



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 339 905**

51 Int. Cl.:
B23B 51/00 (2006.01)
B23B 51/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08160909 .1**
96 Fecha de presentación : **22.07.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2018918**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2009**

54 Título: **Broca para perforación a gran velocidad de materiales compuestos.**

30 Prioridad: **26.07.2007 FR 07 05457**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.05.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.05.2010

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

72 Inventor/es: **Turrini, Claude**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 339 905 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).

ES 2 339 905 T3

DESCRIPCIÓN

Broca para perforación a gran velocidad de materiales compuestos.

5 La invención se refiere a una broca tal como se describe en el preámbulo de la reivindicación 1, así como a un procedimiento de perforación de materiales compuestos por medio de una broca de este tipo, tal como se describe en el preámbulo de la reivindicación 12.

10 Actualmente, las cerámicas, debido a su dureza importante y a su gran resistencia a las temperaturas elevadas, tales como las descritas en el documento de patente EP 0 477 093, son generalmente herramientas de fresado o de torneado y permiten efectuar mecanizados a gran velocidad en materiales de gran dureza. Sin embargo, las exigencias que pueden aplicarse a una broca (profundidad de perforación, evacuación de las virutas, intensidad y dirección de los esfuerzos de corte) durante una operación de perforación son mayores que las que pueden aplicarse a una fresa durante una operación de fresado. Estas exigencias hacen más difícil la puesta en práctica de las brocas cerámicas para
15 efectuar perforaciones a muy gran velocidad en materiales de gran dureza tales como las superaleaciones metálicas.

20 La patente FR 2 861 001 aporta una solución a este problema proponiendo una broca cerámica cuya geometría particular está adaptada a la perforación a muy gran velocidad en materiales metálicos de gran dureza. Esta geometría permite liberarse de los problemas ligados a la menor resistencia a la torsión de una broca cerámica con respecto a las brocas de acero y alcanzar velocidades de corte periféricas superiores a 400 metros/minuto, al tiempo que garantiza una duración satisfactoria de la vida de servicio útil de la broca.

25 La tendencia actual, especialmente en aeronáutica, es hacia el desarrollo del empleo de materiales compuestos, siendo este tipo de material muy interesante porque tiene buenas características mecánicas, al tiempo que una masa volúmica más pequeña que los materiales metálicos.

30 La perforación de los materiales compuestos, y especialmente de los materiales compuestos de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy, se realiza actualmente con la ayuda de brocas monobloques de carburo de tungsteno o de brocas provistas de insertos de diamante policristalino (o PCD: polycrystal diamond) en la arista de corte. La utilización de estas herramientas permite alcanzar velocidades de corte periféricas comprendidas entre 20 y 80 metros/minuto por ejemplo en las herramientas de carburo de tungsteno. Por encima de esta gama de velocidades, el desgaste de la parte activa de la herramienta, constituida de carburo de tungsteno o de PCD, se acelera considerablemente. En efecto, los esfuerzos de corte, ejercidos por estas brocas sobre las piezas que hay que perforar, y los rozamientos entre las superficies radialmente externas de las brocas y las superficies cilíndricas internas de los agujeros perforados, inducen tensiones térmicas en las brocas y en las piezas que hay que perforar, así como un fenómeno de abrasión que provocan una degradación acelerada de las brocas y una deformación de las piezas.

40 Además, a medida que aumenta la profundidad de las perforaciones, los esfuerzos de torsión aplicados a las brocas son cada vez mayores, por una parte porque la superficie externa de la broca que roza contra la superficie cilíndrica interna de la perforación aumenta, pero también porque, para grandes velocidades de perforación, la broca debe ser capaz de evacuar eficazmente una gran cantidad de virutas, lo que puede dar lugar a fenómenos de atascamiento en la broca, aumentando así los esfuerzos de torsión aplicados a la broca y los riesgos de rotura de ésta.

45 Por otra parte, en el caso de una perforación, la arista cortante de la broca debe ser capaz de soportar un gradiente de velocidad de corte importante, puesto que en su centro la velocidad de corte es nula y ésta aumenta progresivamente para alcanzar un máximo en la periferia de la broca. Esta exigencia suplementaria contribuye al desgaste prematuro y al aumento del riesgo de rotura de la herramienta.

50 Otra exigencia ligada al mecanizado, y en particular a la perforación, de materiales compuestos, es que la operación debe realizarse al tiempo que se conserve la integridad del material perforado. Durante una operación de perforación, las brocas tradicionales ejercen esfuerzos sobre la superficie cilíndrica interna de los agujeros perforados dirigidos globalmente desde la broca hacia el material que hay que mecanizar. Esto es origen de un deslaminado del material, que es absolutamente necesario evitar.

55 Así, aunque existen en el mercado herramientas, especialmente brocas cuya parte activa es de cerámica, capaces de mecanizar a gran velocidad materiales de gran dureza tales como superaleaciones metálicas, las brocas conocidas de la técnica anterior no permiten mecanizar a gran velocidad y de modo adecuado los materiales compuestos, en particular los materiales compuestos de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy. Por ejemplo, la broca descrita en la patente FR 2 861 001 está bien adaptada a la perforación a gran velocidad de los materiales metálicos de gran dureza, pero no es adecuada para los materiales compuestos, provocando en este caso un deslaminado del material que hay que mecanizar.

60 El objeto de la invención es evitar los inconvenientes antes citados y aportar una solución técnicamente simple y poco costosa, que permita mejorar las prestaciones de las brocas cerámicas y perforar a muy gran velocidad materiales compuestos, tales como los materiales compuestos de fibra de carbono cuya matriz es de resina de epoxy, sin deslaminar el material, ni elevar la temperatura de mecanizado por encima de 200°C, temperatura a partir de la cual disminuyen las características mecánicas de los materiales compuestos. Perforar a muy gran velocidad este tipo de

ES 2 339 905 T3

materiales, sin deslaminarlos, permite aumentar la productividad al disminuir el tiempo de mecanizado. Para esto, la invención propone un nuevo tipo de broca capaz de alcanzar una energía específica de corte comprendida entre 30 W/cm³/min y 50 W/cm³/min, que comprende una parte activa de material cerámico y cuya geometría está optimizada y adaptada a la perforación a gran velocidad de los materiales compuestos. Este nuevo tipo de broca es capaz de soportar los esfuerzos mecánicos generados por el material mecanizado a estas velocidades.

A tal efecto, la invención tiene por objeto una broca tal como se describe en la reivindicación 1, que comprende una cola, una parte tallada en forma de tronco de cono que se extiende hasta la cola y cuya base está situada a nivel de una extremidad axial libre de la broca, comprendiendo la citada extremidad al menos dos aristas de corte principales unidas entre sí por dos aristas centrales, comprendiendo la citada parte tallada dos labios y dos acanaladuras que se extienden de modo helicoidal alternativamente alrededor de un eje longitudinal de rotación de la broca, extendiéndose los labios y las acanaladuras desde la extremidad axial libre hacia la cola de la broca, comprendiendo cada labio un filete y comprendiendo cada acanaladura una cara de corte principal adyacente a un filete y a una arista de corte principal, cuya arista forma una intersección con una cara de despulla principal a nivel de la extremidad axial libre de la broca, prolongándose las caras principales de despulla, cada una, en el lado de los labios, por una cara de contradespulla, extendiéndose dos vaciados desde las aristas centrales hacia la periferia de la broca y formando dos caras de corte secundarias, estando realizada al menos una porción terminal de la parte tallada de la broca en material cerámico, destacando la citada broca porque cada filete se prolonga radialmente, hacia el eje de rotación de la broca, por un bisel curvo, seguido de una cara de despulla principal, de modo que la intersección entre cada bisel curvo y la acanaladura adyacente está formada por una arista de la cual una extremidad radialmente externa está más alejada axialmente, según el eje de rotación de la broca, de la cola de la broca que lo está una extremidad radialmente interna de la citada arista, y porque los biseles curvos se prolongan, cada uno, en el lado de las caras de contra despulla, por un bisel.

Así, las caras de despulla y de contradespulla de la cabeza de la broca están prolongadas, radialmente hacia el exterior, por, respectivamente, un primer bisel curvo que forma una superficie de despulla y por un segundo bisel que forma una superficie de contradespulla. El curvado hacia el interior de los primero y segundo biseles permite evitar una deslaminado del material compuesto perforado por la broca.

La invención se refiere igualmente a un procedimiento de perforación de materiales compuestos tal como se describe en la reivindicación 12 por medio de una broca del tipo descrito anteriormente, procedimiento según el cual la broca tiene una velocidad de corte periférica comprendida entre 600 m/min y 1000 m/min.

Ventajosamente, la broca tiene un avance comprendido entre 0,05 mm/vuelta y 0,20 mm/vuelta.

La perforación puede efectuarse en seco, sin operación de centrado previa. Una sola operación de perforación puede ser suficiente para realizar el agujero final.

La profundidad de la perforación puede ser superior al diámetro de la parte tallada de la broca.

Preferentemente, el material que hay que perforar es un material compuesto de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy.

La invención se comprenderá mejor y otras ventajas de ésta se pondrán de manifiesto de modo más claro a la luz de la descripción de un modo preferido de realización y de variantes, dada a título de ejemplo no limitativo y hecha refiriéndose a los dibujos anejos, en los cuales:

- la figura 1 es una vista esquemática de costado de una broca de acuerdo con la invención,

- la figura 2 es una vista de detalle de la parte tallada de la broca representada en la figura 1,

- la figura 3 es una vista desde abajo de la broca de la figura 1,

- la figura 4 es una vista de costado de la parte tallada de la broca de acuerdo con la invención en la dirección E de la figura 2,

- la figura 5 es una vista similar a la figura 2, que ilustra un detalle de realización de la broca de acuerdo con la invención.

Las figuras 1 a 5 representan a título de ejemplo una broca monobloque de cerámica para perforación a gran velocidad de materiales compuestos, en particular de materiales compuestos de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy.

Esta broca cerámica 1 comprende (véase la figura 1) una cola cilíndrica 2 o cónica y una parte tallada 3 que se extiende desde la cola en el eje 4 de la broca hasta una extremidad axial libre 13b. La cola puede ser lisa como se ilustra aquí o comprender una ranura anular (no representada) que sirve para el embridado de la broca en el mandril de una máquina-herramienta (no representada). La extremidad axial libre 6 de la cola termina en un bisel 7 para facilitar su introducción en el mandril de la máquina-herramienta. La cola 2 y la parte tallada 3 de la broca 1 pueden estar unidas entre sí por un bisel 5, necesario cuando los diámetros exteriores de la cola y de la parte tallada son diferentes.

ES 2 339 905 T3

La parte tallada 3 de la broca 1 comprende dos labios 8 y dos acanaladuras 9, que se extienden alternativamente alrededor del eje 4 desde la cola 2 hasta la extremidad axial libre 13b de la broca 1. Los labios 8 y las acanaladuras 9 están enrollados de modo helicoidal alrededor del eje 4 con un ángulo de hélice 11 comprendido entre 24 y 40 grados aproximadamente.

Cada labio 8 comprende un filete 12, destinado a deslizar contra la pared interna de un agujero que hay que perforar, y una superficie de desprendimiento 13. Los filetes 12 y las superficies de desprendimiento 13 son de forma helicoidal. De acuerdo con la invención, cada filete tiene un espesor 14 que es inferior o igual a la décima parte del diámetro d de la parte tallada 3 de la broca. Cada acanaladura 9 comprende una cara de corte principal 16, adyacente a un filete 12. La intersección del filete 12 y de la cara de corte principal 16 forma una arista denominada borde de ataque 17 del filete 12.

A nivel de la extremidad axial libre 13b de la broca 1, cada filete 12 se prolonga radialmente, desde el exterior de la broca 1 hacia su eje 4, por un bisel curvo 25, seguido de una cara de despulla principal 21. La intersección entre cada cara de despulla principal 21 y la acanaladura 9 correspondiente forma una arista de corte principal 18. Las dos aristas de corte principales 18 se prolongan, a nivel de la parte central de la broca, por dos aristas centrales 19. Las caras de despulla principales 21 se prolongan, en el lado de los labios 8, por una cara de contradespulla 30. Las caras de contradespulla 30 presentan también un bisel 31, dispuesto en la prolongación de los biseles curvos 25.

La dirección de corte y la dirección de avance de la broca están indicadas respectivamente por DirC y DirA.

Sea A la extremidad más alejada del eje de la broca de una de las aristas de corte principales 18. Con el fin de que la descripción geométrica de la broca de acuerdo con la invención sea lo más clara posible, se definen los planos siguientes:

- Pr: plano de referencia de la broca 1, correspondiente al plano que pasa por A, ortogonal a la dirección de corte DC y que contiene el eje 4 de la broca 1,
- Pf: plano de trabajo tradicional de la broca 1, correspondiente al plano que pasa por A, ortogonal al plano de referencia Pr, paralelo a la dirección de avance DA y paralelo al eje de la broca 1,
- Pp: plano trasero de la broca 1, correspondiente al plano que pasa por A, ortogonal a los planos de referencia Pr y de trabajo tradicional Pf,
- Ps: plano de arista de la broca 1, correspondiente al plano tangente a la arista de corte principal 18 en el punto A, perpendicular al plano de referencia Pr,
- Pn: plano normal a la arista de corte principal 18, correspondiente al plano perpendicular a la arista de corte principal 18 que pasa por A,
- Po: plano ortogonal de la broca 1, correspondiente al plano que pasa por A, perpendicular a los planos de referencia Pr y de arista Ps.

La geometría de la broca de acuerdo con la invención es tal que el plano ortogonal Po de la broca está confundido con el plano normal Pn a la arista principal de corte 18.

En el plano de referencia Pr, correspondiente a la vista de la figura 2, cada plano de arista Ps forma con el plano de trabajo Pf un ángulo αr , denominado ángulo de dirección de la arista de corte principal 18, comprendido entre 55 y 65 grados aproximadamente. Por otra parte, cada plano de arista Ps forma con el plano trasero Pp correspondiente un ángulo ψr , denominado ángulo de dirección complementario de la broca 1, comprendido entre 27 y 37 grados aproximadamente. Las dos aristas centrales 19 forman entre sí un ángulo αc comprendido entre 142 y 162 grados aproximadamente. En el plano Pr, la arista formada por la intersección entre un bisel curvo 25 y la acanaladura 9 correspondiente está inclinada un ángulo 25b con respecto al plano Pp, de tal modo que el punto B correspondiente a la extremidad radialmente externa de esta arista está más alejado de la cola 2 de la broca que el punto A. El ángulo 25b está comprendido entre 3 y 9 grados aproximadamente. Finalmente, la distancia 18a según la dirección radial entre los puntos A de cada arista de corte principal 18 está comprendida entre el diámetro d de la parte tallada 3 menos 2 mm y el diámetro d más 2 mm.

En el plano trasero Pp de la broca 1, correspondiente a la vista de la figura 3, cada arista principal de corte 18 forma un ángulo γp con el plano de referencia Pr. El ángulo γp se denomina ángulo de corte trasero de la broca 1 y está comprendido entre 13 y 23 grados aproximadamente. En este plano, las caras de despulla 21 tienen una anchura 21b comprendida entre 1 mm y 4 mm aproximadamente. Cada arista central 19 forma con el plano de referencia Pr un ángulo γc comprendido entre 32 y 42 grados aproximadamente. La intersección entre cada bisel curvo 25 y el bisel 31 realizado en la cara de contradespulla 30 correspondiente forma un segmento de recta cuyas extremidades están indicadas por C y D, siendo C la extremidad más alejada del eje 4 de la broca. El segmento de recta AB de un bisel curvo 25, correspondiendo B a la cuarta cumbre del bisel curvo, forma con el plano de referencia Pr un ángulo γi comprendido entre 2 y 4 grados aproximadamente. El segmento de recta AD forma con el plano de referencia Pr un ángulo γj comprendido entre 69 y 79 grados aproximadamente. Por otra parte, la intersección entre cada cara de

ES 2 339 905 T3

contradespulla 30 y el bisel 31 correspondiente forma con el plano de referencia Pr un ángulo γ_k comprendido entre 50 y 60 grados aproximadamente. Finalmente, en el plano Pp, la recta que pasa por el eje 4 de la broca y por la intersección entre una acanaladura 9 y la superficie de desprendimiento 13 correspondiente forma, con el plano Pr, un ángulo γ_g comprendido entre 60 y 90 grados aproximadamente.

5

En el plano de trabajo Pf de la broca 1, correspondiente a la vista de la figura 4, cada cara de corte principal 16 forma con el plano de referencia Pr un ángulo γ_f , denominado ángulo de corte lateral de la broca 1. Un ángulo positivo o negativo de corte está determinado por la orientación de la cara de corte principal 16 con respecto a la dirección de corte DirC: cuando la cara de corte está inclinada desde la arista de corte hacia la dirección de corte Dir C, el ángulo de corte se dice que es negativo, y a la inversa, cuando la cara de corte 16 está inclinada desde la arista de corte en el sentido inverso a la dirección de corte DirC, el ángulo de corte γ_f se dice que es positivo. De acuerdo con la invención, el ángulo de corte γ_f de la broca 1 es positivo. En el plano Pf, cada bisel curvo 25 forma con el plano trasero Pp de la broca 1 un ángulo γ_e comprendido entre 6 y 10 grados aproximadamente.

10

La parte tallada 3 de la broca tiene una forma general exterior en tronco de cono. La base del tronco de cono está situada a nivel de la extremidad axial libre 13b de la broca y el ángulo de conicidad 26 de la parte tallada 3 puede llegar hasta 3 grados aproximadamente.

15

Dos caras de corte secundarias 28, formadas por la realización de dos vaciados 27 (véase la figura 5), se extienden desde las aristas centrales 19 hacia la periferia de la broca 1. Los vaciados 27 están delimitados por dos segmentos de recta: un primer segmento de recta 27a que parte de la intersección entre una arista de corte principal 18 y la arista central 19 correspondiente y un segundo segmento de recta que forma la intersección entre la vaciado 27 y la cara de contradespulla 30 adyacente. Los segmentos 27a y 27b están unidos entre sí por una parte curvilínea 27c. En el plano de referencia Pr, el segmento 27b forma un ángulo 27d con respecto al eje 4 de la broca comprendido entre 1 y 15 grados aproximadamente. En este mismo plano, los segmentos 27a y 27b forman entre sí un ángulo 27e comprendido entre 25 y 35 grados aproximadamente.

20

25

Las aristas de corte principales 18 y el borde de ataque 17 de cada filete 12 están redondeados con un radio de al menos 2 micrómetros y que puede llegar hasta 5 micrómetros. Preferentemente, este radio será del orden de 2 micrómetros aproximadamente.

30

Para fabricar una broca de acuerdo con la invención, no es indispensable conocer el conjunto de las características geométricas mencionadas anteriormente. A partir de ciertos ángulos característicos, el especialista en la materia, por ejemplo un fabricante de herramientas de corte, sabrá deducir las otras características, especialmente gracias a las relaciones normalizadas que unen los ángulos entre sí.

35

La geometría de la broca de acuerdo con la invención permite reducir los esfuerzos directamente ligados con el corte al tiempo que evita el deslaminado. Ésta permite también reducir los esfuerzos resultantes del rozamiento entre los filetes 12 de la broca y la pared interna del agujero que hay que perforar. Así, la broca de acuerdo con la invención permite una perforación a muy gran velocidad de los materiales compuestos porque ésta resiste los esfuerzos importantes producidos en estas condiciones de perforación, al tiempo que evita el deslaminado del material perforado. Gracias a esta broca, puede considerarse además perforar profundidades superiores al diámetro de la herramienta sin que ésta se desgaste prematuramente. El deslaminado del material compuesto se evita gracias a la presencia de los biseles curvos 25. En efecto, al mecanizar las extremidades radialmente externas de los biseles 25 el material compuesto antes que sus extremidades radialmente internas, los esfuerzos aplicados por los biseles curvos sobre el material que hay que mecanizar están dirigidos globalmente hacia el eje 4 de la broca. Así pues, el material es prisionero de la broca, no es empujado hacia el exterior y por tanto las diferentes capas constitutivas del material compuesto no sufren esfuerzo que tienda a disociarlas una de otra. Se evita entonces el deslaminado del material. La gama definida para el ángulo de hélice 11 permite alojar en la periferia de la broca 1 acanaladuras 9 suficientemente anchas para evacuar la cantidad importante de virutas producida durante el mecanizado a gran velocidad, sin disminuir la resistencia de la broca a la torsión. Además, la presencia de acanaladuras 9 con un ángulo de hélice comprendido en esta gama permite a la broca de acuerdo con la invención realizar perforaciones que tengan una profundidad superior al diámetro de la broca. Finalmente, esta disposición, asociada a la presencia del ángulo α_c entre las aristas centrales 19 que permite un autocentrado de la broca 1, permite la realización de perforaciones sin que sea necesaria una operación previa de apuntamiento.

40

45

50

55

Como está ilustrado en las figuras 1 a 5, la broca puede ser monobloque, es decir que la cola 2 y la parte tallada 3 estén realizadas en el mismo material cerámico y formando una misma pieza. La broca puede estar compuesta también por dos partes de materiales diferentes, uno para la cola y el otro para la parte activa, es decir la parte tallada. La parte tallada de la broca puede estar compuesta también por dos materiales distintos: la parte próxima a la extremidad axial libre de la broca es entonces de material cerámico, mientras que la parte restante puede ser del mismo material que la cola.

60

El material que constituye la parte activa de la parte tallada es preferentemente una cerámica a base de óxido de aluminio reforzada por fibras de carburo de silicio (SiC), o a base de circonio, de nitruro de silicio (denominado SiAlON) o es una cerámica denominada "mixta" reforzada o no, estando compuesta una cerámica mixta por circonio y nitruro de silicio.

65

ES 2 339 905 T3

En el caso de una broca realizada en dos partes, estas dos partes pueden estar unidas entre sí por ejemplo por soldadura. La parte tallada es entonces de cerámica mientras que la cola está realizada en un material de resiliencia superior a la cerámica para soportar mejor los esfuerzos aplicados sobre la broca 1. El material de la cola de la broca puede ser, por ejemplo, un carburo de tungsteno.

Para ilustrar la presente invención, se ha realizado un ejemplo de puesta en práctica en una pieza de resina de epoxy reforzada con carbono con una broca cerámica cuya parte tallada cortante era de Al_2O_3 y cuyas características geométricas, sin contar las tolerancias de fabricación, eran las siguientes:

- el ángulo αr de dirección de las aristas de corte principales 18 era de 60° ,
- el ángulo ψr de dirección complementario de la broca 1 era de 30° ,
- el ángulo αc entre las dos aristas centrales 19 era de 152° ,
- el ángulo 25b formado por el segmento que une los puntos A y B y el plano Pp era de 6° ,
- la distancia 18a según la dirección radial entre los puntos A de cada arista de corte principal era de 12,7 mm,
- el ángulo de corte trasero γp era de $17,9^\circ$,
- la anchura 21b de las caras de despulla 21 era de 2,1 mm,
- el ángulo γc entre una arista central 19 y el plano de referencia Pr era de $37,1^\circ$,
- el ángulo γj entre el segmento de recta AD y el plano de referencia Pr era de 74° ,
- el ángulo γk formado entre la intersección de una cara de contradespulla 30 y de un bisel 31 y el plano de referencia Pr era de 55° ,
- el ángulo γg formado entre, por una parte, la recta que pasa por el eje 4 de la broca y la intersección de una acanaladura 9 y de la superficie de desprendimiento 13 correspondiente y, por otra, por el plano Pp era de 80° ,
- el ángulo γe entre cada bisel curvo 25 y el plano Pp era de 8° ,
- el ángulo γi entre cada bisel 31 y el plano Pp era de $2,1^\circ$,
- el ángulo 27d entre el segmento 27b de los vaciados 27 y el eje 4 de la broca era de 5° ,
- el ángulo 27e entre los segmentos 27a y 27b era de 30° ,
- el ángulo de conicidad 26 era de 1° ,
- las aristas de corte principales 18 así como el borde de ataque 17 de cada filete 12 estaban redondeados con un radio de $2 \mu m$.

La broca así obtenida ha permitido comprobar esta nueva geometría y confirmar las ventajas que ésta proporciona.

La broca 1 de acuerdo con la invención está particularmente bien adaptada a la perforación de materiales compuestos tales como materiales compuestos de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy. Su utilización no necesita ninguna adaptación particular, especialmente de la máquina-herramienta, con respecto a la utilización de una broca cuya parte activa es de carburo de tungsteno. Únicamente es necesario que la máquina-herramienta permita velocidades de rotación de la herramienta, suficientemente elevadas y adaptadas al mecanizado a gran velocidad. La gama de utilización de la broca en términos de velocidad de corte y de avance puede ser determinada por una metodología del tipo Herramienta de Corte Material (COM). Para materiales compuestos, la broca de acuerdo con la invención permite alcanzar, en función del diámetro de la broca, una velocidad de corte periférica comprendida entre 600 m/min y 1000 m/min, para un avance comprendido entre 0,05 mm/vuelta y 0,20 mm/vuelta, sin desgastar prematuramente la broca ni deslaminar el material que hay que perforar. Para estas velocidades, la broca de acuerdo con la invención permite reducir considerablemente las tensiones que se ejercen sobre esta última, sean éstas mecánicas (esfuerzos de torsión y de compresión) o térmicas. Las tensiones térmicas se disminuyen asegurando una disipación del calor a través de las virutas que transportan rápidamente esta energía fuera de la perforación. La utilización de la broca fuera de las gamas de velocidad de corte y de avance recomendadas es posible pero provoca una degradación acelerada de la herramienta y por tanto una disminución de su duración de vida de servicio útil. La broca de acuerdo con la invención permite, para la perforación de materiales compuestos, dividir el tiempo de perforación por diez. El impacto de la geometría de la broca sobre su duración de vida de servicio útil es notable puesto que el número de agujeros perforados por la misma herramienta antes de que sea necesario cambiarla resulta multiplicado por cinco.

ES 2 339 905 T3

De acuerdo con otra característica de la invención, la perforación se efectúa en seco sin utilización de lubricante y constituye una operación de desbaste que no necesita operación de apuntamiento previo para el centrado de la broca.

5 De acuerdo con el estado de superficie requerido y de acuerdo con las características metalúrgicas requeridas en la periferia del agujero, una sola operación de perforación, sin operación de apuntamiento previo y sin operación posterior de acabado, es suficiente para realizar el agujero final.

10 Habida cuenta de las elevadas velocidades de corte y de los elevados avances que pueden conseguirse gracias a la broca de acuerdo con la invención, solo máquinas específicas destinadas a la mecanización a gran velocidad y suficientemente rígidas son capaces de dar un resultado plenamente satisfactorio en términos de calidad de perforación y de duración de vida de servicio útil de la herramienta.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

ES 2 339 905 T3

REIVINDICACIONES

5 1. Broca que comprende una cola (2), una parte tallada (3) en forma de tronco de cono que se extiende hasta la cola
(2) y cuya base está situada a nivel de una extremidad axial libre (13b) de la broca, comprendiendo la citada extremidad
(13b) al menos dos aristas de corte principales (18) unidas entre sí por dos aristas centrales (19), comprendiendo la
citada parte tallada (3) dos labios (8) y dos acanaladuras (9) que se extienden de modo helicoidal alternativamente
alrededor de un eje longitudinal (4) de rotación de la broca, extendiéndose los labios (8) y las acanaladuras (9) desde la
extremidad axial libre (13b) hacia la cola (2) de la broca, comprendiendo cada labio (8) un filete (12) y comprendiendo
10 cada acanaladura (9) una cara de corte principal (16) adyacente a un filete (12) y a una arista de corte principal (18),
cuya arista (18) forma una intersección con una cara de despulla principal (21) a nivel de la extremidad axial libre
(13b) de la broca, prolongándose las caras de despulla principales (21), cada una, en el lado de los labios (8), por una
cara de contradespulla (30), extendiéndose dos vaciados (27) desde las aristas centrales (19) hacia la periferia de la
broca y formando dos caras de corte secundarias (28), estando realizada al menos una porción terminal de la parte
15 tallada (3) de la broca en material cerámico, estando **caracterizada** la citada broca porque cada filete (12) se prolonga
radialmente, hacia el eje de rotación (4) de la broca, por un bisel curvo (25), seguido de una cara de despulla principal
(21), de modo que la intersección entre cada bisel curvo (25) y la acanaladura (9) adyacente está formada por una
arista (AB) de la cual una extremidad radialmente externa (B) está más alejada axialmente, según el eje de rotación
(4) de la broca, de la cola (2) de la broca que lo está una extremidad radialmente interna (A) de la citada arista (AB), y
20 porque los biseles curvos (25) se prolongan cada uno, en el lado de las caras de contradespulla (30), por un bisel (31).

2. Broca de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque los labios (8) y las acanaladuras (9) están
enrollados helicoidalmente alrededor del eje de rotación (4) de la broca con un ángulo de hélice (11) comprendido
entre 25 y 40 grados con respecto al eje de rotación (4) de la broca.

25 3. Broca de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizada** porque el ángulo de conicidad (26) de la parte
tallada (3) está comprendido entre 1 y 3 grados.

4. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada** porque cada filete (12) tiene
30 un espesor (14) inferior o igual a la décima parte del diámetro (d) de la base de la parte tallada (3).

5. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada** porque cada cara de corte
principal (16) está inclinada desde la arista de corte principal (18) adyacente hacia la dirección de corte (DirC) de la
broca.

35 6. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque la distancia (18a) que
separa, según la dirección radial, las extremidades radialmente externas (A) de las dos aristas de corte principales (18),
es igual, más o menos 2 mm, al diámetro (d) de la base de la parte tallada (3).

40 7. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque las dos aristas centrales
(19) forman entre sí un ángulo (α) comprendido entre 142 y 162 grados.

8. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada** porque la arista (AB) que for-
ma la intersección entre un bisel curvo (25) y la acanaladura (9) adyacente está inclinada un ángulo (25b) comprendido
45 entre 3 y 9 grados con respecto a un plano (Pp) normal al eje de rotación (4) de la broca.

9. Broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que

- se denomina A a la extremidad radialmente externa de cada arista de corte principal (18),

50 - se denomina Pr a un plano de referencia que pasa por el punto A, ortogonal a la dirección de corte (DirC) de la
broca y que contiene al eje de rotación (4) de la broca,

- se denomina Pf a un plano que pasa por el punto A, ortogonal al plano Pr, paralelo a la dirección de avance (DirA)
55 de la broca, y paralelo al eje de rotación (4) de la broca,

- se denomina Pp a un plano que pasa por el punto A, ortogonal a los planos Pr y Pf,

estando **caracterizada** la citada broca porque un plano (Ps), tangente a una arista de corte principal (18) en el
60 punto A y perpendicular al plano de referencia Pr, forma con el plano Pf un ángulo (α r) comprendido entre 55 y 65
grados.

10. Broca de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada** porque cada labio (8), en el plano Pp, la recta que
pasa por el eje (4) de la broca y la intersección entre una acanaladura (9) y la superficie de desprendimiento (13)
65 correspondiente, forma con el plano Pr un ángulo (γ g) comprendido entre 60 y 90 grados.

11. Broca de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10, **caracterizada** porque, para cada labio (8), en el plano Pr,
cada vaciado (27) está delimitado por un primer segmento de recta (27a) que parte de la intersección entre una arista

ES 2 339 905 T3

de corte principal (18) y la arista central (19) adyacente, un segundo segmento de recta (27b) que forma la intersección entre el vaciado (27) y la cara de contradespulla (30) adyacente, estando unidos los primero (27a) y segundo (27b) segmentos de recta entre sí por una parte curvilínea (27c), estando inclinado el segundo segmento de recta (27b) con respecto al eje de rotación (4) de la broca un ángulo (27d) comprendido entre 1 y 15 grados, y formando los primero (27a) y segundo (27b) segmentos de recta entre sí un ángulo (27e) comprendido entre 25 y 35 grados.

12. Procedimiento de perforación de materiales compuestos por medio de una broca de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, **caracterizado** porque la broca tiene una velocidad de corte periférica comprendida entre 600 m/min y 1000 m/min.

13. Procedimiento de perforación de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado** porque la broca tiene un avance comprendido entre 0,05 mm/vuelta y 0,20 mm/vuelta.

14. Procedimiento de perforación de acuerdo con las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado** porque la perforación es efectuada en seco.

15. Procedimiento de perforación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, **caracterizado** porque la perforación es realizada sin operación previa de centrado.

16. Procedimiento de perforación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 15, **caracterizado** porque una sola operación de perforación es suficiente para realizar el agujero final.

17. Procedimiento de perforación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 16, **caracterizado** porque la profundidad de la perforación es superior al diámetro de la parte tallada (3) de la broca.

18. Procedimiento de perforación de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17, **caracterizado** porque el material que hay que perforar es un material compuesto de fibras de carbono cuya matriz es una resina de epoxy.

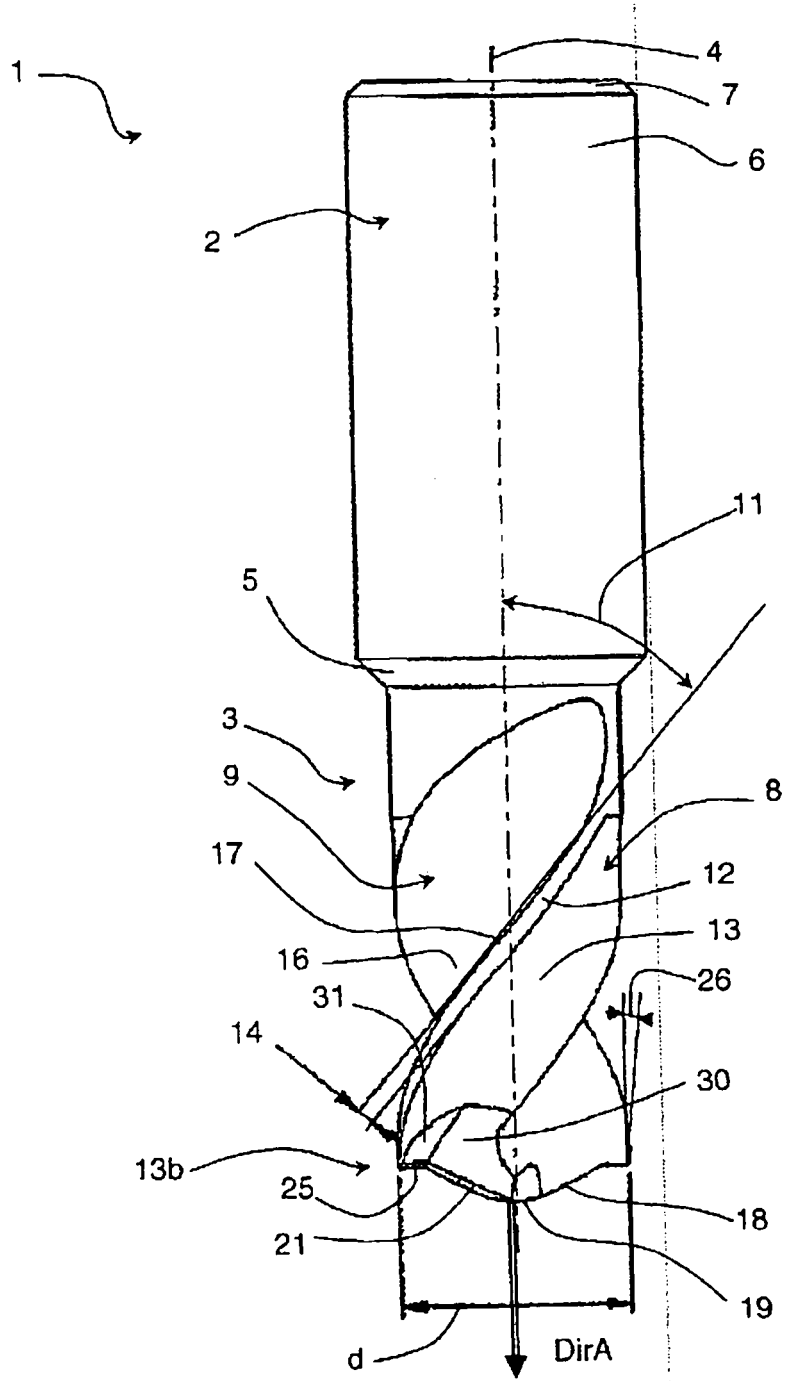


FIG. 1

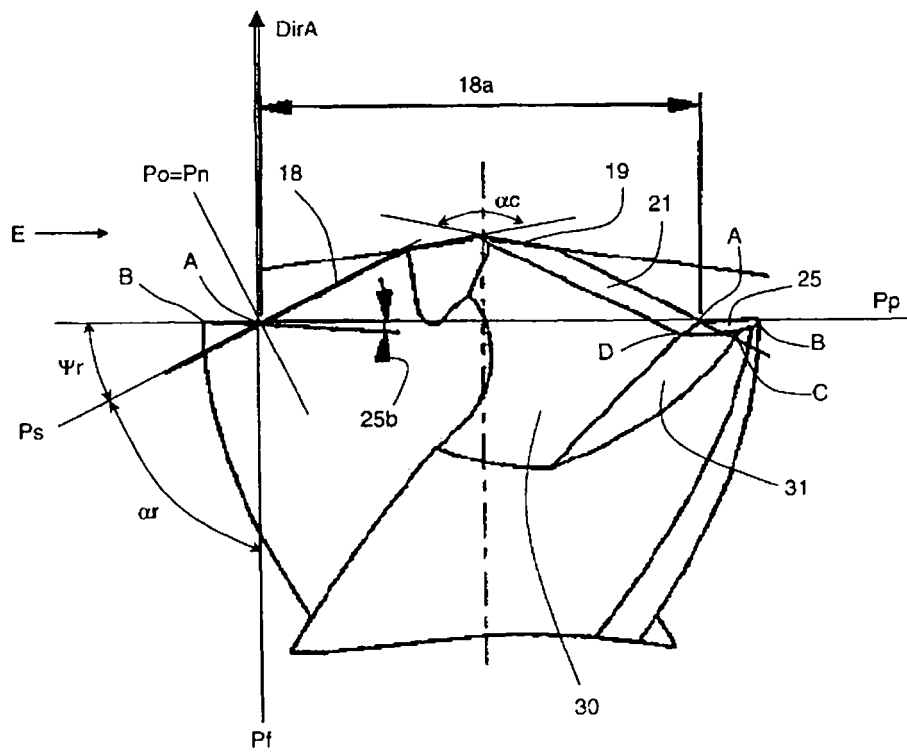


FIG. 2

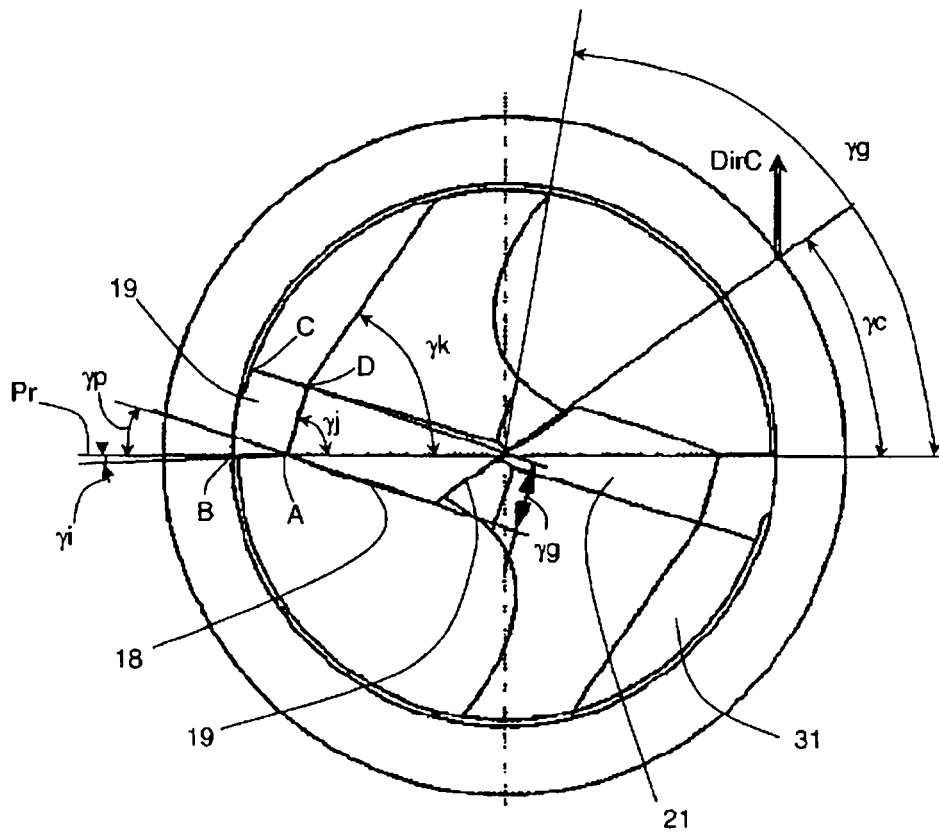


FIG. 3

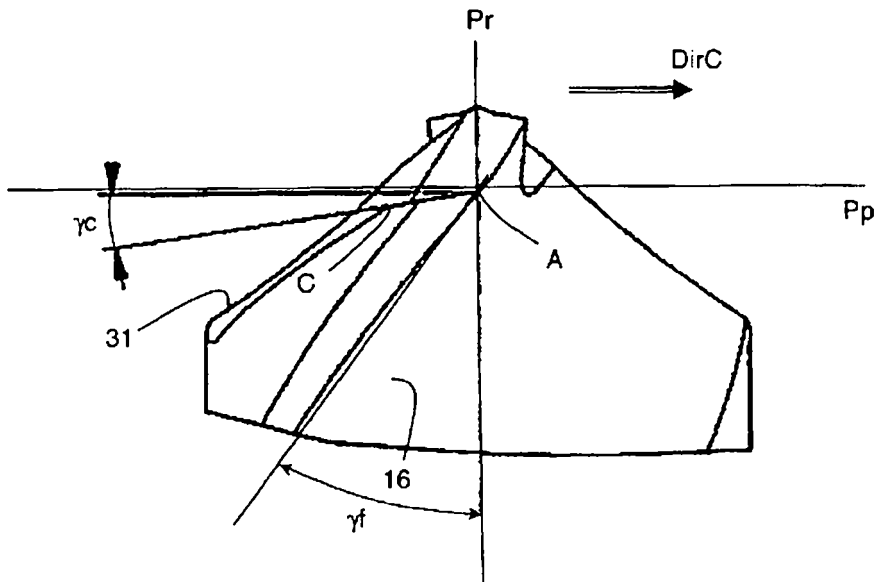


FIG. 4

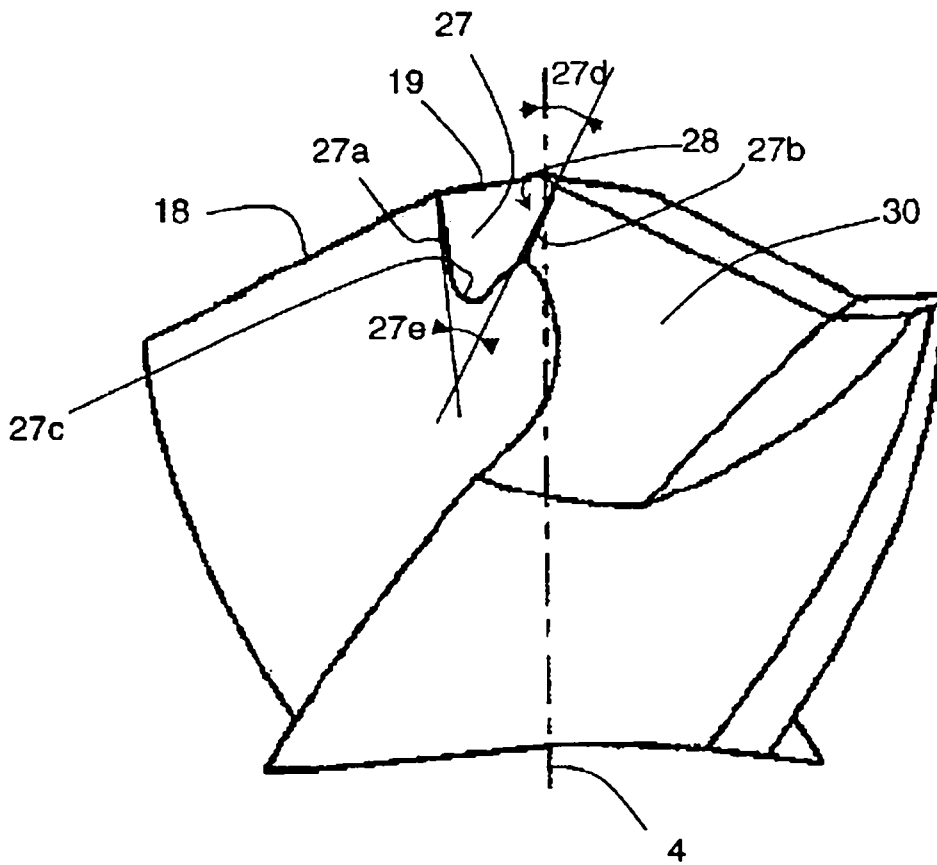


FIG. 5