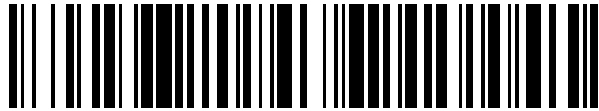


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 753**

51 Int. Cl.:

B23H 9/10 (2006.01)

F01D 9/04 (2006.01)

B23H 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.03.2012 E 12159601 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.05.2016 EP 2639004**

54 Título: **Segmento de corona de álabes con superficie de delimitación de espacio anular con un perfil de altura ondulado así como procedimiento para fabricar el mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
07.09.2016

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES GMBH (100.0%)
Dachauer Strasse 665
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**PERNLEITNER, MARTIN;
DR. BICHLMAIER, CHRISTOPH y
DR. ZSCHERP, CARSTEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 581 753 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

Segmento de corona de álabes con superficie de delimitación de espacio anular con un perfil de altura ondulado así como procedimiento para fabricar el mismo

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para mecanizar una pieza de trabajo, en el que un electrodo se dispone a una distancia de la pieza de trabajo que va a mecanizarse y se desplaza de manera lineal en dirección de la pieza de trabajo que va a mecanizarse, para provocar que durante la aproximación a la pieza de trabajo se desprenda material de la pieza de trabajo, discurriendo al menos un extremo o una sección de un extremo de una superficie que va a mecanizarse de la pieza de trabajo de manera oblicua con respecto a un canto de guía del electrodo que mecaniza esta superficie y moviéndose el electrodo al menos en parte con la superficie de electrodo en paralelo a la superficie que va a mecanizarse, de modo que en la aproximación a la pieza de trabajo aparecen zonas de la pieza de trabajo mecanizadas con diferente intensidad con un canto de borde irregular; además, la presente invención se refiere a segmentos de corona de álabes para una corona de álabes de una turbomáquina así como a una corona de álabes correspondiente, fabricándose los segmentos de corona de álabes con el procedimiento mencionado anteriormente.

10

15

20

Estado de la técnica

Para turbomáquinas, tales como por ejemplo turbinas de gas o grupos motopropulsores, pueden usarse coronas de álabes en las que una pluralidad de segmentos de corona de álabes se componen de respectivamente al menos una hoja de álabe y un anillo de refuerzo interior y/o exterior para formar una corona de álabes. Los perfiles de álabe de los segmentos de corona de álabes individuales definen entre sí un espacio anular a través del que fluye el gas de trabajo, delimitándose el espacio anular mediante los anillos de refuerzo y presentando los anillos de refuerzo superficies de delimitación de espacio anular correspondientes.

25

30

Los segmentos de corona de álabes de este tipo se fabrican según el estado de la técnica mediante colada o forjado, siendo necesario, en particular, en el caso de materiales más nuevos y ligeros, tales como por ejemplo materiales de TiAl, un forjado para aumentar la resistencia. Los segmentos de corona de álabes fabricados correspondientemente tienen que mecanizarse posteriormente de manera mecánica para alcanzar la forma de superficie deseada, donde se usan, por ejemplo, procedimientos de mecanizado electroquímico en los que con ayuda de electrodos de trabajo y electrolitos adecuados se alcanza una remoción electroquímica de material de la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse.

35

40

En el caso del mecanizado electroquímico, se aproxima el electrodo de trabajo en un movimiento lineal a la superficie de la pieza de trabajo que va a mecanizarse, de modo que mediante el potencial ajustado entre el electrodo de trabajo y la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse tiene lugar una remoción de material correspondiente. Mediante el movimiento lineal del electrodo en dirección de la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse, durante el mecanizado, según la distancia de la superficie que va a mecanizarse y la duración del mecanizado se llega a una remoción de material de intensidad diferente. De manera correspondiente, puede llegarse mediante un circuito de movimiento predefinido del electrodo y la geometría del segmento de corona de álabes a la formación de un perfil de altura a lo largo del canto de extremo de anillos de refuerzo del segmento de corona de álabes, en particular en el caso de zonas de extremo configuradas en forma de Z de anillos de refuerzo exteriores que se usan para conectar en arrastre de forma segmentos de corona de álabes adyacentes, cuando el canto de extremo del anillo de refuerzo está dispuesto en longitud diferente con distancia diferente con respecto al electrodo. Mediante el mecanizado electroquímico del anillo de refuerzo, mientras el electrodo se mueve a través del extremo en forma de Z del anillo de refuerzo, se llega, por tanto, a una remoción de material de diferente intensidad a lo largo del canto de borde en forma de Z, de modo que en el caso de segmentos de corona de álabes adyacentes surgen escalones entre las superficies de delimitación de espacio anular, lo que conduce a una influencia negativa de las relaciones de flujo en el espacio anular.

45

50

55

El documento US 2009/0211921 A1 divulga un procedimiento para desprender un reborde en un álabe de una turbomáquina de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1, cubriéndose el encastre de álabe terminado de mecanizar con una capa de metal para evitar una remoción adicional. Mediante el recubrimiento se evita una remoción irregular no deseada. El documento EP 1 559 871 A2 divulga un segmento de corona de álabes con una superficie de delimitación de espacio anular ondulada de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 6.

60

Divulgación de la invención

Objetivo de la invención

Por tanto, es objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento para mecanizar una pieza de trabajo, en el que se eviten problemas correspondientes, tal como se dan en el estado de la técnica, debiendo emplearse este procedimiento en particular para mecanizar segmentos de corona de álabes para coronas de álabes de

65

turbomáquinas. Además, deben proporcionarse segmentos de corona de álabes o coronas de álabes en los que se evite el problema de escalones entre superficies de limitación de espacio anular adyacentes en anillos de refuerzo.

Solución técnica

5 Este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación 1 así como un segmento de corona de álabes con las características de la reivindicación 6 y una corona de álabes con las características de la reivindicación 9. Las reivindicaciones dependientes tienen por objeto configuraciones ventajosas.

10 La invención se basa en el conocimiento de que en el caso del mecanizado de una pieza de trabajo, tal como por ejemplo un segmento de corona de álabes, con al menos un electrodo, que se dispone a una distancia de la pieza de trabajo que va a mecanizarse y durante el mecanizado se desplaza de manera lineal en dirección de la pieza de trabajo que va a mecanizarse, puede tropezarse con una remoción de material diferente y una configuración correspondiente de un canto de borde irregular con respecto al perfil de altura de modo que en la zona del mecanizado de intensidad diferente del canto de borde se configura la superficie que va a mecanizarse correspondiente al trazado del canto de borde con un perfil de altura opuesto correspondientemente. Si se mueve, concretamente, el electrodo al menos con una componente de su movimiento, es decir, con un vector parcial del vector de movimiento en paralelo a la superficie que va a mecanizarse de la pieza de trabajo y si una sección del extremo de la superficie que va a mecanizarse de la pieza de trabajo está orientada de manera oblicua con respecto a un canto de guía que guía en dirección de movimiento del electrodo del electrodo que mecaniza, se llega así al caso de que el electrodo alcanza antes determinadas zonas de la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse y mecaniza durante más tiempo o con una distancia menor que otras zonas, de modo que tiene lugar una remoción de material de intensidad diferente. Mediante la previsión de un perfil de altura para la superficie que va a mecanizarse esto puede compensarse, de modo que se corrige el canto de borde con respecto al perfil de altura.

25 De manera correspondiente, en zonas que interactúan antes o durante más tiempo con el electrodo se prevé un perfil elevado y, por tanto, una remoción de material menor, mientras en zonas que interactúan durante menos tiempo o más tarde con el electrodo una remoción de material de mayor intensidad o un valle correspondiente o un perfil de altura bajado.

30 El procedimiento puede emplearse para todos los procedimientos en los que se mueven electrodos de manera correspondiente con respecto a una superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse, tal como por ejemplo el mecanizado electroquímico ECM (*electro chemical machining*), la erosión, la electroerosión EDM (*electro discharge machining*) o la electroerosión electroquímica ECDM (*electro chemical discharge machining*).

35 En particular, el procedimiento de acuerdo con la invención puede emplearse en el mecanizado de segmentos de corona de álabes de una corona de álabes con anillo de refuerzo exterior y/o interior para adaptar los cantos de borde de los anillos de refuerzo de segmentos de corona de álabes adyacentes uno a otro.

40 El procedimiento puede emplearse, por tanto, para la adaptación mutua de los cantos de borde en forma de Z de anillos de refuerzo adyacentes de segmentos de corona de álabes, pudiendo preverse de manera correspondiente al perfil en Z de un extremo de un anillo de refuerzo una topografía en forma de onda o un perfil de altura en forma de onda en la superficie de delimitación de espacio anular del anillo de refuerzo.

45 En el caso de una dirección de movimiento del electrodo transversal con respecto al extremo del anillo de refuerzo con el perfil en forma de Z, el perfil de altura en forma de onda de la superficie de delimitación de espacio anular puede estar configurado de modo que en los salientes del perfil en Z están previstos picos y en las zonas atrasadas del perfil en Z valles. Estos picos y valles del perfil de altura en forma de onda pueden continuarse de acuerdo con la dirección de mecanizado con la que se mueve el electrodo con respecto a la superficie de delimitación de espacio anular, y, ciertamente, por ejemplo, en dirección circunferencial de la corona de álabes, para la que está previsto el segmento de corona de álabes cuando la dirección de movimiento del electrodo se produce en esta dirección.

50 El perfil de altura ondulado puede estar previsto, en particular, en la superficie de delimitación de espacio anular del lado de presión, ya que las influencias de la forma ondulada sobre las relaciones de flujo presentan ahí un impacto menor.

55 Una corona de álabes correspondiente con segmentos de corona de álabes, que presentan superficies de delimitación de espacio anular en forma de onda, puede estar construida de modo que de manera alterna superficies de delimitación de espacio anular rectas y planas limitan con superficies de delimitación de espacio anular en forma de onda, presentando las superficies de delimitación de espacio anular en forma de onda una adaptación del canto de borde al segmento de corona de álabes adyacente. En consecuencia, pueden disponerse de manera alterna segmentos de corona de álabes con respectivamente una superficie de delimitación de espacio anular en forma de onda y una superficie de delimitación de espacio anular lisa y plana. De igual manera, es concebible, respectivamente, prever de manera alterna segmentos de corona de álabes que presenten dos superficies de

delimitación de espacio anular en forma de onda, mientras el segmento de corona de álabes adyacente no presenta ninguna superficie de delimitación de espacio anular en forma de onda, sino únicamente superficies de delimitación de espacio anular lisas y planas. Se entiende por superficie de delimitación de espacio anular lisa y plana una superficie que no presenta ninguna adaptación en forma de onda de la topografía de superficie de acuerdo con la presente invención.

Las diferentes disposiciones de los segmentos de corona de álabes también pueden combinarse entre sí, de modo que, por ejemplo, en primer lugar, se dispongan segmentos de corona de álabes con respectivamente una superficie de delimitación de espacio anular en forma de onda unos al lado de otros y después se reconduzca hacia una disposición alterna de segmentos de corona de álabes con o bien dos superficies de delimitación de espacio anular en forma de onda o bien ninguna superficie de delimitación de espacio anular en forma de onda.

Breve descripción de las figuras

Los dibujos adjuntos muestran de manera claramente esquematizada en

la Figura 1, una parte de una corona de álabes de una turbomáquina con segmentos de corona de álabes adyacentes según el estado de la técnica en representación en perspectiva;
 la Figura 2, una vista superior de un segmento de corona de álabes;
 la Figura 3, una representación parcialmente en corte del segmento de corona de álabes de la Figura 2 de acuerdo con la línea de corte B-B;
 la Figura 4, una representación del mecanizado ECM de un anillo de refuerzo con canto de extremo en forma de Z, mostrando la vista parcial a) una vista superior, la vista parcial b) una vista lateral y la vista parcial c) una vista frontal; y en
 la Figura 5, una representación en perspectiva similar a la representación de la Figura 1 con una superficie de delimitación de espacio anular ondulada de acuerdo con la invención.

Ejemplo de realización

En la siguiente descripción detallada de un ejemplo de realización se aclaran ventajas, rasgos y características adicionales de la presente invención. No obstante, la invención no está limitada a este ejemplo de realización.

La Figura 1 muestra una parte de una corona de álabes con dos segmentos de corona de álabes 1 y 2 adyacentes, tal como se emplean en el caso de turbomáquinas, tales como por ejemplo turbinas de gas o grupos motopropulsores. Los segmentos de corona de álabes 1 y 2 adyacentes presentan en el ejemplo de realización mostrado dos anillos de refuerzo con superficies de delimitación de espacio anular 5, 6, que están configuradas en sus cantos de extremo en una forma en Z de manera complementaria la una con la otra, de modo que los segmentos de corona de álabes 1 y 2 están conectados en arrastre de forma entre sí. Habitualmente se prevé esta forma de perfil en Z en los anillos de refuerzo exteriores, estando girada la Figura 1 180° grados para una mejor representación, de modo que el anillo de refuerzo exterior está representado abajo.

Los segmentos de corona de álabes 1 y 2 presentan respectivamente un perfil de álabe 3 y 4, que están dispuestos con respecto a la dirección circunferencial de la corona de álabes de manera oblicua o transversal y/o curvada.

Las Figuras 2 y 3 muestran una vista superior (Figura 2) de un segmento de corona de álabes 1 así como una representación en corte (Figura 3) a lo largo de la línea de corte B-B de la Figura 2.

En el caso de la fabricación de segmentos de corona de álabes correspondientes, a estos tiene que realizarse un acabado de efecto moldeado, en particular si los segmentos de corona de álabes se han fabricado mediante tecnología de forjado, para conferir a los segmentos de corona de álabes mediante el forjado la firmeza necesaria. Este es el caso, por ejemplo, de segmentos de corona de álabes que deben fabricarse a partir de materiales de TiAl ligeros. Como posible mecanizado de los segmentos de corona de álabes y en particular de las superficies de perfil de álabes y de las superficies de corona de álabes 5 y 6, que delimitan el denominado espacio de perfil entre los perfiles de álabes 3, 4, se tienen en cuenta procedimientos de mecanizado electroquímico. En el denominado mecanizado electroquímico (*electro chemical machining* ECM) se disponen uno o varios electrodos de fórmula en las proximidades de las superficies de pieza de trabajo que van a mecanizarse y se desplazan hasta una distancia definida en dirección de la superficie de pieza de trabajo, de modo que mediante un potencial aplicado entre el electrodo y la superficie de pieza de trabajo en presencia de un electrolito adecuado tiene lugar una remoción de material en la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse. En este caso, con respecto a la remoción de material depende de la duración de mecanizado y la distancia del electrodo desde la superficie de pieza de trabajo que va a mecanizarse.

La Figura 3 muestra, por ejemplo, con las flechas 8 la dirección de movimiento o dirección de avance de los electrodos para el mecanizado de las superficies de perfil del perfil de álabe 3 y de la superficie de delimitación de espacio anular 5 del segmento de corona de álabes 1. El movimiento del electrodo en el caso del mecanizado ECM se produce de manera lineal. En este caso, puede llegarse en caso de disposición determinada de la superficie de

pieza de trabajo que va a mecanizarse al electrodo de trabajo durante la aproximación a una remoción de material de diferente grado en zonas diferentes de la superficie de pieza de trabajo. Esto conduce, por ejemplo, en los extremos de los anillos de refuerzo con perfil en Z a que los cantos de borde de las superficies de delimitación de espacio anular 5, 6 presenten un perfil de altura diferente. En el caso de segmentos de corona de álabes 1 y 2 adyacentes, pueden estar presentes, por tanto, escalones 7 en las zonas de contacto de los segmentos de corona de álabes 1, 2 adyacentes, que no son deseados ya que pueden influenciar de manera desfavorable las relaciones de flujo en el espacio anular.

Las Figuras 4a) a 4c) muestran de nuevo de una manera esquemática cómo puede llegarse a la configuración de los escalones 7 en el caso de segmentos de corona anular adyacentes 1, 2. En la Figura 4a) está mostrada una vista superior de un anillo de refuerzo 10 con un canto de extremo 13 en forma de Z, deslizándose un electrodo de trabajo 11 para mecanizar el anillo de refuerzo 10 correspondiente a la dirección de movimiento, que está designada mediante la flecha de movimiento 12, a través del anillo de refuerzo 10. En este caso, no tiene que tratarse de un movimiento meramente paralelo del electrodo 11 a lo largo del anillo de refuerzo 10 o de la superficie que va a mecanizarse, sino que es suficiente en principio una componente de movimiento, es decir, un vector parcial de movimiento correspondiente a la dirección de movimiento 12. A partir de la Figura 4a) se hace evidente que el electrodo 11 con su canto de guía 14 en el caso del canto de extremo 13 en forma de Z en primer lugar alcanza las puntas 15 sobresalientes del perfil en Z, de modo que ahí comienza un mecanizado o una remoción de material. Con un movimiento adicional en dirección de la dirección de movimiento 12 avanza el mecanizado, de modo que también se alcanza el canto de borde 13 en la zona de los entrantes o muescas 16 y ahí comienza el mecanizado o la remoción de material. No obstante, mediante el movimiento del electrodo 11 en la dirección de movimiento 12 se produce una remoción cuneiforme, tal como está representada en la imagen parcial b) de la Figura 4. Como el canto de borde 13 no discurre en perpendicular a la dirección de movimiento 12, se produce en la vista frontal, es decir, en una vista de acuerdo con la dirección de movimiento 12, una imagen que muestra que en la zona de las puntas 15 ha tenido lugar una remoción de material mayor, mientras en la zona de las zonas retraídas 16 ha tenido lugar una remoción de material menor, de modo que se genera un perfil de altura del canto de borde 13. Como en el caso de un segmento de corona de álabes adyacente se produce el mecanizado de la misma manera, se generan en las zonas de contacto los escalones mostrados en la Figura 1, que no son deseados.

La invención propone ahora corregir el perfil de altura en el canto de borde o adaptarlo en un segmento de corona de álabes adyacente de modo que se regule un perfil de altura en forma de onda en al menos una superficie de delimitación de espacio anular de un segmento de corona de álabes. Esto está mostrado en la Figura 5. En el caso de la forma de realización mostrada, la superficie de delimitación de espacio anular 6 del lado de presión del segmento de corona de álabes 2 está configurada en forma de onda, mientras la superficie de delimitación de espacio anular 5 adyacente en el lado de aspiración del segmento de corona de álabes 1 está configurada todavía lisa. La forma ondulada de la superficie de delimitación de espacio anular 6 está adaptada al canto de borde, de modo que en la zona del canto de borde sobresaliente, es decir, en la zona de los salientes 15, está configurado un pico en el perfil de altura, mientras que en zonas atrasadas, es decir, en la zona de las cavidades 16, están configurados valles en la topografía del perfil de altura en forma de onda de la superficie de delimitación de espacio anular 6. El perfil de altura en forma de onda de la superficie de delimitación de espacio anular 6 continúa de manera correspondiente al movimiento lineal del electrodo y presenta, por ejemplo, en el caso de la presente forma de realización, una extensión en la dirección circunferencial de la corona de álabes.

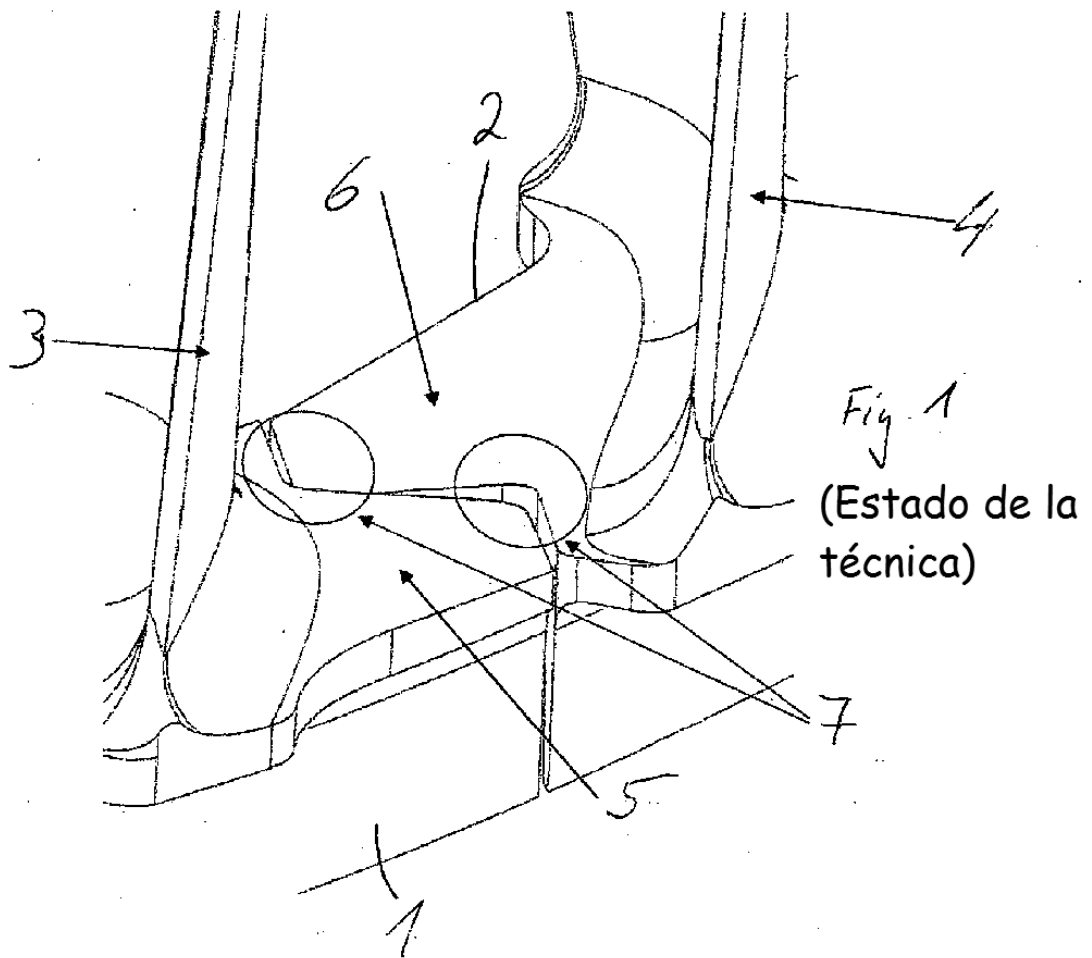
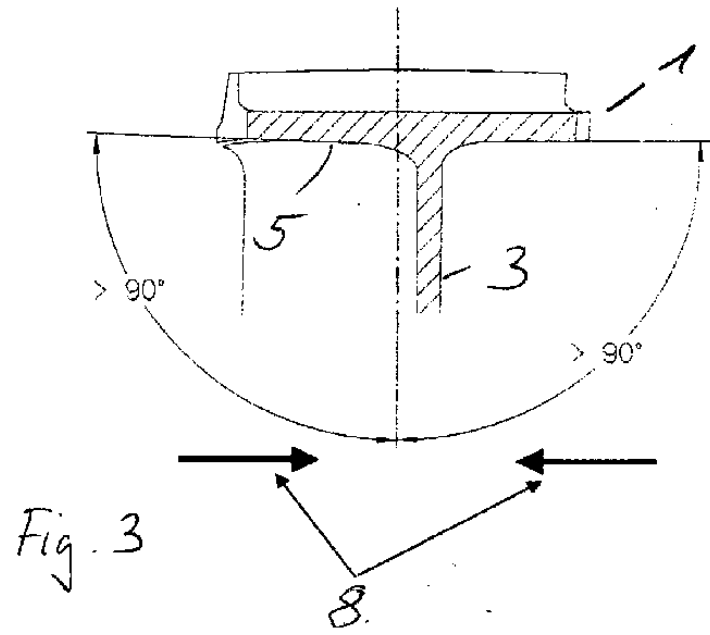
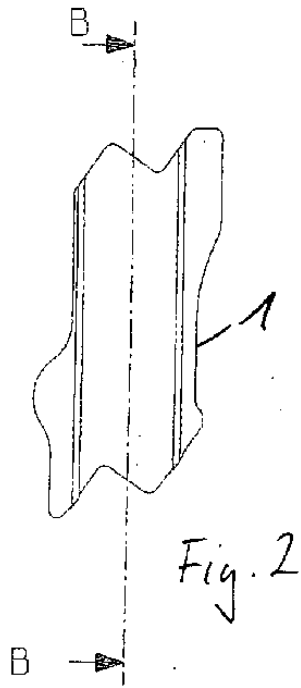
La amplitud del perfil de altura en forma de onda depende del radio de la corona de álabes, del número de los segmentos de corona de álabes, del ángulo de forma o de la conicidad del anillo de refuerzo y de la forma en Z de la zona de extremo del anillo de refuerzo. Cuanto más pequeño es, por ejemplo, el radio de la corona de álabes o cuanto menor es el número de los segmentos de corona de álabes, más intensamente debe configurarse el perfil de altura en forma de onda. El orden de magnitud de la amplitud de un perfil de altura en forma de onda correspondiente está en el intervalo de 0,2 mm a 1 mm, preferentemente de 0,4 mm a 0,8 mm o de 0,5 mm a 0,6 mm, en el caso de un diámetro de corona de álabes en el intervalo de 400 mm a 450 mm y de un número de segmentos de corona de álabes en el intervalo de 75 a 80.

Aunque se ha descrito de manera detallada la presente invención mediante el ejemplo de realización, para el experto en la materia es evidente que la invención no está limitada a este ejemplo de realización. Más bien son posibles modificaciones de manera que se omiten características individuales o se proponen combinaciones de características de otro tipo, sin abandonar el ámbito de protección de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para mecanizar una pieza de trabajo, en el que un electrodo se dispone a una distancia de una pieza de trabajo que va a mecanizarse y se desplaza de manera lineal en dirección de la pieza de trabajo que va a mecanizarse, para provocar que durante la aproximación a la pieza de trabajo se desprenda material de la pieza de trabajo, discurriendo al menos un extremo o una sección de un extremo de una superficie que va a mecanizarse de la pieza de trabajo de manera oblicua con respecto a un canto de guía (14) del electrodo que mecaniza esta superficie y moviéndose el electrodo al menos en parte con la superficie de electrodo en paralelo a la superficie que va a mecanizarse (10), de modo que en la aproximación a la pieza de trabajo aparecen zonas de la pieza de trabajo mecanizadas con diferente intensidad con un canto de borde (13) irregular, caracterizado por que el mecanizado de diferente intensidad en el canto de borde de la superficie que va a mecanizarse se compensa de modo que la superficie que va a mecanizarse está dotada de un perfil de altura adaptado al trazado del extremo de la superficie que va a mecanizarse.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el perfil de altura en zonas (15) en las que el extremo de la superficie que va a mecanizarse sobresale en dirección opuesta a la componente de dirección de movimiento paralela a la superficie y se supera primero por el canto de guía (14) del electrodo, se prevé una remoción de material menor y, por tanto, un perfil elevado, que en zonas (16), en las que el extremo de la superficie que va a mecanizarse está replegado en dirección a la componente de dirección de movimiento paralela a la superficie y se supera más tarde por el canto de guía del electrodo y, por tanto, se prevé un perfil bajado.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el procedimiento usa la remoción de material electroquímica (ECM), la erosión, la electroerosión (EDM [*electro discharge machining*]) o la electroerosión electroquímica (ECDM [*electrochemical discharge machining*]).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se emplea en el mecanizado de segmentos de corona de álabes (1, 2) de una corona de álabes con anillo de refuerzo exterior y/o interior para adaptar uno a otro los cantos de borde de segmentos de corona de álabes adyacentes.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el electrodo se mueve al menos con una componente de movimiento, transversalmente con respecto a un canto en forma de Z del anillo de refuerzo en la dirección circunferencial de la corona de álabes, de modo que el anillo de refuerzo obtiene un perfil de altura con picos y/o valles que discurren en la dirección circunferencial, previéndose los picos en la zona de las secciones del extremo del anillo de refuerzo que sobresalen en dirección circunferencial y los valles en zonas de las secciones del extremo del anillo de refuerzo replegadas en la dirección circunferencial.
6. Segmento de corona de álabes para una corona de álabes de una turbomáquina con un anillo de refuerzo exterior y/o interior, delimitando el anillo de refuerzo con su lado dirigido radialmente al perfil de álabe un espacio anular y definiendo al menos una, de manera preferente respectivamente, una superficie de delimitación de espacio anular (5, 6) en un lado de presión y un lado de aspiración de un perfil de álabe del segmento de corona de álabes, estando configurada al menos una superficie de delimitación de espacio anular con un perfil de altura ondulado, caracterizado por que el perfil de altura ondulado sale de un canto de extremo en forma de Z (13) del anillo de refuerzo, presentando el perfil de altura ondulado picos en la zona de los salientes del canto de extremo en forma de Z y valles en la zona de los entrantes del canto de extremo en forma de Z y extendiéndose los valles y picos en la dirección circunferencial de la corona de álabes.
7. Segmento de corona de álabes según la reivindicación 6, caracterizado por que el perfil de altura ondulado está configurado en la superficie de delimitación de espacio anular (5) del lado de presión y/o en el anillo de refuerzo exterior.
8. Segmento de corona de álabes según una de las reivindicaciones 6 a 7, caracterizado por que el segmento de corona de álabes está forjado y/o configurado sin destalonamientos.

9. Corona de álabes para una turbomáquina con una pluralidad de segmentos de corona de álabes, caracterizada por que los segmentos de corona de álabes comprenden varios segmentos de corona de álabes (1, 2) según una de las reivindicaciones 6 a 8, que están dispuestos en la corona de álabes de modo que los anillos de refuerzo en los puntos de contacto no presentan ningún desplazamiento en altura.
- 5
10. Corona de álabes según la reivindicación 9, caracterizada por que los segmentos de corona de álabes (1, 2) están dispuestos en la corona de álabes de manera alterna con respectivamente un espacio anular ondulado y un espacio anular plano, limitando espacio anular ondulado y plano respectivamente uno con otro, o por que están dispuestos de manera alterna segmentos de corona de álabes sin espacios anulares ondulados y segmentos de corona de álabes con dos espacios anulares ondulados, o por que están previstas combinaciones de las diferentes disposiciones.
- 10



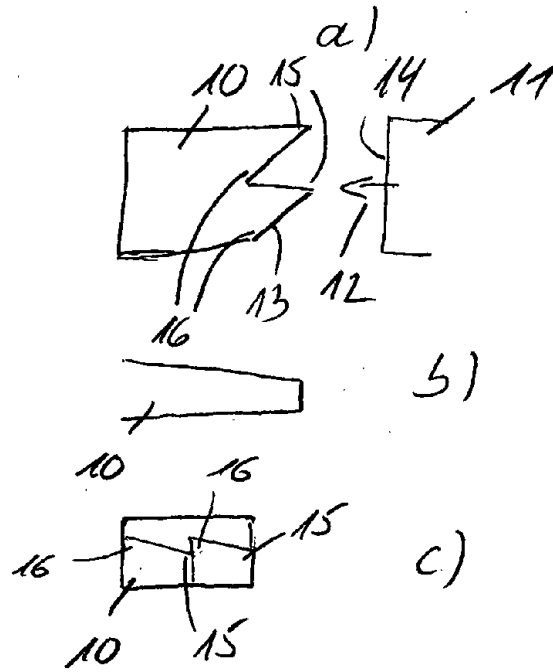


Fig. 4

(Estado de la técnica)

