



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
27.05.2009 Bulletin 2009/22

(51) Int Cl.:
H05H 1/34 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: 08169245.1

(22) Date de dépôt: 17.11.2008

(84) Etats contractants désignés:

AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR

Etats d'extension désignés:

AL BA MK RS

(30) Priorité: 20.11.2007 FR 0759176

(71) Demandeurs:

- L'Air Liquide Société Anonyme pour l'Etude et l'Exploitation des Procédés Georges Claude
75007 Paris (FR)
- AIR LIQUIDE WELDING FRANCE
75007 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- Barthelemy, Benoit
75011 Paris (FR)
- Chovet, Corinne
78700, Conflans ste honorine (FR)
- Richard, Frédéric
95620, Parmain (FR)
- Uhlig, Peter
95160, Montmorency (FR)

(74) Mandataire: Pittis, Olivier

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

(54) Electrode en alliage d'argent pour torche à plasma

(57) L'invention concerne une électrode (1) pour torche à plasma formée d'un corps d'électrode (2) comprenant une cavité (4) au sein de laquelle est fixé un insert (3) émissif, **caractérisée en ce que** ledit corps d'élec-

trode (2) est formé d'un alliage contenant plus de 90% en poids d'argent. Torche de coupe plasma munie d'une telle électrode et procédé de coupe à l'arc plasma d'une pièce métallique, dans lequel on utilise une torche ou une électrode selon l'invention.

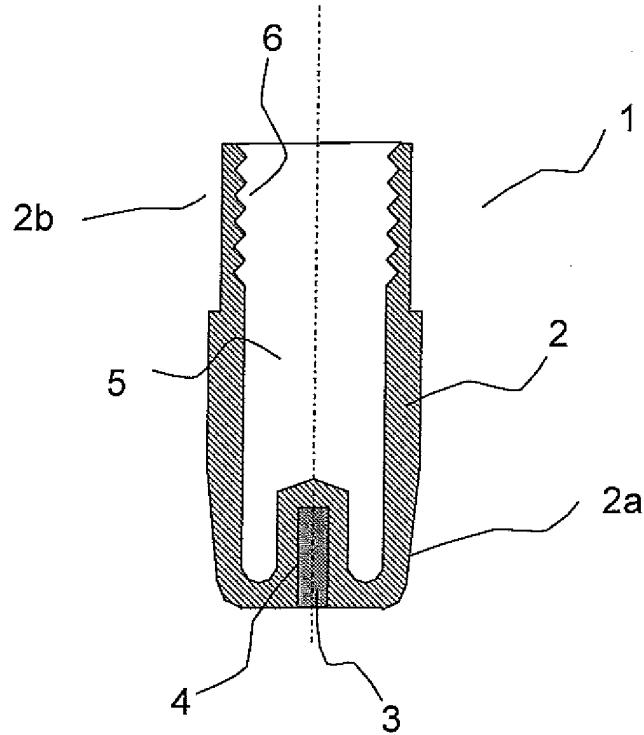


Fig. 1

Description

[0001] L'invention concerne une électrode en alliage d'argent pour torche de coupage plasma, automatique ou manuelle, de préférence une torche automatique, une torche à plasma munie d'une telle électrode et son utilisation dans une opération de coupage plasma d'une pièce métallique.

[0002] Les torches de coupage à plasma d'arc reposent toutes sur une architecture similaire incluant une électrode formée d'un corps au sein duquel est fixé un insert émissif, un diffuseur de gaz et une tuyère de constriction du jet plasma.

[0003] De telles torches sont notamment décrites dans les documents EP-A-599709, EP-A-1578177, EP-A-1126750, EP-A-1139701, WO-A-9413424, EP-A-794697, EP-A-641269 et EP-A-1298966.

[0004] En général, les électrodes utilisées dans ces torches à plasma sont formées d'un corps en cuivre et/ou alliage de cuivre au sein duquel est fixé un insert émetteur d'électrons ou insert émissif. Suivant la nature oxydante ou non du gaz plasma utilisé dans la torche, l'insert est soit en tungstène, soit en hafnium ou zirconium.

[0005] Plus précisément, si on met en oeuvre un gaz inerte ou réducteur, tel que azote, argon, hydrogène, CH₄ ou leurs mélanges, on utilise une électrode à insert en tungstène, alors que si le gaz est oxydant, c'est-à-dire contenant ou formé d'oxygène ou de CO₂, on utilise plutôt un insert en hafnium ou zirconium qui sera moins rapidement dégradé qu'un insert en tungstène par l'action oxydante du gaz.

[0006] En effet, il est bien connu que, durant une opération de coupage plasma, un insert émissif est soumis notamment à des températures très élevées et à des forces de succion engendrées par le jet de plasma d'arc qui vient prendre racine sur ledit insert, qui engendrent une vaporisation plus ou moins importante du métal ou alliage métallique constituant l'insert, son expulsion dans le jet de plasma et donc inévitablement une usure dudit insert avec formation d'un cratère dans celui-ci.

[0007] Cette dégradation plus ou moins rapide des inserts des électrodes des torches à plasma est quasi inévitable et pose un réel problème au plan industriel car elle oblige à remplacer fréquemment les électrodes des torches, ce qui nuit à la productivité du procédé de coupage car oblige à stopper le procédé pour opérer le remplacement de l'électrode et engendre inévitablement des coûts supplémentaires car lorsqu'un insert émissif est usé, il n'est pas possible de remplacer uniquement l'insert et c'est l'ensemble de l'électrode qui doit être changé.

[0008] Pour tenter de résoudre ou de minimiser ces problèmes d'usure des inserts et/ou électrodes des torches à plasma, plusieurs solutions ont déjà été proposées.

[0009] Ainsi, EP-A-1147692 a proposé une électrode formée en un alliage de cuivre et de tellure.

[0010] Par ailleurs, EP-A-980197 a suggéré l'incorpo-

ration de l'insert en hafnium ou tungstène dans un manchon en alliage d'argent, lui-même fixé au corps d'électrode en cuivre.

[0011] En outre, il a aussi été préconisé de réaliser une brasure à l'argent ou en un alliage d'argent, de l'insert en hafnium dans le corps d'électrode en cuivre ou alliage de cuivre.

[0012] Enfin, le document US-A-5,857,888 décrit des électrodes en argent, en alliage d'argent, en or ou en alliage d'or. D'après ce document, une électrode contenant 85% d'argent a permis de réaliser seulement 803 coupes, alors qu'une électrode contenant 60% d'argent permet d'opérer 1143 coupes avant usure trop importante de l'insert.

[0013] Toutefois, ces solutions ne sont pas totalement satisfaisantes car elles n'ont pas permis d'aboutir à une amélioration significative de la durée de vie des électrodes des torches et/ou ont engendré une complexification des torches et aussi une forte augmentation des coûts de production.

[0014] Un problème qui se pose est dès lors d'améliorer encore, et si possible significativement, la durée de vie de ces électrodes et plus particulièrement de diminuer le taux d'usure des inserts des électrodes, lors de son utilisation dans une torche de coupage plasma pour réaliser une opération de coupage plasma et ce, sans nécessité de devoir modifier l'architecture des torches à plasma actuelles.

[0015] Une solution est une électrode pour torche à plasma, c'est-à-dire conçue pour et adaptée à être montée dans une torche à arc plasma, formée d'un corps d'électrode comprenant une cavité au sein de laquelle est fixé un insert émissif, caractérisée en ce que ledit corps d'électrode est formé d'un alliage contenant plus de 90% en poids d'argent.

[0016] Selon le cas, l'électrode de l'invention peut comprendre l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- le corps d'électrode est formé d'un alliage contenant au moins 92% en poids d'argent.
- le corps d'électrode est formé d'un alliage contenant de l'argent et un ou plusieurs éléments d'alliage secondaires choisis parmi le cuivre, l'aluminium et le nickel.
- le corps d'électrode est formé d'un alliage contenant au moins 90% en poids d'argent, moins de 10% en poids de cuivre, moins de 2% en poids d'aluminium et moins de 2% en poids de nickel, de préférence d'un alliage contenant au moins de l'argent et du cuivre.
- le corps d'électrode est formé d'un alliage contenant au plus 96% en poids d'argent, de préférence au plus 95% en poids d'argent, de préférence encore au plus 94% en poids d'argent.
- le corps d'électrode est formé d'un alliage contenant entre 91 et 92,95% en poids d'argent, de 2 à 7% en poids de cuivre, moins de 1% en poids d'aluminium

et moins de 1% en poids de nickel.

- le corps d'électrode a une forme allongée et comporte un évidement interne borgne.
- le corps d'électrode comprend une extrémité aval portant l'insert émissif, une extrémité amont au niveau de laquelle débouche l'évidement interne borgne, et des moyens de fixation conçus et adaptés pour permettre une fixation de l'électrode dans le corps d'une torche à plasma. Les moyens de fixation comprennent par exemple un filetage ou un taraudage aménagé dans le corps d'électrode ; toutefois, tout autre dispositif de fixation adapté peut être utilisé.
- l'insert émissif est en tungstène, en hafnium ou en zirconium.

[0017] L'invention porte aussi sur une torche à plasma comprenant un corps de torche muni d'une électrode à insert émissif selon l'invention, ainsi que sur un procédé de coupage à l'arc plasma, dans lequel on utilise une torche ou une électrode selon l'invention pour découper une pièce métallique, en particulier une plaque en acier, en acier inoxydable, en aluminium ou en un alliage d'aluminium, en cuivre, ou en acier galvanisé ou électro-zingué (i.e. avec revêtement surfacique de zinc).

[0018] L'invention va être mieux comprise grâce à la description détaillée suivante faite en références aux figures annexées parmi lesquelles :

- la Figure 1 est un schéma d'un mode de réalisation d'une électrode selon l'invention,
- la Figure 2 est un schéma d'un deuxième mode de réalisation d'une électrode selon l'invention, et
- les Figures 3 et 4 sont des courbes d'usure obtenues avec une électrode selon l'invention.

[0019] Comme illustré sur les Figures 1 et 2, l'électrode 1 selon l'invention est de type « bicorps », c'est-à-dire qu'elle se compose d'un corps 2 d'électrode faisant office de support pour un insert 3 émissif en hafnium ou tungstène.

[0020] Cet insert 3, typiquement de forme cylindrique, est fixé par brasage, emboutissage, sertissage ou autre au sein d'une cavité 4, tel un perçage borgne, aménagée à l'extrémité aval 2a du corps d'électrode 1.

[0021] Selon l'invention, le corps 2 d'électrode est formé d'un alliage d'argent. La teneur en argent de l'alliage est préférentiellement d'au moins 92% en poids (par rapport au poids de l'alliage constituant le corps d'électrode), et si possible supérieure.

[0022] Les autres éléments d'alliage ou éléments d'alliage secondaires (jusqu'à 100% en poids) peuvent être le cuivre, l'aluminium ou le nickel, en particulier des alliages contenant jusqu'à 93% d'argent environ et jusqu'à 7% environ de cuivre peut être utilisés. La présence sous forme de traces d'autres éléments métalliques est également envisageable, voire inévitable pour ce qui concerne les impuretés.

[0023] A titre d'exemple, le corps 2 d'électrode peut être réalisé en un alliage comprenant de l'ordre de 7% de cuivre, d'environ 1% d'aluminium et/ou de nickel et d'argent pour le reste, mis à part la présence d'impuretés inévitables.

[0024] Comme on le voit sur les Figures 1 et 2, le corps d'électrode 2 a une forme allongée, de préférence globalement tubulaire ou cylindrique, et comporte, au niveau de son extrémité amont 2b, un évidement 5 interne borgne dimensionné pour recevoir le tube plongeur de la torche à plasma dans laquelle l'électrode 1 est insérée, comme montré en Figure 3.

[0025] En effet, durant le fonctionnement de la torche à plasma, on opère habituellement un refroidissement de l'électrode 1 grâce à un fluide de refroidissement, tel que de l'eau déminéralisée ou un mélange d'eau et de glycol, circulant dans le circuit de refroidissement de la torche. Ce fluide de refroidissement vient baigner l'intérieur de l'électrode 1 creuse pour en évacuer la chaleur dégagée par l'arc tout en étant guidé notamment par le tube plongeur de la torche.

[0026] Des moyens de fixation 6 classiques permettent une fixation de l'électrode 1 dans le corps de la torche à plasma, par exemple un filetage ou un taraudage aménagé dans le corps 2 d'électrode permettant un vissage de l'électrode 1 dans le corps de torche. Une telle fixation est classique dans les torches de coupage plasma.

[0027] Selon l'invention, le corps d'électrode 2 au sein duquel est fixé l'insert 3 émissif est formé d'un alliage contenant majoritairement de l'argent, préférentiellement au moins 92% en poids d'argent. En effet, l'utilisation d'un tel alliage d'argent permet d'améliorer notablement le transfert thermique, c'est-à-dire le transfert d'énergie du bain de métal en fusion de l'insert 3 vers le circuit de refroidissement de la torche.

[0028] En effet, la conductivité thermique de l'argent étant plus forte que celle du cuivre ou de ses alliages, le transfert thermique des zones chaudes vers le circuit de refroidissement s'opère plus facilement. Ainsi, l'évaporation de hafnium et/ou tungstène durant les phases d'arc est diminué et/ou ralenti. Ce meilleur transfert thermique permet également de limiter le volume du bain de hafnium et/ou de tungstène fondu pouvant être éjecté lors de l'extinction du plasma.

[0029] Le transfert électrique est également amélioré de par l'utilisation de cet alliage à base d'argent de par sa plus forte conductivité électrique.

[0030] Tous ces phénomènes conduisent donc à une meilleure durée de vie des électrodes de coupage plasma. De plus, il a été remarqué expérimentalement que l'utilisation d'argent permet d'user plus en profondeur les électrodes de coupage plasma par rapport aux mêmes électrodes en cuivre et/ou ses alliages.

[0031] Les résultats d'essais obtenus sont consignés sur la Figure 3 qui présente une courbe d'usure (en mm) d'une électrode à 92% environ d'argent selon la présente invention au fil du temps, c'est-à-dire après 325 cycles (Nb cycles) d'utilisation.

[0032] L'étoile représentée en Figure 3 correspond, quant à elle, à l'usure d'une électrode standard en alliage de cuivre, à savoir un alliage cupro-tellure, supportant un insert en hafnium. Comme on le voit, une telle électrode fabriquée selon l'art antérieur présente une durée de vie comprise entre 150 et 200 cycles de coupe de 20 secondes chacun, ce qui correspond à une usure maximale admissible d'environ 2 mm. L'intensité du courant de coupe est de 120 A et le gaz plasmagène utilisé est de l'oxygène.

[0033] Dans les mêmes conditions, une électrode selon l'invention permet d'obtenir une durée de vie significativement plus élevée puisque la courbe obtenue (droite sur Fig. 3) montre que l'électrode en argent selon l'invention subit une usure régulière jusqu'à atteindre une profondeur de cratère proche de 2.5 mm au bout d'environ 300 à 325 cycles de coupe.

[0034] A l'issue de ces essais, une observation visuelle de la forme du cratère d'usure s'étant formé à l'extrémité de l'électrode et des parois du trou borgne a été réalisée. Cette observation a mis en évidence que le support de l'insert en alliage d'argent n'est pas impacté par la présence de l'arc électrique. Les parois sont toujours bien verticales. On note seulement une légère oxydation de la face avant de l'électrode due à une ambiance fortement chargée en oxygène radicalaire (atome d'oxygène fortement oxydant) présent en forte quantité dans la chambre plasmagène.

[0035] Une électrode selon l'invention présente donc des performances améliorées en termes de durée de vie par rapport à une électrode classique en alliage de cuivre.

[0036] Une seconde série d'essai a été faite dans les mêmes conditions que précédemment (même électrode) en utilisant de l'oxygène comme gaz de coupe et l'intensité du courant de coupe est de 120 A. Toutefois, dans ce cas, la durée de chaque coupe est de 4 secondes.

[0037] Comme on le voit sur la Figure 4, une électrode selon l'invention subit une usure régulière jusqu'à atteindre une profondeur de cratère proche de 2.7 mm au bout d'environ 600 cycles de coupe, soit environ 44 minutes. Toutefois, l'électrode n'était pas détruite à la fin de l'essai et environ 200 cycles supplémentaires ont pu être réalisés pour une durée totale de coupe de l'ordre de 53 minutes.

[0038] Une torche à plasma munie d'une électrode selon l'invention est utilisable pour opérer une découpe par arc plasma d'une pièce en métal, telle une plaque ou une tôle, notamment en acier au carbone, avec ou sans revêtement surfacique, en acier inoxydable, en cuivre, en aluminium, en titane ou en alliage léger.

mé d'un alliage contenant plus de 90% en poids d'argent.

Revendications

1. **Electrode (1) pour torche à plasma** formée d'un corps d'électrode (2) comprenant une cavité (4) au sein de laquelle est fixé un insert (3) émissif, **caractérisée en ce que** ledit corps d'électrode (2) est for-

- 5 mé d'un alliage contenant plus de 90% en poids d'argent.
2. **Electrode** selon la revendication précédente, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) est formé d'un alliage contenant de l'argent et un ou plusieurs éléments d'alliage secondaires choisis parmi le cuivre, l'aluminium et le nickel.
- 10 3. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) est formé d'un alliage contenant au moins 90% en poids d'argent, moins de 10% en poids de cuivre, moins de 2% en poids d'aluminium et moins de 2% en poids de nickel.
- 15 4. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) est formé d'un alliage contenant entre 91 et 92,95% en poids d'argent, de 2 à 7% en poids de cuivre, moins de 1% en poids d'aluminium et moins de 1% en poids de nickel.
- 20 5. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) est formé d'un alliage contenant au moins 92% en poids d'argent et/ou au plus 96% en poids d'argent.
- 25 6. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) a une forme allongée et comporte un évidemment (5) interne borgne.
- 30 7. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** le corps d'électrode (2) comprend une extrémité aval (2a) portant l'insert (3) émissif, une extrémité amont (2b) au niveau de laquelle débouche l'évidement (5) interne borgne, et des moyens de fixation (6) conçus et adaptés pour permettre une fixation de l'électrode (1) dans le corps d'une torche à plasma.
- 35 8. **Electrode** selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** l'insert (3) émissif est en tungstène, hafnium ou zirconium.
- 40 9. **Torche à plasma** comprenant un corps de torche mu- ni d'une électrode (1) à insert émissif (3) selon l'une quelconque des revendications précédentes.
- 45 10. **Procédé de coupe à l'arc plasma** d'une pièce métallique, dans lequel on utilise une torche selon la revendication 9 ou une électrode selon l'une des revendications 1 à 8 pour découper une pièce métallique, en particulier une plaque en acier, acier inoxydable, aluminium ou en un alliage d'aluminium.

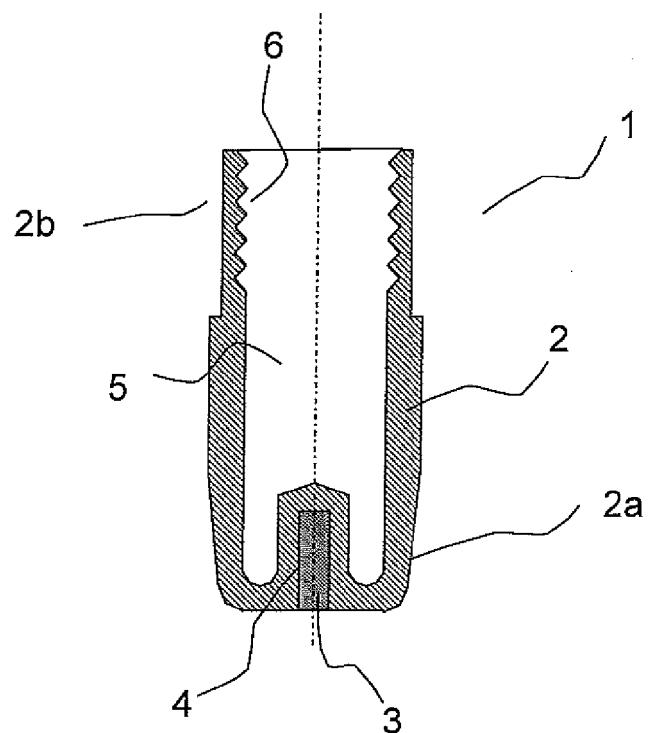


Fig. 1

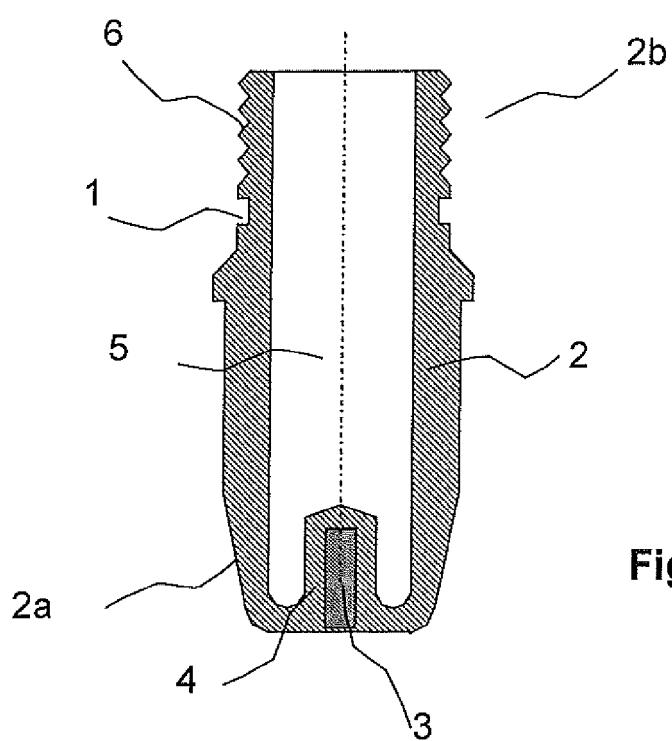


Fig. 2

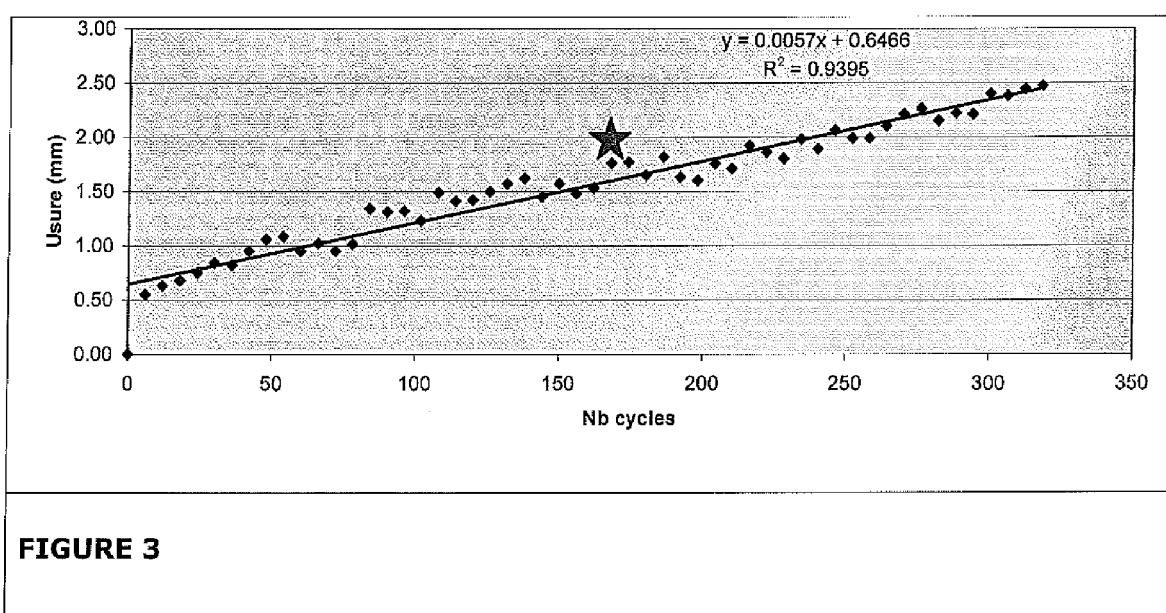
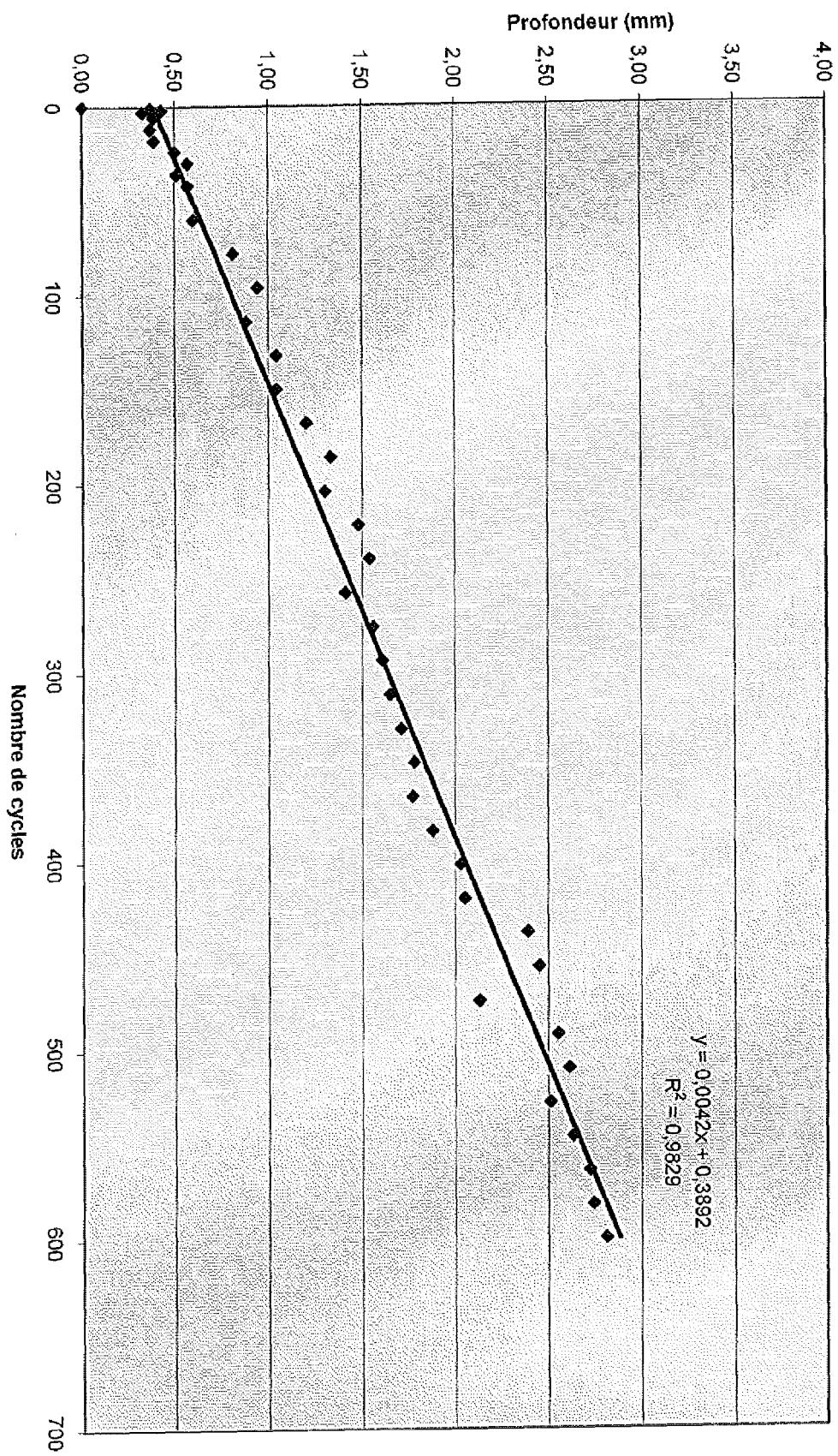


FIGURE 4





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 08 16 9245

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 6 563 075 B1 (SEVERANCE JR WAYNE STANLEY [US] ET AL) 13 mai 2003 (2003-05-13) * figures 1,8B * * colonne 1, ligne 32,33 * * colonne 5, ligne 23-42 * * colonne 8, ligne 44-52 *	1,2,5-10	INV. H05H1/34
Y	-----	3,4	
A	US 5 857 888 A (TADA SHUJI [JP] ET AL) 12 janvier 1999 (1999-01-12) * abrégé; figure 2 * * colonne 4, ligne 37 - colonne 5, ligne 6 *	1-7, 10-12	
Y	-----	3,4	
A	US 5 908 567 A (SAKURAGI SHUNICHI [JP] ET AL) 1 juin 1999 (1999-06-01) * abrégé; figure 4B *	1,10-12	
A	FR 2 852 479 A (AIR LIQUIDE [FR]; SOUDURE AUTOGENE FRANCAISE [FR]) 17 septembre 2004 (2004-09-17) * page 4, ligne 3-11; figure 1 *	6,7	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)
	-----		H05H
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
7	Lieu de la recherche La Haye	Date d'achèvement de la recherche 12 décembre 2008	Examinateur Crescenti, Massimo
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 16 9245

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

12-12-2008

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
US 6563075	B1	13-05-2003	CA	2396803 A1	20-06-2003
			EP	1322144 A2	25-06-2003
			JP	3825745 B2	27-09-2006
			JP	2003205370 A	22-07-2003
			KR	20030052235 A	26-06-2003
US 5857888	A	12-01-1999	AUCUN		
US 5908567	A	01-06-1999	CA	2218332 A1	24-10-1996
			EP	0822736 A1	04-02-1998
			JP	8288095 A	01-11-1996
			WO	9633597 A1	24-10-1996
FR 2852479	A	17-09-2004	EP	1465467 A1	06-10-2004
			US	2004195220 A1	07-10-2004

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

- EP 599709 A [0003]
- EP 1578177 A [0003]
- EP 1126750 A [0003]
- EP 1139701 A [0003]
- WO 9413424 A [0003]
- EP 794697 A [0003]
- EP 641269 A [0003]
- EP 1298966 A [0003]
- EP 1147692 A [0009]
- EP 980197 A [0010]
- US 5857888 A [0012]