



(11) **EP 2 451 612 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
01.01.2014 Bulletin 2014/01

(51) Int Cl.:
B24C 1/00 ^(2006.01) **B24C 11/00** ^(2006.01)
B24C 1/04 ^(2006.01) **B24C 7/00** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **10734782.5**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2010/051058

(22) Date de dépôt: **01.06.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/004085 (13.01.2011 Gazette 2011/02)

(54) **COUPAGE PAR JET DE FLUIDE CRYOGÉNIQUE LIQUIDE ADDITIONNÉ DE PARTICULES
ABRASIVES**

SCHNEIDVORGANG MIT EINEM STRAHL AUS KRYOGENER FLÜSSIGKEIT MIT
HINZUGEFGTEN SCHLEIFPARTIKELN

CUTTING BY MEANS OF A JET OF LIQUID CRYOGENIC FLUID WITH ADDED ABRASIVE
PARTICLES

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

- **RICHARD, Frédéric**
F-95620 Parmain (FR)
- **TRUCHOT, Charles**
F-78300 Poissy (FR)

(30) Priorité: **09.07.2009 FR 0954745**

(74) Mandataire: **Pittis, Olivier**
L'Air Liquide, S.A.,
Direction de la Propriété Intellectuelle,
75, Quai d'Orsay
75321 Paris Cedex 07 (FR)

(43) Date de publication de la demande:
16.05.2012 Bulletin 2012/20

(73) Titulaire: **L'Air Liquide Société Anonyme pour
l'Etude et
l'Exploitation des Procédés Georges Claude**
75007 Paris (FR)

(56) Documents cités:
EP-A2- 0 360 567 WO-A1-99/51393
WO-A1-2004/033154 WO-A1-2009/001301
DE-A1- 4 313 154 US-A- 3 520 656
US-A- 5 456 629 US-B2- 7 310 955

(72) Inventeurs:
• **QUINTARD, Jacques**
F-95590 Presles (FR)

EP 2 451 612 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention porte sur un procédé et dispositif de découpe de matériaux, tels les métaux, le béton, le bois, les plastiques ou tout autre type de matériau, par jet de fluide cryogénique à très haute pression additionné d'abrasif, en particulier de corindon.

[0002] La découpe de matériaux peut se faire à la disqueuse (béton, pierre, métaux...), à la scie (métaux, bois, plastiques...), par faisceau laser (métaux, plastiques...), au jet de plasma (métaux), au jet d'eau à Ultra Haute Pression (UHP) avec ou sans abrasifs (tous type de matériaux)...

[0003] Toutefois, lorsqu'il doit ne pas y avoir de point chaud au contact de matériaux durs, pendant le processus de découpe, seule la découpe par jet d'eau UHP avec abrasif est utilisée. Dans ce cas, selon un procédé de coupage assez répandu, de l'eau à une pression (UHP) comprise entre 1000 et 4000 bars est amenée jusqu'à une chambre de mélange en acier inoxydable, dans laquelle est simultanément introduit un flux d'air comprimé véhiculant un abrasif du type grenat ou olivine de manière à former un mélange d'eau et d'abrasif à ultra haute pression. Ce mélange eau/abrasif est ensuite envoyé en direction du matériau à couper par un canon de focalisation en carbure de tungstène, tel celui représenté en Figure 1.

[0004] Ainsi, la figure 1 schématise une structure classique de canon de focalisation 5 en carbure de tungstène utilisé pour envoyer un matériau abrasif vers un matériau à couper. Ce canon de focalisation 5 comprend une première arrivée ou entrée 1 par laquelle on alimente le canon avec un mélange abrasif/air comprimé, une seconde arrivée ou entrée 2 par laquelle on alimente le canon 5 avec de l'eau à UHP, par exemple entre 1000-4000 bars, une tête 3 de type venturi, une chambre de mélange 4 et une sortie pour le mélange formé d'eau sous pression additionnée d'abrasif.

[0005] Or, dans certains cas, l'utilisation d'eau est elle même problématique. En effet, l'utilisation d'eau pour certaines applications de découpe de pièce contaminée, par exemple suite à une contamination par produit chimique, radiations nucléaires ou autres, comporte des risques de pollution et impose des systèmes de récupération complexes et coûteux.

[0006] Une solution alternative à la découpe à l'eau est proposée par l'utilisation de jets cryogéniques, comme enseigné par le document US-A-7,310,955 par exemple. Dans ce cas, on utilise un fluide cryogénique, en général de l'azote liquide, sous très haute pression en remplacement de l'eau pour réaliser la découpe souhaitée.

[0007] Toutefois, ce procédé n'est pas utilisable pour découper certains matériaux durs, tels le métal, la pierre, le béton..., en particulier quand leur épaisseur devient trop importante, par exemple supérieure à environ 10 mm.

[0008] De plus, on a remarqué que le canon de distribution du fluide cryogénique, voire également la chambre de mélange, du dispositif de coupage peut être très rapidement érodé lorsque le fluide est additionné de particules abrasives, en particulier lorsque les particules présentent une dureté élevée.

[0009] Il s'ensuit que le problème qui se pose est de pouvoir utiliser un procédé et un dispositif de découpage par jet de fluide cryogénique UHP pour découper différents types de matériaux, y compris des matériaux durs, tel le béton, les métaux, la pierre, le bois, les plastiques..., et/ou ayant des épaisseurs pouvant atteindre 10 cm, ne présentant pas les inconvénients susmentionnés. Un dispositif selon le préambule de la revendication 9 est divulgué dans le document WO 99-51393.

[0010] La solution de l'invention est alors un procédé de coupage d'un matériau, dans lequel on opère une découpe dudit matériau au moyen d'un jet de coupe à une pression d'au moins 100 bars, caractérisé en ce que

- le jet de coupe est formé par mélange d'au moins un premier composé sous forme liquide et à une température cryogénique inférieure à -100°C, et de particules abrasives solides formées d'au moins un matériau abrasif ayant un indice de dureté d'au moins 6 Mohs, les particules abrasives solides étant contenues dans un flux gazeux, et
- le jet de découpe est dirigé vers le matériau à couper au moyen d'un canon de focalisation alimenté en ledit mélange, la matière formant, totalement ou partiellement, le canon de focalisation ayant une dureté supérieure à la dureté des particules abrasives solides utilisées.

[0011] Selon le cas, le procédé de coupage de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le mélange entre le flux liquide et les particules abrasives solides véhiculées par le flux gazeux se fait dans une chambre de mélange.
- la pression du jet de coupe est comprise entre 500 et 4000 bars, entre 1000 et 3800 bars, de préférence de l'ordre de 3000 à 3500 bars.
- le composé sous forme liquide est à une température inférieure à -150°C, de préférence entre -160°C et -230°C.
- le composé sous forme liquide est de l'azote liquide.
- les particules abrasives solides comprennent au moins un matériau abrasif choisi dans le groupe formé par le corindon, le grenat, le carbure de tungstène, le carbure de silicium, l'olivine, l'alumine et le carbonate de calcium.
- les particules abrasives solides ont une granulométrie comprise entre 20 et 200 mesh, de préférence 60 et 100 mesh.

EP 2 451 612 B1

- les particules abrasives solides sont avantageusement des particules de corindon, grenat ou olivine, avantageusement du corindon.
 - le matériau à découper est en métal, en béton, en céramique, en bois, en plastique, en tout autre polymère ou en matière organique dure.
- 5
- le matériau à découper a une épaisseur comprise entre 1 cm et 20 cm, typiquement entre 1 et 10 cm.
 - la vitesse de coupe est comprise entre 0,01 et 4 m/min selon la nature du matériau à couper.
 - le jet de coupe comprenant le composé sous forme liquide et les particules abrasives solides est obtenu par mélange dudit composé sous forme liquide avec un flux d'air comprenant les particules abrasives solides.
- 10
- le mélange entre le flux liquide et l'abrasif véhiculé par un flux gazeux, se fait dans une chambre de mélange formée, totalement ou partiellement, i.e. pièce massive ou revêtement surfacique interne, d'acier trempé, de carbure de tungstène, de carbure de silicium, de titane ou de bore, nitrure de bore, de préférence nitrure de bore cubique, ou de diamant, de préférence en un matériau ayant une dureté supérieure à la dureté des particules abrasives solides utilisées.
- 15
- le jet de découpe est dirigé vers le matériau à couper au moyen d'un canon de focalisation alimenté par le mélange obtenu dans ladite chambre de mélange.
 - la matière formant, totalement ou partiellement, i.e. pièce massive ou revêtement surfacique interne, le canon de focalisation est d'une dureté supérieure à la dureté des particules abrasives solides utilisées lorsque lesdites particules sont du corindon.
- 20
- la matière formant, totalement ou partiellement, i.e. pièce massive ou revêtement surfacique interne, le canon de focalisation est du carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, de préférence de l'ordre de 0.15% à 0.5%, par exemple de l'ordre 0.25%, du carbure de silicium, du carbure de titane, du carbure de bore, du nitrure de bore cubique ou du diamant.
- 25
- le mélange entre le flux liquide et l'abrasif véhiculé par un flux gazeux, se fait dans une chambre de mélange formée, totalement ou partiellement, d'acier trempé, de carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, de carbure de silicium, de carbure de titane, de carbure de bore, de nitrure de bore cubique ou de diamant.
 - la chambre de mélange ou le canon est formé, au moins partiellement, de carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, et les grains de carbure de tungstène ont une taille inférieure à 1,5 μm , de préférence entre 0,1 et 0,6 μm .
- 30
- [0012]** L'invention concerne aussi un dispositif de coupage par jet de coupe à une pression d'au moins 100 bars comprenant une source de liquide cryogénique sous pression relié fluidiquement à une chambre de mélange pour alimenter ladite chambre de mélange en liquide cryogénique sous pression, et un canon de focalisation relié fluidiquement à ladite chambre de mélange, caractérisé en ce qu'elle comporte en outre une source de particules abrasives ayant un indice de dureté d'au moins 6 Mohs, alimentant la chambre de mélange de manière à alimenter le canon de focalisation
- 35
- en un mélange formé de liquide cryogénique sous pression et desdites particules abrasives, lequel mélange est délivré par le canon de focalisation sous forme d'un jet de coupe, le canon de focalisation étant formé, totalement ou partiellement en carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, en carbure de silicium, en carbure de titane, en carbure de bore, en nitrure de bore cubique ou en diamant.
- [0013]** Selon le cas, le dispositif de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :
- 40
- la chambre de mélange est formée, totalement ou partiellement, d'acier trempé, de carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, de carbure de silicium, de carbure de titane, de carbure de bore, de nitrure de bore cubique ou de diamant.
 - le canon de focalisation ou la chambre de mélange est formé, totalement ou partiellement, de carbure de tungstène comprenant un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, les grains de carbure de tungstène ayant une taille inférieure à 1,5 μm .
- 45
- [0014]** L'invention va maintenant être mieux comprise grâce aux explications suivantes et aux exemples de réalisation ci-après.
- 50
- [0015]** Le procédé de découpe selon l'invention consiste à utiliser un jet de coupe formé, d'une part, d'un fluide cryogénique sous forme liquide, en particulier de l'azote liquide, à UHP, c'est-à-dire typiquement plus de 100 bars, voire plus de 1000 bars, et d'autre part, de particules abrasives formées d'un ou plusieurs matériaux ayant un indice de dureté d'au moins 6 Mohs, pour réaliser la découpe d'un matériau.
- [0016]** Les particules abrasives sont amenées par un flux de gaz, tel de l'air, à la chambre de mélange alimentant le canon de focalisation servant à distribuer le jet de mélange azote liquide/abrasif.
- 55
- [0017]** Les abrasifs utilisés en association avec l'azote liquide UHP sont de préférence le corindon, le grenat et l'olivine par les raisons expliquées ci-après.
- [0018]** Toutefois, d'autres abrasifs, tel que carbure de tungstène, carbure de silicium, alumine et carbonate de calcium

EP 2 451 612 B1

peuvent aussi être utilisés, en fonction de l'application considérée, notamment de la nature, de l'épaisseur du matériau à découper, du type de canon utilisé, de la nature du matériau formant la chambre de mélange....

[0019] La performance d'un abrasif dépend de sa granulométrie, de sa forme et de sa dureté. Les essais de découpe ont été faits avec des abrasifs de granulométrie égale à 80 mesh, soit 150 à 180 μm , et ayant la même forme de grains (angles vifs à 60° environ).

[0020] C'est donc la dureté des abrasifs qui détermine ici leur efficacité. Les indices de dureté de plusieurs matériaux sont donnés dans le tableau 1 suivant.

Tableau I

Matériau	Indice de dureté (Mohs)
Diamant	10
Nitride de bore cubique	9,8
Carbure de bore (B4C)	9,5
Carbure de silicium	9,3
Alumine	9,2
Chrome	9
Corindon	9
Carbure de tungstène (WC) standard	8,5
Acier inoxydable	< 8,5
Grenat	7,5
Olivine	6,5

[0021] Comme on le voit dans ce Tableau I, selon l'échelle de dureté (Mohs), le corindon est plus performant que le grenat qui est lui-même plus performant que l'olivine puisque le corindon est, entre autres choses, le plus dur de ces trois composés.

[0022] Toutefois, il a été constaté qu'avec le corindon, le canon de focalisation, en carbure de tungstène (WC) standard et, dans une moindre mesure, la chambre de mélange, en acier trempé, subissent une plus forte érosion qu'avec le grenat. En fait, ces dégradations s'expliquent par le fait que la dureté du corindon est supérieure à celle de l'acier trempé et à celle du carbure de tungstène standard.

[0023] Le tableau II ci-après illustre ainsi la dégradation d'un canon de focalisation en fonction du matériau constituant ledit canon, lors de tests opérés avec un mélange d'azote liquide et de corindon.

Tableau II

Après 1 heure de test : Corindon + azote liquide					
Type de canon de focalisation	WC standard	WC + résistant à l'abrasion (Roctec® 500)	WC + résistant à l'abrasion (Ultramant 3000)	Alumine	B4C (Tétrabor®)
Marque	/	KMT	Ceratizit	Sceram	ESK
Résultats	Inopérante au bout de 2 min	Pas de perte d'efficacité	Pas de perte d'efficacité	Inopérante au bout de 15 min	Pas de perte d'efficacité
Diamètre intérieur avant utilisation	1.02 mm	1.02 mm	1.02 mm	1.20 mm	1.20 mm
Diamètre intérieur après utilisation	Entre 2 et 2.5 mm	1.04 mm	1.08 mm	3à4mm	1.20 mm
Compatibilité avec corindon	Mauvaise	Très bonne	Très bonne	Mauvaise	Excellente

[0024] On constate que les canons de focalisation Roctec® 500 et Ultramant 3000 sont plus durs que le canon en carbure de tungstène (WC) standard et résistent beaucoup mieux à l'érosion du corindon.

[0025] Ceci est dû à la proportion de cobalt présent dans le liant du tungstène utilisé pour fabriquer des canons. En effet, plus la quantité de cobalt (Co) liant du tungstène est faible, plus le tungstène est résistant à l'abrasion mais aussi fragile aux chocs.

[0026] Toutefois, étant donné qu'un canon de focalisation ne subit pas de choc mais simplement une érosion par frottements, on préfère utiliser des canons de focalisation formés de tungstène comprenant moins de 0.5% en poids de cobalt, de préférence moins 0.30%, par exemple de l'ordre de 0.25%, lorsque du corindon est choisi comme matériau abrasif mélangé au flux d'azote liquide.

[0027] Comme déjà mentionné, la chambre de mélange 4 est très érodée par le flux de particules abrasives.

[0028] Ainsi, le tableau III ci-après montre la dégradation d'une chambre de mélange en acier trempé suite à une utilisation d'un mélange d'azote liquide et de corindon pendant 8 heures, en particulier de la partie 11 de la chambre de mélange où arrive l'abrasif, de la partie de la chambre 12 de mélange où arrive l'azote liquide et de la partie de la chambre de mélange où sort le mélange azote/abrasif, tel qu'illustré en Figure 2.

Tableau III

Après 8 heures de test : corindon + azote liquide Chambre de focalisation acier trempé (cf. Figure 2)			
Diamètre intérieur	Chambre de mélange		
avant utilisation	Partie 11	Partie 12	Partie 13
	3 mm	2 mm	4.5 mm
après utilisation	3.1 mm	4.2 mm	6.5 mm

[0029] Les résultats obtenus montrent que, malgré une érosion importante de son diamètre, en particulier des parties 12 et 13 de la Figure 2, la chambre de mélange 4 en acier inox est restée efficace pour réaliser le mélange corindon/azote liquide durant les 8h de tests.

[0030] Néanmoins, pour minimiser l'usure de la chambre de mélange et du canon de focalisation, on utilisera un canon de focalisation, voire aussi une chambre de mélange, qui est formé (i.e. pièces massives ou revêtements de surface) d'un matériau plus dur que les particules abrasives mises en oeuvre, en particulier plus dur que le corindon, permettant ainsi de pallier le problème d'érosion due à ces particules abrasives, en particulier le corindon.

[0031] Ainsi, la matière du canon de focalisation, voire aussi de la chambre de mélange de mélange, peut être du carbure de tungstène contenant un faible taux de cobalt (<0.5%), du carbure de silicium, de bore, de titane ou autre, du nitrure de bore cubique, du diamant ou tout matériau compatible et plus dur que le corindon.

[0032] Dans tous les cas, dans le cadre de l'invention, il est primordial qu'au moins le canon de focalisation du jet soit réalisé en un matériau résistant à l'érosion causée par les particules abrasives car c'est le canon qui subit la plus forte érosion.

[0033] Bien que moins performante que le grenat, l'olivine peut aussi être utilisée, comme l'ont montrés des tests supplémentaires réalisés dans les mêmes conditions que les tests précédents.

[0034] Au final, ces essais montrent qu'utiliser des outils adaptés permet de gagner en durée de vie malgré l'utilisation d'abrasifs efficaces en découpe mais très érodants pour les matériels, tel le corindon.

[0035] Ceci est d'autant plus important pour des applications où le nombre d'opérations de maintenance préventives et/ou correctives doit être réduit au maximum, par exemple, dans des applications où l'intervention humaine est difficile, typiquement en milieux radioactifs.

Revendications

1. Procédé de coupage d'un matériau, dans lequel on opère une découpe dudit matériau au moyen d'un jet de coupe à une pression d'au moins 100 bars, le jet de coupe étant :

- formé par mélange d'au moins un premier composé sous forme liquide et à une température cryogénique inférieure à -100°C, et de particules abrasives solides formées d'au moins un matériau abrasif ayant un indice de dureté d'au moins 6 Mohs, les particules abrasives solides étant contenues dans un flux gazeux, et lesdites particules comprenant au moins un matériau abrasif choisi dans le groupe formé par le corindon, le grenat, le carbure de tungstène, le carbure de silicium, le carbure de titane, l'olivine, l'alumine et le carbonate de calcium, et

- étant dirigé vers le matériau à couper au moyen d'un canon de focalisation, la matière formant, totalement ou partiellement, le canon de focalisation ayant une dureté supérieure à la dureté des particules abrasives solides utilisées, et ladite matière étant choisie parmi le carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, le carbure de silicium, le carbure de titane, le carbure de bore, le nitrure de bore cubique et le diamant.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la pression du jet de coupe est comprise entre 500 et 4000 bars.
3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le composé sous forme liquide est à une température inférieure à -150°C.
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le composé sous forme liquide est de l'azote liquide.
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le matériau à découper est en métal, en céramique, en béton, en bois, en plastique ou en polymère.
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le flux gazeux comprenant les particules abrasives solides est un flux d'air.
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le mélange entre le flux liquide et les particules abrasives solides véhiculées par un flux gazeux, se fait dans une chambre de mélange formée, totalement ou partiellement, d'acier trempé, de carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, de carbure de silicium, de carbure de titane, de carbure de bore cubique, de nitrure de bore ou de diamant, de préférence chambre de mélange formée en un matériau ayant une dureté supérieure à la dureté de l'abrasif utilisé.
8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les particules abrasives solides comprennent au moins un matériau abrasif choisi dans le groupe formé par le corindon, le grenat et l'olivine, de préférence le corindon.
9. Dispositif de coupage par jet de coupe à une pression d'au moins 100 bars comprenant une source de liquide cryogénique sous pression relié fluidiquement à une chambre de mélange (4) pour alimenter ladite chambre de mélange (4) en liquide cryogénique sous pression, et un canon de focalisation (5) relié fluidiquement à ladite chambre de mélange (4), **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre une source de particules abrasives ayant un indice de dureté d'au moins 6 Mohs, alimentant la chambre de mélange (4) de manière à alimenter le canon de focalisation (5) en un mélange formé d'au moins le liquide cryogénique sous pression et desdites particules abrasives, lequel mélange est délivré par le canon de focalisation (5) sous forme d'un jet de coupe, le canon de focalisation (5) étant formé, totalement ou partiellement en carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, en carbure de silicium, en carbure de titane, en carbure de bore, en nitrure de bore cubique ou en diamant.
10. Dispositif selon la revendication 9, **caractérisé en ce que** la chambre de mélange (4) est formée, totalement ou partiellement, d'acier trempé, de carbure de tungstène avec un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, de carbure de silicium, de carbure de titane, de carbure de bore, de nitrure de bore cubique ou de diamant.
11. Dispositif selon l'une des revendications 9 ou 10, **caractérisé en ce que** le canon de focalisation (5) ou la chambre de mélange (4) est formé, totalement ou partiellement, de carbure de tungstène comprenant un taux de cobalt compris entre environ 0.1 et 10%, les grains de carbure de tungstène ayant une taille inférieure à 1,5 µm.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Schneiden eines Werkstoffs, wobei der Werkstoff mittels eines Schneidstrahls bei einem Druck von mindestens 100 bar geschnitten wird, wobei der Schneidstrahl:

- gebildet wird durch Mischen von mindestens einer ersten Verbindung in flüssiger Form und mit einer Tieftemperatur von unter -100 °C und von festen Schneidpartikeln, die aus mindestens einem Schneidmittel mit einer Härtezahl von mindestens 6 Mohs gebildet werden, wobei die festen Schneidpartikel in einem Gasstrom ent-

halten sind und die Partikel mindestens ein Schneidmittel umfassen, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die von Korund, Granat, Wolframcarbid, Siliciumcarbid, Titancarbid, Olivin, Aluminiumoxid und Calciumcarbonat gebildet wird, und

- mit einem Fokussierrohr in Richtung des zu schneidenden Werkstoffs geleitet wird, wobei das Material, das vollständig oder teilweise das Fokussierrohr bildet, eine Härte aufweist, die höher als die Härte der verwendeten festen Schneidpartikel ist, und wobei das Material aus Wolframcarbid mit einem Anteil Cobalt zwischen ungefähr 0,1 und 10 %, Siliciumcarbid, Titancarbid, Borcarbid, kubischem Bornitrid und Diamant ausgewählt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Druck des Schneidstrahls zwischen 500 und 4000 bar liegt.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verbindung in flüssiger Form eine Temperatur von unter -150 °C aufweist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei der Verbindung in flüssiger Form um flüssigen Stickstoff handelt.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zu schneidende Werkstoff aus Metall, Keramik, Beton, Holz, Kunststoff oder Polymer besteht.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** es sich bei dem Gasstrom, der die festen Schneidpartikel umfasst, um einen Luftstrom handelt.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Mischen des Flüssigkeitsstroms und der festen Schneidpartikel, die von einem Gasstrom transportiert werden, in einer Mischkammer erfolgt, die vollständig oder teilweise aus gehärtetem Stahl, aus Wolframcarbid mit einem Anteil Cobalt zwischen ungefähr 0,1 und 10%, aus Siliciumcarbid, aus Titancarbid, aus kubischem Borcarbid, aus Bornitrid oder aus Diamant gebildet wird, vorzugsweise einer Mischkammer, die aus einem Werkstoff gebildet wird, der eine Härte aufweist, die höher als die Härte des verwendeten Schneidmittels ist.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die festen Schneidpartikel mindestens ein Schneidmittel umfassen, das aus der Gruppe ausgewählt wird, die von Korund, Granat und Olivin gebildet wird, vorzugsweise Korund.

9. Vorrichtung zum Schneiden mittels Schneidstrahl bei einem Druck von mindestens 100 bar, die eine Quelle für eine unter Druck stehende kryogene Flüssigkeit umfasst, die fluidmäßig mit einer Mischkammer (4) verbunden ist, um die Mischkammer (4) mit der unter Druck stehenden kryogenen Flüssigkeit zu versorgen, und ein Fokussierrohr (5), das fluidmäßig mit der Mischkammer (4) verbunden ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie ferner eine Quelle für Schneidpartikel aufweist, die eine Härtezahl von mindestens 6 Mohs aufweisen, von der die Mischkammer (4) versorgt wird, um das Fokussierrohr (5) mit einer Mischung zu versorgen, die aus mindestens der unter Druck stehenden kryogenen Flüssigkeit und den Schneidpartikeln gebildet ist, wobei die Mischung von dem Fokussierrohr (5) in Form eines Schneidstrahls abgegeben wird, wobei das Fokussierrohr (5) vollständig oder teilweise aus Wolframcarbid mit einem Anteil Cobalt zwischen ungefähr 0,1 und 10 %, aus Siliciumcarbid, aus Titancarbid, aus Borcarbid, aus kubischem Bornitrid oder aus Diamant gebildet ist.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mischkammer (4) vollständig oder teilweise aus gehärtetem Stahl, aus Wolframcarbid mit einem Anteil Cobalt zwischen ungefähr 0,1 und 10 %, aus Siliciumcarbid, aus Titancarbid, aus Borcarbid, aus kubischem Bornitrid oder aus Diamant gebildet ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Fokussierrohr (5) oder die Mischkammer (4) vollständig oder teilweise aus Wolframcarbid mit einem Anteil Cobalt zwischen ungefähr 0,1 und 10 % gebildet ist, wobei die Wolframcarbidkörner eine Größe von unter 1,5 µm aufweisen.

Claims

1. Method for cutting a material, wherein said material is cut by means of a cutting jet at a pressure of at least 100 bar, the cutting jet being:

- formed by mixing at least a first compound in liquid form and at a cryogenic temperature of less than -100 °C, and solid abrasive particles formed from at least one abrasive material having a hardness index of at least 6 Mohs, the solid abrasive particles being contained in a gas stream, and said particles comprising at least one abrasive material chosen from the group formed by corundum, garnet, tungsten carbide, silicon carbide, titanium carbide, olivine, alumina and calcium carbonate; and

- being directed towards the material to be cut by means of a focusing gun, the material forming, in full or in part, the focusing gun having a hardness greater than the hardness of the solid abrasive particles used, and said material being chosen from among tungsten carbide having a cobalt content of between around 0.1 and 10 %, silicon carbide, titanium carbide, boron carbide, cubic boron nitride and diamond.

2. Method according to claim 1, **characterised in that** the pressure of the cutting jet is between 500 and 4000 bar.
3. Method according to either claim 1 or claim 2, **characterised in that** the compound in liquid form is at a temperature of less than -150 °C.
4. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the compound in liquid form is liquid nitrogen.
5. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the material to be cut is made of metal, of ceramic material, of concrete, of wood, of plastics material or of polymer.
6. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the gas stream comprising the solid abrasive particles is an air stream.
7. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the mixing of the liquid stream and the solid abrasive particles transported by a gas stream takes place in a mixing chamber formed, in full or in part, of hardened steel, tungsten carbide having a cobalt content of between around 0.1 and 10 %, silicon carbide, titanium carbide, cubic boron carbide, boron nitride or diamond, preferably a mixing chamber formed of a material having a hardness greater than the hardness of the abrasive used.
8. Method according to any of the preceding claims, **characterised in that** the solid abrasive particles comprise at least one abrasive material chosen from the group formed by corundum, garnet and olivine, preferably corundum.
9. Device for cutting using a cutting jet at a pressure of at least 100 bar comprising a source of pressurised cryogenic liquid in fluid communication with a mixing chamber (4) for supplying pressurised cryogenic liquid to said mixing chamber (4), and a focusing gun (5) in fluid communication with said mixing chamber (4), **characterised in that** it further comprises a source of abrasive particles having a hardness index of at least 6 Mohs, supplying the mixing chamber (4) so as to supply the focusing gun (5) with a mixture formed of at least the pressurised cryogenic liquid and said abrasive particles, which mixture is emitted by the focusing gun (5) in the form of a cutting jet, the focusing gun (5) being formed, in full or in part, of tungsten carbide having a cobalt content of between around 0.1 and 10 %, silicon carbide, titanium carbide, boron carbide, cubic boron nitride or diamond.
10. Device according to claim 9, **characterised in that** the mixing chamber (4) is formed, in full or in part, of hardened steel, tungsten carbide having a cobalt content of between around 0.1 and 10 %, silicon carbide, titanium carbide, boron carbide, cubic boron nitride or diamond.
11. Device according to either claim 9 or claim 10, **characterised in that** the focusing gun (5) or the mixing chamber (4) is formed, in full or in part, of tungsten carbide comprising a cobalt content of between around 0.1 and 10 %, the tungsten carbide grains having a size of less than 1.5 µm.

Figure 1

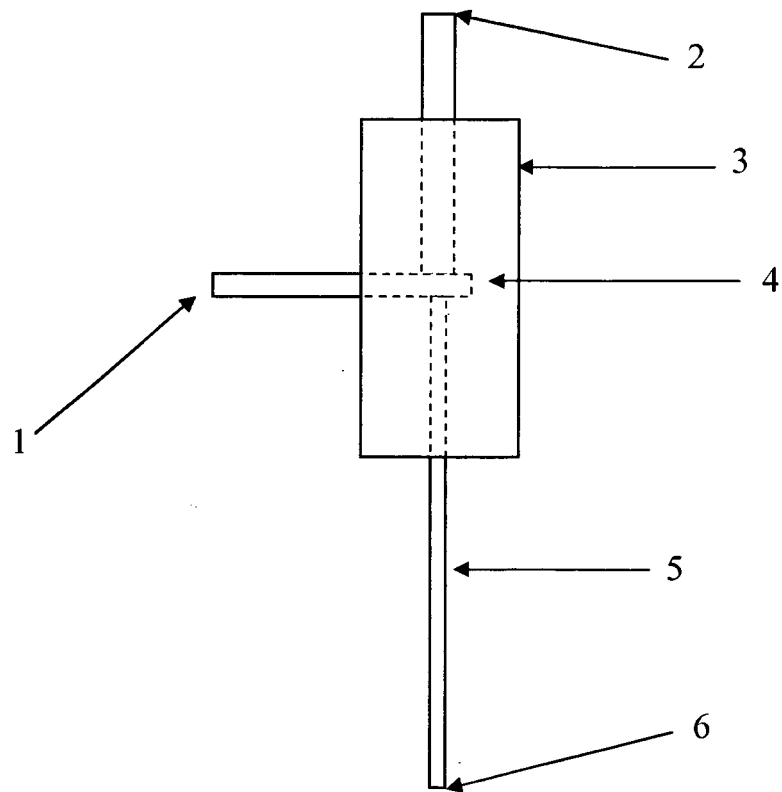
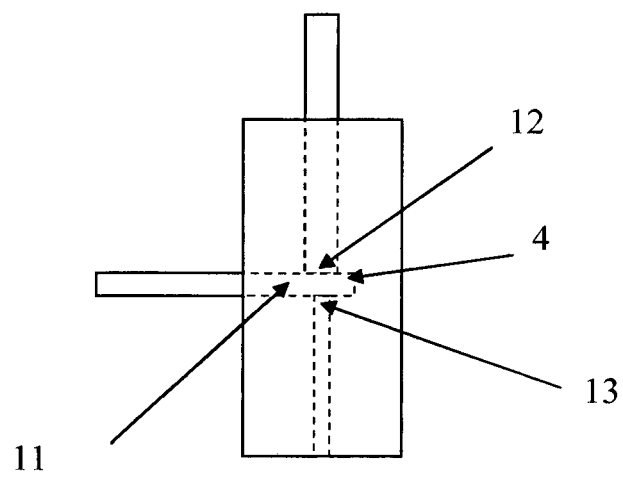


Figure 2



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 7310955 A [0006]
- WO 9951393 A [0009]