

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 531 848**

51 Int. Cl.:

B23Q 11/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.10.2011 E 11779806 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2629931**

54 Título: **Procedimiento de mecanizado con enfriamiento criogénico**

30 Prioridad:

22.10.2010 FR 1058638

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2015

73 Titular/es:

**L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME POUR
L'ETUDE ET L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
GEORGES CLAUDE (100.0%)
75, quai d'Orsay
75007 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**QUINTARD, JACQUES;
RICHARD, FRÉDÉRIC;
ROTMAN, FRÉDÉRIC y
TRUCHOT, CHARLES**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 531 848 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

Procedimiento de mecanizado con enfriamiento criogénico

5 La invención se refiere a un procedimiento de mecanizado de una pieza que hay que mecanizar con una herramienta de mecanizado, especialmente de perforación o de corte, en el cual se enfría eficazmente la zona de mecanizado por medio de una mezcla criogénica formada de nitrógeno líquido y partículas de CO₂ sólido, así como a una instalación de puesta en práctica de este procedimiento.

10 Durante una operación de mecanizado de una pieza metálica, por ejemplo una operación de corte o de perforación mecánica, la fricción, los rozamientos y la generación de calor de la zona de mecanizado o zona de calentamiento son problemas frecuentes que generalmente necesitan un establecimiento de una lubricación y/o de un enfriamiento eficaz del material metálico mecanizado.

15 Para hacer esto, se aplica un compuesto refrigerante y/o lubricante, típicamente agua o aceite por ejemplo, en contacto con la zona mecanizada o zona de calentamiento, lo que permite no solamente enfriar más o menos eficazmente esta zona sino también lubricarla con el fin de mejorar la duración de la vida de servicio de la herramienta de mecanizado, mejorar la precisión dimensional y/o disminuir la rugosidad de superficie del objeto mecanizado.

Por compuesto refrigerante y/o lubricante, se entiende cualquier cuerpo que permita enfriar y eventualmente lubricar las piezas o elementos en contacto, es decir material y herramienta, y así disminuir la temperatura de las piezas o elementos considerados, por ejemplo el agua o el vapor de agua, los aceites, un gas ...

20 La disminución de temperatura generada por el contacto con el compuesto refrigerante permite también mejorar los parámetros de mecanizado y así aumentar la productividad global de la operación de mecanizado.

Sin embargo, se considera que los compuestos refrigerantes y/o lubricantes clásicos no son bastante eficaces para poder enfriar eficazmente ciertos materiales duros, tal como por ejemplo el acero inoxidable con elevadas velocidades de mecanizado, durante su mecanizado porque el calor producido por los rozamientos de la herramienta con estos materiales duros es demasiado elevado para ser absorbido eficazmente por estos compuestos clásicos.

25 Resulta entonces una duración de la vida de servicio de la herramienta muy reducida, incluso defectos de mecanizado causados por un aumento excesivo de la temperatura del material.

Además, para ciertas aplicaciones, tales como el mecanizado de piezas utilizadas en el ámbito médico, hay que proscribir cualquier lubricante químico a causa de problemas de contaminación de superficie.

Finalmente, por razones medioambientales, los lubricantes químicos son cada vez menos utilizados.

30 Una alternativa a la utilización de lubricantes químicos es el mecanizado en seco. Sin embargo, la mala evacuación de las calorías generadas impide el mecanizado en seco a grandes cadencias.

Por otra parte, por el documento EP-A-35145 se ha propuesto utilizar una mezcla formada de CO₂ líquido y de un lubricante químico, durante un mecanizado. Sin embargo, tal mezcla no es muy práctica de utilizar.

35 De manera similar, el documento US-A-3971114 ha propuesto utilizar freón 12 como gas de enfriamiento. Esta solución no es ideal porque, en este caso también, la capacidad de enfriamiento del freón es limitada y por otra parte, el freón es susceptible de plantear problemas medioambientales.

40 El documento EP-A-1580284 propone a su vez utilizar argón líquido o helio líquido, de manera alternativa al CO₂ líquido, como fluido lubricante y refrigerante durante un mecanizado. Ahora bien, se comprende inmediatamente que tal solución no es viable o entonces está muy limitada en el plano industrial debido a las servidumbres importantes de coste que la misma genera, así como a las dificultades de puesta en práctica que ésta puede generar, especialmente en caso de uso de helio líquido.

Además, por el documento EP-A-1580284 e igualmente por los documentos WO-A-9960079, EP-A-2155451 y EP-A-1775064, se ha propuesto también utilizar nitrógeno líquido a la presión atmosférica como fluido lubricante y refrigerante durante un mecanizado.

45 En efecto, a la presión atmosférica, el nitrógeno líquido está aproximadamente a -196 °C y su aportación frigorífica es destacable, lo que de hecho es una solución netamente mejor que los otros gases propuestos.

A título de ejemplo, la duración de la vida de servicio de una herramienta de corte revestida de carburo de tungsteno utilizada para cortar el acero inoxidable a una velocidad de 100 m/min será 3 a 4 veces mayor si se utiliza nitrógeno líquido a la presión atmosférica en lugar de un lubricante estándar, tal como el agua o el aceite.

Sin embargo, el nitrógeno líquido es conocido por crear una capa de calefacción cuando éste entra en contacto con una pieza más caliente que él, es decir a una temperatura superior a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$. Cuanto más caliente esté la pieza, mas importante es la capa de calefacción.

5 Este punto es particularmente notable durante una operación de mecanizado mecánico porque la diferencia de temperatura entre el nitrógeno líquido y la pieza que hay que mecanizar puede llegar a ser, por ejemplo, de $500\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Esta capa de calefacción está constituida de nitrógeno gaseoso, el cual forma entre el nitrógeno líquido y la pieza que hay que mecanizar, una barrera térmica gaseosa que limita la aportación de frigorías que provienen del nitrógeno líquido.

10 Ahora bien, esta menor aportación frigorífica limita la evacuación de calorías producidas por el mecanizado y de hecho limita la productividad global porque el enfriamiento y/o la lubricación serán entonces menos eficaces.

Se comprende por tanto que el mecanizado de nitrógeno líquido no es ideal debido a la existencia de esta capa de calefacción.

15 Por otra parte, los documentos EP-A-1044762 y WO-A-2006/065869 divulgan CO_2 sólido mezclado con el nitrógeno en forma gaseosa.

Además, el documento EP-A-1580284 concierne a un procedimiento de mejorar la superficie de trabajo de una herramienta durante su puesta en forma por inyección de nitrógeno líquido en la superficie de la herramienta.

20 El problema es entonces poder mejorar el enfriamiento por nitrógeno líquido durante una operación de mecanizado de un material, en particular la perforación o el corte de un material duro, tal como el acero al carbono, el acero inoxidable, el aluminio y sus aleaciones, o una aleación a base de cromo y/o de níquel, o de titanio...

25 La solución propuesta es un procedimiento de mecanizado de una pieza que hay que mecanizar con una herramienta de mecanizado, en el cual se enfría al menos una parte de la zona de mecanizado susceptible de calentarse durante el mecanizado de la pieza o de la herramienta de mecanizado distribuyendo nitrógeno líquido a nivel de la citada zona de mecanizado o de la herramienta, caracterizado por que se distribuyen además partículas de CO_2 en forma sólida en la zona de mecanizado, siendo mezcladas las partículas de CO_2 en forma sólida con el nitrógeno líquido.

30 En otras palabras, de acuerdo con la invención, se propone realizar un enfriamiento de la zona de mecanizado y/o de la herramienta de mecanizado, es decir de los elementos que se calientan durante el mecanizado propiamente dicho, gracias al envío en contacto con la zona de mecanizado y eventualmente de la propia herramienta, de partículas sólidas mezcladas con un fluido criogénico en estado líquido, es decir el nitrógeno líquido, que típicamente está a una temperatura del orden de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, de manera que se rompa toda o parte de la capa de calefacción susceptible de formarse por vaporización del nitrógeno líquido en nitrógeno gaseoso en contacto con los elementos calientes, y así mejorar notablemente el enfriamiento y/o la lubricación de la zona de mecanizado con respecto a una utilización de nitrógeno líquido solo.

35 Hay que observar que en el marco de la invención:

- el término « distribuir » es considerado como totalmente equivalente a los términos « inyectar », « enviar » o « facilitar ».

40 - los términos « zona de mecanizado » y de « zona de calentamiento » son utilizados indiferentemente uno de otro para designar la región de la pieza que hay que mecanizar que es susceptible de ser calentada debido al mecanizado propiamente dicho.

- el nitrógeno líquido es nitrógeno (designación química : N_2) en estado licuado, es decir a una temperatura típicamente del orden de $-190\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, en particular a $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ a la presión atmosférica (1 atm). La pureza del nitrógeno líquido es típicamente de al menos el 99% en volumen, es decir que no se excluye que el nitrógeno pueda contener impurezas inevitables.

45 - las partículas de CO_2 en forma sólida son cristales de dióxido de carbono, denominados habitualmente « nieve carbónica ».

Según el caso, el procedimiento de la invención puede comprender una o varias de las características siguientes:

- las partículas de CO_2 en forma sólida son mezcladas con el nitrógeno líquido.

- se distribuyen las partículas de CO_2 en forma sólida.

- se distribuye un chorro de enfriamiento formado de nitrógeno líquido y del 10% al 70% en masa de partículas de CO₂ en forma sólida.

- el chorro de enfriamiento formado de nitrógeno líquido y de partículas sólidas está a una presión comprendida entre 1 bar y 400 bares.

5 - se realiza la mezcla de nitrógeno líquido y de partículas sólidas en el lugar, simultáneamente o justo antes de su distribución.

- el nitrógeno líquido y las partículas sólidas son distribuidos por una o varias boquillas de distribución.

- el mecanizado es una perforación o un corte.

- la pieza que hay que mecanizar está formada de un material metálico, cerámico, compuesto o plástico.

10 - la pieza que hay que mecanizar está formada de un material metálico elegido entre el acero al carbono, el aluminio, y sus aleaciones, el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y/o de cromo, y el titanio y las aleaciones de titanio.

La presente invención se va a describir más en detalle refiriéndose a las Figuras anejas, en las cuales:

- La Figura 1 representa un primer modo de realización de la invención y

- La Figura 2 representa un segundo modo de realización de la invención.

15 La Figura 1 ilustra un primer modo de realización y de puesta en práctica del procedimiento de mecanizado de la invención.

Como se ve, una pieza 2 que hay que mecanizar, por ejemplo una pieza metálica o de plástico, es sometida a una operación de mecanizado, tal como una perforación, un corte u otro, por medio de una herramienta de mecanizado 1, por ejemplo una herramienta rotatoria u oscilante, tal como una fresa.

20 Durante la duración del mecanizado, la zona o región 5 de la pieza 2 mecanizada por la herramienta 1 experimenta un calentamiento debido a rozamientos o análogos que se producen entre la herramienta 1 y la pieza 2.

A fin de atenuar este calentamiento, se enfría toda o parte de la zona de mecanizado 5 susceptible de calentarse distribuyendo nitrógeno líquido a nivel de la citada zona de mecanizado 5 y eventualmente también a nivel de la herramienta 1.

25 En este primer modo de realización, se envía hacia la zona de mecanizado 5 un chorro único 6 formado de nitrógeno líquido mezclado con partículas de CO₂ en forma sólida, típicamente una mezcla de nitrógeno líquido que contiene del 10% al 70% en masa de partículas de CO₂ en forma sólida, es decir en forma de nieve carbónica.

30 Esta mezcla nitrógeno líquido/CO₂ sólido es realizada en el lugar, ya sea en la boquilla de distribución 3 que facilita el chorro único 6, o bien aguas arriba de la citada boquilla 3, por ejemplo en una cámara de mezcla unida, por una parte, a una fuente de CO₂ sólido y, por otra, a una fuente de nitrógeno líquido.

La Figura 2 ilustra un segundo modo de realización de la invención análogo al de la Figura 1 pero en el cual la inyección del nitrógeno líquido y de las partículas de CO₂ sólido se hace con la ayuda de dos boquillas de inyección 3, 4, por ejemplo en este caso una primera boquilla 3 dispuesta verticalmente y una segunda boquilla 4 dispuesta horizontalmente.

35 En este segundo modo de realización, las dos boquillas 3, 4 pueden distribuir cada una, una mezcla de nitrógeno líquido/CO₂ sólido.

De manera alternativa, una de las boquillas 3, 4 puede distribuir nitrógeno líquido y la otra las partículas de CO₂ sólido, haciéndose su mezcla en el lugar a nivel de la zona de mecanizado 5 que hay que enfriar.

40 Puede imaginarse igualmente distribuir una mezcla nitrógeno líquido/CO₂ sólido por medio de una de las dos boquillas 3, 4 y utilizar la otra boquilla para distribuir únicamente nitrógeno líquido o CO₂ en forma sólida.

De manera general, las partículas de CO₂ utilizadas son sólidas a temperatura criogénica, es decir típicamente a menos de -150 °C pero se hacen gaseosas en cuanto la temperatura supera aproximadamente - 78 °C, por tanto con mayor razón a temperatura ambiente

En efecto, el CO₂ tiene una conductividad térmica a -196 °C que es la temperatura del nitrógeno líquido, del orden de 0,05 W/(m.K), por tanto netamente superior a la del nitrógeno gaseoso a la misma temperatura, a saber 0,0145 W/(m.K).

5 En el marco de la invención (véanse las Figuras 1 y 2), el CO₂ sólido, además de su función de disgregación de la capa de calefacción que se forma en la interfaz entre el nitrógeno líquido y la superficie de la pieza 2, tiene igualmente un efecto de puente térmico y aporta frigorías que permiten enfriar también la zona de mecanizado.

Además, el CO₂ no va a producir residuos secundarios que deban ser retirados, ni degradar o perturbar el procedimiento de mecanizado propiamente dicho, debido a su pequeño efecto abrasivo.

10 Preferentemente, se fabrica una premezcla de CO₂ en forma de nieve carbónica y de nitrógeno líquido antes de la inyección hacia la zona de mecanizado 5. En estas condiciones, las partículas de CO₂ sólido son enfriadas a -196 °C aproximadamente, es decir la temperatura del nitrógeno líquido en el cual éstas se encuentran.

15 Ensayos experimentales han demostrado que un enfriamiento por inmersión de una pieza maciza de acero calentado a una temperatura de 20 °C en nitrógeno líquido hasta una temperatura dada del orden de -190 °C necesita una duración de enfriamiento que es el 50 % superior a la necesaria para obtener el mismo enfriamiento utilizando una mezcla formada de nitrógeno líquido y de un 30% en masa de CO₂.

Por consiguiente, se comprende inmediatamente el interés de utilizar una mezcla nieve carbónica/nitrógeno líquido como fluido refrigerante/lubricante de mecanizado.

20 En efecto, en estos ensayos, se ha puesto en evidencia que las partículas de CO₂ sólido limitan drásticamente el efecto de la capa de calefacción creada por el nitrógeno líquido en contacto con la pieza que hay que enfriar, lo que mejora las transferencias de calor.

La mezcla nitrógeno líquido/CO₂ sólido de acuerdo con la invención debe contener más del 10% en masa de CO₂ para obtener un efecto notable del CO₂ y como máximo el 70% en masa de CO₂, para conservar una viscosidad de mezcla compatible con los procedimientos de inyección.

25 El flujo de mezcla criogénica nitrógeno líquido/CO₂ sólido puede ser inyectado verticalmente como ilustra la Figura 1 pero también horizontalmente o según un ángulo dado comprendido entre la posición horizontal y la posición vertical. El ángulo de inyección más adaptado a un mecanizado dado puede ser determinado fácilmente de modo empírico, caso por caso, en función especialmente de la configuración de la pieza y/o de la herramienta, de la eficacia del enfriamiento que haya que obtener...

30 La pieza 2 que hay que mecanizar y enfriar puede estar formada de un material metálico, férreo o no, tal como el acero inoxidable, el titanio o una de sus aleaciones, una aleación a base de cromo o de níquel, tal como un Inconel, o de un material no metálico, en particular polímero plástico, tal como un plástico de tipo de elevadas características dúctiles (PPS, PI, PAI...) o de una cerámica.

35 Preferentemente, se efectúa un enfriamiento de la zona 5 de mecanizado pero es igualmente posible proceder simultáneamente a un enfriamiento de toda o parte de la propia herramienta 1 por medio de una mezcla nitrógeno líquido/CO₂ sólido.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de mecanizado de una pieza (2) que hay que mecanizar con una herramienta de mecanizado (1), en el cual se enfría al menos una parte de la zona de mecanizado (5) susceptible de calentarse durante el mecanizado de la pieza (2) o de la herramienta de mecanizado (1) distribuyendo nitrógeno líquido a nivel de la citada zona de mecanizado (5) y/o de la herramienta (1), caracterizado por que se distribuyen además partículas de CO₂ en forma sólida, al menos en la zona de mecanizado (5), siendo mezcladas las partículas de CO₂ en forma sólida con el nitrógeno líquido.
- 10 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación precedente, caracterizado por que se distribuye un chorro de enfriamiento formado de nitrógeno líquido y el 10% al 70% en masa de partículas de CO₂ en forma sólida.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el chorro de enfriamiento formado de nitrógeno líquido y de partículas sólidas está a una presión comprendida entre 1 bar y 400 bares.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que se realiza la mezcla de nitrógeno líquido y de partículas sólidas en el lugar, simultáneamente o justo antes de su distribución.
- 15 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el nitrógeno líquido y las partículas sólidas son distribuidos por una o varias boquillas (3, 4) de distribución.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que el mecanizado es una perforación, un recorte, un fresado o un torneado.
- 20 7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la pieza (2) que hay que mecanizar está formada de un material metálico, plástico, compuesto o cerámico.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la pieza que hay que mecanizar (2) está formada de un material metálico elegido entre el acero al carbono, el aluminio y sus aleaciones, el acero inoxidable, las aleaciones de níquel y/o de cromo, y el titanio y las aleaciones de titanio.

FIGURA 1

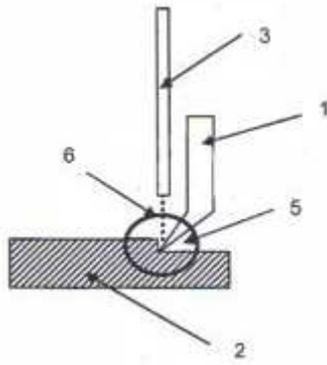


FIGURA 2

