



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 340 372**

51 Int. Cl.:

B22F 7/06 (2006.01)

C22C 21/00 (2006.01)

F01D 5/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03291800 .5**

96 Fecha de presentación : **21.07.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1384539**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2004**

54 Título: **Álabe compuesto de matriz metálica y su procedimiento de fabricación.**

30 Prioridad: **25.07.2002 FR 02 09444**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
02.06.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
02.06.2010

73 Titular/es: **SNECMA**
2, boulevard du Général Martial Valin
75015 Paris, FR
Forges de Bologne

72 Inventor/es: **Peslerbe, Isabelle;**
Tschofen, Jacques y
Thenaisie, Anne

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 340 372 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

Álabe compuesto de matriz metálica y su procedimiento de fabricación.

5 La presente invención se refiere a la obtención de un álabe que presenta una dirección principal a lo largo de la cual se extienden una zona interior que forma un núcleo y una zona periférica que forma una envuelta que rodea al citado núcleo, presentando el citado núcleo y la citada envuelta una unión metalúrgica entre ellos, estando realizado el citado núcleo en un primer material que presenta al menos una matriz metálica y estando realizada la citada envuelta en un segundo material que presenta al menos una matriz metálica.

10 De modo más preciso, ésta se refiere a:

- un álabe realizado con dos partes formadas por un núcleo realizado en un primer material que presenta al menos una matriz metálica y por una envuelta realizada en un segundo material que presenta al menos una matriz metálica; y
- un procedimiento de fabricación que, por su puesta en práctica, permite la obtención del citado álabe.

20 En particular, de manera no limitativa, la presente invención se refiere a la obtención de un álabe en el cual la matriz metálica del primer material y/o del segundo material presenta el aluminio como metal de base.

En una aplicación preferida, pero no limitativa, la presente invención se refiere a un álabe utilizado en el sector aeronáutico, en particular como álabe móvil o fijo de un compresor, especialmente de baja presión, o bien como un álabe de soplante ("fan") de turborreactor.

25 Sin embargo, la presente invención no está destinada a estar limitada a la realización de álabes del sector aeronáutico.

30 Específicamente, se requieren álabes cada vez más ligeros y que presenten buenas características de resistencia mecánica y de resistencia a la temperatura, para aplicaciones de diversos tipos.

Así, en particular en el ámbito aeronáutico, y de modo más preciso en los turborreactores, se buscan materiales con características óptimas de resistencia mecánica y de resistencia a la temperatura, especialmente para la fabricación de los álabes fijos y/o móviles.

35 Actualmente, a tal efecto se utilizan ampliamente las aleaciones de titanio, lo que especialmente tiene como inconvenientes costes importantes de materia prima, así como un peso considerado a veces también como demasiado importante.

40 Se utilizan también soluciones con miras a la realización de piezas huecas de titanio que permiten aligerar las estructuras, lo que genera técnicas de fabricación, relativamente complejas y costosas.

Puede referirse al documento US 6 218 026 que propone la realización de una pieza mecánica híbrida compuesta especialmente por dos aleaciones diferentes de titanio dispuestas respectivamente en el emplazamiento de las partes interna y externa de la pieza. De acuerdo con este documento de la técnica anterior, la parte interna y la parte externa están unidas entre sí por una unión metalúrgica obtenida por prensado isostático en caliente.

50 En cualquier caso, se pretende obtener una pieza mecánica cuyo módulo de elasticidad sea mayor en la parte interna que en la parte externa con el fin de mejorar las propiedades mecánicas de la pieza sin alterar de modo particular su densidad.

El documento DE-A-4137839 divulga la fabricación de un álabe de turbina por compresión y forjado de un núcleo de aleación de aluminio, eventualmente reforzado con fibras de carbono, y de una envuelta de acero resistente a la erosión.

55 Sin embargo, la intervención de una aleación de titanio es, por otra parte, perjudicial desde el punto de vista de la masa de la pieza mecánica y del coste de materia prima mientras que la técnica de prensado isostático en caliente es de puesta en práctica laboriosa.

60 La presente invención tiene por objetivo paliar los inconvenientes de estas prácticas de la técnica anterior, proponiendo un álabe y su procedimiento de fabricación con la ayuda de técnicas metalúrgicas simples de poner en práctica.

De acuerdo con uno de sus aspectos, la presente invención se refiere entonces a un álabe de acuerdo con la reivindicación 1.

65 De modo característico, las citadas matrices metálicas del primer y del segundo material presentan el mismo metal de base y al menos uno de los citados primero y segundo materiales está formado por un material compuesto de matriz metálica que comprende elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica.

ES 2 340 372 T3

De esta manera, se comprende que es posible obtener una pieza que presente un núcleo y una envuelta entre las cuales esté formada una interfaz formada por una unión físico-química de muy buena calidad debido a la similitud entre el primer y el segundo material que comprenden el mismo metal de base.

Las características de la interfaz entre dos materiales que forman una pieza, que entonces se puede calificar de compleja, son de gran importancia, en particular cuando al menos uno de estos materiales es un material compuesto de matriz metálica: la identidad entre el metal de base que entra en la composición del primer material y del segundo material es a este respecto de una gran importancia en la obtención de un núcleo y de una envuelta que formen entre sí una unión metalúrgica que presente una gran resistencia mecánica.

Además, esta disposición, por la presencia de los elementos de refuerzo, al menos en uno entre el primer material y el segundo material, permite mejorar las propiedades de resistencia mecánica y, eventualmente, de resistencia a la temperatura, de la pieza en la parte que se desea reforzar, al tiempo que se conserve globalmente una densidad similar a aquella de la matriz metálica.

Incidentalmente, se observa que, de acuerdo con la aplicación prevista para el álabe, solamente uno entre el primer material (núcleo) y el segundo material (envuelta), o bien a la vez el primer material y el segundo material (núcleo y envuelta), está constituido o están constituidos por un material compuesto de matriz metálica que comprende elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica.

En este último caso, la composición del primer material es diferente de la del segundo material, al menos en lo que concierne a la proporción de los elementos de refuerzo.

Preferentemente, se adoptan, de manera independiente o combinada, las disposiciones siguientes:

- las citadas matrices metálicas del primer y el segundo material están formadas, respectivamente, por una primera aleación y una segunda aleación, perteneciendo la citada primera aleación y la citada segunda aleación a las aleaciones a base de aluminio de las series 2000, 5000, 6000 o 7000 de acuerdo con las normas ASTM; preferentemente, la citada primera aleación y la citada segunda aleación pertenecen a la misma serie de aleación a base de aluminio entre las series 2000, 5000, 6000 o 7000 de acuerdo con las normas ASTM, en particular a la serie 2000;
- elementos de refuerzo son partículas de carburo de silicio (SiC), de alúmina (Al₂O₃) o de carburo metálico tal como carburo de tungsteno, de boro o de titanio;
- los citados elementos de refuerzo representan como mucho el 50% en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica; preferentemente, los citados elementos de refuerzo representan entre el 5% y el 35%, preferentemente entre el 10% y el 20%, y preferentemente del orden del 15% en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica;
- uno de los citados primero y segundo materiales está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, estando formado el otro de los primero y segundo materiales solamente por la citada matriz metálica;
- el citado primer material está formado solamente por la citada matriz metálica que comprende el aluminio como metal de base y el citado segundo material está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, y estando formados los citados elementos de refuerzo por partículas de carburo de silicio (SiC): esta elección preferente permite beneficiarse de la buena resistencia a la erosión y al impacto del Al/SiC y de su mayor rigidez;
- los citados primero y segundo materiales están formados por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, representando los citados elementos de refuerzo un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica diferente en el citado núcleo y en la citada envuelta;
- los citados elementos de refuerzo representan un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica progresivo en el citado primer material y en el citado segundo material, desde el centro del citado núcleo hacia la periferia de la citada envuelta;
- el citado primer material presenta, para los citados elementos de refuerzo, un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica mayor que en el citado segundo material;
- el citado segundo material presenta, para los citados elementos de refuerzo, un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica mayor que en el citado primer material.

El álabe de acuerdo con la invención puede pertenecer a un compresor, en particular de baja presión, ya sea como álabe fijo o como álabe móvil.

ES 2 340 372 T3

Igualmente, un álabe de este tipo puede aplicarse a la realización de una soplante de turborreactor.

De acuerdo con otro aspecto, en los términos de la reivindicación 15, la presente invención se refiere al procedimiento de fabricación que, por su puesta en práctica, permite la obtención del citado álabe antes mencionado.

En lo que concierne a la realización de la etapa a), son posibles varias soluciones sin salirse del marco de la presente invención.

De acuerdo con una primera solución, la citada etapa a) consiste en formar conjuntamente el núcleo y la envuelta por la técnica de metalurgia de polvos. De acuerdo con esta técnica, que pone en práctica la compresión de un polvo en una matriz, seguida de un tratamiento térmico denominado “sinterizado”, es así posible obtener una pieza metálica que forma directamente el semiproducto.

Esta primera solución está en particular bien adaptada a la situación en la cual se desea obtener un álabe en el que los citados elementos de refuerzo representan un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica progresivo en el citado primer material (núcleo) y en el citado segundo material (envuelta), desde el centro del citado núcleo hacia la periferia de la citada envuelta, ya sea disminuyendo desde el centro o bien aumentando desde el centro, entre por ejemplo, un mínimo del 0% al 10% y un máximo inferior o igual al 50% en peso.

Esta primera solución no se limita sin embargo al caso particular que precede y puede aplicarse igualmente a los dos casos que a continuación se mencionan:

- los citados primero y segundo materiales están formados por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, representando los citados elementos de refuerzo un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica diferente en el citado núcleo y en la citada envuelta,
- uno de los citados primero y segundo materiales está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, estando formado el otro de los citados primero y segundo materiales solamente por la citada matriz metálica.

De acuerdo con una segunda solución, la citada etapa a) consiste en realizar sucesivamente las subetapas siguientes:

- a1) formación de un vástago que se extiende según una dirección longitudinal en el primer material, estando destinado el citado vástago a formar el citado núcleo colocado en el interior del álabe;
- a2) formación de un manguito que se extiende según una dirección longitudinal en el citado segundo material, estando destinado el citado manguito a formar la envuelta del álabe rodeando el citado núcleo;
- a3) introducción del vástago en el manguito para formar un conjunto, y
- a4) paso del citado conjunto a través de un orificio de sección reducida para disminuir al menos una dimensión del citado conjunto según una dirección perpendicular a la citada dirección longitudinal y con el fin de crear una unión metalúrgica entre el citado vástago y el citado manguito.

Esta segunda solución está en particular bien adaptada a la situación en la cual se desea obtener un álabe en el que los citados elementos de refuerzo estén presentes solamente en uno de los citados primero y segundo materiales, estando formado el otro de los citados primero y segundo materiales solamente por la citada matriz metálica. Se privilegia entonces la realización de aquél, entre el núcleo (primer material) y la envuelta (segundo material), que comprenda los elementos de refuerzo por la técnica de metalurgia de polvos.

La subetapa a4) de la segunda solución de la etapa a), consiste en efectuar, preferentemente, un laminado o un estirado del conjunto, es decir por pasadas sucesivas, con fuerza y en caliente, entre pares de cilindros cada vez más próximos o en hileras de sección cada vez más pequeña.

De manera general, esta etapa a) utiliza una técnica que realiza el compactado, en particular la puesta a presión entre el núcleo y la envuelta, ya sea en el momento de su formación conjunta (primera solución), o bien en el momento de su formación inicial como piezas separadas (segunda solución), con el fin de crear entre los materiales que les constituyen una unión de tipo metalúrgico que genere una buena interfaz.

Naturalmente, esta unión de tipo metalúrgico forma un contacto más íntimo que una unión mecánica, estando los primero y segundo materiales tan próximos que intervienen las fuerzas interatómicas. Una interfaz de este tipo permitirá al álabe resistir de manera satisfactoria las diferentes tensiones a las cuales está sometido.

En lo que concierne a la realización de la etapa b) de forjado, son posibles varias soluciones sin salirse del marco de la presente invención.

En efecto, el forjado consiste, de manera general, en una operación metalúrgica que tiene por objeto transformar los lingotes en piezas en bruto de forma determinada por deformación de un metal llevado a una temperatura en la que éste sea suficientemente maleable, obteniéndose la deformación ya sea por choque (pilón, maza), o por presión (prensas con matriz cerrada) entre dos herramientas.

De acuerdo con una solución preferente, esta etapa de forjado consiste en un matizado o estampado. Pueden utilizarse igualmente otras posibilidades de forjado solas, o en combinación con el matizado: forjado en prensa, por pilón...

En particular, el procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención se aplica a un primer material que está formado solamente por la citada matriz metálica que comprende el aluminio como metal de base y a un segundo material que está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, teniendo la citada matriz metálica el aluminio como metal de base y estando formados los citados elementos de refuerzo por partículas de carburo de silicio (SiC): esta elección preferente permite beneficiarse de una muy buena interacción entre una aleación de aluminio y partículas de SiC, como se explica en el documento US 6 135 195, para un material cuyo precio es menor que el del titanio.

Además, la elección del aluminio como metal de base permite beneficiarse de sus buenas propiedades de alargamiento, especialmente en la etapa de forjado e igualmente, en el caso de la segunda solución de la etapa a), durante la etapa a4) de paso por un orificio de sección más reducida (laminado o estirado), así como de su buena resistencia a la corrosión.

La invención se comprenderá mejor, y las características secundarias y sus ventajas se pondrán de manifiesto en el transcurso de la descripción de modos de realización del álabe de acuerdo con la invención dada a continuación a título de ejemplo.

Naturalmente, la descripción y los dibujos se dan únicamente a título indicativo y no limitativo.

Se hará referencia a los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista parcial en sección longitudinal de un turborreactor de doble flujo que muestra una soplante y un acelerador que ilustran a título de ejemplo aplicaciones posibles del álabe de acuerdo con la presente invención,

- la figura 2 es una vista en corte longitudinal de la disposición que permite la realización de una de las etapas del procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención según una de las soluciones posibles,

- las figuras 3 y 4 son vistas en perspectiva de álabes truncados en su extremidad radialmente externa que ilustran aplicaciones posibles del álabe de acuerdo con la presente invención, y

- la figura 5 es una vista parcial en perspectiva con corte según la dirección longitudinal de otro álabe de acuerdo con la presente invención.

Un ejemplo de las aplicaciones posibles del álabe de acuerdo con la presente invención está representado en la figura 1 en forma de un turborreactor de doble flujo 100.

Este turborreactor 100 comprende una estructura tradicional que comprende diferentes elementos dispuestos axialmente alrededor del eje longitudinal 102, en comunicación de fluido entre ellos, a saber especialmente una soplante 104 y un acelerador 106.

Naturalmente, dicho turborreactor comprende los otros elementos tradicionales de una estructura de este tipo, a saber un compresor de alta presión, una cámara de combustión, una turbina de alta presión y una turbina de baja presión, no estando representados estos diferentes elementos suplementarios por razones de claridad.

La soplante 104 y el acelerador 106 son puestos en rotación por la turbina de baja presión gracias al eje de rotor 108.

La soplante 104 comprende una serie de álabes 110 que se extienden radialmente que están montados en un disco anular 112: uno solo de estos álabes aparece en la figura 1. Naturalmente, el disco 112 y los álabes 110 están montados en rotación alrededor del eje 102 del motor 100.

El motor 100 comprende, además, un cárter de soplante 114.

El acelerador 106 comprende varias series de álabes móviles 116 en rotación montados en un disco 118 y entre los cuales están montadas series de álabes fijos 120.

La presente invención se refiere a la obtención de un álabe que puede constituir en particular cada uno de los álabes 110 de la soplante 104 y/o cada uno de los álabes móviles 116 y/o de los álabes fijos 120 del acelerador 106.

ES 2 340 372 T3

Igualmente, el álabe de acuerdo con la presente invención puede constituir igualmente los álabes fijos y/o móviles de otros elementos de un turborreactor, idéntico o diferente del representado en la figura 1, tal como un compresor, en particular un compresor de baja presión.

5 Como ya se ha mencionado anteriormente, es conveniente recordar que el álabe de acuerdo con la presente invención puede encontrar aplicación igualmente en otros ámbitos que el de la aeronáutica para la formación de elementos estructurales que deben resistir mecánicamente, al tiempo que presenten una estructura relativamente ligera.

10 Se va a describir ahora un ejemplo de realización del procedimiento de fabricación de acuerdo con la presente invención que permite la obtención de los álabes mencionados anteriormente.

En este ejemplo de realización no limitativo, se considera la realización de un álabe compuesto por un núcleo realizado de un primer material formado por una aleación a base de aluminio y una envuelta realizada en un segundo material formado por un material compuesto de matriz metálica en el cual la matriz metálica es una aleación a base de aluminio y los elementos de refuerzo son partículas de carburo de silicio (SiC).

En este caso, se forma en primer lugar un vástago 10 de aluminio por técnicas clásicas de fabricación de las aleaciones de aluminio.

20 Igualmente, se fabrica un manguito 20 realizado en el segundo material antes citado que forma un compuesto de matriz metálica que puede obtenerse por la técnica de metalurgia de polvos.

La próxima etapa consiste en introducir el vástago 10 en el interior del manguito 20 con el fin de formar un conjunto 30: está claro que en este estado existe una holgura, o sea un espacio entre la superficie exterior del vástago 10 y la superficie interior de la pared del manguito 20.

Con el fin de solidarizar entre sí el vástago 10 y el manguito 20 del conjunto 30, al tiempo que se tenga una buena interfaz entre estos dos elementos, se elige efectuar un estirado que está representado en la figura 2.

30 En esta figura 2, el conjunto 30 aparece siendo introducido en la entrada 40 de una hilera 42. Esta entrada 40 presenta una forma de tronco de cono con un ángulo en el centro α que forma el ángulo de reducción. Esta entrada 40 presenta un diámetro aguas arriba superior al diámetro exterior del manguito 20, mientras que el diámetro aguas abajo de la entrada 40 presenta un diámetro inferior al diámetro del vástago 10.

35 En consecuencia, el conjunto 30, durante la pasada con fuerza y en caliente a nivel de la entrada 40 de la hilera 42, es reducido en sección por alargamiento, creándose una interfaz entre el vástago 10 y el manguito 20 que forman conjuntamente de esta manera un semiproducto complejo 32 a la salida 44 de la hilera 42.

40 Naturalmente, la etapa de estirado ilustrada en la figura 2 puede comprender varias pasadas sucesivas en hileras que presenten diámetros cada vez más pequeños.

En el ejemplo de realización ilustrado, el ángulo de reducción α es igual a 30°, pudiendo variar este ángulo de reducción, de manera general, entre 1° y 45° y preferentemente entre 5° y 35°.

45 De esta manera, se obtiene una reducción de sección entre el conjunto 30 y el semiproducto complejo 32 del orden del 10% al 70% y, preferentemente, entre el 20% y el 60%.

Se puede observar que esta técnica de estirado, especialmente cuando es efectuada por el paso sucesivo por hileras en serie, permite, por la presión ejercida entre las superficies en contacto por fricción, una buena cohesión entre los materiales que constituyen el núcleo y la envuelta.

50 Este ejemplo de realización ha sido realizado con un vástago 10 que presenta un diámetro de 30 mm realizado en una aleación de aluminio de serie 2024 T4, mientras que el manguito 20 presentaba un diámetro exterior de 70 mm y un diámetro interior de 40 mm que está realizado en un segundo material que forma un material compuesto de matriz metálica, siendo la matriz metálica una aleación de aluminio de serie 2024 T4 y estando compuesto el elemento de refuerzo por partículas de carburo de silicio de un tamaño medio de 5 μ m a la altura del 15% en peso.

Un estirado de este tipo puede efectuarse a temperatura ambiente o bien en caliente, en particular con una temperatura del orden de 400°C.

60 Después del estirado, la etapa posterior del ejemplo de realización descrito de manera detallada consiste en efectuar un forjado por matrizado con miras a dar la forma casi definitiva del álabe.

Este matrizado es realizado por etapas sucesivas en matrices que tienden progresivamente a presentar la forma definitiva del álabe en condiciones de presión y de temperatura adaptadas a los materiales para mantener especialmente una buena interfaz y una buena adhesión entre el núcleo y la envuelta: se han utilizado una temperatura del orden de 430°C y una presión del orden de 100 MPa.

ES 2 340 372 T3

Al final de estas etapas de forjado por matizado del semiproducto 32, se obtiene una pieza en bruto (no representada) que a continuación es mecanizada para llegar a un producto acabado que forma el álabe de acuerdo con la invención, en particular un álabe tal como los que están representados en las figuras 3 a 5.

5 En estas figuras, el álabe 50, que está representado de acuerdo con diferentes formas, comprende un núcleo 52 realizado en el primer material que constituye inicialmente el vástago 10, mientras que la envuelta 54 que rodea al núcleo 52 está realizada en el segundo material que forma inicialmente el manguito 20 del conjunto 30 de la figura 2.

10 Como puede verse en las partes en corte transversal de las figuras 3 y 4, así como en la zona en corte longitudinal de la figura 5, el álabe 50 presenta una regularidad de repartición del primer material y el segundo material entre el núcleo 52 y la envuelta 54.

15 Este resultado muy satisfactorio es obtenido, en contra de cualquier expectativa, por técnicas relativamente simples de poner en práctica, lo que genera propiedades mecánicas homogéneas, especialmente en las diferentes partes del velo 50a del álabe, así como una continuidad entre las propiedades mecánicas del álabe entre el velo 50a y el pie 50b del álabe (véase la figura 5).

20 En este ejemplo de realización, se comprende que se ha colocado la aleación de aluminio en la parte central del álabe, lo que permite beneficiarse de las propiedades de flexión del aluminio mientras que en la superficie, el material compuesto de matriz metálica Al/SiC permite una mayor rigidez y una mejor resistencia al impacto y a la erosión.

25 Naturalmente, de acuerdo con la aplicación a la que esté destinado el álabe obtenido de acuerdo con la presente invención, especialmente de la parte que requiere la mayor rigidez, se puede elegir colocar el material compuesto de matriz metálica Al/SiC en el núcleo (en el interior de la pieza mecánica) o bien en la envuelta (en la superficie de la pieza mecánica).

30 La presente invención no está limitada a la utilización de elementos de refuerzo en forma de partículas de carburo de silicio, pudiendo utilizarse igualmente partículas de alúmina (Al_2O_3) o carburos metálicos, tales como el carburo de tungsteno, el carburo de tungsteno, el carburo de boro o el carburo de titanio.

Igualmente, como ya se ha expuesto en la parte de introducción, la presente invención se aplica igualmente a la realización de un álabe realizado completamente en un material compuesto de matriz metálica, el cual presente una composición progresiva en elementos de refuerzo desde el centro del núcleo hacia la periferia de la envuelta.

REIVINDICACIONES

1. Álabes (50, 110) resultante de una etapa inicial de compresión seguida de una etapa de forjado que permite dar la forma casi definitiva del álabes, presentando el citado álabes una dirección principal a lo largo de la cual se extienden una zona interior que forma un núcleo (52) y una zona periférica que forma una envuelta (54) que rodea al citado núcleo (52), presentando el citado núcleo (52) y la citada envuelta (54) una unión metalúrgica entre ellos resultante de la etapa inicial de compresión, estando realizado el citado núcleo (52) en un primer material que presenta al menos una matriz metálica y estando realizada la citada envuelta (54) en un segundo material que presenta al menos una matriz metálica, presentando la citada matriz metálica del primer material el aluminio como metal de base y estando formado al menos uno de los citados primero y segundo materiales por un material compuesto de matriz metálica que comprende elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, **caracterizado** porque la citada matriz metálica del segundo material presenta el aluminio como metal de base.
2. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado** porque las citadas matrices metálicas del primer y del segundo material están formadas, respectivamente, por una primera aleación y una segunda aleación, perteneciendo la citada primera aleación y la citada segunda aleación a las aleaciones a base de aluminio de las series 2000, 5000, 6000 o 7000 de acuerdo con las normas ASTM.
3. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado** porque la citada primera aleación y la citada segunda aleación pertenecen a la misma serie de aleación a base de aluminio entre las citadas series 2000, 5000, 6000 o 7000 de acuerdo con las normas ASTM, en particular a la serie 2000.
4. Álabes (50, 110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado** porque los citados elementos de refuerzo son partículas de carburo de silicio (SiC), de alúmina (Al₂O₃) o de carburo metálico tal como el carburo de tungsteno, de boro o de titanio.
5. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado** porque los citados elementos de refuerzo representan como mucho el 50% en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica.
6. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado** porque los citados elementos de refuerzo representan entre el 5% y el 35%, preferentemente entre el 10% y el 20%, y preferentemente del orden del 15%, en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica.
7. Álabes (50, 110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque uno de los primero y segundo materiales está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, estando formado el otro de los citados primero y segundo materiales solamente por la citada matriz metálica.
8. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado** porque el citado primer material está formado solamente por la citada matriz metálica que comprende el aluminio como metal de base y porque el citado segundo material está formado por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, teniendo la citada matriz metálica el aluminio como metal de base y estando formados los citados elementos de refuerzo por partículas de carburo de silicio (SiC).
9. Álabes (50, 110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado** porque los citados primero y segundo materiales están formados por el citado material compuesto de matriz metálica que comprende los citados elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica, representando los citados elementos de refuerzo un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica diferente en el citado núcleo (52) y en la citada envuelta (54).
10. Álabes (50, 110) de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado** porque los citados elementos de refuerzo representan un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica progresivo en el citado primer material y en el citado segundo material, desde el centro del citado núcleo (52) hacia la periferia de la citada envuelta (54).
11. Álabes (50, 110) de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado** porque el citado primer material presenta, para los citados elementos de refuerzo, un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica mayor que en el citado segundo material.
12. Álabes (50, 110) de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizado** porque el citado segundo material presenta, para los citados elementos de refuerzo, un porcentaje en peso de la composición del citado material compuesto de matriz metálica mayor que en el citado primer material.

ES 2 340 372 T3

13. Compresor de baja presión que comprende álabes fijos y/o móviles de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

14. Soplane (104) de turborreactor que comprende álabes (110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.

15. Procedimiento de fabricación de un álabe (50, 110) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque comprende sucesivamente las etapas siguientes:

(a) se realiza por compresión un semiproducto que contiene un núcleo (52) y una envuelta (54), presentando el citado núcleo (52) y la citada envuelta (54) una unión metalúrgica entre ellos resultante de la etapa inicial de compresión, presentando el citado núcleo (52) que está realizado en un primer material al menos una matriz metálica a base de aluminio y presentando la citada envuelta (54) que está realizada en un segundo material al menos una matriz metálica a base de aluminio, y estando formado al menos uno de los citados primero y segundo materiales por un material compuesto de matriz metálica que comprende elementos de refuerzo dispersados en el interior de la citada matriz metálica,

(b) se realiza el forjado del semiproducto que contiene el núcleo (52) y la envuelta (54) que han sido comprimidos conjuntamente en la etapa precedente para obtener una pieza en bruto que presenta la forma casi definitiva del álabe, y

(c) se mecaniza la citada pieza en bruto para llegar a un producto acabado que forma el citado álabe.

16. Procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 15 con miras a la obtención de un álabe de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado** porque la citada etapa a) consiste en formar conjuntamente el núcleo (52) y la envuelta (54) por la técnica de metalurgia de polvos.

17. Procedimiento de fabricación de acuerdo con la reivindicación 15 con miras a la obtención de un álabe de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, **caracterizado** porque la citada etapa a) consiste en realizar sucesivamente las subetapas siguientes:

a1) formación de un vástago (10) que se extiende según una dirección longitudinal en el citado primer material, estando destinado el citado vástago (10) a formar el citado núcleo (52) colocado en el interior del álabe;

a2) formación de un manguito (20) que se extiende según una dirección longitudinal en el citado segundo material, estando destinado el citado manguito (20) a formar la envuelta (54) del álabe rodeando el citado núcleo (52);

a3) introducción del vástago (10) en el manguito (20) para formar un conjunto (30), y

a4) paso del citado conjunto (30) a través de un orificio de sección reducida para disminuir al menos una dimensión del citado conjunto según una dirección perpendicular a la citada dirección longitudinal y con el fin de crear una unión metalúrgica entre el citado vástago (10) y el citado manguito (20).

18. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 17, **caracterizado** porque la citada subetapa a4) consiste en efectuar un laminado o un estirado.

19. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 18, **caracterizado** porque la citada etapa b) consiste en efectuar un matizado.

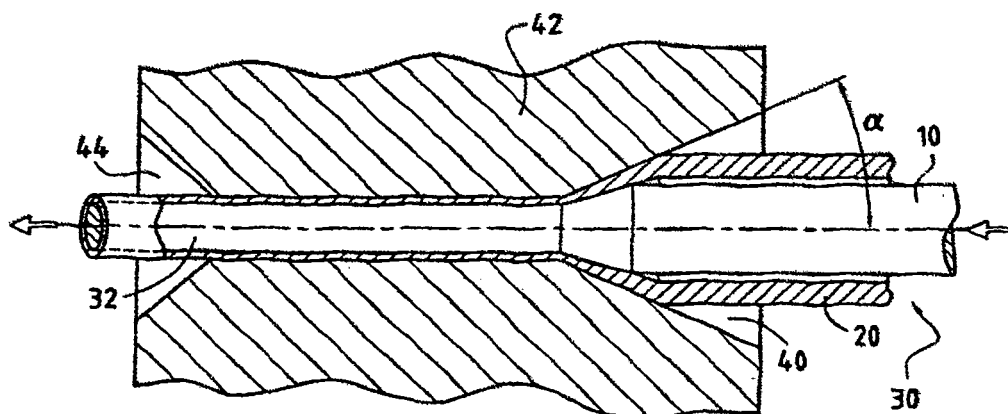
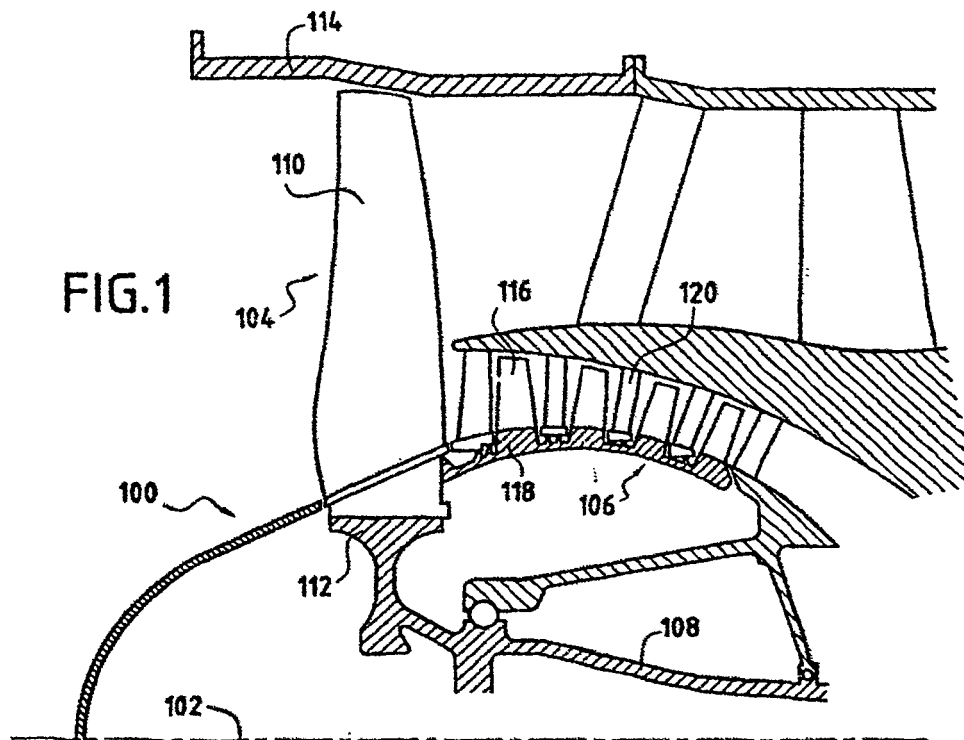


FIG.2

