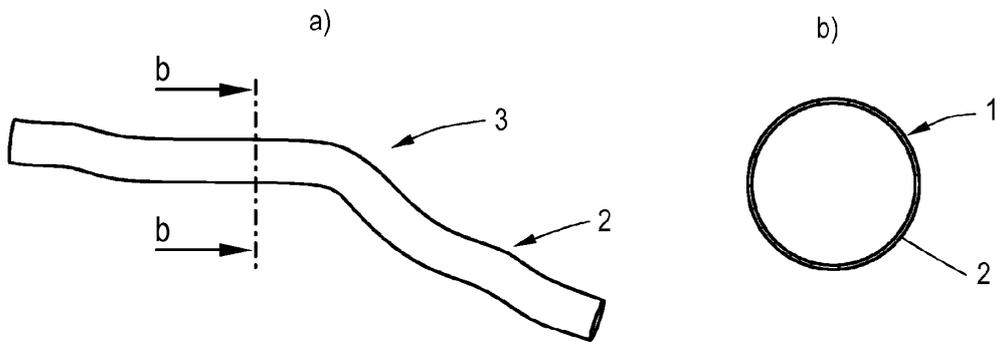


FIG. 3

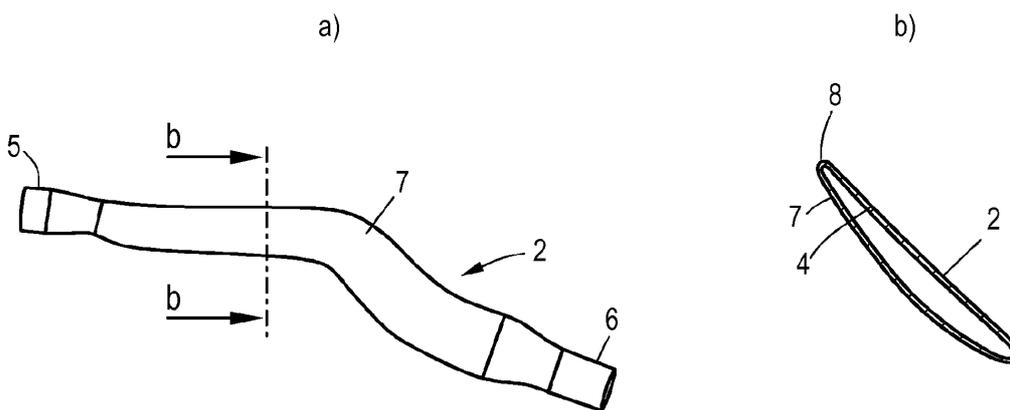


FIG. 4

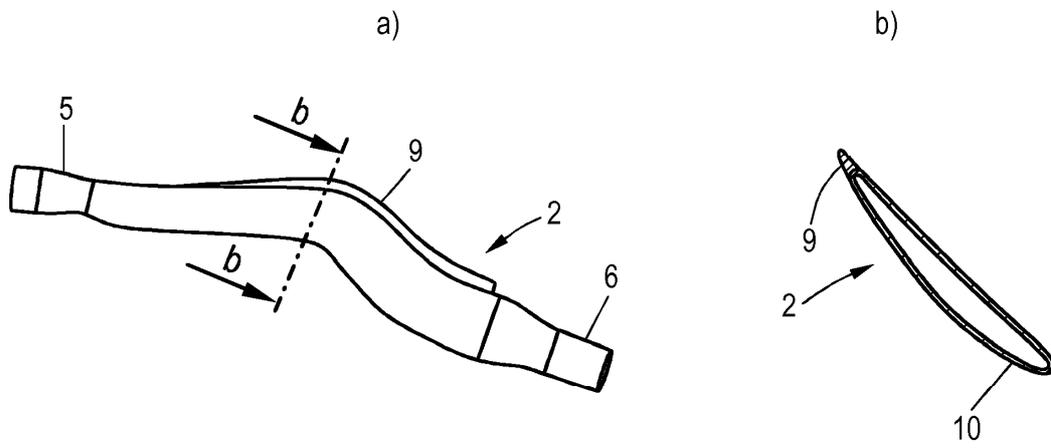


FIG. 5

