

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 07.11.11.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 10.05.13 Bulletin 13/19.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du
présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme — FR.

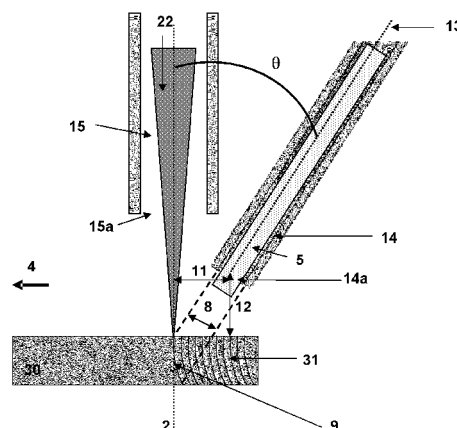
72 Inventeur(s) : LEFEBVRE PHILIPPE, DEBECKER
ISABELLE, JOUANNEAU THOMAS et CHOUF KARIM.

73 Titulaire(s) : L'AIR LIQUIDE, SOCIÉTÉ ANONYME
POUR L'ÉTUDE ET L'EXPLOITATION DES PRO-
CEDES GEORGES CLAUDE Société anonyme.

74 Mandataire(s) : L'AIR LIQUIDE.

54 PROCÉDE ET INSTALLATION DE COUPAGE LASER AVEC JET DE GAZ INCLINÉ.

57 Un procédé de coupage par faisceau laser (22) d'une
pièce (30) à découper, dans lequel on focalise un faisceau
laser (22) le long d'un axe de propagation (2) en direction de
la pièce (30) à découper, on amène le faisceau laser (22) fo-
calisé jusqu'à la pièce (30) à découper par un premier
conduit (15) muni d'un orifice de sortie (15a), ledit premier
conduit (15) ne distribuant aucun jet de gaz, on distribue un
jet de gaz (5) par un deuxième conduit (14) muni d'un orifice
de sortie (14a), ledit deuxième conduit (14) étant distinct et
indépendant du premier conduit (15), on dirige le jet de gaz
(5) vers la zone d'interaction (9) entre le faisceau laser (22)
et la pièce (30) à découper, et on découpe la pièce (30) au
moyen du faisceau laser (22) focalisé et du jet de gaz (5).
Selon l'invention, le jet de gaz (5) distribué par le deuxième
conduit (14) est orienté de manière à former un angle (0)
avec l'axe de propagation (2) du faisceau laser (22) compris
entre 10 et 80°. Installation associée pour la mise en oeuvre
dudit procédé.



L'invention a trait à un procédé de coupage par faisceau laser dont la consommation de gaz est réduite grâce à l'utilisation d'un jet de gaz présentant un angle d'inclinaison par rapport à l'axe de propagation du faisceau laser, ainsi qu'une installation de coupage laser apte à mettre en œuvre ledit procédé.

5 Le coupage par faisceau laser nécessite l'utilisation d'un jet de gaz pour évacuer le métal fondu par le faisceau laser hors de la saignée de découpe.

Le jet de gaz est généralement distribué par une buse de coupage laser, le plus souvent en cuivre, comprenant un conduit interne unique ayant pour fonctions de laisser passer le faisceau laser et de distribuer le gaz jusqu'à la zone d'interaction entre le faisceau laser et la
10 pièce à couper.

Habituellement, ces conduits ont un orifice de sortie de forme circulaire et sont coaxiaux au faisceau laser, c'est-à-dire que l'axe central du conduit est aligné avec l'axe de propagation du faisceau laser.

Le jet de gaz distribué par le conduit et le faisceau laser sont ainsi coaxiaux et se
15 propage selon une direction généralement perpendiculaire à la surface de la pièce à couper.

Généralement, le profil du conduit interne d'une buse de coupage laser est à symétrie rotationnelle et comprend une section de forme tronconique, avec ou sans canal cylindrique de sortie, ou tronconique de type convergent/divergent (i.e. tuyère de Laval) ou toute autre géométrie adaptée.

20 Les diamètres des orifices de sortie de ces conduits sont généralement compris entre 0.8 et 3 mm.

Des exemples de buses comprenant de tels conduits montées sur des têtes de coupage laser sont notamment donnés dans les documents US-A-5192847 et US-A-2011/0210109, ainsi qu'en Figure 1A.

25 Afin de permettre une découpe sans défaut, c'est-à-dire sans bavure adhérente, avec des faces lisses et/ou non oxydées, il est nécessaire d'utiliser des pressions de gaz élevées, en général de plusieurs bar, dans la tête de focalisation afin de permettre au gaz de rentrer dans la saignée pour chasser efficacement le métal en fusion.

Or, une grande partie du gaz utilisé, typiquement entre 50 et 90% du débit de gaz
30 distribué par la buse, n'a aucune action sur le processus de découpe, c'est-à-dire sur l'expulsion du métal en fusion, car elle part sur les cotés de la saignée de découpe.

Ces pertes de gaz sont en fait dues à l'énorme différence entre la section de passage de l'orifice de sortie du conduit interne de la buse et la section de la tâche focale du faisceau laser. Ainsi, à titre indicatif, la section de passage d'une buse avec orifice de sortie de diamètre
35 égal à 1.5 mm est 25 fois plus importante que la section de la tâche focale créée par le faisceau laser traversant cette buse.

Il en résulte des débits et donc des consommations de gaz importants, alors qu'une majeure partie de celui-ci n'est pas utile au procédé.

Pour tenter d'augmenter la proportion de gaz d'assistance pénétrant dans la saignée de découpe et réduire la consommation de gaz, une méthode serait d'utiliser un conduit de gaz dont le diamètre de l'orifice de sortie serait réduit, dans l'idéal à un diamètre proche de la largeur de la saignée de découpe, c'est-à-dire de l'ordre de 0.2 à 0.5 mm.

Toutefois, le faisceau laser se propageant à travers le même conduit, la réduction du diamètre du conduit augmenterait considérablement le risque d'échauffement de la buse lors du passage du faisceau laser de forte puissance par ce conduit, ce qui détériorerait les performances de découpe.

On peut remédier à ce problème en utilisant des conduits distincts pour amener le faisceau laser jusqu'à la pièce à couper et distribuer le jet de gaz au niveau du point d'impact du faisceau laser sur la pièce. Pour cela, le conduit de gaz est orienté de manière à ce que l'axe de propagation du jet de gaz distribué forme un angle d'inclinaison avec l'axe de propagation du faisceau laser. De cette façon on peut réduire le diamètre de l'orifice circulaire du conduit de gaz à un diamètre proche de celui de la saignée de découpe, sans que cela ne gêne le passage du faisceau laser.

Néanmoins, utiliser un jet de gaz émis par un conduit dont l'orifice circulaire a un diamètre proche de la largeur de la saignée de découpe entraîne une réduction de la dimension longitudinale du jet, c'est-à-dire dans la direction de découpe, en particulier de la dimension du jet couvrant le front de la saignée de découpe, ce qui réduit l'efficacité du processus d'expulsion du métal fondu et engendre l'apparition de défauts sur les faces de coupe.

Pour que le jet de gaz agisse efficacement sur le métal fondu recouvrant le front de la saignée de découpe, on utilise avantageusement un conduit de distribution de gaz dont l'orifice de sortie a une section de passage ayant la forme d'une fente, c'est-à-dire possède une dimension longitudinale plus grande que sa dimension transverse.

De telles géométries de conduits de distribution de gaz sont décrites dans les documents DE-A-102008025044 et EP-A-1618985A1.

Ainsi, DE-A-102008025044 a proposé d'utiliser des buses présentant de multiples orifices dont les sections ne sont pas à symétrie rotationnelle et dont les conduits de distribution de gaz présentent un angle d'inclinaison par rapport à l'axe du faisceau laser.

Toutefois, dans ce procédé, le conduit central de passage du faisceau laser délivre également un jet de gaz principal simultanément aux jets auxiliaires, ce qui ne résout pas le problème de la réduction du débit de gaz, i.e. de la réduction de la consommation de gaz en coupage laser, et voire même, l'aggrave.

Par ailleurs, EP-A-1618985 a aussi proposé d'utiliser un jet de gaz supersonique incliné par rapport à l'axe du faisceau laser pour améliorer les performances de découpe des matériaux céramiques. Le jet de gaz est émis par un conduit dont le profil est du type convergent-divergent, i.e. à géométrie de Laval. Le conduit de ce type de buses présente, le
5 long de la direction de propagation du jet de gaz, une première section dite convergente où le diamètre de passage de gaz est progressivement réduit, un étranglement au niveau duquel le diamètre de passage de gaz est minimal, suivi d'une section dite divergente où le diamètre de passage de gaz augmente progressivement jusqu'à l'orifice de sortie de la buse. Cette géométrie particulière rend la conception et la fabrication de ces buses beaucoup plus
10 complexe et coûteuse que celles des buses standard. Les caractéristiques dynamiques du jet de gaz produit sont également beaucoup plus sensibles à l'état de surface des parois du canal dans lequel se propage le gaz. Ainsi, une rugosité trop élevée conduit à la dégradation des conditions d'écoulement du jet dans la saignée de découpe.

Au vu de cela, le problème qui se pose est de permettre une découpe efficace des
15 matériaux métalliques, en particulier l'acier, l'acier inoxydable, et l'aluminium et ses alliages, ne présentant pas les problèmes ci-dessus, notamment sans engendrer une forte consommation de gaz de coupe ou sans avoir recours à des buses de géométries complexes.

Dit autrement, le but de la présente invention est de résoudre les problèmes exposés précédemment en proposant un procédé de coupage laser avec une consommation de gaz
20 réduite, sans gêner le passage du faisceau laser, tout en maintenant une couverture suffisante du front de découpe par le jet de gaz et en conservant un conduit de distribution de gaz de géométrie simple.

La solution de l'invention est un procédé de coupage par faisceau laser d'une pièce à
25 découper, dans lequel :

- a) on focalise un faisceau laser le long d'un axe de propagation en direction de la pièce à découper,
- b) on amène le faisceau laser focalisé jusqu'à la pièce à découper par un premier conduit muni d'un orifice de sortie, ledit premier conduit ne distribuant aucun jet de gaz,
- 30 c) on distribue un jet de gaz par un deuxième conduit muni d'un orifice de sortie, ledit deuxième conduit étant distinct et indépendant du premier conduit,
- d) on dirige le jet de gaz vers la zone d'interaction entre le faisceau laser et la pièce à découper, et
- e) on découpe la pièce au moyen du faisceau laser focalisé et du jet de gaz,
- 35 caractérisé en ce que le jet de gaz distribué par le deuxième conduit est orienté de manière à former un angle avec l'axe de propagation du faisceau laser compris entre 10 et 80°.

En effet, les inventeurs de la présente invention ont mis en évidence qu'il était possible d'obtenir de bonnes performances de découpe sur les matériaux métalliques sans utiliser de jet de gaz coaxial au faisceau laser ni de géométrie de canal complexe, telle une géométrie de Laval, simplement en orientant le jet de gaz de manière à former un angle θ compris entre 10 et 80°, de préférence entre 20 et 70°, et plus avantageusement entre 25 et 55°, avec l'axe de propagation du faisceau laser, ledit faisceau n'étant donc pas distribué la buse distribuant ledit jet de gaz.

Par ailleurs, selon le mode de réalisation considéré, l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le jet de gaz forme un angle avec l'axe de propagation du faisceau laser compris entre 20 et 70°, de préférence entre 25 et 55°.

- le jet de gaz est délivré à l'arrière du faisceau laser selon la direction de découpe.

- le jet de gaz est délivré par un deuxième conduit dont l'orifice de sortie a une section en forme de fente d'une dimension longitudinale plus grande que sa dimension transverse.

- le jet de gaz est délivré par un deuxième conduit dont l'orifice de sortie a une section de forme rectangulaire.

- le jet de gaz est délivré par un deuxième conduit dont l'orifice de sortie a une section de forme oblongue.

- la section de l'orifice de sortie du deuxième conduit a une dimension longitudinale comprise entre 0.6 et 8 mm, de préférence entre 0.8 et 7 mm.

- la section de l'orifice de sortie du deuxième conduit a une dimension transverse comprise entre 0.2 et 1 mm, de préférence entre 0.2 et 0.5 mm.

- l'orifice de sortie du deuxième conduit est positionné à une distance de la surface de la pièce à découper comprise entre 0.5 et 4 mm, de préférence entre 0.8 et 3 mm.

- le deuxième conduit a un profil interne de forme rectiligne.

- le faisceau laser a une puissance comprise entre 0.1 et 25 kW, de préférence entre 0.5 et 8 kW.

- on génère le faisceau laser par un générateur laser est de type CO₂, YAG, à fibres ou à disques.

- la pièce à découper est en matériau métallique choisi parmi les alliages ferreux, cuivreux, d'aluminium ou de titane, de préférence la pièce à découper est en acier inoxydable ou en acier doux.

L'invention concerne aussi une installation de coupage laser comprenant un générateur laser émettant un faisceau laser, une tête de focalisation reliée au générateur laser, ladite tête de focalisation comprenant au moins une optique de focalisation et un premier conduit de passage du faisceau laser focalisé, une commande numérique de déplacement

relatif de la pièce à découper par rapport au faisceau laser focalisé et un deuxième conduit de distribution de gaz selon l'invention, caractérisée en ce que ladite installation comprend en outre une source de gaz unique alimentant seulement le deuxième conduit de distribution de gaz de manière à distribuer un jet de gaz uniquement par ledit deuxième conduit de distribution de gaz, le deuxième conduit étant muni de moyens de déplacement connectés à la commande numérique pour déplacer le deuxième conduit en rotation autour de l'axe de propagation du faisceau laser.

L'invention va maintenant être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante faite en références aux Figures annexées parmi lesquelles :

- la Figure 1A schématise une tête de focalisation d'une installation de coupage laser comprenant une buse à conduit interne classique,

- la Figure 1B schématise la section de la tâche focale du faisceau laser et la section de passage de l'orifice de sortie d'un conduit interne classique de buse,

- la Figure 2A est une vue en coupe d'un jet de gaz selon l'invention dans le plan de la direction de découpe laser,

- la Figure 2B est une vue en coupe d'un jet de gaz selon l'invention dans un plan perpendiculaire à la direction de découpe laser, et

- les Figures 3A et 3B illustrent un mode de réalisation de l'invention.

La Figure 1A représente la tête de focalisation 20 d'une installation de coupage laser classique, à laquelle est fixée une buse laser 21 classique dont le conduit interne 23 est traversée par un faisceau laser focalisé 22 et par du gaz d'assistance (flèche 24) servant à expulser le métal fondu par le faisceau hors de la saignée 31 de coupe formée par le faisceau 22 dans la pièce métallique à couper 30, par exemple une tôle en acier ou en acier inoxydable.

Le gaz d'assistance peut être un gaz actif, tel de l'oxygène, de l'air, du CO₂, de l'hydrogène, ou un gaz inerte, tel l'argon, l'azote, l'hélium, ou un mélange de plusieurs ces gaz actifs et/ou inertes. La composition du gaz est choisie notamment en fonction de la nature de la pièce à couper.

Le faisceau qui vient impacter la pièce va y fondre le métal qui sera expulsé en-dessous de la pièce par la pression du gaz d'assistance.

La Figure 1B permet de bien visualiser la section S1 de passage de l'orifice 24 de la buse 21 par rapport à la taille S2 de la tâche focale du faisceau 22. Comme on le voit, la section S1 est très supérieure à la taille S2 de la tâche focale du faisceau 22, ce qui engendre, avec les buses classiques, une consommation élevée de gaz d'assistance dont seulement une faible proportion va servir à expulser le métal fondu hors de la saignée de coupe 31.

Pour réduire considérablement la consommation de gaz nécessaire à l'opération de découpe, la présente invention propose un procédé de coupage laser amélioré mettant en

œuvre un débit de gaz et/ou une pression de gaz réduits, sans gêner le passage du faisceau laser, tout en maintenant une couverture suffisante du front de découpe par le jet de gaz, et en conservant une géométrie simple du conduit de distribution de gaz.

Pour cela, selon l'invention, le procédé de coupage laser met en œuvre un jet de gaz orienté de manière à ce que l'axe de propagation du jet de gaz forme un angle d'inclinaison avec l'axe de propagation du faisceau laser, à savoir un angle compris entre 10 et 80°, de préférence entre 20 et 70°, et avantageusement entre 25 et 55°.

En effet, le fait de travailler avec un jet de gaz incliné permet d'utiliser des conduits distincts pour, d'une part, amener le faisceau laser jusqu'à la pièce à couper et d'autre part, distribuer le jet de gaz au niveau du point d'impact du faisceau laser sur la pièce. Le faisceau laser et le jet de gaz n'empruntent plus le même conduit. Ceci autorise à réduire la section de passage de gaz, en particulier la dimension transverse de la section de passage, sans que cela ne gêne le passage du faisceau laser. Par conséquent, le débit de gaz utilisé pour l'opération de découpe laser est considérablement réduit par rapport au débit de gaz utilisé avec une buse de coupage laser dont le conduit central délivre un jet de gaz coaxial au faisceau laser.

De plus, la pression de gaz nécessaire au procédé de découpe et, par conséquent, le débit de gaz sont aussi réduits par le fait que le jet de gaz impacte sur le front de découpe généré par le laser avec un angle d'inclinaison.

Cette opération permet d'accroître l'amplitude des forces de friction résultant des contraintes de cisaillement exercées par le gaz sur le front de découpe. L'efficacité du gaz pour chasser le métal fondu hors de la saignée s'en trouve améliorée, ce qui favorise l'obtention de faces de coupes droites et sans bavure.

Le jet de gaz est donc apte, à lui seul, à expulser efficacement le métal fondu, et ce, quelle que soit la puissance et la longueur d'onde du faisceau laser. Il n'est plus nécessaire que le conduit central de passage de faisceau soit alimenté en gaz, ce qui réduit considérablement la consommation de gaz nécessaire à l'opération de découpe laser.

Ainsi, le procédé de l'invention se caractérise principalement par l'utilisation d'un jet de gaz incliné par rapport à l'axe du faisceau laser et distribué par un conduit de gaz distinct et indépendant du conduit de passage du faisceau laser, ledit conduit de passage du faisceau n'étant pas alimenté en gaz.

La Figure 2A illustre la mise en œuvre d'un procédé de coupage selon l'invention. Le faisceau laser focalisé 22 se propage selon un axe de propagation 2 à travers un conduit 15 muni d'un orifice de sortie 15a, de préférence de section circulaire, et est focalisé sur une pièce à découper 30.

Le conduit 15 n'est relié à aucun dispositif d'alimentation en gaz et ne distribue aucun jet de gaz. Le jet de gaz 5 est distribué par un conduit 14 alimenté en gaz, c'est-à-dire relié à

un dispositif tel une bouteille de gaz, une capacité de stockage ou un réseau de distribution de gaz, et muni d'un orifice de sortie 14a. Le jet de gaz 5 est orienté de manière à former un angle d'inclinaison θ par rapport à l'axe de propagation 2 du faisceau laser 22. En d'autres termes, l'axe de propagation central du jet est incliné d'un angle θ par rapport à l'axe de propagation 2 du faisceau laser 22. Pour cela, l'axe central 13 du conduit 14 de distribution de gaz est incliné d'un angle θ de manière à ce que le jet de gaz présente le même angle d'inclinaison par rapport à l'axe du faisceau laser. Les axes de propagation du jet 5 et l'axe central du conduit 14 sont ainsi confondus en l'axe 13.

L'angle d'inclinaison θ du jet de gaz 5 par rapport à l'axe de propagation 2 du faisceau laser 22 est compris entre 10 et 80°, de préférence entre 20 et 70°, et avantageusement entre 25 et 55°.

Le jet de gaz 5 est délivré par un conduit de gaz 14 dont l'orifice de sortie 14a a une section en forme de fente. Autrement dit, l'orifice de sortie 14a a une section d'une dimension longitudinale 8 plus grande que sa dimension transverse 10.

Comme illustré sur le schéma de la Figure 2A, on entend par dimension longitudinale 8 la longueur de la section de l'orifice de sortie 14a selon un axe perpendiculaire à l'axe de propagation 13 du jet de gaz 5 et tangentiel au plan formé par la direction de découpe 4 et l'axe de propagation 2 du faisceau laser.

Comme illustré sur le schéma de la Figure 2B, on entend par dimension transverse 10 la longueur de la section de l'orifice de sortie 14a selon un axe perpendiculaire à l'axe de propagation 13 du jet de gaz 5 et perpendiculaire au plan formé par la direction de découpe 4 et l'axe de propagation 2 du faisceau laser.

De façon générale, la section de l'orifice de sortie 14a peut prendre une forme rectangulaire ou une forme oblongue.

Plus précisément, la dimension transverse 10 de l'orifice de sortie de la buse 6 est de l'ordre de la largeur de saignée 7, i. e. comprise entre 0.2 et 1 mm, de préférence entre 0.2 et 0.5 mm.

La dimension longitudinale 8 de l'orifice de sortie de la buse 6 est ajustée de sorte que le jet de gaz 5 couvre le front de découpe 9 sur toute sa profondeur. Elle est comprise entre 0.6 et 8 mm, de préférence entre 0.8 et 7 mm.

De manière optimale, le jet de gaz incliné 5 est dirigé vers le front 9 de la saignée de découpe 31 et est délivré à l'arrière du faisceau laser 22 lorsque l'on suit la direction de découpe 4.

Avantageusement, l'orifice de sortie 14a du conduit de distribution de gaz 14 est placée de manière à ce que le jet de gaz 5 impacte la tôle au niveau de la zone d'interaction laser et couvre le front de découpe sur toute sa profondeur. Le jet de gaz est positionné de

manière optimale en ajustant la distance 12 de la buse par rapport à la surface de la pièce 30 à découper et la distance 11 de la buse par rapport à l'axe du faisceau laser 2. Les distances 11 et 12 sont définies en partant par rapport au centre du canal de l'orifice de sortie 14a situé sur l'axe 13.

5 Par exemple pour couper une tôle de 5 mm d'épaisseur il est préférable que l'orifice de sortie 14a ait une section d'une dimension transverse de 0.3 mm est une section d'une dimension longitudinale de 3 mm. Pour un angle d'inclinaison θ du jet de gaz 5 de 30° , la distance 12 est comprise entre 0.5 et 4 mm, de préférence entre 0.8 et 3 mm. Toute variation de la distance 12 entraîne un ajustement de la distance 11. A titre indicatif, pour une distance 10 12 de 0.81 mm, la distance 11 est de 2.19 mm. Pour une distance 12 de 1.81 mm, la distance 11 est de 2.77 mm. Pour une distance 12 de 2.81 mm, la distance 11 est de 3.35 mm.

La solution de l'invention peut être mise en œuvre selon différents modes de réalisation, dont des exemples sont schématisés sur les Figures 3A et 3B et décrits ci-dessous.

15 Selon un premier mode de réalisation, le dispositif de distribution de gaz est une buse indépendante du dispositif de passage du faisceau laser. Le conduit 14 de distribution du jet de gaz 5 consiste en un canal usiné dans un dispositif de forme longiligne, par exemple un tube (Figures 2A et 2B).

20 Selon un second mode de réalisation, le dispositif de distribution de gaz et le dispositif de passage du faisceau laser sont solidaires et forment une même buse. Le conduit 14 est un canal pratiqué dans une buse de coupage laser (Figures 3A et 3B) dont la section l'orifice de sortie 14a est de dimensions ajustées en fonction de l'épaisseur de la pièce à découper et de la largeur de la saignée. Une ouverture centrale est pratiquée dans la buse et forme le conduit 15 de passage du faisceau laser par l'orifice de sortie 15a.

25 Dans tous les modes de réalisations décrits, le conduit de gaz 14 a un profil interne de forme rectiligne.

Conformément à l'invention, et quel que soit le mode réalisation de l'invention, seul le conduit 14 est relié à une alimentation en gaz et apte à délivrer un jet de gaz 5 selon l'invention.

30 Par ailleurs, la solution de l'invention concerne également une installation de coupage laser. La tête de coupage laser utilisée est une tête de focalisation classique apte à et conçue pour permettre de distribuer le faisceau laser focalisé jusqu'à la pièce à découper. La tête de focalisation est reliée à un générateur laser émettant un faisceau laser 2 et comprend au moins une optique de focalisation et un conduit 15 de passage du faisceau laser 2 focalisé. La tête de focalisation est portée par une poutre mobile sur un bâti-porteur, ladite tête de focalisation 35 étant elle-même mobile sur ladite poutre mobile.

Le générateur laser est de type adapté à la découpe laser, i. e. laser CO₂, laser solide, e.g. laser à fibre, laser à disque, laser YAG. Le générateur laser a une puissance comprise entre 0.1 et 25 kW, de préférence entre 0.5 et 8 kW.

5 L'installation de coupage laser comprend en outre une source de gaz unique alimentant seulement le conduit 14 de distribution de gaz de manière à distribuer un jet de gaz 5 uniquement par ledit conduit 14 de distribution de gaz.

L'installation de coupage laser de l'invention est munie d'une commande numérique de déplacement relatif de la pièce à découper.

10 Pour réaliser la découpe d'une pièce de forme, c'est-à-dire une opération de découpe multidirectionnelle, le conduit de distribution est muni de moyens de déplacement, lesdits moyens étant connectés à la commande numérique de l'installation de découpe et aptes à déplacer le conduit 14 en rotation autour de l'axe de propagation du faisceau laser. L'orientation du jet de gaz est ainsi ajustée à tout moment en fonction de la direction de découpe, tout en maintenant un angle d'inclinaison de jet de gaz par rapport à l'axe du
15 faisceau laser constant.

De façon alternative, le conduit de gaz est muni de moyens de rotation continue à grande vitesse, par exemple un moteur ou tout autre système faisant tourner le conduit autour de l'axe du faisceau laser à une vitesse de rotation comprise entre 100 et 100 000 tours par minute de préférence entre 1000 et 70 000 tours par minute.

20 L'application principale de l'invention est la découpe des matériaux métalliques, typiquement les alliages ferreux tels que les aciers doux et les aciers inoxydables, les alliages cuivreux, les alliages légers tels l'aluminium et ses alliages ou le titane et ses alliages.

Exemple

25 Afin de montrer l'efficacité du procédé selon l'invention par rapport à procédé de coupage laser classique, des essais comparatifs ont été réalisés en utilisant une installation de coupage avec générateur laser de type CO₂ pour générer un faisceau laser qui est amené à une tête de focalisation laser comprenant des optiques de focalisation, à savoir des lentilles.

La tête de focalisation laser est équipée, selon le cas :

30 - d'une buse standard coaxiale avec orifice de sortie circulaire de 1,8 mm de diamètre (essai comparatif selon l'art antérieur) ou

- d'une buse selon les Figures 2A et 2B ou 3A et 3B avec un orifice de sortie de section rectangulaire dont la dimension transverse est de 0.2 mm et la dimension longitudinale est de 4 mm (essai comparatif selon la présente invention).

35 L'angle d'inclinaison du jet de gaz par rapport à l'axe du faisceau laser est de l'ordre 30°.

Le gaz d'assistance utilisé est de l'azote.

La pièce coupée est une tôle d'acier inoxydable type 304 L de 5 mm d'épaisseur.

Le faisceau laser a une puissance de 4 kW.

Les résultats obtenus ont montré que :

- avec la buse standard, une pression du gaz de 14 bar et un débit de gaz de l'ordre de 400 l/min sont nécessaires pour obtenir une coupe de qualité. Dans ce cas, la vitesse de coupe était de 2.6 m/min. Une pression du gaz inférieure à 14 bar est insuffisante pour obtenir une coupe de qualité. A 12 bar, les bords de coupe comportent de nombreuses bavures adhérentes à la vitesse de coupe de 2.6 m/min. Ceci démontre que l'évacuation du métal en fusion se fait mal ou très difficilement, du fait d'une action insuffisante du gaz sur le métal en fusion devant être expulsé.

- avec la buse de l'invention, des essais faits à des pressions comprises entre 4.5 et 5.5 bar et à débits de gaz inférieurs à 100 l/min ont conduit à des coupes de bonne qualité, c'est-à-dire à des bords de coupe dépourvus de bavure adhérente, et une vitesse de coupe équivalente à celle obtenue dans des conditions optimales avec la buse standard.

- Ces essais démontrent clairement l'efficacité d'un procédé selon l'invention qui permet de réduire considérablement les pressions de gaz à mettre en œuvre par rapport à une buse standard, toutes conditions étant égales par ailleurs, et donc de réduire également les consommations gazeuses.

Revendications

1. Procédé de coupage par faisceau laser (22) d'une pièce (30) à découper, dans lequel :

- a) on focalise un faisceau laser (22) le long d'un axe de propagation (2) en direction de la pièce (30) à découper,
- b) on amène le faisceau laser (22) focalisé jusqu'à la pièce (30) à découper par un premier conduit (15) muni d'un orifice de sortie (15a), ledit premier conduit (15) ne distribuant aucun jet de gaz,
- c) on distribue un jet de gaz (5) par un deuxième conduit (14) muni d'un orifice de sortie (14a), ledit deuxième conduit (14) étant distinct et indépendant du premier conduit (15),
- d) on dirige le jet de gaz (5) vers la zone d'interaction (9) entre le faisceau laser (22) et la pièce (30) à découper, et
- e) on découpe la pièce (30) au moyen du faisceau laser (22) focalisé et du jet de gaz (5),

caractérisé en ce que le jet de gaz (5) distribué par le deuxième conduit (14) est orienté de manière à former un angle (θ) avec l'axe de propagation (2) du faisceau laser (22) compris entre 10 et 80°.

2. Procédé selon la revendication précédente, caractérisé en ce que le jet de gaz (5) forme un angle (θ) avec l'axe de propagation (2) du faisceau laser (22) compris entre 20 et 70°, de préférence entre 25 et 55°.

3. Procédé selon l'une des revendication précédente, caractérisé en ce que le jet de gaz (5) est délivré à l'arrière du faisceau laser (22) selon la direction de découpe (4).

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le jet de gaz (5) est délivré par un deuxième conduit (14) dont l'orifice de sortie (14a) a une section en forme de fente d'une dimension longitudinale (8) plus grande que sa dimension transverse (10).

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le jet de gaz (5) est délivré par un deuxième conduit (14) dont l'orifice de sortie (14a) a une section de forme rectangulaire.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le jet de gaz (5) est délivré par un deuxième conduit (14) dont l'orifice de sortie (14a) a une section de forme oblongue.

5

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la section de l'orifice de sortie (14a) du deuxième conduit (14) a une dimension longitudinale (8) comprise entre 0.6 et 8 mm, de préférence entre 0.8 et 7 mm.

10

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la section de l'orifice de sortie (14a) du deuxième conduit (14) a une dimension transverse (10) comprise entre 0.2 et 1 mm, de préférence entre 0.2 et 0.5 mm.

15

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'orifice de sortie (14a) du deuxième conduit (14) est positionné à une distance (12) de la surface de la pièce (30) à découper comprise entre 0.5 et 4 mm, de préférence entre 0.8 et 3 mm.

20

10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le deuxième conduit (14) a un profil interne de forme rectiligne.

11. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que le faisceau laser (22) a une puissance comprise entre 0.1 et 25 kW, de préférence entre 0.5 et 8 kW.

25

12. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'on génère le faisceau laser (22) par un générateur laser est de type CO₂, YAG, à fibres ou à disques.

30

13. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que la pièce (30) à découper est en matériau métallique choisi parmi les alliages ferreux, cuivreux, d'aluminium ou de titane, de préférence la pièce (30) à découper est en acier inoxydable ou en acier doux.

35

14. Installation de coupage laser comprenant un générateur laser émettant un faisceau laser (22), une tête de focalisation reliée au générateur laser, ladite tête de focalisation comprenant au moins une optique de focalisation et un premier conduit (15) de passage du

faisceau laser (22) focalisé, une commande numérique de déplacement relatif de la pièce (30) à découper par rapport au faisceau laser (22) focalisé et un deuxième conduit (14) de distribution de gaz selon l'une des revendications 1 à 10,

- 5 caractérisée en ce que ladite installation comprend en outre une source de gaz unique alimentant seulement le deuxième conduit (14) distribution de gaz de manière à distribuer un jet de gaz (5) uniquement par ledit deuxième conduit (14) de distribution de gaz, le deuxième conduit (14) étant muni de moyens de déplacement connectés à la commande numérique pour déplacer le deuxième conduit (14) en rotation autour de l'axe (2) de propagation du faisceau laser (22).

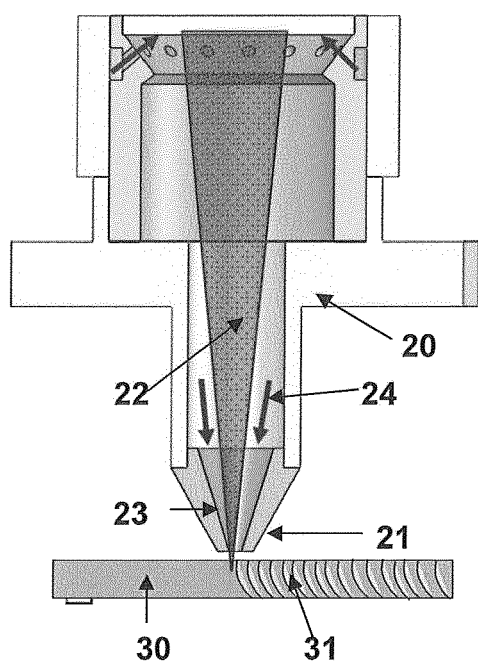


FIGURE 1A

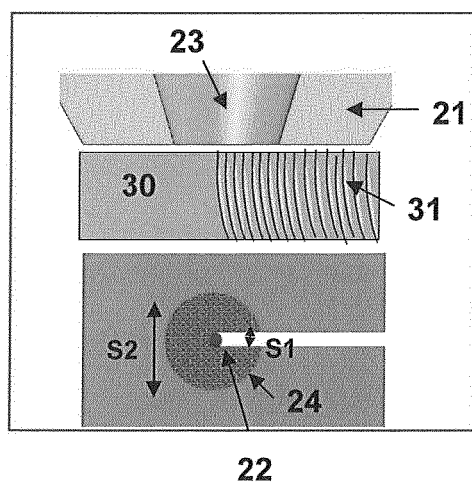


FIGURE 1B

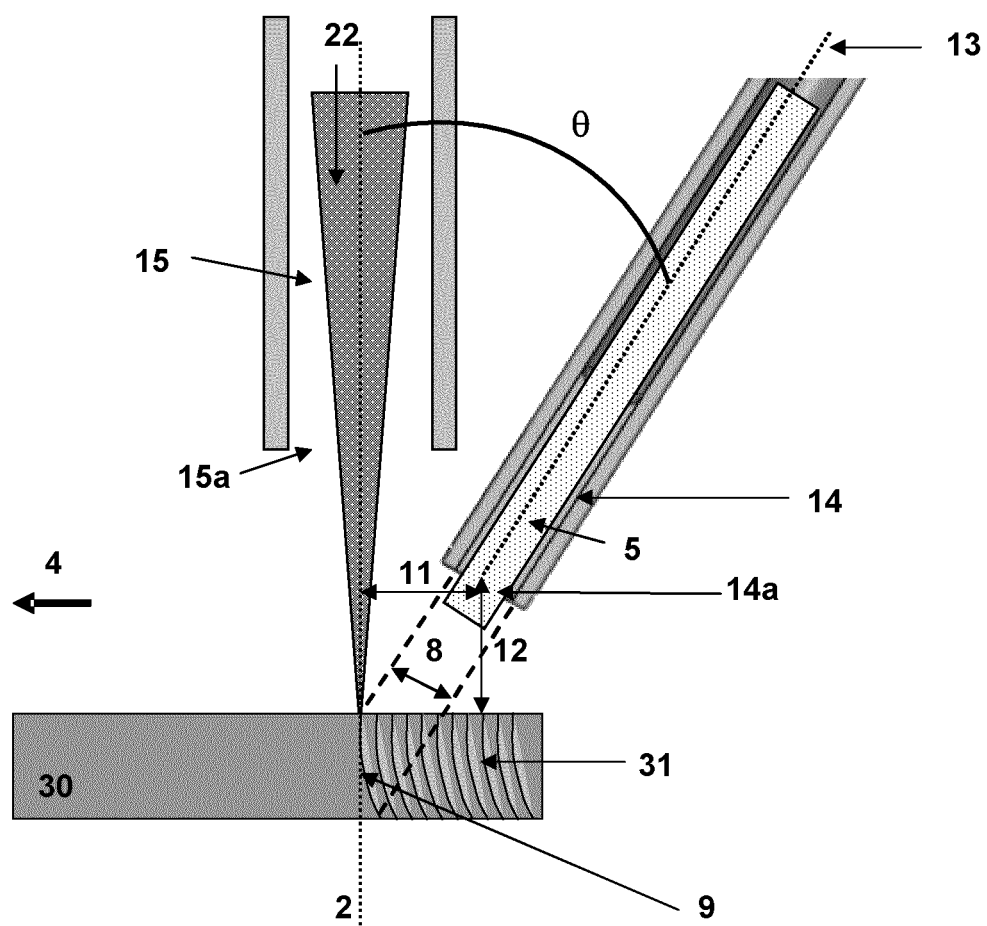


FIGURE 2A

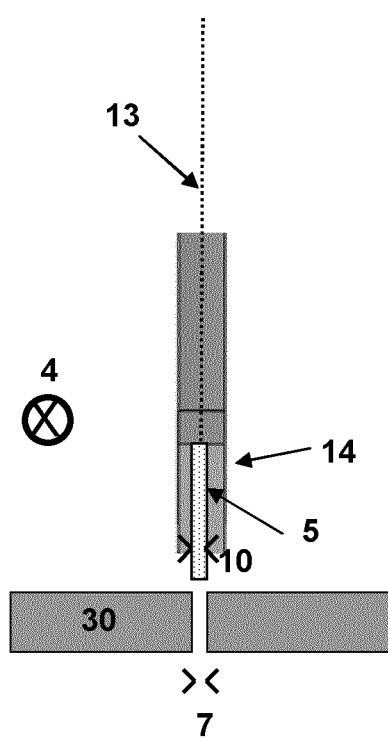


FIGURE 2B

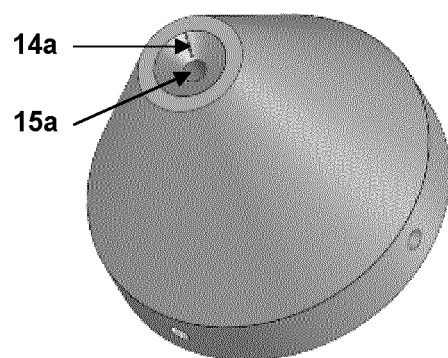


FIGURE 3A

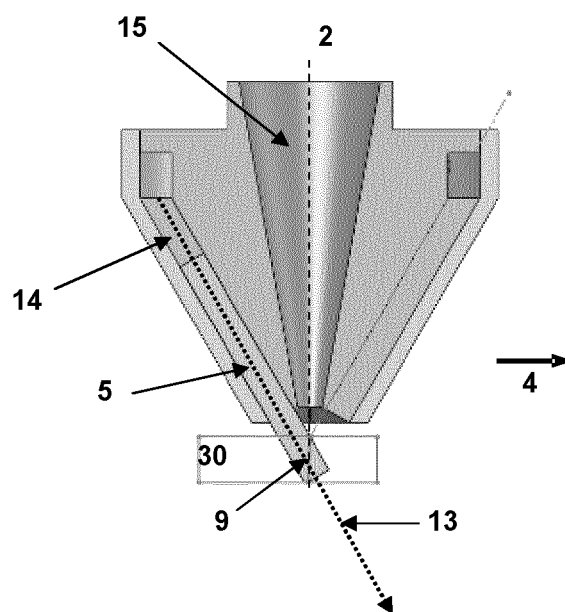


FIGURE 3B



RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 757526
FR 1160050

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP 1 618 985 A1 (UNIV VIGO [ES]) 25 janvier 2006 (2006-01-25)	1-3, 7-12,14	B23K26/14
Y	* alinéa [0001]; revendications 1-7; figure 1 *	13	
	* alinéa [0026] *		
	* alinéa [0030] - alinéa [0033] *		
	* colonne 6, ligne 15 - ligne 18 *		
	* colonne 6, ligne 40 - ligne 58 *		

X	ES 2 277 529 A1 (UNIV VIGO [ES]) 1 juillet 2007 (2007-07-01)	1-3, 11-13	
A	* page 4, ligne 14 - ligne 18; revendications 1-3, 7-9; figure 1 *	14	

X	US 5 565 120 A (LA ROCCA ALDO V [IT]) 15 octobre 1996 (1996-10-15)	1-5	
Y	* revendications 1-16; figures 1,2 *	13	
A		14	

X	US 5 734 146 A (LA ROCCA ALDO VITTORIO [IT]) 31 mars 1998 (1998-03-31)	1-4,6	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
Y	* revendications 1-6; figures 1,2 *	13	
A		5,7,8,14	B23K

X	DE 296 02 150 U1 (TOEBKE BERND [DE]) 11 avril 1996 (1996-04-11)	1-4,6	
Y	* page 1, ligne 5 - ligne 9; figures 1,3 *	13	
A	* page 3, ligne 29 - ligne 32 *	5	
	* page 4, ligne 28 - ligne 34 *		
	* page 5, ligne 1 - ligne 6 *		
	* page 6, ligne 4 - ligne 11 *		

A	DE 198 58 679 A1 (LINDE TECH GASE GMBH [DE]) 21 juin 2000 (2000-06-21)	1-14	
	* colonne 1, ligne 32 - ligne 34; revendications 1-3,15; figure 1 *		
	* colonne 2, ligne 15 - ligne 20 *		
	* colonne 6, ligne 24 - ligne 27 *		

Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
2 juillet 2012		Möller, Sebastian	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande	
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons	
P : document intercalaire			
		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 1160050 FA 757526**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **02-07-2012**

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1618985	A1	25-01-2006	AT 494980 T EP 1618985 A1	15-01-2011 25-01-2006
ES 2277529	A1	01-07-2007	AUCUN	
US 5565120	A	15-10-1996	DE 69211357 D1 EP 0615481 A1 EP 0615482 A1 IT 1250872 B JP H07501490 A US 5565120 A WO 9310936 A1 WO 9310938 A1	11-07-1996 21-09-1994 21-09-1994 21-04-1995 16-02-1995 15-10-1996 10-06-1993 10-06-1993
US 5734146	A	31-03-1998	DE 69402315 D1 DE 69402315 T2 EP 0705154 A1 IT 1261304 B US 5734146 A WO 9500282 A1	30-04-1997 09-10-1997 10-04-1996 14-05-1996 31-03-1998 05-01-1995
DE 29602150	U1	11-04-1996	AUCUN	
DE 19858679	A1	21-06-2000	DE 19858679 A1 EP 1016492 A2	21-06-2000 05-07-2000