

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 107**

51 Int. Cl.:

B21H 1/06 (2006.01)

B21C 51/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.07.2015 PCT/EP2015/067629**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.02.2017 WO17020922**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.07.2015 E 15750009 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2019 EP 3328572**

54 Título: **Método para producir un producto de laminado de anillos contorneado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.05.2020

73 Titular/es:

**OTTO FUCHS - KOMMANDITGESELLSCHAFT -
(100.0%)
Derschlager Straße 26
58540 Meinerzhagen, DE**

72 Inventor/es:

**WITULSKI, THOMAS;
IHNE, JÖRG;
TESCHNER, STEFAN y
MÜLLER, CHRISTOF**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 763 107 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 un producto de laminado de anillos contorneado

5 La invención se refiere a un método de laminado de anillos para producir un producto de laminado de anillos contorneado. Además de la forja, el laminado de anillos se usa para producir anillos, en particular también anillos contorneados, como un proceso de conformación en caliente. Mientras, durante la forja, una pieza bruta que previamente se calentó a una temperatura de forja se lleva a su forma deseada en un troquel por medio de la conformación en caliente, durante el laminado de anillos, una pieza bruta anular que se ha calentado previamente se
10 lamina en la forma deseada por medio de una o más etapas de laminación. En comparación con el proceso de forja, el laminado de anillos se considera mucho más flexible con respecto a los productos de laminado de anillos que se forman mediante el uso de una máquina de laminado de anillos. Los trenes de laminación radiales-axiales a menudo se usan para el laminado de anillos contorneados. En las máquinas de laminado de anillos de este tipo, tanto la altura del anillo como el grosor de la pared del anillo se reducen simultáneamente en una sola etapa de laminado,
15 específicamente al introducir el contorno deseado relevante. Para llegar al producto de laminado de anillos deseado a partir de una pieza bruta anular, generalmente es necesario llevar a cabo el proceso de laminado de anillos en varias etapas. Entre cada etapa de laminado de anillos, la pieza bruta anular se recalienta o se calienta posteriormente.

Cada máquina de laminado de anillos tiene un aparato de control para controlar el proceso de laminado. Ciertos parámetros del proceso se monitorean por medio del control, tal como la tasa de crecimiento del anillo, la fuerza de laminación axial y radial o también la temperatura de la pieza bruta laminada durante el proceso de laminado. En cada caso, un valor se predefine durante dicho control en relación con los parámetros del proceso relevantes. Debido a las tolerancias en la geometría de la pieza bruta anular relevante y el comportamiento de dicha pieza bruta anular durante el laminado, pueden surgir errores en la geometría del anillo y/o en la estructura del producto de laminado de anillos
20 terminado. Por lo tanto, el laminado de anillos no se considera un proceso lo suficientemente confiable para las piezas que tienen los requisitos más exigentes. Por lo tanto, no se usa o solo se usa como una etapa preparatoria para una etapa final de forja con estampa en aplicaciones en las que el producto de laminado de anillos puede tener solo límites de tolerancia estrechos y está destinado a producirse de manera reproducible dentro de estos límites de tolerancia. En el caso de piezas que giran a altas velocidades de rotación, tal como en el caso de piezas de aeronaves o turbinas de gas, se exigen altos requisitos del perfil de propiedad de los productos de conformación. Por esta razón, los componentes de este tipo, tales como los discos del motor o similares, se forman mediante la forja con estampa a partir de una pieza bruta de forja. Debido a la pequeña cantidad de parámetros del proceso en comparación con el laminado de anillos, las piezas pueden producirse de manera reproducible mediante el uso de forja con estampa y, por lo tanto, sin intervención manual, en particular si se les exigen altos requisitos con límites de tolerancia estrechos.
25 Debido al conformado incremental en la separación de laminación axial y radial y por medio de la regulación implementada en el control del tren de laminación, la conformación alrededor de la circunferencia del anillo laminado no es constante. Esto puede conducir a una estructura circunferencialmente no homogénea del anillo, que puede conducir a propiedades no homogéneas del disco del motor. En el caso de desviaciones mayores de los parámetros del proceso monitoreados, puede ser necesario intervenir manualmente en el proceso de laminado de anillos. Además, los productos de laminado de anillos no pueden inspeccionarse para ver si realmente cumplen con los requisitos especificados. Por esta razón y debido al hecho de que no puede descartarse la intervención manual, los productos de laminado de anillos que deben producirse dentro de los límites de tolerancia particularmente estrechos se consideran no reproducibles o no lo suficientemente reproducibles.

45 Incluso si tales piezas giratorias altamente elásticas, tales como los discos del motor, fabricadas de una aleación a base de níquel pueden producirse de manera reproducible por la forja con estampa, también deben tenerse en cuenta ciertas desventajas durante la forja con estampa. A veces se considera una desventaja una rebaba en el producto forjado que inevitablemente se produce durante la forja y que debe retirarse después del proceso de conformación. Esto requiere una etapa de procesamiento adicional. El material, tal como una aleación a base de níquel, típicamente usado para tales piezas, es un material relativamente costoso de usar. La rebaba que es inevitable durante la forja y que debe retirarse posteriormente, por lo tanto, hace que se use más material en relación con el producto forjado. Además, la forma necesaria del producto de forja con estampa con frecuencia resulta en la desventaja de que a veces la estructura de los productos forjados no cumple con los requisitos de tener una estructura de grano fino en algunas regiones, ya que, a pesar de la conformación, el grano grueso puede encontrarse en estas regiones. Esta estructura de grano fino solo podría lograrse mediante el engrosamiento del material, lo cual, sin embargo, no es conveniente.
50

El documento JP 2000-071039 A describe un método y un dispositivo para monitorear las condiciones de trabajo de una máquina de laminado. Para controlar el proceso de laminado, los parámetros de laminado en ese momento se comparan con los parámetros almacenados, como es habitual en los procesos de laminado convencionales.
55

60 Sobre la base de la técnica anterior descrita desde el principio, el objetivo de la invención es, por lo tanto, proponer un método de laminado de anillos por medio del cual, de acuerdo con los requisitos de reproducibilidad, también sea posible producir componentes que tengan los requisitos de propiedad y rangos de tolerancia más exigentes y puedan utilizarse para aplicaciones giratorias en un entorno estresado.

65 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención, por una parte, por medio de un método para producir de manera

reproducibile un producto de laminado de anillos contorneado para una aplicación giratoria, con una máquina de laminado de anillos controlada de manera monitoreada por el proceso, en particular a partir de una pieza bruta anular metálica de tal naturaleza que es susceptible a grietas, que comprende las etapas:

- 5 - definir al menos una ventana de procesos, que se extiende durante el tiempo de laminado, en relación con los parámetros del proceso preseleccionados para un producto de laminado de anillos específico que debe introducirse en su forma final por esta máquina de laminado de anillos sobre la base de los especímenes de calibración que se han introducido en su forma final por esta máquina de laminado de anillos, en donde la ventana o ventanas de procesos de los parámetros del proceso monitoreados cuando se lleva a cabo el proceso, se determina(n) por los parámetros del proceso de los especímenes de calibración en los cuales el producto de laminado cumple con los requisitos exigidos por el producto de laminado de anillos que va a producirse, en donde los parámetros del proceso preseleccionados comprenden al menos dos de los siguientes parámetros del proceso:
 - 10 - tasa de crecimiento del anillo,
 - 15 - fuerza de laminación axial,
 - fuerza de laminación radial,
 - tiempo de laminado,
 - temperatura de la pieza bruta anular durante el proceso de laminado, y posteriormente
- 20 - laminado de anillos de piezas brutas anulares de forma contorneada para producir los productos de laminado de anillos, en donde los parámetros de laminado de la pieza bruta laminada en ese momento se registran con referencia a los al menos dos parámetros del proceso seleccionados y luego se evalúan para determinar si estos parámetros del proceso se encuentran dentro de la ventana de procesos predefinida, y solo aquellos productos de laminado de anillos que se han laminado en anillo con los parámetros del proceso que se encuentran dentro de las ventanas de procesos se transmiten para su mecanizado y/o procesamiento adicional.

25 Este objetivo se logra de acuerdo con la invención, por otra parte, por medio de un método para producir de manera reproducibile un producto de laminado de anillos contorneado para una aplicación giratoria, con una máquina de laminado de anillos controlada de manera monitoreada por el proceso, en particular a partir de una pieza bruta anular metálica de tal naturaleza que es susceptible a grietas, que comprende las etapas:

- 30 - definir al menos una ventana de proceso, que se extiende durante el tiempo de laminado, en relación con los parámetros del proceso preseleccionados para un producto de laminado de anillos específico que debe introducirse en su forma final por esta máquina de laminado de anillos sobre la base de los especímenes de calibración que se han introducido en su forma final por esta máquina de laminado de anillos, en donde la ventana o ventanas de procesos de los parámetros del proceso monitoreados cuando se lleva a cabo el proceso, se determina(n) por los parámetros del proceso de los especímenes de calibración en los cuales el producto de laminado cumple con los requisitos exigidos por el producto de laminado de anillos que va a producirse, en donde los parámetros del proceso preseleccionados comprenden al menos dos de los siguientes parámetros del proceso:
 - 35 - tasa de crecimiento del anillo,
 - 40 - fuerza de laminación axial,
 - fuerza de laminación radial,
 - tiempo de laminado,
 - temperatura de la pieza bruta anular durante el proceso de laminado, y posteriormente
- 45 - laminado de anillos de piezas brutas anulares de manera contorneada para producir los productos de laminado de anillos, en donde al menos un parámetro del proceso que ejerce una influencia en una ventana de procesos se usa como un valor de preprocesamiento para el control del proceso de laminado en el lado de la máquina.

50 Ambos métodos mencionados anteriormente garantizan que, al usar la máquina de laminado de anillos, a partir de los de piezas brutas anulares predefinidas, los productos de laminado de anillos pueden formarse sin intervención manual y, por lo tanto, de reproducibilidad, incluso si deben fabricarse dentro de los límites de tolerancia estrechos.

Los parámetros del proceso para accionar la máquina de laminado de anillos se derivan sobre la base de los especímenes de calibración. Precisamente, se utilizan para este propósito las piezas brutas anulares a partir de las cuales se creará el producto de laminado de anillos posterior. Por lo tanto, los parámetros del proceso se establecen sobre la base del comportamiento del laminado de la pieza bruta anular y, por lo tanto, también del material a partir del cual se ha producido la pieza bruta anular, así como también del comportamiento del laminado de la máquina de laminado de anillos durante el laminado de una pieza bruta anular de este tipo.

60 Estos parámetros del proceso se registran durante el tiempo de laminado, de manera que los cambios dependientes del tiempo de laminado en el comportamiento del material de la pieza bruta laminada y/o de la máquina de laminado ejercen una influencia en la definición de las ventanas de procesos. Se monitorean al menos dos parámetros del proceso, que se seleccionan del grupo de los siguientes parámetros del proceso: tasa de crecimiento del anillo, fuerza de laminación axial, fuerza de laminación radial, tiempo de laminado y temperatura de la pieza bruta anular durante el proceso de laminado. También es posible definir ventanas de procesos para los parámetros del proceso adicional. Sin embargo, una elección de al menos dos ventanas de procesos de los parámetros del proceso actuales se considera suficiente. Se entiende que tener una mayor cantidad de parámetros del proceso monitoreados para los cuales se han

definido previamente las ventanas de procesos mejora la calidad del monitoreo.

5 La reacción de la máquina de laminado a los cambios en el control ejerce influencia en la definición de las ventanas de procesos. A este respecto, en última instancia, es irrelevante en este concepto cómo una máquina de laminado específica responde al preprocesamiento y al control posterior, ya que se controla por medio de los especímenes de calibración con respecto al resultado de laminación deseado -geometría y estructura- y se cambia hasta que se forma el producto de laminado de anillos que tiene las propiedades deseadas.

10 Las ventanas de procesos que se extienden durante el tiempo de laminado se definen a partir de los parámetros del proceso que se determinan para laminar los especímenes de calibración. Para dichas ventanas de procesos, que se delimitan cada una por una curva de punto de ajuste inferior y una curva de punto de ajuste superior, se usan los parámetros del proceso por medio de los cuales se han creado productos prelaminados que cumplen los requisitos exigidos para el producto de laminado de anillos posterior. Esto puede hacerse, por ejemplo, al promediar o determinar envolventes de las curvas de parámetros del proceso que influyen en una ventana de procesos de este tipo.
15 Igualmente, el valor de preprocesamiento utilizado para laminar el producto de laminado de anillos real puede determinarse de otra manera a partir de los parámetros del proceso de los especímenes de calibración. Por medio de la curva de punto de ajuste inferior y superior, la energía que se introduce en el proceso de laminado durante el tiempo de laminado a veces puede definirse en función de la ventana de procesos.

20 Si las ventanas de procesos y, por lo tanto, los valores de preprocesamiento se determinan durante el tiempo de laminado, entonces puede comenzar el proceso de producción real durante el cual las piezas brutas anulares de anillo se laminan en los productos de laminado de anillos deseados, típicamente en varias etapas. Las ventanas de procesos se definen en consecuencia para cada etapa de laminado durante el laminado de varias etapas.

25 De acuerdo con la primera solución propuesta, se monitorean los parámetros del proceso que influyen en las al menos dos ventanas de procesos predefinidas. Sin embargo, solo aquellos productos de laminado de anillos cuyos parámetros del proceso registrados en ese momento se encuentran dentro de las ventanas de procesos predefinidas pasan al mecanizado y/o procesamiento posterior. Los productos de laminado de anillos en los que se encuentra una desviación en una ventana de procesos, por lo tanto, tienen anomalías y no pasan a un mecanizado y/o procesamiento posterior.
30 De esta manera, se garantiza que solo los productos de laminado de anillos del tipo que cumplan con los criterios requeridos pasen a un mecanizado y/o procesamiento posterior. Esto incluye la demanda de una estructura también circunferencialmente uniforme.

35 Debido al comportamiento típicamente cambiante del material de la pieza bruta laminada a lo largo del tiempo de laminado y los parámetros del proceso que tienen en cuenta los cambios en el comportamiento de la máquina de laminado de anillos, los productos de laminado de anillos pueden producirse dentro de los límites de tolerancia estrechos, especialmente sin la necesidad de intervención manual en el proceso de laminado.

40 De acuerdo con la segunda solución propuesta, siempre que, durante el tiempo de laminado, la máquina de laminado de anillos se activa en una secuencia de tiempo predeterminada mediante el uso de valores de preprocesamiento que pueden cambiar durante el tiempo de laminado. Por consiguiente, estos valores de preprocesamiento dependen de la ventana de procesos predefinida. Dichos valores pueden disponerse, por ejemplo, en una curva que se encuentra entre la curva de punto de ajuste superior y la curva de punto de ajuste inferior, aunque el curso de esta curva de accionamiento no tiene que corresponder al curso de la ventana de procesos o la curva de punto de ajuste superior e inferior de la misma.
45 De esta manera, la máquina de laminado de anillos se acciona sobre la base del comportamiento de conformación de la pieza bruta anular y el comportamiento de la máquina durante el tiempo de laminado. Por lo tanto, también es posible usar este concepto para producir de manera reproducible los productos de laminado de anillos incluso dentro de los límites de tolerancia estrechos con respecto a la geometría y la estructura.

50 En el desarrollo de este método, siempre que esto se combine con el método descrito primero.

Una ventaja particular de este método es que la máquina de laminado de anillos en sí no requiere extensiones complejas o costosas para poder producir productos de laminado de anillos dentro de los límites de tolerancia particularmente estrechos de una manera reproducible que corresponda a los requisitos. Más bien, el control de la máquina existente de la máquina de laminado de anillos es suficiente para monitorear el proceso de laminado para producir productos de laminado de anillos de manera reproducible. Otra ventaja es que el método puede llevarse a cabo sin el riesgo de conformación de grano grueso. El crecimiento de grano local de este tipo puede evitarse por medio de una tasa de conformación correspondiente. Finalmente, en cada etapa de laminado durante el laminado de anillos, cada región en la sección transversal del anillo puede someterse a una tasa de conformación predeterminada.
60 Durante el laminado de anillos, la última etapa de laminado que es responsable de la conformación de grano grueso residual durante un proceso de forja puede realizarse de manera que todas las regiones de sección transversal del anillo se someten a una conformación suficiente para suprimir de manera efectiva la conformación de grano grueso.

65 Las ventanas de procesos se crean en relación con los parámetros del proceso que típicamente ya se monitorean en el lado de la máquina de laminado de anillos y los valores de preprocesamiento se derivan de dichas ventanas en cada caso. Las ventanas de procesos incluyen parámetros del proceso, tal como la tasa de crecimiento del anillo o la

temperatura de la pieza bruta laminada que cambia durante el proceso de laminado, como los valores de resultado, mientras que las ventanas de procesos adicionales, tal como la fuerza de laminación axial y/o radial o el tiempo de laminado, afectan a los actuadores que ejercen una influencia en el resultado de laminación. Preferentemente, los parámetros del proceso de cada uno de los dos grupos mencionados anteriormente se definen como las ventanas de procesos.

Además de las ventajas de reproducibilidad que ya son evidentes a partir de las descripciones anteriores en este concepto de laminado de anillos, estos métodos también tienen la ventaja sobre la forja con estampa de que la cantidad de material sin usar (desperdicio de material) puede reducirse al mínimo. También debe enfatizarse en este punto que el proceso de laminado de anillos puede usarse para crear geometrías que no pueden producirse mediante forja, tal como los socavados. Por esta razón, es posible, por ejemplo, producir un producto de laminado de anillos en el mismo proceso de laminado que contiene el producto final real muchas veces, específicamente en una disposición simétrica de espejo uno con respecto a otro. Por lo tanto, en un solo proceso de laminado, puede crearse una pluralidad de productos de laminado de anillos inicialmente contiguos, solo siendo necesario separar el producto de laminado de anillos en sus productos individuales después del laminado. Los productos de este tipo también se abordan en el contexto de estas modalidades como productos de laminado de anillos.

Debido a las propiedades descritas, los métodos descritos anteriormente también son adecuados para producir productos de laminado de anillos a partir de aleaciones sensibles a las grietas, como es el caso, por ejemplo, con aleaciones a base de níquel, como UDIMET® 720 o Inconel® 718, entre otros.

Esto se debe al ajuste especial y muy adaptable de las etapas individuales de laminado de anillos. Por lo tanto, una aplicación preferida de este método es la producción de productos de laminado de anillos a partir de una aleación de este tipo, especialmente cuando dichos productos de laminado de anillos se usan en regiones más estresadas, tal como en motores, específicamente también como piezas giratorias.

Los métodos reivindicados se explican a continuación sobre la base de diagramas, en los que:

La Figura 1: es un diagrama que muestra la fuerza de laminación radial, trazada sobre el tiempo de laminado,

La Figura 2: es un diagrama que muestra la fuerza de laminación axial, trazada sobre el tiempo de laminado,

La Figura 3: es un diagrama que muestra la tasa de crecimiento del anillo, trazada durante el tiempo de laminado, y

La Figura 4: es un diagrama que muestra la temperatura de una pieza bruta laminada, trazado durante el tiempo de laminado.

Sobre la base de los especímenes de calibración que se hicieron mediante el uso de piezas brutas anulares correspondientes a los que también se usaron para producir los productos de laminado de anillos posteriores, se determinó que los parámetros del proceso eran los valores de preprocesamiento por medio de los cuales se lleva a cabo el proceso de laminado de anillos. Para evitar que la cantidad de especímenes de calibración sea demasiado grande, los parámetros del proceso derivados de simulaciones previas se usan para el control del proceso de los especímenes de calibración. Los parámetros del proceso se determinan a partir de una cantidad particular de especímenes de calibración laminadas específicamente en la máquina de laminado de anillos proporcionada para producir los productos de laminado de anillos, cuyos parámetros deben mantenerse, de manera que el control del proceso posterior para producir los productos de laminado de anillos deseados pueda producirse sin intervención manual y dentro de los límites de tolerancia deseados. Se usa una máquina de laminado de anillos radial-axial. Se evalúan los resultados de esos especímenes de calibración por medio de los cuales se logra el resultado de laminación deseado en términos de geometría y estructura en la etapa de laminado que va a considerarse. Se definieron una curva de punto de ajuste inferior y una curva de punto de ajuste superior con respecto a los parámetros del proceso particulares a partir de los parámetros del proceso de los especímenes de calibración, cuyas dos curvas delimitan una ventana de procesos. Cada pieza bruta anular que se lamina mediante el uso de los parámetros del proceso dentro de estas ventanas de procesos cumple los requisitos exigidos por el producto de laminado de anillos formado por esta etapa de laminado, específicamente en términos de geometría y estructura. Por lo tanto, solo aquellos productos de laminado de anillos cuyos parámetros del proceso en ese momento se encuentran dentro de las ventanas de procesos predefinidas pasan a mecanizado y/o procesamiento adicional.

La Figura 1 muestra la ventana de procesos para la fuerza de laminación radial, cuya ventana de procesos se localiza entre una curva de punto de ajuste inferior S_u y una curva de punto de ajuste superior S_o . La ventana de procesos se indica en la Figura 1 por el signo de referencia P_{RL} . El curso de la ventana de procesos P_{RL} durante el tiempo de laminado muestra que, en esta etapa de laminado, la fuerza de laminación radial no permanece constante, sino que se reduce hacia el final de la etapa de laminado para lograr el resultado de laminación deseado. De manera que el producto de laminado de anillos tenga las propiedades deseadas en la modalidad ilustrada, el método se lleva a cabo al tener en cuenta una pluralidad de ventanas de procesos. Por lo tanto, los parámetros del proceso en ese momento se monitorean para el proceso de laminado de anillos para producir productos de laminado de anillos, al menos con respecto a las ventanas de procesos predefinidas, específicamente si se encuentran o no desviaciones de la(s) ventana(s) de procesos aprobada(s).

La Figura 2 muestra un diagrama, correspondiente al de la Figura 1, en el que el cambio en la fuerza de laminación axial se representa a lo largo del tiempo de laminado. La ventana de procesos relacionada P_{AF} , delimitada por la curva

de punto de ajuste inferior S_u y la curva de punto de ajuste superior S_o , como envolventes, muestra un curso diferente durante el tiempo de laminado en contraste con el curso de la ventana de procesos P_{RL} . Si bien la fuerza de laminación radial debe permanecer casi constante en un primer período de tiempo hasta que comience a reducirse para lograr las propiedades deseadas, la fuerza de laminación axial debe aumentar durante el tiempo de laminado a un máximo para reducirse además en una última porción de laminado.

En los dos diagramas de las Figuras 1 y 2, se registran las curvas de los parámetros del proceso de las piezas brutas laminadas mediante el uso de la máquina de laminado de anillos, en donde la máquina de laminado de anillos se ha accionado mediante el uso de valores de preprocesamiento con respecto a la fuerza de laminación radial y la fuerza de laminación axial durante el tiempo de laminado, para que el producto de laminado de anillos cumpla los requisitos deseados. El rango de fluctuación en el parámetro del proceso observado relevante -fuerza de laminación radial o fuerza de laminación axial- resulta principalmente de la regulación del lado de la máquina de la separación de laminación radial o axial.

La Figura 3 muestra un diagrama en el que la ventana de procesos P_{RGW} que define la tasa de crecimiento del anillo se representa a lo largo del tiempo de laminado. La ventana de procesos P_{RGW} se ha determinado de la misma manera que ya se ha descrito para las ventanas de procesos P_{RL} y P_{AL} . Con respecto al parámetro del proceso de la tasa de crecimiento del anillo, la Figura 3 también muestra claramente que, para lograr las propiedades deseadas del producto de laminado de anillos en esta modalidad específica, el crecimiento del anillo durante el tiempo de laminado no es constante. Es típico un transitorio inicial con respecto al crecimiento del anillo, que termina después de aproximadamente ocho segundos de tiempo de laminado. Esto se debe a excentricidades y/o una distribución desigual del material en la pieza bruta anular. Esto se compensa en los primeros segundos de laminado.

La Figura 4 muestra el perfil de temperatura requerido que debe seguir una pieza bruta laminada para cumplir con el producto de laminado de anillos de la etapa de laminado de anillos representada en los diagramas, en base a la ventana de procesos P_T .

Además de las ventanas de procesos P_{RL} , P_{AL} , P_{RGW} y P_T mostradas en los diagramas de las Figuras 1 a 4, los parámetros del proceso adicional pueden monitorearse de la misma manera.

No hace falta decir que las ventanas de procesos que se muestran a manera de ejemplo en las figuras se refieren a una geometría específica de la pieza bruta de laminado de anillos y del producto de laminado de anillos producido a partir de la misma, y que, en caso de un cambio en la geometría y/o material, las ventanas de procesos para lograr el producto de laminado de anillos deseado durante el tiempo de laminado tienen un curso diferente. Las piezas brutas anulares que se muestran en los diagramas de las Figuras 1 a 4 eran de aleación de níquel (Inconel® 718). Para que el producto laminado sea de grano fino de acuerdo con los requisitos deseados, el proceso de laminado se realizó por debajo de la temperatura de δ -solvus, como también queda claro desde la ventana de procesos P_T .

Las pruebas también se llevaron a cabo en piezas brutas de laminado de anillos hechas de otra aleación a base de níquel, específicamente, la aleación UDIMET® 720. Los resultados fueron igualmente satisfactorios. El espectro de aleación de las aleaciones experimentales usadas se muestra a continuación:

	UDIMET® 720	Inconel® 718
Ni	Traza	Traza
Co	14,7	
Fe		18
Cr	16,0	18
Mo	3,0	3,0
W	1,25	
Al	2,0	0,45
Ti	5,0	0,9
Nb		5,0
Zr	0,03	
B	0,02	0,004

Las piezas brutas anulares se produjeron a partir de la aleación a base de níquel de una manera conocida per se, específicamente mediante el procesamiento adicional de una pieza de conexión forjada que se había estampado en una primera etapa, posteriormente grabada y perforada en una tercera etapa. Todas las etapas del proceso se llevaron

a cabo como etapas de conformación en caliente.

5 Si los productos de laminado de anillos que tienen una estructura de grano particularmente fino se van a formar a partir de piezas brutas anulares hechas de una aleación a base de níquel, la pieza bruta de laminado de anillos se produce preferentemente por medio de un proceso de estampado, como se describe anteriormente, ya que la pieza bruta anular ya tiene un grano fino en un amplio rango de volumen. El proceso de laminado de anillos contorneado hace posible crear también estructuras más complejas en el producto de laminado de anillos. En este caso, para evitar que las regiones que están expuestas a este respecto, tales como porciones o bordes más delgados, se enfríen demasiado rápido, puede ser necesario calentar también de manera adaptativa estas regiones durante el laminado de 10 anillos. De una manera particular, puede mantenerse un grado mínimo de conformación por medio de un laminado de anillos sobre toda la sección transversal del producto laminado para suprimir de manera efectiva la conformación de grano grueso.

REIVINDICACIONES

1. Método para producir de manera reproducible un producto de laminado de anillos contorneado para una aplicación giratoria, con una máquina de laminado de anillos controlada de manera monitoreada por el proceso, en particular a partir de una pieza bruta anular metálica de tal naturaleza que es susceptible a grietas, que comprende las etapas:
- definir al menos una ventana de procesos, que se extiende durante el tiempo de laminado, en relación con los parámetros del proceso preseleccionados para un producto de laminado de anillos específico que debe introducirse en su forma final por esta máquina de laminado de anillos sobre la base de los especímenes de calibración que se han introducido en su forma final por esta máquina de laminado de anillos, en donde la ventana o ventanas de procesos de los parámetros del proceso monitoreados cuando se lleva a cabo el proceso, se determina(n) por los parámetros del proceso de los especímenes de calibración en los cuales el producto de laminado cumple con los requisitos exigidos por el producto de laminado de anillos que va a producirse, en donde los parámetros del proceso preseleccionados comprenden al menos dos de los siguientes parámetros del proceso:
 - tasa de crecimiento del anillo,
 - fuerza de laminación axial,
 - fuerza de laminación radial,
 - tiempo de laminado,
 - temperatura de la pieza bruta anular durante el proceso de laminado, y posteriormente
 - laminado de anillos de piezas brutas anulares de forma contorneada para producir los productos de laminado de anillos, en donde los parámetros de laminado de la pieza bruta laminada en ese momento se registran con referencia a los al menos dos parámetros del proceso seleccionados y luego se evalúan para determinar si estos parámetros del proceso se encuentran dentro de la ventana de procesos predefinida, y solo aquellos productos de laminado de anillos que se han laminado en anillo con los parámetros del proceso que se encuentran dentro de las ventanas de procesos se transmiten para su mecanizado y/o procesamiento adicional.
2. Método para producir de manera reproducible un producto de laminado de anillos contorneado para una aplicación giratoria, con una máquina de laminado de anillos controlada de manera monitoreada por el proceso, en particular a partir de una pieza bruta anular metálica de tal naturaleza que es susceptible a grietas, que comprende las etapas:
- definir al menos una ventana de procesos, que se extiende durante el tiempo de laminado, en relación con los parámetros del proceso preseleccionados para un producto de laminado de anillos específico que debe introducirse en su forma final por esta máquina de laminado de anillos sobre la base de los especímenes de calibración que se han introducido en su forma final por esta máquina de laminado de anillos, en donde la ventana o ventanas de procesos de los parámetros del proceso monitoreados cuando se lleva a cabo el proceso, se determina(n) por los parámetros del proceso de los especímenes de calibración en los cuales el producto de laminado cumple con los requisitos exigidos por el producto de laminado de anillos que va a producirse, en donde los parámetros del proceso preseleccionados comprenden al menos dos de los siguientes parámetros del proceso:
 - tasa de crecimiento del anillo,
 - fuerza de laminación axial,
 - fuerza de laminación radial,
 - tiempo de laminado,
 - temperatura de la pieza bruta anular durante el proceso de laminado, y posteriormente
 - laminado de anillos de piezas brutas anulares de manera contorneada para producir los productos de laminado de anillos, en donde al menos un parámetro del proceso que ejerce una influencia en una ventana de procesos se usa como un valor de preprocesamiento para el control del proceso de laminado en el lado de la máquina.
3. Método de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque los parámetros de laminado de la pieza bruta laminada en ese momento se registran con referencia a los al menos dos parámetros del proceso seleccionados y luego se evalúan para determinar si estos parámetros del proceso se encuentran dentro de la ventana de procesos predefinida, y solo aquellos productos de laminado de anillos que se han laminado en anillo con los parámetros del proceso que se encuentran dentro de las ventanas de procesos se transmiten para su mecanizado y/o procesamiento adicional.
4. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque para la duración del laminado de anillos, la pieza bruta anular muestra una temperatura que está solo un poco por debajo de su temperatura solvus, o se mantiene a dicha temperatura, porque, durante el proceso de laminado, la pieza bruta anular se vuelve a calentar una o más veces.
5. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque, durante el laminado de anillos de la pieza bruta anular, regiones en sección transversal que se someten a un enfriamiento más

rápido se vuelven a calentar.

- 5 6. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque los primeros especímenes de calibración se laminan en la máquina de laminado de anillos con parámetros del proceso que se derivan de simulaciones.
7. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque las piezas brutas anulares se fabrican de aleación a base de níquel.
- 10 8. Método de conformidad con la reivindicación 7, caracterizado porque el método se lleva a cabo en las piezas brutas anulares de una aleación de UDIMET® 720 o Inconel® 718.
- 15 9. Método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado porque a partir de las piezas brutas anulares, tal como un producto laminado en anillo, se produce un componente giratorio de una unidad de propulsión, tal como una pala de turbina.

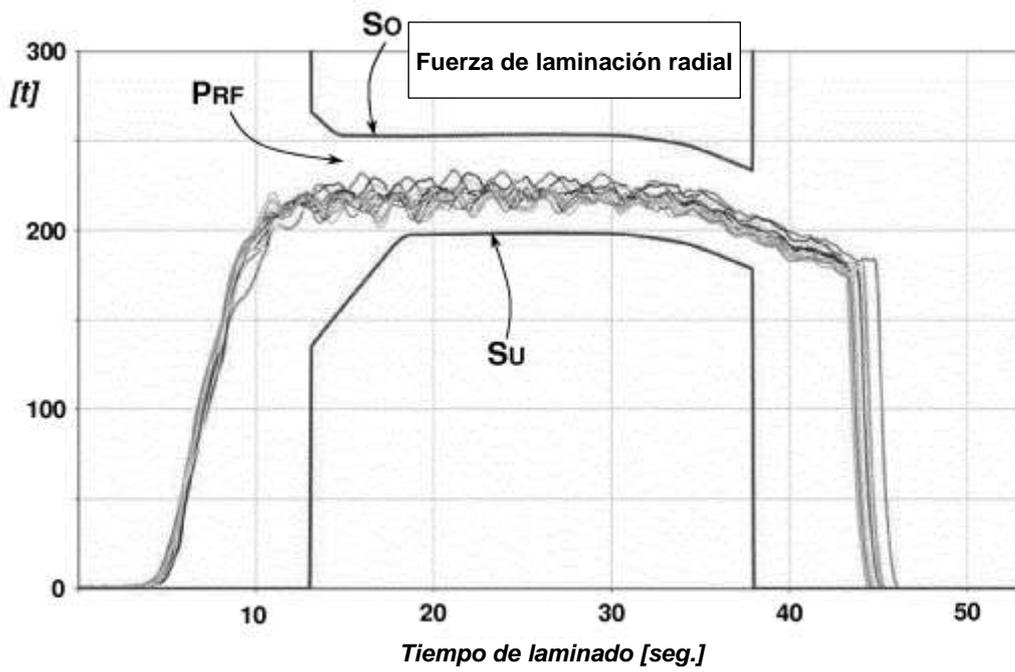


Figura 1

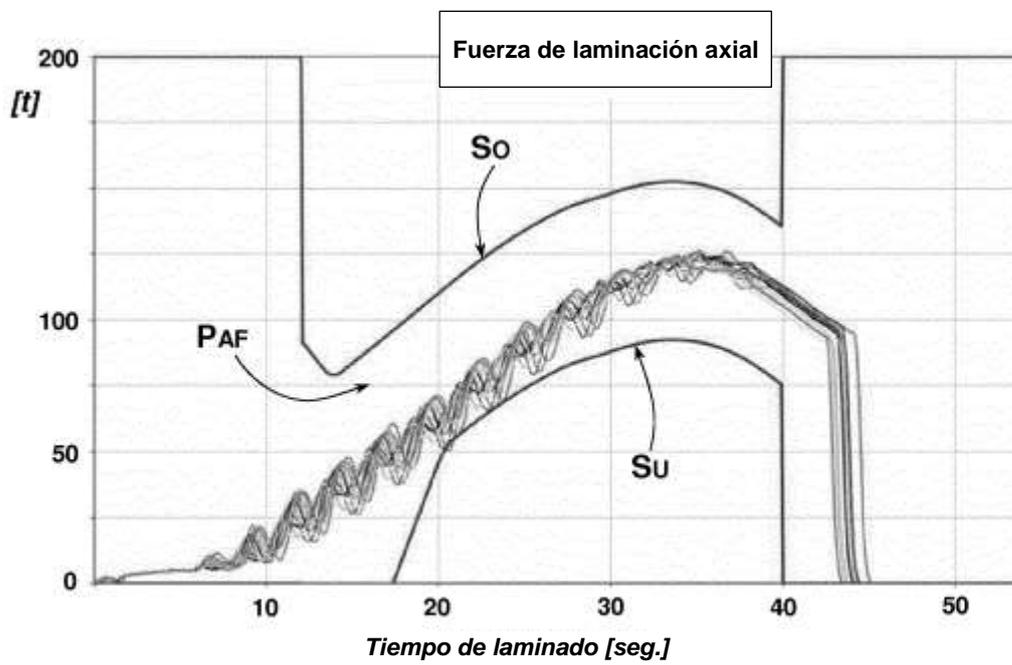


Figura 2

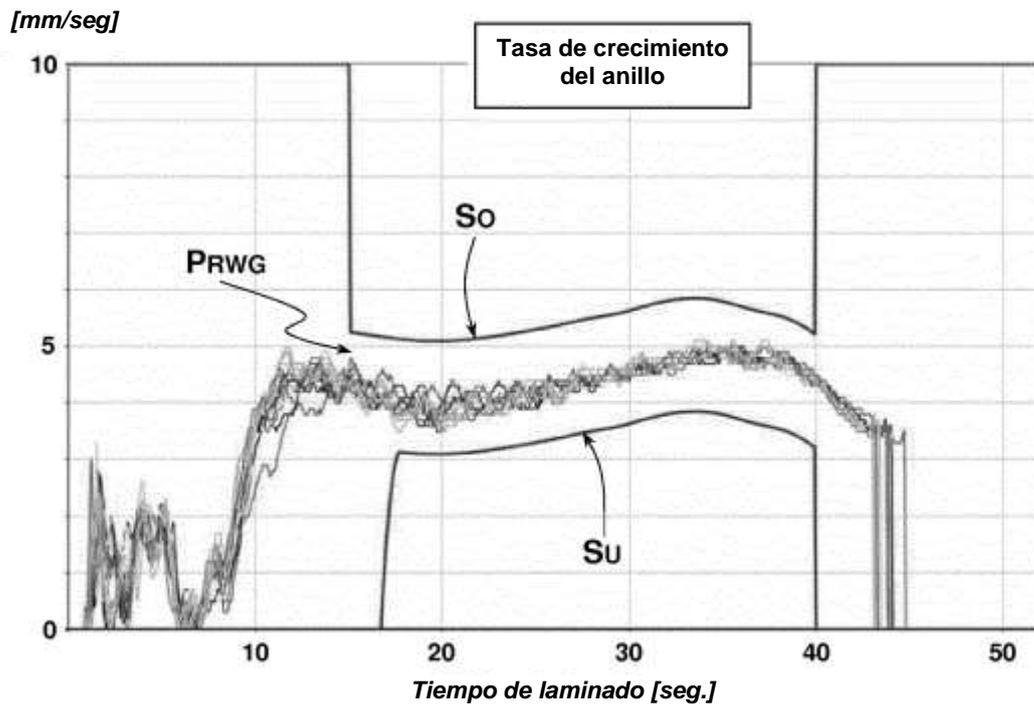


Figura 3

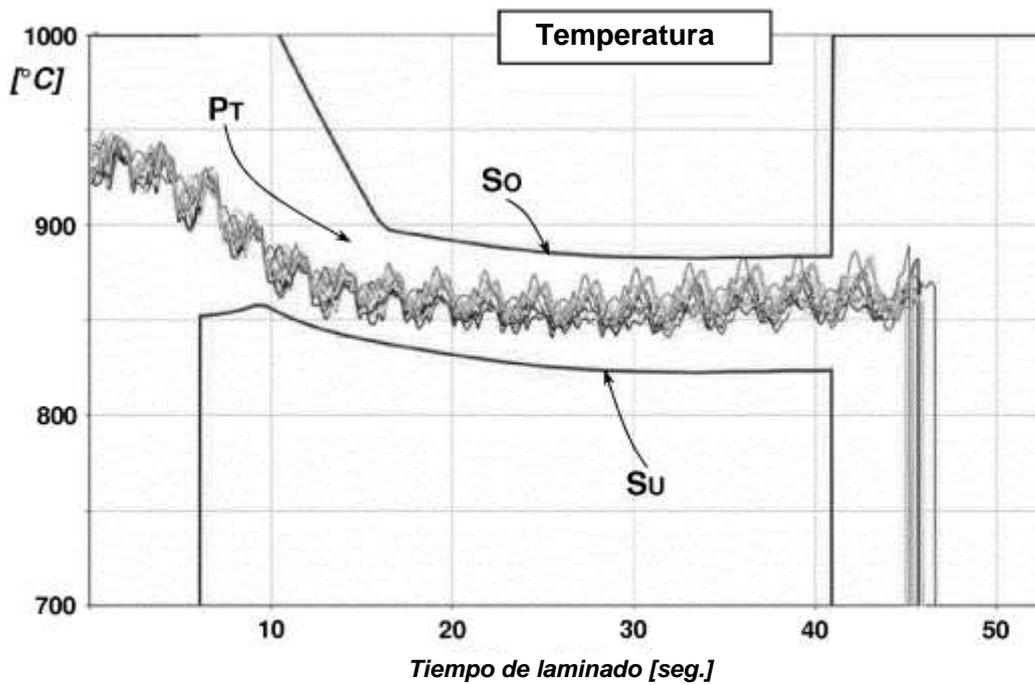


Figura 4