



(11) **EP 1 885 904 B2**

(12) **NOUVEAU FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**
Après la procédure d'opposition

- (45) Date de publication et mention de la décision concernant l'opposition:
01.02.2017 Bulletin 2017/05
- (45) Mention de la délivrance du brevet:
09.12.2009 Bulletin 2009/50
- (21) Numéro de dépôt: **06743815.0**
- (22) Date de dépôt: **19.04.2006**
- (51) Int Cl.:
C23C 8/34 (2006.01)
- (86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2006/050357
- (87) Numéro de publication internationale:
WO 2006/111683 (26.10.2006 Gazette 2006/43)

(54) **PROCEDE DE CARBONITRURATION A BASSE PRESSION**
NIEDERDRUCKCARBONITRIERVERFAHREN
LOW PRESSURE CARBONITRIDING METHOD

- | | |
|--|---|
| <p>(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR</p> <p>(30) Priorité: 19.04.2005 FR 0550996</p> <p>(43) Date de publication de la demande:
13.02.2008 Bulletin 2008/07</p> <p>(73) Titulaire: ECM TECHNOLOGIES
38000 Grenoble (FR)</p> <p>(72) Inventeurs:
• BERLIER, Jean
F-38590 Saint Etienne De Saint Geoirs (FR)
• GOLDSTEINAS, Aymeric
F-38340 Voreppe (FR)
• DOUSSOT, Xavier
F-38180 Seyssins (FR)</p> <p>(74) Mandataire: de Beaumont, Michel
Cabinet Beaumont
1, rue Champollion
38000 Grenoble (FR)</p> | <p>(56) Documents cités:
EP-A- 1 160 349 EP-B1- 1 080 243
DE-A1- 10 322 255 DE-A1- 10 322 255
DE-A1- 19 909 694 DE-T2- 69 902 169
FR-A1- 2 271 295 US-A1- 2004 187 966</p> <ul style="list-style-type: none">• DATABASE WPI Section Ch, Week 198551 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M13, AN 1985-322031 XP002356105
KAGARLITSK V G: "Heat treatment of steel articles - uses pulsated feed of natural gas into furnace with pulses of nitrogen fed during pauses" & SU 1 159 960 A (DON METAL WKS) 7 juin 1985 (1985-06-07) & SU 1 159 960 A1 (MO VECHERNIJ METALL I; UK NII SP STALEJ,Cü ABOB ô 'EPPOCü ABOB; G SOYU) 7 juin 1985 (1985-06-07)• BAUSCHT. ET AL: 'Innovative Zahnradfertigung', vol. 3, 2006, EXPERT VERLAG, RENNINGEN pages 392 - 393 |
|--|---|

EP 1 885 904 B2

Description

Domaine de l'invention

[0001] La présente invention concerne les procédés de traitement de pièces en acier, et plus particulièrement les procédés de carbonitruration, c'est-à-dire d'introduction de carbone et d'azote au niveau de la surface de pièces en acier pour en améliorer la dureté et la tenue en fatigue.

Exposé de l'art antérieur

[0002] Il existe plusieurs types de procédés de carbonitruration de pièces en acier permettant l'introduction de carbone et d'azote au niveau de la surface des pièces jusqu'à des profondeurs pouvant atteindre plusieurs centaines de micromètres.

[0003] Une première catégorie de procédés de carbonitruration correspond aux procédés de carbonitruration dits à haute pression dans la mesure où l'enceinte contenant les pièces à traiter est maintenue à une pression généralement proche de la pression atmosphérique pendant toute la durée du traitement. Un tel procédé consiste, par exemple, à maintenir les pièces à un palier de température, par exemple à environ 880°C, tout en alimentant l'enceinte avec un mélange gazeux constitué de méthanol et d'ammoniac. L'étape de carbonitruration est suivie d'une étape de trempe, par exemple une trempe à l'huile, et éventuellement d'une étape d'écrouissage des pièces traitées.

[0004] Une seconde catégorie de procédés de carbonitruration correspond aux procédés de carbonitruration dits à basse pression ou à pression réduite, dans la mesure où l'enceinte contenant les pièces à traiter est maintenue à une pression généralement inférieure à quelques centaines de pascals (quelques millibars).

[0005] La publication US 2004/0187966 décrit deux exemples de procédés de carbonitruration à basse pression.

[0006] La figure 1 correspond à la figure 5 (a) de la demande US 2004/0187966 et représente une courbe 10 d'évolution de la température dans l'enceinte d'un four dans lequel est réalisé un procédé de carbonitruration selon un premier exemple de réalisation comprenant sept étapes successives I à VII. Les pièces à traiter sont chauffées (étape I) jusqu'à un palier de température 12 et maintenues au palier de température 12 (étape II) pour obtenir une égalisation des températures des pièces. Une étape de cémentation (étape III) est réalisée au palier de température 12 par l'injection dans l'enceinte d'un mélange gazeux d'éthylène et d'hydrogène et est suivie d'une étape de diffusion (étape IV) réalisée au palier de température 12. La température dans l'enceinte est alors abaissée (étape V) jusqu'à un palier de température 14 inférieur au palier de température 12. Une étape de nitruration (étape VI) est réalisée au palier de température 14 en injectant de l'ammoniac dans l'enceinte. Les pièces

sont finalement trempées (étape VII), par exemple par trempe à l'huile.

[0007] La figure 2 correspond à la figure 5 (b) de la demande US 2004/0187966 et représente une courbe 16 d'évolution de la température dans l'enceinte d'un four dans lequel est réalisé un procédé de carbonitruration selon un second exemple de réalisation comprenant quatre étapes successives I' à IV'. Les étapes I' et II' correspondent respectivement aux étapes I et II du premier exemple de réalisation. L'étape III' correspond à une étape de carbonitruration, réalisée à un palier de température 18, pendant laquelle un mélange gazeux d'éthylène, d'hydrogène et d'ammoniac est injecté dans l'enceinte du four. L'étape IV' correspond à une étape de trempe à l'huile.

[0008] Un inconvénient du premier exemple de procédé de carbonitruration décrit dans la publication US 2004/0187966 est que l'étape de nitruration est réalisée après l'étape de cémentation, à un palier de température inférieur au palier de température de cémentation. La durée totale du traitement peut donc être excessivement longue, ce qui rend difficile l'utilisation d'un tel procédé dans un contexte industriel.

[0009] Un inconvénient du second exemple de procédé de carbonitruration décrit dans la publication US 2004/0187966 est dû au fait que les gaz de cémentation et de nitruration sont injectés simultanément dans l'enceinte du four. Il est alors difficile de contrôler avec précision l'ambiance gazeuse qui règne dans l'enceinte, et, par conséquent, de maîtriser, de façon précise et reproductible, les profils de concentrations d'azote et de carbone obtenus dans les pièces traitées.

[0010] Le document EP 1 160 349 décrit un procédé de carbonitruration dans lequel de l'ammoniac est injecté pendant les phases de cémentation et de diffusion du carbone. Le document SU 1 159 960 décrit un procédé comprenant une injection pulsée d'un gaz de carburation. Le document DE 103 22 255 décrit un procédé de carburation qui comprend, pendant la carburation et la diffusion, l'addition d'un gaz comportant de l'azote.

Résumé de l'invention

[0011] La présente invention prévoit un procédé de carbonitruration à basse pression de pièces en acier qui permet d'obtenir, de façon précise et reproductible, les profils de concentrations de carbone et d'azote souhaités dans les pièces traitées.

[0012] Un autre objet de la présente invention est de prévoir un procédé de carbonitruration dont la mise en oeuvre est compatible avec le traitement de pièces en acier dans un contexte industriel.

[0013] Dans ce but, la présente invention prévoit un procédé de carbonitruration selon la revendication 1.

[0014] Selon un mode de réalisation, le gaz de cémentation est le propane ou l'acétylène et le gaz de nitruration est l'ammoniac.

[0015] Selon un mode de réalisation, les premières et

secondes étapes sont réalisées à une pression constante inférieure à 1500 pascals.

[0016] Selon un mode de réalisation, le palier de température est compris entre 800°C et 1050°C.

[0017] Selon un mode de réalisation, le palier de température est supérieur à 900°C.

Brève description des dessins

[0018] Ces objets, caractéristiques et avantages, ainsi que d'autres de la présente invention seront exposés en détail dans la description suivante d'exemples de réalisation particuliers faite à titre non-limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

les figures 1 et 2, précédemment décrites, illustrent des exemples classiques de procédé de carbonitruration à basse pression ;

la figure 3 représente schématiquement un exemple de réalisation d'un four de carbonitruration à basse pression ;

la figure 4 illustre un exemple de procédé de carbonitruration à basse pression selon la présente invention ;

la figure 5 représente un exemple de profil de concentration d'azote obtenu dans des pièces en acier traitées selon un exemple de procédé de carbonitruration à basse pression de l'invention ;

les figures 6, 7 et 8 illustrent respectivement un autre exemple de procédé de carbonitruration selon l'invention et les profils de concentration de carbone et d'azote obtenus pour un tel procédé de carbonitruration ; et

les figures 9, 10 et 11 illustrent respectivement un autre exemple de procédé de carbonitruration selon l'invention et les profils de concentration de carbone et d'azote obtenus pour un tel procédé de carbonitruration.

Description détaillée

[0019] La présente invention consiste à réaliser dans une enceinte, contenant des pièces en acier à traiter maintenues à une température sensiblement constante, une alternance d'étapes d'enrichissement en carbone pendant lesquelles un gaz de cémentation est injecté dans l'enceinte sous une pression réduite et d'étapes de diffusion du carbone pendant lesquelles l'injection du gaz de cémentation est interrompue. La présente invention consiste à prévoir l'injection, dans l'enceinte, d'un gaz de nitruration pendant une partie des étapes de diffusion du carbone. Les étapes d'enrichissement en carbone correspondent alors à des étapes de diffusion de l'azote. Le gaz de nitruration est injecté pendant au moins une partie d'au moins deux étapes de diffusion de carbone, c'est-à-dire pendant au moins une partie d'une étape de diffusion du carbone intercalée entre deux étapes d'enrichissement en carbone. Ceci permet avantageusement

de contrôler, de façon précise et reproductible, les profils de concentrations de carbone et d'azote obtenus dans les pièces traitées puisque l'injection du gaz de nitruration est réalisée séparément de l'injection du gaz de cémentation. En outre, comme l'injection du gaz de nitruration est réalisée pendant les étapes de diffusion du carbone, la durée totale du traitement de carbonitruration est sensiblement analogue à un traitement de cémentation classique.

[0020] La figure 3 représente de façon schématique un exemple de réalisation d'un four de carbonitruration à basse pression 10. Le four 10 comprend une paroi étanche 12 délimitant une enceinte interne 14 dans laquelle est disposée une charge à traiter 16, généralement un grand nombre de pièces disposées sur un support approprié. Un vide de l'ordre de quelques centaines de pascals (quelques millibars) peut être maintenu dans l'enceinte 14 grâce à une canalisation d'extraction 18 reliée à un extracteur 20. Un injecteur 22 permet d'introduire des gaz de façon répartie dans l'enceinte 14. On a représenté à titre d'exemple, des entrées de gaz 22, 24, 26, 28 respectivement contrôlées par des vannes 30, 32, 34, 36. La température dans l'enceinte 14 peut être fixée par des moyens de chauffage 38.

[0021] La figure 4 représente une courbe 40 d'évolution de la température dans l'enceinte 14 du four de carbonitruration 10 de la figure 3 au cours d'un cycle de carbonitruration selon un exemple de procédé de carbonitruration de l'invention. Le procédé comprend une étape initiale H correspondant à une élévation 42 de la température dans l'enceinte 14 contenant la charge 16 jusqu'à un palier de température 44 qui, dans le présent exemple, est égal à 930 °C et qui de façon générale peut correspondre à des températures comprises entre environ 800°C et environ 1050°C. L'étape H est suivie d'une étape PH d'égalesation de la température des pièces constituant la charge 16 au palier de température 44. Les étapes H et PH sont réalisées en présence d'un gaz neutre, auquel est éventuellement ajouté un gaz réducteur. Le gaz neutre est par exemple l'azote (N_2). Le gaz réducteur, par exemple de l'hydrogène (H_2), peut être ajouté selon une proportion variant dans une plage de 1 % à 5 % en volume du gaz neutre. Pour des raisons de sécurité, il peut être souhaitable de limiter la proportion d'hydrogène à des proportions inférieures à environ 5 % pour prévenir tout risque d'explosion dans le cas où l'hydrogène viendrait accidentellement en contact avec l'atmosphère ambiante.

[0022] L'étape PH est suivie d'une alternance d'étapes d'enrichissement en carbone C1 à C4, pendant lesquelles un gaz de cémentation est injecté dans l'enceinte 14, et d'étapes de diffusion du carbone D1 à D4 pendant lesquelles le gaz de cémentation n'est plus injecté dans l'enceinte 14. A titre d'exemple, quatre étapes d'enrichissement C1 à C4 et quatre étapes de diffusion D1 à D4 sont représentées en figure 4. Les étapes d'enrichissement et de diffusion sont réalisées en maintenant la température dans l'enceinte 14 au palier de température 44.

Au cours des étapes de diffusion D1 à D4, une injection d'un gaz de nitruration est réalisée dans l'enceinte 14. Une étape de trempe Q de la charge 10, par exemple une trempe au gaz, clôt le cycle de carbonitruration. Pendant les étapes H, PH, les étapes d'enrichissement C1 à C4 et les étapes de diffusion D1 à D4, un vide est maintenu dans l'enceinte 14 à des pressions de quelques centaines de pascals (quelques millibars). Selon une variante de l'invention, pendant chaque étape de cémentation, l'injection du gaz de cémentation est effectuée par impulsions.

[0023] Le gaz de cémentation est par exemple du propane (C_3H_8) ou de l'acétylène (C_2H_2). Il peut aussi s'agir de tout autre hydrocarbure (C_XH_Y) susceptible de se dissocier aux températures de l'enceinte pour cémenter la surface des pièces à traiter. Le gaz de nitruration est par exemple de l'ammoniac (NH_3). En reprenant le schéma de la figure 3, on pourra faire arriver sur l'entrée 22 de la vanne 30 un hydrocarbure (C_XH_Y), sur l'entrée 24 de la vanne 32 de l'azote, sur l'entrée 36 de la vanne 34 de l'hydrogène et sur l'entrée 28 de la vanne 36 de l'ammoniac.

[0024] L'injection du gaz de nitruration peut être réalisée seulement pendant certaines des étapes de diffusion. En outre, pendant une étape de diffusion au cours de laquelle du gaz de nitruration est injecté, l'injection du gaz de nitruration est réalisée seulement pendant une partie de l'étape de diffusion. Un gaz neutre, par exemple de l'azote (N_2), peut être injecté pendant la totalité des étapes d'enrichissement et de diffusion, seulement pendant les étapes de diffusion, ou seulement pendant une partie des étapes de diffusion. L'injection du gaz neutre est régulée de façon à maintenir constante la pression dans l'enceinte 14. Lorsque du gaz de nitruration et du gaz neutre sont injectés simultanément, les proportions relatives du gaz de nitruration et du gaz neutre sont déterminées en fonction du profil de concentration d'azote souhaité dans les pièces traitées. En outre, les proportions relatives du gaz de nitruration et du gaz neutre peuvent être différentes pour chaque étape de diffusion pendant laquelle du gaz de nitruration et du gaz neutre sont injectés simultanément dans l'enceinte 14.

[0025] Selon une variante de réalisation de l'invention, certains gaz injectés dans l'enceinte 14 du four 10 peuvent être mélangés avant l'injection dans l'enceinte 14. Une telle variante permet par exemple, lors des étapes de montée en température H et d'égénéralisation de température PH, d'injecter directement dans l'enceinte 14 un mélange d'azote et d'hydrogène du type contenant une proportion d'hydrogène inférieure à 5 % en volume, une telle proportion d'hydrogène excluant tout risque d'explosion.

[0026] Selon le présent exemple de réalisation de l'invention, le procédé de carbonitruration est mis en oeuvre sans variation de pression et les injections, du gaz de cémentation et du gaz de nitruration (et/ou éventuellement du gaz neutre), lors des étapes d'enrichissement et de diffusion, sont successives et la substitution entre

le gaz de cémentation et le gaz de nitruration (et/ou éventuellement le gaz neutre) est susceptible de se produire très rapidement.

[0027] La figure 5 représente un exemple de profil de concentration en poids de l'élément azote ayant diffusé dans une pièce traitée en fonction de la profondeur, mesurée à partir de la surface de la pièce, lorsque le gaz de cémentation est le propane et le gaz de nitruration est l'ammoniac.

[0028] Les figures 6, 7 et 8 illustrent respectivement un exemple de procédé de carbonitruration selon l'invention et les profils de concentration de carbone et d'azote obtenus pour un tel procédé de carbonitruration dans lequel le gaz de cémentation est l'acétylène et le gaz de nitruration est l'ammoniac. Dans le présent exemple, la carbonitruration est réalisée à un palier de température de 880°C. A titre d'exemple, les étapes de chauffage H et d'égénéralisation de température PH durent 20 minutes et sont suivies d'une alternance de trois étapes d'enrichissement C1, C2, C3 (respectivement de 123 s, 51 s et 49 s) et de trois étapes de diffusion D1, D2, D3 (respectivement de 194 s, 286 s et 2957 s).

[0029] Les figures 9, 10 et 11 illustrent respectivement un autre exemple de procédé de carbonitruration selon l'invention et les profils de concentration de carbone et d'azote obtenus pour un tel procédé de carbonitruration, dans lequel le gaz de cémentation est l'acétylène et le gaz de nitruration est l'ammoniac. Dans le présent exemple, la carbonitruration est réalisée à un palier de température de 930°C. Les étapes de chauffage H et d'égénéralisation de température PH durent respectivement 29 minutes et 31 minutes et sont suivies d'une alternance de cinq étapes d'enrichissement C1 à C5 (respectivement de 329 s, 91 s, 80 s, 75 s et 71 s) et de cinq étapes de diffusion D1 à D5 (respectivement de 108 s, 144 s, 176 s, 208 s et 2858 s).

[0030] La demanderesse a mis en évidence que l'injection d'ammoniac pendant les étapes de diffusion permet un enrichissement de la couche cémentée en azote sur une profondeur de plusieurs centaines de micromètres. Pour les trois exemples représentés, la teneur en azote obtenue est de l'ordre de 0,2 % en poids à quelques micromètres de profondeur. La teneur en azote décroît alors lentement à partir de 0,2 % pendant plusieurs centaines de micromètres. A titre d'exemple, pour l'exemple de réalisation précédemment décrit en relation aux figures 6, 7 et 8, la concentration en azote est de l'ordre de 0,2 % à 30 μm , de 0,14 % à 60 μm , de 0,12 % à 130 μm et de 0,05 % à 200 μm .

[0031] Selon une variante de l'invention, le gaz de nitruration peut être injecté pendant l'étape H de montée en température, dès que la température dans l'enceinte 14 dépasse une température donnée, et/ou pendant l'étape PH d'égénéralisation en température. A titre d'exemple, lorsque le gaz de nitruration est l'ammoniac, l'injection peut être réalisée dès que la température dans l'enceinte 14 dépasse environ 800°C.

[0032] Le fait d'injecter le gaz de nitruration seulement

pendant les étapes de diffusion du carbone permet un meilleur enrichissement en azote et en carbone des pièces traitées et permet d'obtenir, de façon précise et reproductible, les profils de concentrations de carbone et d'azote souhaités. En effet, si le gaz de nitruration est injecté simultanément au gaz de cémentation, il se produit une dilution du gaz de cémentation et du gaz de nitruration. Ceci n'est pas un facteur favorisant la réaction du carbone issu du gaz de cémentation ou la réaction de l'azote issu du gaz de nitruration avec les pièces à traiter, ce qui ralentit l'enrichissement des pièces en azote et en carbone. En outre, si le gaz de cémentation et le gaz de nitruration sont mélangés, le contrôle de l'ambiance gazeuse dans l'enceinte 14 peut difficilement être effectué avec précision, ce qui rend plus difficile l'obtention, de façon précise et reproductible, des profils de concentrations des pièces en azote et en carbone souhaités. En outre, la diffusion de l'azote dans des pièces en acier étant, pour des mêmes conditions de traitement, plus rapide que la diffusion du carbone, l'injection du gaz de nitruration et du gaz de cémentation à des étapes distinctes permet de modifier plus facilement la durée d'injection de chaque gaz tout en assurant le maintien d'une pression constante dans l'enceinte 14.

[0033] Bien entendu, la présente invention est susceptible de diverses variantes et modifications qui apparaîtront à l'homme de l'art. A titre d'exemple, l'étape de trempe au gaz précédemment décrite peut être remplacée par une étape de trempe à l'huile.

Revendications

1. Procédé de carbonitruration d'une pièce en acier disposée dans une enceinte (14) maintenue à une pression interne réduite, la pièce étant maintenue à un palier de température, **caractérisé en ce qu'il** comporte une alternance de premières et de secondes étapes, un gaz de cémentation étant injecté dans l'enceinte seulement pendant les premières étapes et un gaz de nitruration étant injecté dans l'enceinte seulement pendant au moins une partie d'au moins deux secondes étapes, le gaz de nitruration étant injecté dans l'enceinte au cours d'au moins une seconde étape pendant une durée inférieure à la durée de ladite seconde étape, le reste de ladite seconde étape étant réalisé en présence d'un gaz neutre.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le gaz de cémentation est le propane ou l'acétylène.
3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le gaz de nitruration est l'ammoniac.
4. Procédé selon la revendication 1, dans lequel les premières et secondes étapes sont réalisées à une pression constante inférieure à 1500 pascals.

5. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le palier de température est compris entre 800°C et 1050°C.
6. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le palier de température est supérieur à 900°C.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Karbonitrieren eines Stahlteils, das in einem Einschluss (14) angeordnet ist, der auf einem reduzierten Innendruck gehalten wird, wobei das Teil auf einem Temperaturniveau gehalten wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren ein Abwechseln von ersten und zweiten Schritten aufweist, wobei ausschließlich während der ersten Schritte ein Karbonisierungsgas in den Einschluss injiziert wird, und ausschließlich während wenigstens eines Teils von wenigstens zwei zweiten Schritten ein Nitriergas in den Einschluss injiziert wird, wobei das Nitriergas während wenigstens eines Teils eines zweiten Schrittes in den Einschluss (14) injiziert wird, und zwar für eine kürzere Zeitdauer als die Zeitdauer des zweiten Schritts, wobei der Rest des zweiten Schritts in der Gegenwart eines neutralen Gases durchgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Karbonisierungsgas Propan oder Acetylen ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei das Nitriergas Ammoniak ist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die ersten und zweiten Schritte bei einem konstanten Druck durchgeführt werden, der kleiner ist als 1.500 Pascal.
5. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Temperaturniveau in dem Bereich zwischen 800°C und 1.050°C liegt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem das Temperaturniveau höher als 900°C ist.

Claims

1. A method for carbonitriding a steel part arranged in an enclosure (14) maintained at a reduced internal pressure, the part being maintained at a temperature level, **characterized in that** it comprises an alternation of first and second steps, a carburizing gas being injected into the enclosure during the first steps only and a nitriding gas being injected into the enclosure only during at least part of at least two second steps, the nitriding gas being injected into the enclosure during at least a second step for a time shorter than

the duration of said second step, the rest of the second step being carried out in the presence of a neutral gas.

2. The method of claim 1, in which the carburizing gas is propane or acetylene. 5
3. The method of claim 1, in which the nitriding gas is ammonia. 10
4. The method of claim 1, in which the first and second steps are performed at a constant pressure lower than 1,500 pascals. 15
5. The method of claim 1, in which the temperature level ranges between 800°C and 1050°C. 20
6. The method of claim 1, in which the temperature level is higher than 900°C. 25

30

35

40

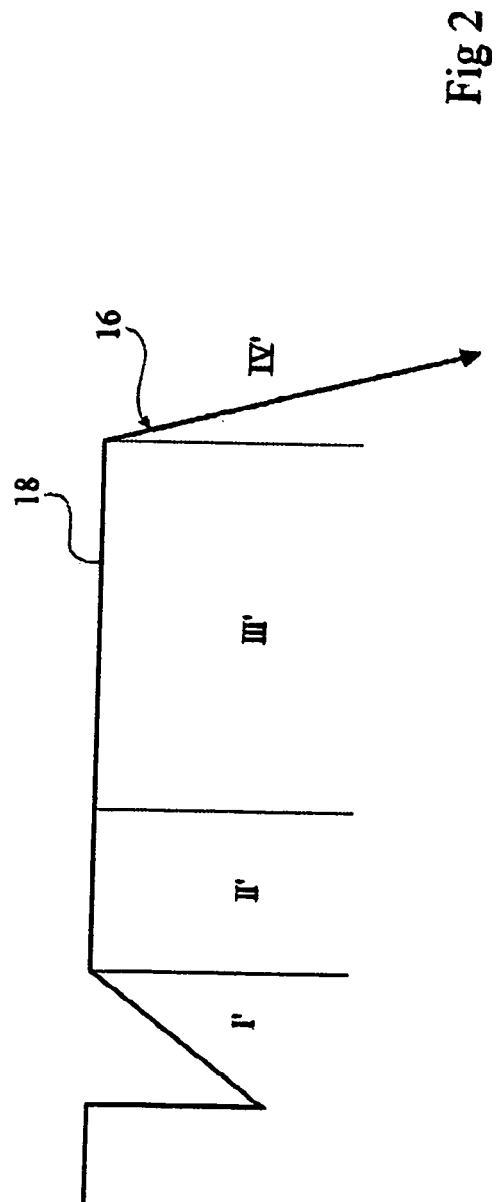
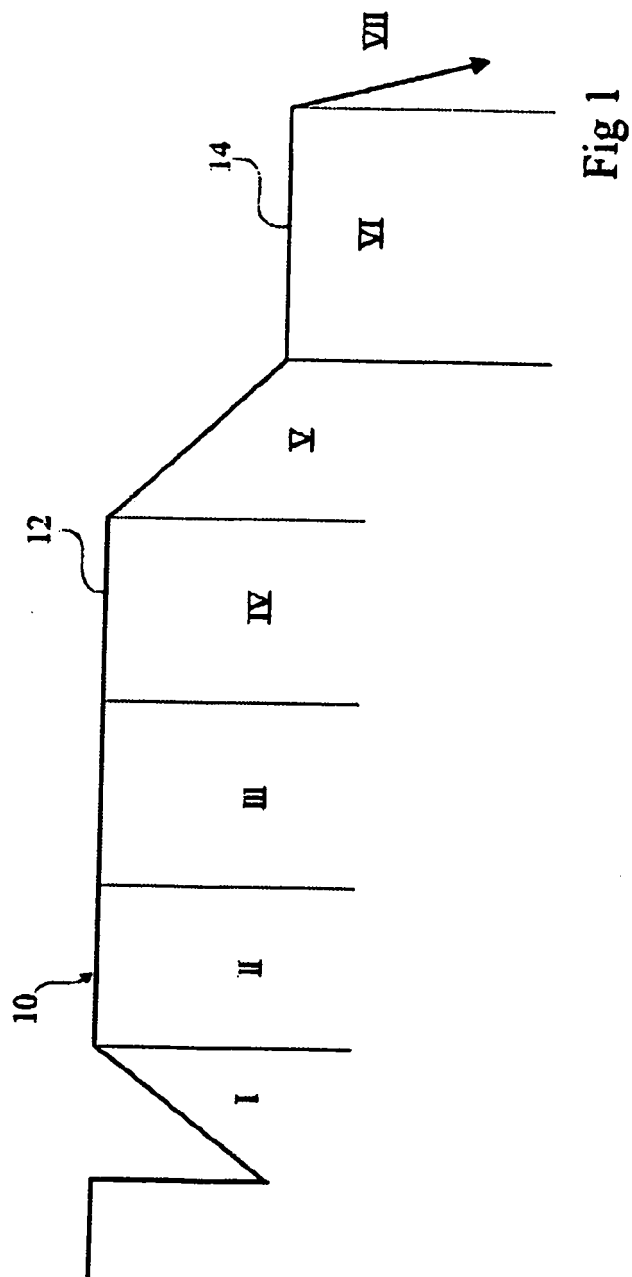
45

50

55

60

65



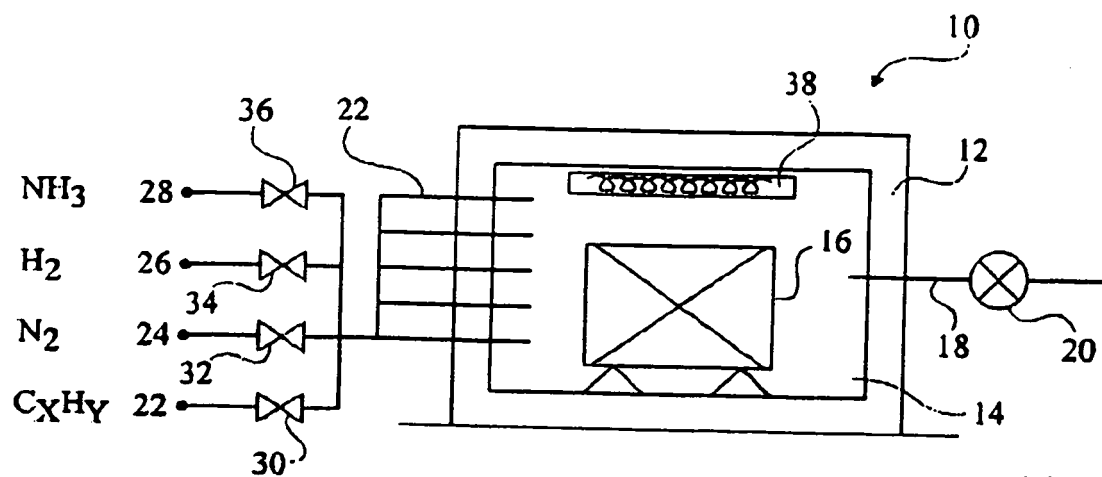


Fig 3

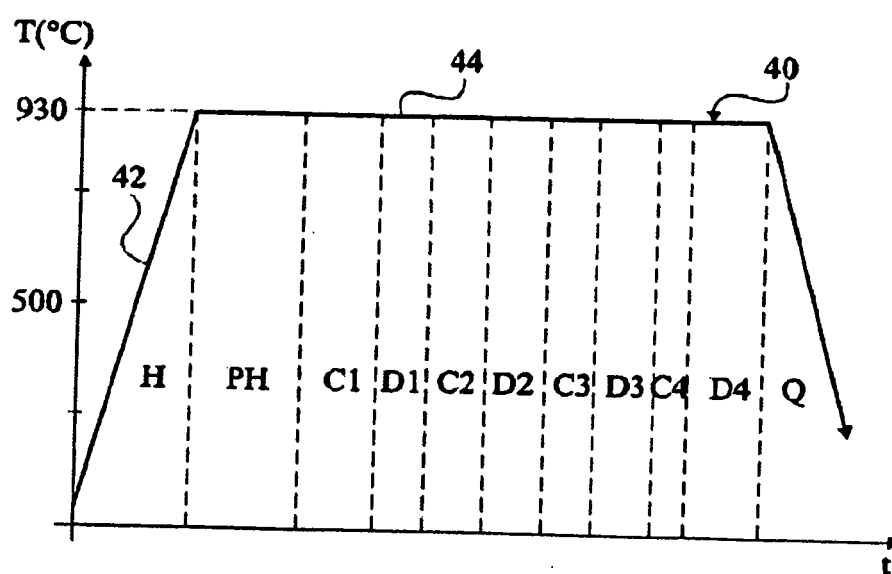


Fig 4

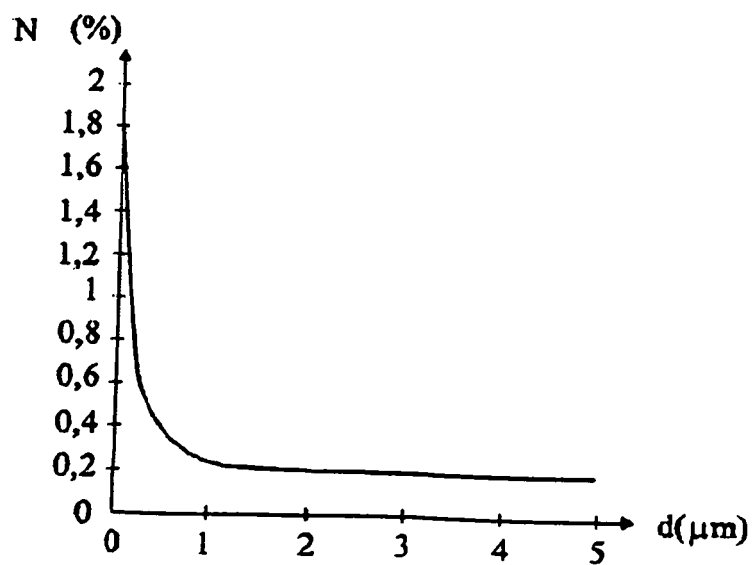
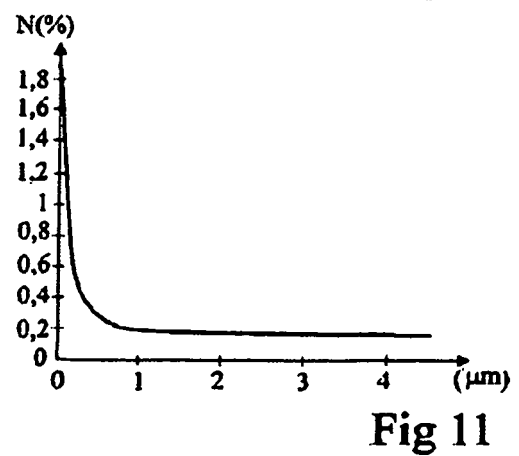
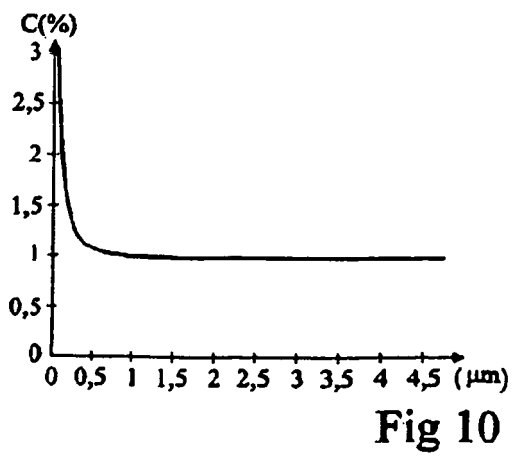
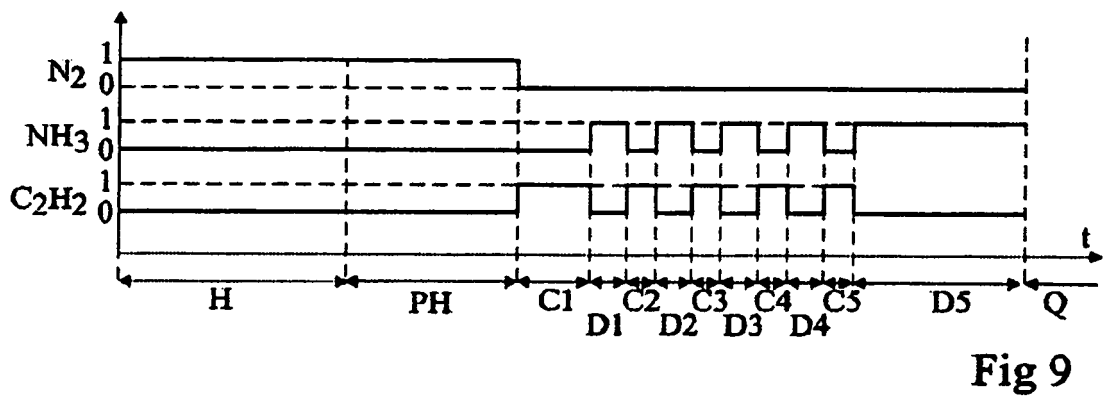
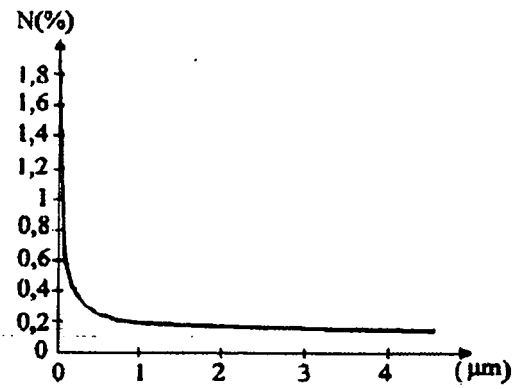
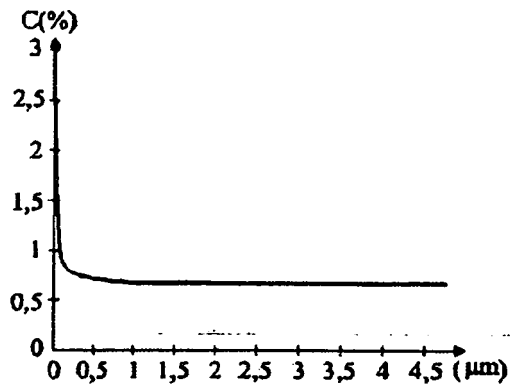
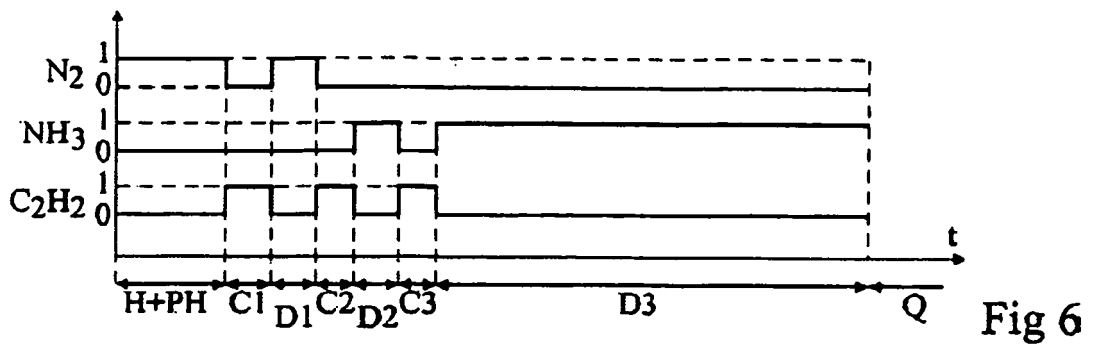


Fig 5



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 20040187966 A [0005] [0006] [0007] [0008] [0009]
- EP 1160349 A [0010]
- SU 1159960 [0010]
- DE 10322255 [0010]