



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 789**

51 Int. Cl.:  
**B23C 5/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08161193 .1**

96 Fecha de presentación : **25.07.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2030712**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.03.2009**

54 Título: **Fresa de ranurar para mecanización de gran avance y de poca profundidad de pasada.**

30 Prioridad: **30.08.2007 FR 07 06073**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**22.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**22.06.2011**

73 Titular/es: **Snecma**  
**2 bd. du Général Martial Valin**  
**75015 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Rouge, Gilles;**  
**Thoison, Pascal y**  
**Turrini, Claude**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 361 789 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

Fresa de ranurar para mecanización de gran avance y de poca profundidad de pasada.

El presente invento se refiere a una fresa, en particular de ranurar, para mecanización de gran avance y de poca profundidad de pasada, estando ésta fresa adaptada particularmente pero no de modo exclusivo para mecanizar piezas de materiales muy duros utilizados en la industria aeronáutica.

Una turbomáquina de avión comprende por ejemplo numerosas piezas realizadas en materiales de gran dureza tales como materiales compuestos y superaleaciones a base de níquel y cobalto. La mecanización a gran velocidad de estos materiales genera tensiones térmicas y mecánicas importantes en las herramientas de corte que deben por tanto ser realizadas de materiales muy rígidos y resistentes a las temperaturas elevadas.

Es conocido fabricar una fresa de ranurar en un bloque de material de cerámica o de carburo. Una fresa de cerámica presenta una gran dureza, una gran resistencia térmica, y permite mecanizar a gran velocidad y obtener índices de retirada de material importantes. Sin embargo, es costosa de realizar y muy frágil aunque está en general reservada a la mecanización de materiales blandos tales como madera y no es por tanto utilizada en la industria aeronáutica. Una fresa de carburo es menos cara de fabricar y resiste mejor las tensiones mecánicas durante la mecanización. Sin embargo, tiene menos rendimiento y se desgasta más rápidamente que una fresa de cerámica.

Se ha propuesto ya formar una fresa que comprende una primera parte cilíndrica realizada de carburo y que forma el cuerpo de la fresa, en una extremidad de la cual está fijada por soldadura una segunda parte cilíndrica de cerámica que forma la cabeza de la fresa y que incluye aristas de corte. La soldadura se extiende en general en un plano sensiblemente perpendicular al eje de rotación de la fresa. Este tipo de fresa en dos partes es muy ventajosa pues permite limitar la utilización de la cerámica a la cabeza de fresado únicamente y elegir un material de resiliencia superior a la de la cerámica y más económico para realizar el cuerpo de la herramienta. Tal fresa está además particularmente adaptada a la mecanización a gran velocidad de piezas de superaleaciones o de materiales compuestos. La patente EP-B-0 477 093 de la solicitante describe una fresa con las características contenidas en el preámbulo de la reivindicación 1.

Una fresa en dos partes del tipo ya citado presenta sin embargo un inconveniente principal. Durante una operación de mecanización, los esfuerzos de torsión aplicados sobre la herramienta de corte engendran fuerzas de cizalladura importantes en la soldadura que pueden fragilizarla y provocar la separación de la cabeza de fresado y el dañado de la pieza a mecanizar.

El invento propone una solución simple, eficaz y económica a este problema.

Tiene por objeto una fresa de ranurar del tipo ya citado cuyo dimensionamiento y geometría están particularmente adaptados para reducir las fuerzas de cizalladura a las que es sometida la soldadura de unión del cuerpo y de la cabeza de la fresa durante una operación de mecanización.

El invento propone a este efecto una fresa con las características de la reivindicación 1.

Gracias a la combinación de las características geométricas y dimensionales de la fresa según el invento, los esfuerzos de corte que transitan entre los dientes y la pieza en curso de mecanización se traducen por pequeños esfuerzos de torsión en la fresa y por esfuerzo de compresión axial más importantes a los que la fresa es mucho menos sensible. La reducción de los esfuerzos de torsión en la fresa permite disminuir las fuerzas de cizalladura en la soldadura de la fresa y por tanto limitar el riesgo de arranque de la cabeza del cuerpo de la fresa.

La fresa según el invento permite mecanizar a gran velocidad piezas de materiales muy duros, tales como por ejemplo una rodete de Inconel 718 de un compresor centrífugo de turbomáquina. Esta fresa permite alcanzar velocidades de corte y avances importantes, y aumentar el índice de retirada de material de manera que disminuya el tiempo de mecanización de una pieza.

En la presente solicitud, se entiende por plano de referencia  $P_r$ , un plano que pasa por el eje de rotación de la fresa y por un punto considerado de la arista principal de corte de un diente. Un plano de trabajo  $P_f$  es un plano perpendicular al eje de rotación y de la fresa y que pasa por el punto considerado de la arista principal de corte del diente. Un plano hacia atrás  $P_p$  es un plano perpendicular a un plano de referencia y a un plano de trabajo, en el punto considerado de la arista principal de corte. Un plano de arista  $P_s$  es un plano tangente a la arista principal de corte, en un punto considerado de esta arista, y perpendicular al plano de referencia correspondiente. Un plano  $P_n$  es un plano perpendicular a la arista principal de corte, en el punto considerado de esta arista. La cara de corte de un diente es la superficie a lo largo de la cual deslizan las virutas de material, y la cara de incidencia de este diente es la superficie a lo largo de la cual desfilan las superficies engendradas sobre la pieza.

Según una primera característica del invento, la comicidad de la fresa es determinada para limitar los rozamientos entre la superficie externa de la fresa y las paredes laterales de la pieza en curso de mecanización, pudiendo esto rozamientos entrañar tensiones térmicas en la fresa y la pieza mecanizada que provocan una degradación acelerada de la fresa y una deformación de la pieza. Esta comicidad es igualmente determinada para asegurar una buena evacuación de las virutas de material. La fresa tiene por ejemplo una comicidad de aproximadamente  $3^\circ$ .

Según una segunda característica del invento, el perfil de la cara de incidencia, formado por la intersección de la cara de incidencia con un plano que pasa por el eje de la fresa, tiene una forma redondeada convexa hacia el exterior cuyo radio de curvatura es por ejemplo de aproximadamente 12 mm. La forma de este perfil permite limitar los esfuerzos de torsión en la fresa y favorecer *in situ* los esfuerzos de compresión axial en la fresa.

Según una tercera característica del invento, el ángulo de corte radical o lateral  $\gamma_r$ , medido en el plano de trabajo perpendicular al eje de rotación de la fresa y que pasa por el punto considerado de la arista principal, es negativo para aumentar la robustez de la arista de corte y asegurar igualmente una buena evacuación de las virutas. Este ángulo negativo permite también tener un esfuerzo de compresión y no de tracción sobre la arista de corte cuando esta arista se aproxima al final del trazo de corte y la viruta esta lista para sepa-

rarse de la pieza. El ángulo de corte radial  $\gamma_r$  es por ejemplo de  $-5^\circ$  aproximadamente.

De preferencia, la fresa comprende una arista de corte secundaria sensiblemente axial conectada a la arista principal de corte por un pico redondeado de pequeño radio de curvatura, por ejemplo comprendido entre 0,5 y 1 mm. Las aristas principal y secundaria de corte de un diente definen entre sí la cara de corte del diente. El ángulo de corte axial o hacia atrás  $\gamma_p$  entre la cara de corte de cada diente y el plano de referencia, es positivo y está comprendido entre  $1$  y  $5^\circ$  aproximadamente, midiéndose este ángulo en el plano hacia atrás.

La fresa según el invento tiene por tanto una geometría positiva/negativa caracterizada por un ángulo de corte axial  $\gamma_p$  positivo y por un ángulo de corte radial de  $\gamma_r$  negativo. Este tipo de fresa puede soportar esfuerzos de corte muy importantes y superiores a los de una fresa de geometría doble positiva. Esta geometría positiva/negativa permite igualmente velocidades de mecanización elevadas bajo fuertes avances pues el ángulo de corte radial negativo refuerza la resistencia de la arista de corte y el ángulo de corte axial positivo facilita la formación de las virutas dirigiéndolas por el lado opuesto a la cabeza de la fresa.

En función de la aplicación considerada, la fresa según el invento puede comprender de dos a ocho dientes. La fresa tiene por ejemplo un diámetro externo D comprendido entre 10 y 30 mm aproximadamente, y la cabeza de la fresa puede tener una dimensión axial comprendidas entre 5 y 10 mm aproximadamente.

La arista principal de corte puede estar conectada a la cara de corte por un chaflán o bisel de protección de la arista, teniendo este chaflán una dimensión axial comprendida entre 0,01 y 0,3 mm aproximadamente y formando con la cara de corte un ángulo comprendido entre  $10$  y  $30^\circ$  aproximadamente.

Según aún otras características de la fresa según el invento:

- la cara de incidencia se extiende en dirección circunferencial en una distancia comprendida entre 0,1 y 2 mm aproximadamente;

- el ángulo de incidencia entre la cara de incidencia y un plano de arista tangente a un punto considerado de la arista principal de corte y perpendicular al plano de referencia es positivo y comprendido entre  $5$  y  $10^\circ$  aproximadamente, siendo este ángulo medido en un plano normal al punto considerado de la arista. Este ángulo de incidencia  $\alpha$  es por ejemplo de  $7^\circ$  aproximadamente;

- una cara de destalonado se extiende por detrás de la cara de incidencia, el perfil de la cara de destalonado formado por la intersección de esta cara con un plano que pasa por el eje de la fresa, tiene una forma redondeada convexa hacia el exterior cuyo radio de curvatura está comprendido entre 5 y 20 mm aproximadamente. De preferencia, el ángulo de destalonado entre la cara de destalonado y el plano de arista ya citado es positivo y está comprendido entre  $10$  y  $20^\circ$  aproximadamente;

- las caras de incidencia y de destalonado están conectadas a una pared lateral del diente por bordes redondeados que tienen radios de curvatura comprendidos entre 0,5 y 1 mm aproximadamente. Estos bordes redondeados aumentan la resistencia de la fresa y aseguran una repartición más regular del calor y del desgaste;

- los dientes se extienden alrededor de una cavidad anular central de la cabeza, teniendo esta cavidad una forma general troncocónica alineada con el eje de la fresa y cuya base está situada por el lado de la extremidad inferior de la fresa, siendo la parte superior de la cavidad en forma de una parte de esfera cuyo radio está comprendido entre 2 y 8 mm aproximadamente. El ángulo de abertura de esta cavidad puede estar comprendido entre  $90$  y  $150^\circ$  aproximadamente, y es por ejemplo de  $120^\circ$ . La cavidad está de preferencia conectada a las caras de incidencia y de destalonado de cada diente por un borde redondeado que tienen un radio de curvatura comprendido entre 0,5 y 1 mm aproximadamente. Esta cavidad tiene por ejemplo un diámetro comprendido entre 5 y 15 mm aproximadamente, y una altura axial comprendida entre 1 y 3 mm aproximadamente. La fresa que incluye tal cavidad está particularmente adaptada al ranurado oblicuo (o inclinación). En este caso, la fresa está ligeramente inclinada en el sentido del avance con relación a una normal a la pieza mecanizar para que para evitar que la fresa no repose de plano contra la pieza a mecanizar. Esta inclinación  $\delta$  que está comprendida entre  $1$  y  $5^\circ$  aproximadamente, y de preferencia entre  $2$  y  $3^\circ$  aproximadamente, tiene en particular por objeto impedir que la fresa talone, lo que perjudicaría al estado de la superficie de la pieza mecanizada dejando allí marcas más o menos profundas.

El invento propone igualmente un procedimiento de fresado de una pieza de material compuesto o de superaleación, por medio de una fresa de ranurar del tipo descrito anteriormente, caracterizado porque las velocidades de corte  $v_c$  están comprendidas entre 200 y 1.500 m/min, y de preferencia entre 600 y 1.000 m/min, los avances por diente  $f_z$  están comprendidos entre 0,1 y 1 mm/diente, y de preferencia entre 0,2 y 0,5 mm, y las profundidades de pasada  $a_p$  están comprendidas entre 0,1 y 2 mm, y de preferencia entre 0,1 y 1 mm. Estas regiones determinan las condiciones óptimas en las que es aconsejado utilizar la fresa según el invento sin riesgo de desgaste acelerado o de rotura de la fresa.

La velocidad de corte ( $v_c$  en m/min) indica la velocidad a la que la arista de corte trabaja la superficie de la pieza. Esta velocidad permite determinar la velocidad del husillo de la fresa a partir del diámetro  $\delta$  de esta fresa.

El avance por diente ( $f_z$  en mm/diente) representa la distancia lineal recorrida por la fresa entre la penetración de dos dientes sucesivos en la pieza. El avance por vuelta ( $f$  en mm/vuelta) de la fresa viene dado por el producto del avance por diente y el número  $z$  de dientes de la fresa. El avance por vuelta de una fresa indica cuánto avanza la herramienta en el curso de una rotación y es un valor especialmente utilizado para evaluar el avance de una fresa.

La profundidad de corte axial ( $a_p$  en mm) en fresado de superficie corresponde al espesor de material retirado por la herramienta y a la distancia a la que la herramienta está regulada por debajo de la superficie inicial de la pieza.

El invento será mejor comprendido y otras características, detalles y ventajas del invento aparecerán con la lectura de la descripción siguiente hecha a título de ejemplo no limitativo y en referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La fig. 1 es una vista esquemática desde debajo de una fresa de ranurar según el invento,

La fig. 2 es una vista agrandada del detalle I<sub>2</sub> de la fig. 1,

La fig. 3 es una vista en corte según la línea III-III de la fig. 1,

La fig. 4 es una vista agrandada del detalle I<sub>4</sub> de la fig. 3,

La fig. 5 es una vista en corte según la línea V-V de la fig. 1.

Las figs. 1 a 5 representan una fresa de ranurar 10 según el invento para mecanización de gran avance y de poca profundidad de pasada de piezas de materiales de gran dureza, tales como materiales aeronáuticos de compuestos o de superaleación (por ejemplo Inconel 718).

Esta fresa 10 incluye un cuerpo 12 de carburo de forma alargada que se extiende a lo largo del eje 14 de rotación de la fresa y en una extremidad libre del cual está fijada por soldadura una cabeza tallada 16 de cerámica que forma la parte activa de la fresa. A título de ejemplo, el cuerpo 12 de la fresa está realizado de carburo de tungsteno y su cabeza 16 está realizada de cerámica a base de alúmina. La unión de soldadura se extiende en un plano perpendicular al eje de rotación 14 de la fresa (fig. 3). El cuerpo 12 de la fresa está destinado a ser fijado por medios apropiados sobre el mandril de una máquina herramienta.

La fresa 10 tiene una forma general en tronco de cono. La base mayor del tronco de cono está situada al nivel de la cabeza 16 de la fresa y la comicidad 20 de la fresa está comprendida entre 1 y 5 grados aproximadamente, de preferencia entre 2 y 4° aproximadamente, y por ejemplo de 3° (fig. 4).

La cabeza 16 de la fresa tiene un diámetro externo D comprendidos entre 10 y 30 mm aproximadamente y tiene una altura o dimensión axial h comprendida entre 5 y 10 mm aproximadamente. En el ejemplo representado, la cabeza tiene un diámetro D de 18 mm y una altura de 7 mm.

La cara 16 comprende tres dientes de corte 22 con orientación circunferencial, irregularmente repartidos alrededor del eje 14 de la fresa. Estos dientes 22 se extienden alrededor de una cavidad central 23 de la fresa que será descrita más en detalle continuación con referencia a la fig. 4.

Cada diente 22 incluye una vista principal de corte 24 sensiblemente radial y una arista secundaria de corte 26 sensiblemente axial que delimitan entre ellas una cara delantera de corte A<sub>γ</sub>. En el ejemplo representado, la cara de corte A<sub>γ</sub> de cada diente se extiende sobre todo la altura de la cabeza 16 y sobre una parte de extremidad inferior del cuerpo doce de la fresa, atravesando el plano de la unión de soldadura 18 (fig. 3).

La cara de corte A<sub>γ</sub> forma una superficie de deslizamiento de las virutas de material y define con la extremidad posterior de un diente adyacente una cavidad de virutas 28 donde son provisionalmente almacenadas las virutas antes de ser expulsadas hacia el exterior durante una operación de mecanización.

La cara de corte A<sub>γ</sub> define un ángulo de ataque comprendido entre 80 y 100° aproximadamente, y por ejemplo de 87°, con relación a la superficie de una pieza a mecanizar.

La cara de corte A<sub>γ</sub> está conectada a la arista principal de corte 24 por un bisel o chaflán 30 (fig. 5), que tiene una altura 32 o dimensión axial comprendida entre 0,01 y 0,3 mm aproximadamente, y por ejemplo de 0,1 mm. El ángulo 34 entre el chaflán y la cara de

corte A<sub>γ</sub> está comprendido entre 10 y 30° aproximadamente, y por ejemplo es de 20°.

Las aristas principal y secundaria de corte 24, 26 están conectadas entre sí por un pico 32 de forma redondeada y cuyo radio de curvatura está comprendido entre 0,5 y 1 mm aproximadamente, y es por ejemplo de 0,8 mm (fig. 3).

En los dibujos, se definen los planos siguientes:

- P<sub>r</sub>: plano de referencia de la fresa, que pasa por un punto considerado (por ejemplo la extremidad radialmente interna) de la arista principal de corte de un diente 22 y por el eje de rotación 14 de la fresa,

- P<sub>t</sub>: plano de trabajo de la fresa, perpendicular al plano de referencia P<sub>r</sub> y que pasa por el punto considerado de la arista principal de corte del diente 22 (este plano está confundido con el plano del dibujo de la fig. 1),

- P<sub>p</sub>: plano hacia atrás de la fresa, perpendicular a los planos de referencia P<sub>r</sub> y de trabajo P<sub>t</sub> y que pasa por el punto considerado del diente,

- P<sub>n</sub>: plano normal a la arista, perpendicular a la arista principal de corte 24, en un punto considerado de esta arista (su extremidad radialmente interna por ejemplo - el plano P<sub>n</sub> representado en la fig. 5 corresponde al plano de corte V-V de la fig. 1),

- P<sub>s</sub>: plano de arista de la fresa, tangente al punto considerado de la arista principal de corte, (su extremidad radialmente interna) y perpendicular al plano de referencia P<sub>r</sub>.

El ángulo de corte radial γ<sub>r</sub> entre la cara de corte A<sub>γ</sub> de cada diente 22 y el plano de referencia P<sub>r</sub> es negativo y está comprendido entre 2 y 8° aproximadamente de preferencia entre 4 y 6° y es por ejemplo de 5°. Este ángulo γ<sub>r</sub> es medido en el plano de trabajo P<sub>t</sub> (fig. 2).

El ángulo de corte axial γ<sub>p</sub> entre la cara de corte A<sub>γ</sub> de cada diente 22 y el plano de referencia P<sub>r</sub>, es positivo y está comprendido entre 1 y 5° aproximadamente, de preferencia entre 2 y 4°, y es por ejemplo de 3°. Este ángulo γ<sub>p</sub> es medido en el plano hacia atrás P<sub>p</sub>.

La cara de corte A<sub>γ</sub> está conectada por el chaflán 30 y la arista principal de corte 24 a una cara inferior de incidencia A<sub>α</sub> que se prolonga hacia atrás con una cara inferior de destalonado A<sub>β</sub>.

La cara de incidencia A<sub>α</sub> se extiende en dirección circunferencial sobre una dimensión 33 comprendida entre 0,1 y 2 mm aproximadamente, y de preferencia entre 0,5 y 1 mm aproximadamente (fig. 2).

El ángulo de incidencia α entre la cara de incidencia A<sub>α</sub> y el plano de arista P<sub>s</sub> es positivo y está comprendido entre 5 y 10° aproximadamente, y es por ejemplo de 70. Este ángulo es medido en el plano normal P<sub>n</sub> (fig. 5).

La cara de destalonado A<sub>β</sub> se extiende desde la cara de incidencia A<sub>α</sub> hasta la extremidad trasera del diente 22, y el ángulo de destalonado β entre la cara de destalonado A<sub>β</sub> y el plano de arista P<sub>s</sub> es positivo y está comprendido entre 10 y 20° aproximadamente, y es por ejemplo de 15°. Este ángulo de destalonado β está igualmente medido en el plano normal P<sub>n</sub> ya citado.

Los perfiles de la cara de incidencia A<sub>α</sub> y de la cara de destalonado A<sub>β</sub>, formados por las intersecciones de las caras de incidencia y de destalonado con planos que pasan por el eje de rotación 14 de la fresa, tienen una forma redondeada convexa hacia el exterior cuyo radio de curvatura R<sub>1</sub> está comprendido entre 5 y 20

mm aproximadamente, de preferencia entre 10 y 15 mm, y es por ejemplo de 12 mm.

La fig. 4 es una vista agrandada en corte axial de la fresa, pasando el corte por la cara de destalonado  $A_\beta$  de un diente 22. Se puede ver en esta figura el perfil redondeado 34 de esta cara de destalonado  $A_\beta$ , así como su radio de curvatura  $R_1$ .

La extremidad radialmente interna del perfil 34 está situada por debajo de la extremidad radialmente externa de este perfil, es decir que los bordes periféricos interno y externo de cada diente 22 están desplazados axialmente uno con relación al otro, estando situado el borde periférico interno del diente por debajo del borde periférico externo de este diente. Los bordes periféricos internos de los dientes definen por tanto la extremidad inferior de la fresa y están destinados a venir en primer lugar a contacto con la pieza a mecanizar durante una operación de fresado.

El perfil redondeado 34 de la cara de destalonado  $A_\beta$  está conectado en su extremidad radialmente externa a la pared lateral del diente por un borde redondeado 36 cuyo radio de curvatura  $R_2$  está comprendido entre 0,5 y 1 mm aproximadamente, y es por ejemplo de 0,8 mm. El perfil 34 de la cara  $A_\beta$  está conectado en su extremidad radialmente interna a la cavidad central 23 de la fresa por un borde redondeado 38 cuyo radio de curvatura  $R_3$  está igualmente comprendido entre 0,5 y 1 mm aproximadamente, y es por ejemplo de 0,8 mm. Estos bordes redondeados se extienden en toda la dimensión circunferencial del diente, al nivel de sus caras de incidencia  $A_\alpha$  y de destalonado  $A_\beta$  estando conectado el borde redondeado radialmente externo 36 del diente al pico 32 de este diente.

En el ejemplo representado, el perfil redondeado 34 se extiende en el plano de corte sobre un ángulo de 20-25° aproximadamente y su centro está situado al nivel del cuerpo 12 de la fresa. Los centros  $C_2$  y  $C_3$  de los bordes redondeados 36, 38 están situados sobre radios del perfil 34. El borde 36 se extiende sobre un ángulo de 70-80° aproximadamente, y el borde 38 se extiende sobre un ángulo del 30-40°, aproximadamente en el plano ya citado.

La pared lateral de cada diente 22 converge ligera-

mente hacia el interior de delante hacia atrás (fig. 2) y se separa en un ángulo 39 comprendido entre 5 y 12°, y por ejemplo de 7°, de un plano tangente a la pared exterior del cuerpo de la fresa.

La cavidad central 23 de la fresa tiene una forma general troncocónica que se extiende a lo largo del eje 14 de la fresa, estando situada la base mayor del tronco de cono por el lado de la cabeza 16 y estando el ángulo de abertura 40 del cono comprendido entre 90 y 150° aproximadamente, de preferencia entre 110 y 130°, y es por ejemplo de 120°.

La parte superior de la cavidad 23 que está formada en una parte de esfera cuyo centro  $C_4$  está situado sobre el eje 14 de la fresa y el radio  $R_4$  está comprendido entre 2 y 8 mm aproximadamente, de preferencia entre 3 y 6 mm, y es por ejemplo de 4,7 mm. La cavidad 23 tiene una altura o dimensión axial comprendida entre 1 y 3 mm aproximadamente y un diámetro en su base comprendido entre 5 y 15 mm aproximadamente.

La fresa 10 puede comprender un conducto axial 42 de alimentación de lubricante de la cabeza de la fresa, estando unido este conducto 42 en su extremidad superior a un depósito de lubricante y desembocando en su extremidad inferior en la cavidad central 23 de la fresa (figs. 1 y 3). En una variante, este conducto 42 puede estar unido en su extremidad inferior a tres canales que desembocan cada uno al nivel de un diente 22 de la fresa.

La fresa 10 representada en los dibujos permite mecanizar ranuras sobre materiales duros con una gran velocidad de corte, un gran avance, y una pequeña profundidad de pasada. En el ejemplo representado, la profundidad de pasada  $a_p$  corresponde sensiblemente a la dimensión axial entre los bordes periféricos interno y externo de los dientes de la fresa (fig. 4). Las regiones de valores aconsejados para la utilización de esta fresa son las siguientes:

- velocidad de corte  $v_c$  comprendida de preferencia entre 600 y 1.000 m/min,
- avance por diente  $f_z$  comprendido de preferencia entre 0,2 y 0,5 mm, y
- profundidad de pasada  $a_p$  comprendida entre 0,1 y 1 mm.

## REIVINDICACIONES

1. Una fresa, en particular de ranurar, que comprende un cuerpo (12) de carburo que se extiende a lo largo del eje (14) de rotación de la fresa y una cabeza (16) de cerámica fijada por soldadura a una extremidad del cuerpo, incluyendo esta cabeza dientes (22) irregularmente repartidos alrededor del eje de la fresa y separados unos de otros por cavidades para virutas (28), incluyendo cada diente una arista principal de corte (24) sensiblemente radial formada por una intersección entre una cara delantera de corte ( $A_y$ ) y una cara interior de incidencia ( $A_a$ ), **caracterizada** porque:

- la fresa tiene una forma general troncocónica cuya base mayor está situada por el lado de la cabeza, teniendo la fresa una conicidad comprendida entre 1 y 5°,

- el perfil (34) de la cara de incidencia, formado por la intersección de la cara de incidencia con un plano que pasa por el eje de la fresa, tiene una forma redondeada convexa hacia el exterior y cuyo radio de curvatura ( $R_1$ ) está comprendido entre 5 y 20 mm, y

- el ángulo de corte radial ( $\gamma_r$ ) entre la cara de corte de cada diente y un plano de referencia ( $P_r$ ) que pasa por el eje de rotación de la fresa y por un punto considerado de la arista principal de corte del diente, es negativo y está comprendido entre 2 y 8°, siendo medido este ángulo en un plano de trabajo ( $P_t$ ) perpendicular al eje de rotación de la fresa y que pasa por el punto considerado de la pista principal de corte del diente.

2. Una fresa según la reivindicación 1, **caracterizada** porque tiene una conicidad de 3° aproximadamente.

3. Una fresa según la reivindicación 1 o 2, **caracterizada** porque el ángulo de corte radial ( $\gamma_r$ ) es de -5° aproximadamente.

4. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el perfil (34) de la cara de incidencia ( $A_a$ ) tiene un radio de curvatura ( $R_1$ ) de 12 mm aproximadamente.

5. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque comprende una arista secundaria de corte (26) sensiblemente axial conectada a la arista principal de corte por un pico (32), teniendo este pico una forma redondeada convexa cuyo radio de curvatura está comprendido entre 0,5 y 1 mm.

6. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el ángulo de corte axial ( $\gamma_p$ ) entre la cara de corte ( $A_y$ ) de cada diente (22) y el plano de referencia ( $P_r$ ), es positivo y está comprendido entre 1 y 5°, siendo medido este ángulo en un plano hacia atrás ( $P_p$ ) perpendicular a los planos de referencia y de trabajo ( $P_r$ ,  $P_t$ ).

7. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque la cara de incidencia de cada diente (22) está conectada a una pared lateral del diente por un borde redondeado (36) que tiene

un radio de curvatura ( $R_2$ ) comprendido entre 0,5 y 1 mm.

8. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque los dientes (22) se extienden alrededor de una cavidad anular central (23) de la cabeza (16), teniendo esta cavidad una forma general troncocónica alineada con el eje de la fresa y cuya base está situada por el lado de la extremidad inferior de la fresa, estando la parte superior de la cavidad en una parte de esfera cuyo radio ( $R_4$ ) está comprendido entre 2 y 8 mm.

9. Una fresa según la reivindicación 8, **caracterizada** porque la cavidad (23) está conectada a la cara de incidencia ( $A_a$ ) de cada diente (22) por un borde redondeado (38) que tiene un radio de curvatura ( $R_3$ ) comprendido entre 0,5 y 1 mm.

10. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque la cara de incidencia ( $A_a$ ) se extiende en dirección circunferencial en una distancia (33) comprendida entre 0,1 y 2 mm.

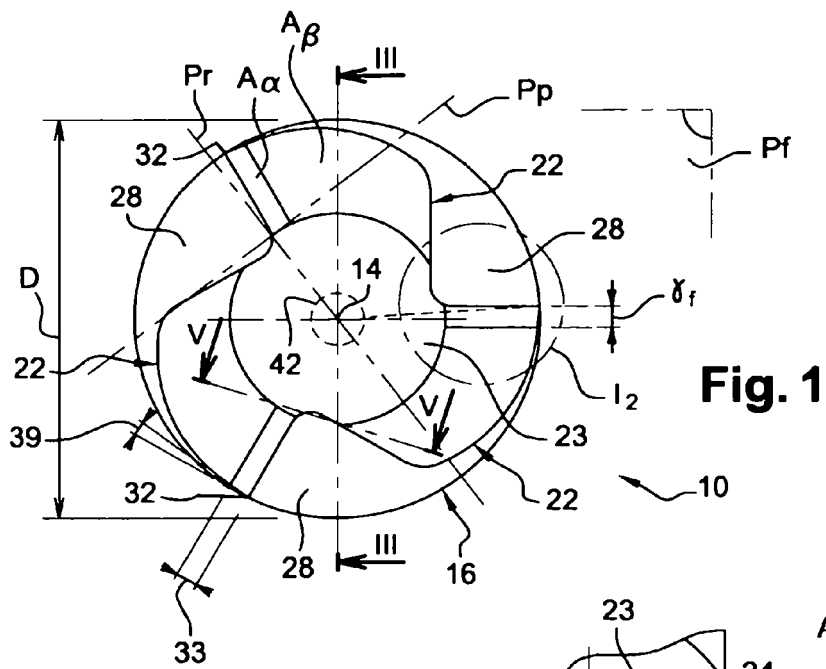
11. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque el ángulo de incidencia ( $\alpha$ ) entre la cara de incidencia y un plano de arista ( $P_s$ ) tangente en un punto considerado de la arista principal de corte y perpendicular al plano de referencia ( $P_r$ ), es positivo y está comprendido entre 5 y 10°, siendo medido este ángulo en un plano normal ( $P_n$ ) perpendicular a la arista principal de corte, en el punto considerado de esta arista.

12. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes **caracterizada** porque una cara de destalonado ( $A_\beta$ ) se extiende por detrás de la cara de incidencia ( $A_a$ ), el perfil (34) de la cara de destalonado, formado por la intersección de esta cara con un plano que pasar por el eje de la fresa, tiene una forma redondeada convexa hacia el exterior cuyo radio de curvatura ( $R_1$ ) está comprendido entre 5 y 20 mm.

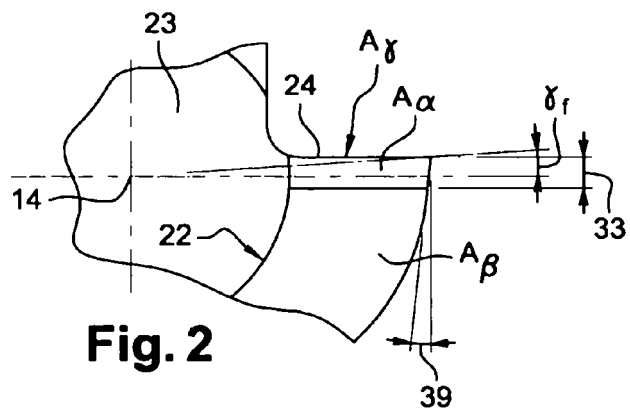
13. Una fresa según la reivindicación 12, **caracterizada** porque el ángulo de destalonado ( $\beta$ ) entre la cara de destalonado ( $A_\beta$ ) y un plano de arista ( $P_s$ ) tangente a la arista principal de corte, en un punto considerado de esta arista, y perpendicular al plano de referencia ( $P_r$ ), es positivo y está comprendido entre 10 y 20°, siendo medido este ángulo en un plano normal ( $P_n$ ) perpendicular a la arista principal de corte, en el punto considerado de la arista.

14. Una fresa según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada** porque la arista principal de corte (24) está conectada a la cara de corte ( $A_y$ ) por un chaflán (30), teniendo este chaflán una dimensión axial comprendida entre 0,001 y 0,3 mm que forma con la cara de corte ( $A_y$ ) un ángulo comprendido entre 10 y 30°.

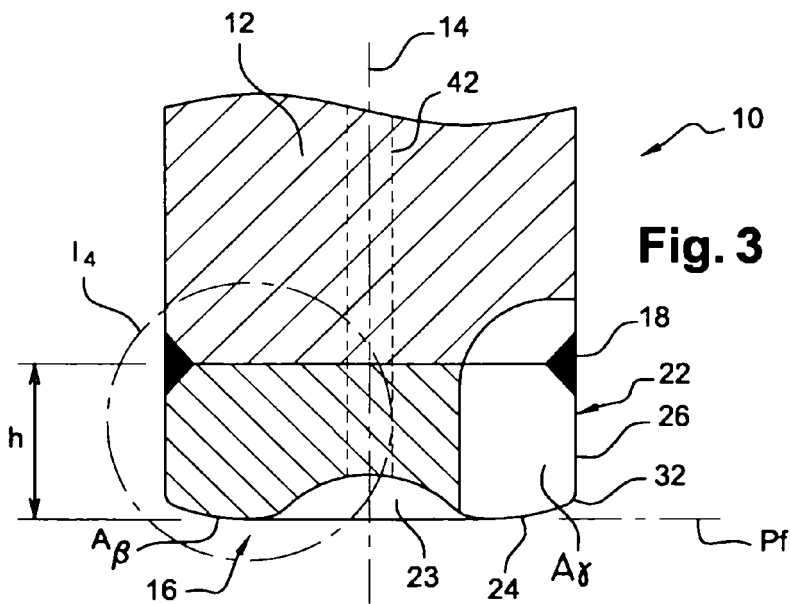
15. Un procedimiento de fresado de una pieza de material compuesto o de superaleación por medio de una fresa (10) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado** porque las velocidades de corte de la fresa están comprendidas entre 200 y 1.500 m/min, los avances por diente están comprendidos entre 0,1 y 1 mm, y las profundidades de pasada están comprendidas entre 0,1 y 2 mm.



**Fig. 1**

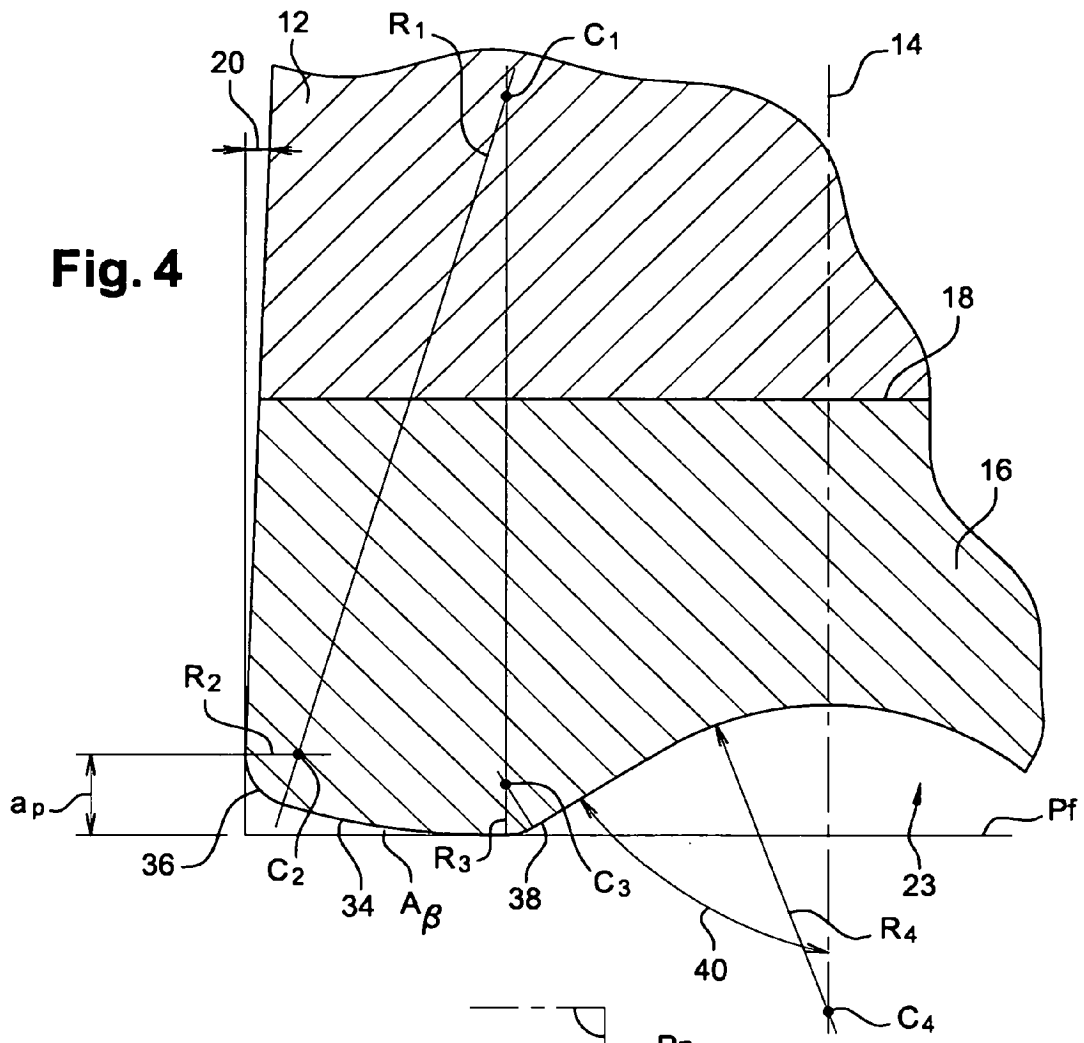


**Fig. 2**



**Fig. 3**

**Fig. 4**



**Fig. 5**

