

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 332 235 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
14.04.2004 Bulletin 2004/16

(51) Int Cl.7: **C22B 9/05**, C22B 21/06,
F27D 23/04

(21) Numéro de dépôt: **01978568.2**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2001/003231

(22) Date de dépôt: **18.10.2001**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2002/033137 (25.04.2002 Gazette 2002/17)

(54) **DISPOSITIF ROTATIF DE DISPERSION DE GAZ POUR LE TRAITEMENT D'UN BAIN DE METAL LIQUIDE**

ROTATIONSVORRICHTUNG ZUM DISPERGIEREN VON GAS FÜR DIE BEHANDLUNG EINER METALLSCHMELZE

ROTARY GAS DISPERSION DEVICE FOR TREATING A LIQUID METAL BATH

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE TR**

(74) Mandataire: **Marsolais, Richard**
Péchiney,
217, cours Lafayette
69451 Lyon Cedex 06 (FR)

(30) Priorité: **20.10.2000 FR 0013468**

(43) Date de publication de la demande:
06.08.2003 Bulletin 2003/32

(56) Documents cités:
EP-A- 0 333 586 US-A- 3 982 913
US-A- 6 060 013

(73) Titulaires:
• **Pechiney Rhenalu**
75116 Paris (FR)
• **ALUMINIUM PECHINEY**
75218 Paris Cedex 16 (FR)

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 153 (M-813), 13 avril 1989 (1989-04-13) & JP 63 313631 A (NITTOKU FUAANESU KK), 21 décembre 1988 (1988-12-21)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 015, no. 216 (C-0837), 4 juin 1991 (1991-06-04) & JP 03 064409 A (NKK CORP), 19 mars 1991 (1991-03-19)**
- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 011, no. 238 (M-613), 5 août 1987 (1987-08-05) & JP 62 051789 A (MATSUDA PUMP SEISAKUSHO:KK), 6 mars 1987 (1987-03-06)**

(72) Inventeurs:
• **BERTHERAT, Marc**
F-74000 Annecy (FR)
• **LE BRUN, Pierre**
F-38110 Saint Jean de Soudain (FR)
• **ALLIBERT, Michel**
F-38100 Grenoble (FR)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 332 235 B1

Description

Domaine de l'invention

[0001] L'invention concerne un dispositif rotatif de dispersion de gaz pour le traitement d'un bain de métal liquide, en particulier de l'aluminium, un alliage d'aluminium, du magnésium ou un alliage de magnésium. L'invention concerne plus particulièrement un injecteur rotatif (ou "rotor") destiné à la l'injection et à la dispersion d'au moins un gaz de traitement dans un métal à l'état liquide.

Etat de la technique

[0002] L'aluminium liquide sortant des cuves d'électrolyse ou de fours de refusion contient des impuretés dissoutes ou en suspension. Les plus importantes de ces impuretés sont l'hydrogène, les éléments alcalins tels que sodium ou calcium et des oxydes, notamment des oxydes provenant de l'oxydation du métal en cours de traitement.

[0003] Afin d'éliminer ces impuretés néfastes pour les propriétés ultérieures du demi-produit, l'aluminium liquide est soumis à divers traitements d'élimination des impuretés. Le plus répandu de ces traitements, qui utilise une combinaison de réactions chimiques et de phénomènes de flottation, consiste à introduire dans le bain, sous forme de petites bulles, un gaz dit "de traitement", qui peut être inerte ou réactif. Par exemple, une bulle d'argon va entraîner avec elle à la surface du bain une inclusion solide en suspension et/ou capter, par diffusion, l'hydrogène dissous dans le métal liquide. De même un bulle de chlore va réagir avec le sodium contenu et donner un sel de sodium qui sera également transporté à la surface du bain. On utilise également des mélanges, tels que de l'argon pouvant contenir quelques pour-cent de gaz réactif du type chlore.

[0004] De tels traitements par action de gaz peuvent être effectués en discontinu dans un four ou dans un creuset (on parle alors d'un traitement "batch"). Les traitements sont le plus souvent effectués en continu entre le four et la machine de coulée dans une goulotte ou dans une cuve (ou "poche") de traitement du type de celle qui est schématiquement représentée dans la figure 1.

[0005] L'efficacité du traitement est maximum quand la surface d'échange entre le bain et le gaz est elle-même maximum. Ceci s'obtient en concevant le dispositif de dispersion de manière à obtenir de très petites bulles, à projeter ces bulles dans tout le volume de métal liquide (c'est-à-dire de façon à produire le moins de volume mort possible) et à créer des recirculations du bain lui-même pour que celui-ci vienne au contact des bulles (toujours afin d'obtenir le moins de volume mort possible).

[0006] Le gaz de traitement peut être dispersé de différentes manières dans le métal liquide. Généralement,

on utilise des dispositifs de dispersion statiques, tels que des cannes, ou, plus fréquemment, des dispositifs de dispersion rotatifs qui comprennent un ou plusieurs injecteurs rotatifs.

5 [0007] Un injecteur rotatif, ou "rotor", est typiquement composé d'un arbre d'entraînement creux par lequel arrive le gaz, d'orifices d'émission du gaz et de pales. Les pales servent à brasser le bain, à disperser le gaz dans celui-ci et, quelquefois, à scinder les bulles en bulles de plus petite dimension par effet de cisaillement. Les orifices sont en général situés à proximité des pales du rotor, par exemple entre celles-ci ou à leur extrémité. La demande internationale WO 98/05915 (correspondant au brevet américain US 6 060 013) décrit un injecteur rotatif de ce type.

10 [0008] La demande européenne EP 819 770 (équivalent au brevet américain US 5 904 894) décrit un injecteur rotatif dans lequel le gaz de traitement est injecté à l'aide d'un matériau poreux inerte vis-à-vis du métal liquide.

15 [0009] Or, la recherche de la plus grande efficacité du traitement par une agitation intense dans le volume du bain, qui se traduit par une agitation permanente en surface, souvent appelée « vagues de surface », qui peut entraîner des projections de bain par remontée de grosses bulles et par un phénomène de vortex autour de l'arbre d'entraînement, risque de provoquer un "regazage" du métal et de dégrader la qualité inclusionnaire par formation d'oxydes en surface et/ou par entraînement d'inclusions ou d'oxydes de la surface libre vers l'intérieur du métal liquide. On cherche donc à limiter autant que possible l'agitation de la surface libre du métal liquide.

20 [0010] En outre, le recours à une agitation importante du métal liquide conduit à l'utilisation de vitesses de rotation des injecteurs rotatifs qui se situent généralement entre 200 et 1000 tours/min, selon le type d'injecteur. De telles vitesses entraînent une usure importante des pièces mobiles du dispositif de dispersion de gaz.

25 [0011] Par ailleurs, les injecteurs rotatifs connus ne permettent pas de contrôler de manière satisfaisante le débit et la taille des bulles de gaz émises. Les injecteurs rotatifs comprenant des orifices d'émission qui présentent des risques de bouchage des orifices et d'évolution de la taille des orifices et des pales par érosion, ce qui modifie la qualité de la dispersion du gaz.

30 [0012] Dans les cas où les injecteurs rotatifs comprennent une matière poreuse pour disperser le gaz, les pores sont souvent trop gros. Par conséquent, d'une part, les bulles sont trop grosses, manquent d'efficacité, le gaz étant insuffisamment dispersé dans le métal liquide, et provoquent des remous de surface préjudiciables ; d'autre part, il est nécessaire de ne pas arrêter le passage du gaz dans les pores pour empêcher le métal liquide d'y pénétrer, en particulier pendant les périodes de repos entre deux coulées. Par contre, quand les pores sont trop petits, les bulles s'étalent et restent grosses et il est difficile d'introduire un débit de gaz élevé dans le métal liquide. Ainsi plusieurs procé-

dés connus utilisant des diffuseurs poreux, même avec des porosités très fines (par exemple inférieures à 1 mm environ), situés au fond des cuves ou des fours permettent au mieux d'obtenir des bulles de l'ordre de 30 à 50 mm de diamètre.

[0013] La demanderesse a poursuivi ses efforts pour augmenter l'efficacité des dispositifs de traitement de métal liquide, notamment par un contrôle et une diminution du diamètre des bulles émises par un injecteur de gaz rotatif.

Objets de l'invention

[0014] L'invention pour objet un injecteur rotatif pour injecter du gaz, dit "gaz de traitement", dans un métal liquide comprenant un arbre d'entraînement, des moyens de brassage, des moyens d'acheminement du gaz et des moyens d'émission dudit gaz, et étant caractérisé en ce que les moyens d'émission sont, en tout ou partie, constitués d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide, ledit matériau étant de préférence substantiellement inerte audit métal liquide.

[0015] Selon une variante avantageuse de l'invention, ledit matériau peut être rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.

[0016] L'invention a également pour objet un dispositif de dispersion rotatif comprenant au moins un injecteur rotatif selon l'invention.

[0017] L'invention a encore pour objet un dispositif de traitement d'un métal liquide, tel qu'une poche de dégazage, comprenant au moins un injecteur rotatif ou au moins un dispositif de dispersion rotatif selon l'invention.

[0018] L'invention a encore pour objet l'utilisation de l'injecteur selon l'invention pour le traitement d'un métal liquide, en batch ou en continu, notamment dans un four ou dans une goulotte.

[0019] L'invention a encore pour objet un procédé de traitement d'un métal liquide caractérisé en ce qu'on utilise au moins un injecteur rotatif selon l'invention.

[0020] Ledit métal peut être de l'aluminium ou un de ses alliages, ou du magnésium ou un de ses alliages.

Description des figures

[0021] La figure 1 illustre un dispositif de traitement de métal liquide typique utilisant un injecteur rotatif.

[0022] La figure 2 illustre le critère de mouillabilité au sens de la présente invention.

[0023] La figure 3 illustre quatre modes de réalisation de l'injecteur rotatif selon l'invention, vus en perspective.

[0024] La figure 4 illustre deux modes de réalisation de l'injecteur rotatif selon l'invention, vus dans l'axe de symétrie du côté de la partie destinée à être immergée dans le métal liquide.

[0025] La figure 5 illustre un mode de réalisation de l'injecteur rotatif selon l'invention, vu en coupe longitudinale, dans un plan de coupe passant par l'axe de sy-

métrie et correspondant aux plans de coupe B-B de la figure 4.

[0026] La figure 6 illustre, en coupe longitudinale, dans un plan de coupe passant par l'axe de symétrie, deux modes de réalisation de l'injecteur rotatif de l'invention.

[0027] La figure 7 illustre, en coupe longitudinale, dans un plan de coupe passant par l'axe de symétrie, trois modes de réalisation de l'injecteur rotatif de l'invention.

Description détaillée de l'invention

[0028] Tel qu'illustré à la figure 1, un dispositif de traitement de métal liquide (40) comprend typiquement une enceinte (41) munie de moyens d'entrée (42) du métal liquide "brut" (c'est-à-dire du métal liquide à traiter) (421), de moyens de sortie (43) du métal traité (431) et d'au moins un dispositif de dispersion rotatif (30). Les moyens d'entrée (42) et de sortie (43) sont généralement situés soit aux extrémités du dispositif, soit sur un seul et même côté.

[0029] Typiquement un dispositif de dispersion rotatif (30) comprend un injecteur rotatif (1), des moyens de mise en rotation (31) dudit injecteur, d'une source de gaz de traitement (32) et de conduits (33) entre ladite source (32) et l'injecteur (1). Le, ou chaque, injecteur rotatif (1) pénètre dans ladite enceinte (41) par l'intermédiaire d'une ouverture (44) qui est généralement munie de moyens d'étanchéité (45). L'enceinte de traitement (41) est généralement une cuve à un ou plusieurs compartiments (46, 47).

[0030] Selon l'invention, l'injecteur rotatif (1) pour injecter du gaz (2) dans un métal liquide (3), ledit injecteur comprenant un arbre d'entraînement (4), des moyens de brassage (5), des moyens d'acheminement du gaz (6, 7, 11), des moyens d'émission (8, 9) du gaz (2), ledit injecteur étant caractérisé en ce que les moyens d'émission (8, 9) sont, en tout ou partie, constitués d'au moins un matériau mouillable par le métal liquide (3).

[0031] De préférence, ledit matériau mouillable est substantiellement inerte audit métal liquide, c'est-à-dire qu'il a une durée de vie dans le métal liquide qui est suffisamment longue pour permettre une utilisation industrielle acceptable. Typiquement, un matériau est considéré comme étant substantiellement inerte au métal liquide lorsqu'il peut être immergé dans le métal liquide pendant une durée de l'ordre de 10 heures ou plus sans altération significative des propriétés de l'injecteur rotatif et sans pollution rédhibitoire du métal traité. Les céramiques remplissent généralement cette condition, notamment les céramiques à bases d'oxydes, de carbures, de nitrures, de borures et de leurs mélanges. Certains métaux réfractaires remplissent également cette condition, tels que le tungstène.

[0032] Il est également possible d'obtenir une durée de vie satisfaisante, et éventuellement une réduction des coûts de fabrication et d'entretien, en utilisant un

matériau revêtu d'un produit inerte au métal liquide qui le rend mouillable à celui-ci. Dans ce cas, les moyens d'émission (8, 9) et/ou les moyens de brassage (5) et/ou ledit arbre d'entraînement (4) et/ou ledit insert (90) comprennent un revêtement en matériau mouillable sur tout ou partie de leur surface exposée au métal liquide. Ledit matériau poreux peut également être rendu mouillable par métal liquide à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable, c'est-à-dire qu'il peut comprendre un revêtement en matériau mouillable.

[0033] Au sens de la présente invention, un matériau est considéré comme étant mouillable lorsque l'angle de mouillage que fait le métal liquide à son contact est inférieur à 90° (voir la figure 2). Quand le matériau est mouillable par le métal liquide (cas de la figure 2a), l'angle de mouillage (21) entre la tangente T à la bulle (20) à son point de contact avec le moyen d'émission (9) et la surface extérieure S du moyen d'émission est inférieur à 90° . Dans ce cas, le métal, qui mouille alors bien le matériau à proximité de l'orifice d'émission (8), contrarie l'étalement de la bulle (20) et en limite le diamètre. Quand le matériau n'est pas mouillable par le métal liquide (cas de la figure 2b), l'angle de mouillage (21) est supérieur à 90° . Dans ce cas, le métal, qui a de la difficulté à mouiller le moyen d'émission, permet à la bulle de s'étaler.

[0034] Dans le cas de l'aluminium ou du magnésium ou de leurs alliages liquides, le matériau mouillable du diffuseur peut être choisi parmi certains métaux réfractaires substantiellement inertes vis-à-vis des dits métaux liquides, le molybdène (Mo), le tungstène (W), le vanadium (V), le titane (Ti), le chrome (Cr), le fer (Fe), les aciers, ..., ou leurs alliages, ou parmi des céramiques comme le diborure de titane (TiB_2), les nitrures (notamment les nitrures d'aluminium (tels que AlN)), les carbures (notamment les carbures d'aluminium (tels que Al_4C_3) et les carbures de titane (tels que TiC_{1-x})), On peut noter à ce sujet que normalement le graphite ou l'alumine ne sont pas mouillables par ces métaux liquides. Le ZrO_2 et le SiC sont aussi des matériaux non mouillables par l'aluminium et ses alliages. Dans ses essais, la demanderesse a constaté que le nitrure de bore (BN) était non-mouillable par l'aluminium et ses alliages. Le comportement mouillant d'un matériau dépend aussi de la rugosité et de l'état d'oxydation de sa surface.

[0035] Les moyens d'émission et de brassage, qui constituent la partie dite "active" de l'injecteur, sont généralement situés à l'extrémité dite "inférieure" de l'injecteur, c'est-à-dire l'extrémité de l'injecteur destiné à être immergée dans le métal liquide. L'injecteur est normalement destiné à être utilisé en position verticale, avec ladite partie inférieure placée vers le bas. La partie active comprend normalement au moins une surface inférieure (120, 121, 122), au moins une surface supérieure (130, 131) et des surfaces latérales (140, 141, 142).

[0036] Tel qu'illustré à la figure 5, les moyens d'acheminement (6, 7, 11) comprennent typiquement un canal

principal (6) dans l'arbre (4) de l'injecteur et au moins un canal secondaire (7) pour canaliser le gaz de traitement jusqu'aux moyens d'émission (8, 9). Le canal principal (6) est typiquement dans l'axe de symétrie dudit arbre.

[0037] Dans le mode de réalisation préféré de l'invention, lesdits moyens d'émission comportent au moins un orifice d'émission (8) dudit gaz (2). Le diamètre de l'orifice (8) influence le diamètre de la bulle à obtenir. Afin d'obtenir de petites bulles, le diamètre de chaque orifice (8) est de préférence aussi petit que possible. En pratique, le diamètre se situe de préférence entre 0,5 et 5 mm, et de préférence encore entre 1 et 3 mm, ce qui permet de bien maîtriser la taille des orifices au moment de leur fabrication.

[0038] Pour des diamètres inférieurs à 0,5 mm, il est plus avantageux d'utiliser des matériaux poreux mouillables pour lesquels il est aisé de maîtriser le frittage et la formation des porosités. Dans ce cas, lesdits moyens d'émission comprennent un matériau poreux mouillables par ledit métal liquide (3), et de préférence également substantiellement inerte audit métal liquide (3), pour lequel le diamètre des pores ouverts émergents à la surface dudit matériau poreux est de préférence inférieur à 0,5 mm.

[0039] Pour mieux contrôler le diamètre des bulles, il est important que la pression du gaz au niveau de l'orifice d'émission (8) et/ou des pores émergents à la surface du moyen d'émission, à l'interface entre le métal et la surface du moyen d'émission (9), soit sensiblement constante quel que soit le débit de gaz, en particulier lors de la formation et du détachement de la bulle (20). Dans ce but, l'injecteur rotatif (1) peut également comprendre une cavité intermédiaire (11), typiquement entre le canal principal (6) et les canaux secondaires (7), qui joue le rôle de volume tampon, et/ou un moyen pour introduire une perte de charge locale juste en amont de l'orifice d'émission, tel qu'un matériau poreux. La cavité intermédiaire (11) a typiquement une forme cylindrique et les canaux secondaires (7) partent radialement de celle-ci vers les moyens d'émission (8, 9).

[0040] Les orifices d'émission (8) sont de préférence situés à proximité des pales (5) de l'injecteur, typiquement entre celles-ci (figures 3a et 3b) ou à l'extrémité de celles-ci (figure 3c et 3d). Des orifices d'émission peuvent être prévus à l'extrémité de l'injecteur ; par exemple, on peut prévoir un orifice dans la partie centrale de ladite surface inférieure (120) de l'injecteur. Le nombre d'orifices d'émission (8) peut être différent du nombre de pales (5). Il est également possible de prévoir des orifices d'émission superposés. En pratique, on prévoit un orifice d'émission pour chaque pale.

[0041] Les orifices d'émission (8) émergent de préférence sur lesdites surfaces latérales (140, 141, 142), par exemple sur la surface latérale externe (141) d'une des pales (5) ou sur la surface latérale (140) entre les pales. La position des orifices d'émission est de préférence telle qu'elle permet d'obtenir un cisaillement maximum des

bulles lors de leur formation. Lorsque des orifices d'émission sont situés entre des pales, ils se situent de préférence à mi-hauteur de la surface latérale (140) correspondante ; lorsque des orifices d'émission sont situés sur des pales, ils peuvent se situer dans la moitié supérieure de la surface latérale externe (141) correspondante (c'est-à-dire dans la partie de ladite surface la plus près de l'arbre (4)). Les orifices d'émission émergent typiquement avec un angle par rapport la surface latérale qui est égal à environ 90° ; cet angle peut, dans certain cas, être différent de 90°, auquel cas l'axe des canaux secondaires (7) peut également former un angle par rapport à l'axe du canal principal qui est différent de 90°.

[0042] Les moyens de brassage (5) peuvent également être constitués, en tout ou partie, d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide (3), et de préférence également substantiellement inerte audit métal liquide (3), lequel matériau peut être différent de celui utilisé pour les moyens d'émission (8, 9). Les moyens de brassage comprennent typiquement des pales (5). Ces pales sont normalement de forme simple, telle qu'une forme de plaque. Les moyens de brassage peuvent également comprendre un moyen de dispersion complémentaire, tel qu'un disque (12) situé au-dessus des pales, typiquement en contact avec ceux-ci (tel qu'illustré aux figures 3a, 3c et 4a).

[0043] L'arbre d'entraînement (4) peut avantageusement être constitué, en tout ou partie, d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide, et de préférence substantiellement inerte audit métal liquide, lequel matériau peut être différent de celui utilisé pour les moyens d'émission (8, 9). En pratique, il suffit que la partie dudit arbre destinée à être immergée dans le métal liquide, soit constituée, au moins en surface, dudit matériau mouillable.

[0044] Afin de faciliter la fabrication, l'entretien et la réparation, l'injecteur rotatif (1) selon l'invention peut être constitué de plusieurs pièces distinctes (4, 5, 12, 13, 14, 90), tel qu'illustré à aux figures 6 et 7. Les pièces peuvent être constituées de matériaux différents. En particulier, l'injecteur rotatif peut comporter avantageusement un insert (90) comprenant lesdites moyens d'émission (8, 9) et constitué dudit matériau mouillable, ce qui permet de le changer aisément en fonction du métal à traiter ou en cas de bris accidentel. La partie de l'injecteur destinée à être immergée dans le métal liquide peut être constituée d'une seule pièce.

[0045] A titre d'exemple non limitatif, illustré à la figure 6a, l'injecteur comprend les pièces suivantes : un arbre d'entraînement (4), un disque (12), des pales (5), un noyau central (13) et un corps d'assemblage (14). Le noyau central comprend une cavité intermédiaire (11), des canaux d'acheminement (7) et des orifices d'émission (8). Dans le mode de réalisation illustré à la figure 6b, l'injecteur comprend les pièces suivantes : un arbre d'entraînement (4), des pales (5) et un corps d'assemblage (14). Les pales comprennent des canaux d'ache-

minement (7), des orifices d'émission (8) et une cavité intermédiaire (11), ladite cavité étant généralement commune à toutes les pales et enfermée dans un noyau central (13) (non illustré). Dans ces deux modes de réalisation, le corps d'assemblage (14) comprend au moins un canal central (60) et des moyens de liaison (15a, 16a, 17a), typiquement un filetage, qui coopèrent avec des moyens de liaisons complémentaires (15b, 16b, 17b) des autres pièces (4, 12, 13). Selon des variantes possibles de ces modes de réalisation, illustrées à la figure 7, le noyau central (13) et/ou les pales (5) sont munis d'inserts (90) amovibles.

[0046] Il est suffisant, selon l'invention, que seuls les moyens d'émission (8, 9) soient en un matériau mouillable. Les essais de la demanderesse ont montré qu'il était particulièrement avantageux que les parties de l'injecteur qui sont immergées dans le métal liquide lors du traitement soient toutes en un matériau mouillable. Le même matériau peut être utilisé pour toutes ces parties. En effet, il a été remarqué que, dans ce cas, les bulles émises par les orifices (8) qui sont attirées dans les pales et le long de l'arbre du rotor par un effet hydrodynamique ne restent pas emprisonnées et n'ont pas tendance à se fusionner pour former des bulles de grande taille, comme c'est le cas avec des matériaux non-mouillables. Lorsque l'injecteur est constitué de plusieurs pièces, les pièces de l'injecteur qui sont immergées dans le métal liquide lors du traitement sont de préférence toutes en un matériau mouillable. Le même matériau peut être utilisé pour toutes ces pièces.

[0047] L'injecteur peut être muni d'un anneau (10) pour permettre le couplage avec des moyens de mise en rotation (31).

[0048] L'axe de rotation de l'injecteur rotatif (1) se situe dans l'axe de symétrie de l'arbre d'entraînement (4).

[0049] L'injecteur rotatif (1) de l'invention peut être utilisé pour le traitement d'un métal liquide circulant dans une enceinte, tel qu'illustré à la figure 1, qui est typiquement une poche de traitement, ou dans une goulotte de circulation de métal liquide (non illustrée). Il peut également être utilisé pour le traitement en batch, par exemple dans un four. En d'autres termes, une poche de traitement, un tour ou une goulotte peuvent être équipés d'injecteur rotatif selon l'invention en vue du traitement d'un métal liquide en continu ou par lots (traitement en batch).

Exemples

[0050] Des essais ont été réalisés dans une cuve expérimentale de petite taille. La taille des bulles formées a été observée et déterminée à l'aide d'une caméra à rayons X. La méthode consiste à irradier le bain de métal liquide (3) dans lequel les bulles (20) sont émises à l'aide de rayons X, à visualiser les dites bulles après récupération de l'image par une caméra et à les mesurer après étalonnage de la chaîne d'acquisition.

[0051] Les essais ont été réalisés avec des injecteurs

rotatifs comparables à ceux illustrés à la figure 3. Dans un cas, représentatif de l'art antérieur, les pales et les moyens d'émission étaient en graphite ; dans un autre cas, représentatif de l'invention, ils étaient en titane. Dans les deux cas, les orifices avaient un diamètre de 1 mm.

[0052] Dans ces essais, la demanderesse a constaté d'une part que, avec les injecteurs de l'art antérieur, les bulles avaient un diamètre moyen de l'ordre de 15 mm, une partie du gaz de traitement pouvait remonter le long du rotor et de l'arbre de l'injecteur et 20 % du gaz injecté n'était pas dispersé dans le métal liquide. La partie du gaz non dispersée est pratiquement inutile car elle ne contribue pas au traitement du métal liquide.

[0053] La demanderesse a constaté d'autre part que, avec les injecteurs selon l'invention, les bulles avaient un diamètre moyen de l'ordre de 6 mm et moins de 0,5 % du gaz injecté (limite de détection) n'était pas dispersé dans le métal liquide.

[0054] La demanderesse a en outre remarqué que, contrairement à l'art antérieur, les bulles émises par les orifices situées aux extrémités des pales n'ont pas tendance à former des poches de gaz entre les pales. Les bulles préservent dès lors leur petite taille, ce qui résulte en une plus grande efficacité de traitement que l'art antérieur.

[0055] La demanderesse a également noté que l'injecteur selon l'invention évite la formation de poches de gaz sous l'injecteur qui pourraient provoquer des instabilités.

[0056] Ainsi, les performances de dégazage obtenus avec des injecteurs selon l'invention sont nettement améliorés par rapport à ceux observés avec des injecteurs de l'art antérieur.

Avantages de l'invention

[0057] L'injecteur rotatif selon l'invention présente l'avantage de permettre une réduction significative de la vitesse de rotation requise pour obtenir des bulles de petite taille par effet de cisaillement. Avec un injecteur selon l'invention et pour un rendement équivalent à celui de l'art antérieur, la vitesse de rotation peut se situer entre 100 et 350 t/min, ce qui permet en outre de limiter l'agitation de surface du métal liquide et de réduire l'usure des pièces.

[0058] L'injecteur rotatif selon l'invention a également pour avantage de présenter des performances de traitement qui sont moins sensibles à l'usure éventuelle des pales de l'injecteur. En effet, selon l'invention, la taille des bulles de gaz est en très grande partie déterminée par les orifices d'émission, et en faible partie seulement par le mouvement de rotation des pales, lesquelles ont alors principalement pour fonctions de disperser les bulles dans le plus grand volume de bain possible et d'agiter celui-ci en vue, notamment, d'homogénéiser le traitement. Par conséquent, l'usure des pales dans le temps n'entraîne pas de dégradation rédhibitoire des

performances de traitement de l'injecteur de l'invention.

[0059] L'orifice des moyens d'émission de l'injecteur selon l'invention peut être suffisamment petit pour éviter la pénétration de métal liquide.

Revendications

1. Injecteur rotatif (1) pour injecter du gaz (2) dans un métal liquide (3) comprenant un arbre d'entraînement (4), des moyens de brassage (5), des moyens d'acheminement (6, 7, 11) dudit gaz (2) et des moyens d'émission (8, 9) du gaz (2), et **caractérisé en ce que** les moyens d'émission (8, 9) sont, en tout ou partie, constitués d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide (3).
2. Injecteur rotatif (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit matériau mouillable est également substantiellement inerte audit métal liquide (3).
3. Injecteur rotatif (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** ledit matériau est rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.
4. Injecteur rotatif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'émission comportent au moins un orifice d'émission (8) dudit gaz (2).
5. Injecteur rotatif (1) selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le diamètre dudit, ou de chaque, orifice (8) se situe de préférence entre 0,5 et 5 mm.
6. Injecteur rotatif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** lesdits moyens d'émission comprennent un matériau poreux mouillable par ledit métal liquide (3) ou un matériau poreux rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.
7. Injecteur rotatif (1) selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** le diamètre des pores ouverts émergeants à la surface dudit matériau poreux est inférieur à 0,5 mm.
8. Injecteur rotatif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** comporte un insert (90) comprenant lesdits moyens d'émission (8, 9) et constitué dudit matériau mouillable ou d'un matériau rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.
9. Injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** lesdits moyens de brassage (5) sont aussi constitués, en

tout ou partie, d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide ou d'un matériau rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.

10. Injecteur rotatif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** ledit arbre d'entraînement (4) est aussi constitué, en tout ou partie, d'au moins un matériau mouillable par ledit métal liquide ou d'un matériau rendu mouillable à l'aide d'un revêtement en matériau mouillable par le métal liquide.

11. Injecteur rotatif (1) selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le ou chaque matériau mouillable est choisi dans le groupe comprenant le molybdène, le tungstène, le vanadium, le titane, le chrome, le fer, les aciers ou leurs alliages, et le diborure de titane, les nitrures d'aluminium, les carbures d'aluminium et les carbures de titane.

12. Dispositif de dispersion rotatif (30) **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un injecteur rotatif selon l'une des revendications 1 à 11.

13. Dispositif de traitement d'un métal liquide (40) **caractérisé en ce qu'il** comprend au moins un injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou au moins un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12.

14. Poche de dégazage d'un métal liquide comprenant au moins un injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou au moins un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12.

15. Four comprenant au moins un injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou au moins un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12.

16. Goulotte munie d'au moins un injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11 ou au moins un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12.

17. Utilisation d'un l'injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, d'un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12, d'un dispositif de traitement selon la revendication 13, d'une poche de dégazage selon la revendication 14, d'un four selon la revendication 15 ou d'une goulotte selon la revendication 16 pour le traitement d'un métal à l'état liquide.

18. Utilisation selon la revendication 17, **caractérisée en ce que** ledit métal est choisi parmi l'aluminium,

les alliages d'aluminium, le magnésium et les alliages de magnésium.

19. Procédé de traitement d'un métal à l'état liquide, **caractérisé en ce qu'on** utilise au moins un injecteur rotatif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, au moins un dispositif de dispersion rotatif selon la revendication 12, au moins dispositif de dégazage selon la revendication 13, au moins une poche de dégazage selon la revendication 14, au moins un four selon la revendication 15 ou au moins une goulotte selon la revendication 16.

20. Procédé de traitement selon la revendication 19, **caractérisé en ce que** ledit métal est choisi parmi l'aluminium, les alliages d'aluminium, le magnésium et les alliages de magnésium.

Claims

1. Rotary injector (1) for injecting gas (2) into a liquid metal (3), comprising a drive shaft (4), stirring means (5), means (6, 7, 11) for circulating said gas (2) and means (8, 9) for emitting the gas (2), and **characterized in that** the emitting means (8, 9) are entirely or partially made of at least one material capable of being wetted by said liquid metal (3).

2. Rotary injector (1) according to claim 1, **characterized in that** said wettable material is also substantially inert to said liquid metal (3).

3. Rotary injector (1) according to claim 1 or 2, **characterized in that** said material is rendered wettable by means of a coating made of a material capable of being wetted by the liquid metal.

4. Rotary injector (1) according to any one of claims 1 to 3, **characterized in that** said emitting means include at least one orifice (8) for emitting said gas (2).

5. Rotary injector (1) according to claim 4, **characterized in that** the diameter of said or each orifice (8) ranges preferably between 0.5 and 5 mm.

6. Rotary injector (1) according to any one of claims 1 to 5, **characterized in that** said emitting means comprise a porous material capable of being wetted by said liquid metal (3) or a porous material rendered wettable by means of a coating made of a material capable of being wetted by the liquid metal.

7. Rotary injector (1) according to claim 6, **characterized in that** the diameter of the open pores appearing at the surface of said porous material is less than 0.5 mm.

8. Rotary injector (1) according to any one of claims 1 to 7, **characterized in that** it includes an insert (90) comprising said emitting means (8, 9) and made of said wettable material or a material rendered wettable by means of a coating made of a material capable of being wetted by the liquid metal. 5
9. Rotary injector according to any one of claims 1 to 8, **characterized in that** said stirring means (5) are also entirely or partially made of at least one material capable of being wetted by said liquid metal or a material rendered wettable by means of a coating made of a material capable of being wetted by the liquid metal. 10
10. Rotary injector (1) according to any one of claims 1 to 9, **characterized in that** said drive shaft (4) is also entirely or partially made of at least one material capable of being wetted by said liquid metal or a material rendered wettable by means of a coating made of material capable of being wetted by the liquid metal. 15 20
11. Rotary injector (1) according to any one of claims 1 to 10, **characterized in that** the wettable material or materials are selected from amongst the group comprising molybdenum, tungsten, vanadium, titanium, chromium, iron, steels or their alloys, and titanium diboride, aluminium nitrides, aluminium carbides, and titanium carbides. 25 30
12. Rotary dispersion device (30), **characterized in that** it comprises at least one rotary injector according to one of claims 1 to 11. 35
13. Device for treating a liquid metal (40), **characterized in that** it comprises at least one rotary injector according to any one of claims 1 to 11 or at least one rotary dispersion device according to claim 12. 40
14. Ladle for degassing a liquid metal comprising at least one rotary injector according to any one of claims 1 to 11 or at least one rotary dispersion device according to claim 12. 45
15. Furnace comprising at least one rotary injector according to any one of claims 1 to 11 or at least one rotary dispersion device according to claim 12. 50
16. Trough equipped with at least one rotary injector according to any one of claims 1 to 11 or at least one rotary dispersion device according to claim 12. 55
17. Use of a rotary injector according to any one of claims 1 to 11, a rotary dispersion device according to claim 12, a treatment device according to claim 13, a degassing ladle according to claim 14, a furnace according to claim 15 or a trough according to

claim 16 for treating a metal in the liquid state.

18. Use according to claim 17, **characterized in that** said metal is selected from amongst aluminium, aluminium alloys, magnesium and magnesium alloys.
19. Method for treating a metal in the liquid state, **characterized in that** use is made of at least one rotary injector according to any one of claims 1 to 11, at least one rotary dispersion device according to claim 12, at least one degassing device according to claim 13, at least one degassing ladle according to claim 14, at least one furnace according to claim 15 or at least one trough according to claim 16.
20. Treatment method according to claim 19, **characterized in that** said metal is selected from amongst aluminium, aluminium alloys, magnesium and magnesium alloys.

Patentansprüche

1. Rotationsdüse (1) zum Einblasen von Gas (2) in eine Metallschmelze (3), beinhaltend eine Antriebswelle (4), Rührvorrichtungen (5), Fördermittel (6, 7, 11) für das Gas (2) und Emissionsmittel (8, 9) für das Gas (2) und **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emissionsmittel (8, 9) ganz oder zum Teil aus mindestens einem durch die Metallschmelze (3) benetzbaren Werkstoff bestehen.
2. Rotationsdüse (1) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der benetzbare Werkstoff zudem weitgehend träge gegenüber der Metallschmelze (3) ist.
3. Rotationsdüse (1) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Werkstoff mit Hilfe einer Beschichtung aus einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff benetzbar gemacht wird.
4. Rotationsdüse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emissionsmittel mindestens eine Emissionsöffnung (8) für das Gas (2) aufweisen.
5. Rotationsdüse (1) nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser der oder jeder Öffnung (8) vorzugsweise zwischen 0,5 und 5 mm liegt.
6. Rotationsdüse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Emissionsmittel einen durch die Metallschmelze (3) benetzbaren porösen Werkstoff oder einen porösen Werk-

stoff enthalten, der mit Hilfe einer Beschichtung aus einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff benetzbar gemacht wird.

7. Rotationsdüse (1) nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Durchmesser der an der Oberfläche des porösen Werkstoffs auftretenden offenen Poren kleiner als 0,5 mm ist. 5
8. Rotationsdüse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Einsatz (90) aufweist, der mit den Emissionsmitteln (8, 9) versehen ist und aus dem benetzbaren Werkstoff oder einem Werkstoff besteht, der mit Hilfe einer Beschichtung aus einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff benetzbar gemacht wird. 10 15
9. Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch die Rührmittel (5) ganz oder zum Teil aus mindestens einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff oder einem Werkstoff bestehen, der mit Hilfe einer Beschichtung aus einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff benetzbar gemacht wird. 20 25
10. Rotationsdüse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** auch die Antriebswelle (4) ganz oder zum Teil aus mindestens einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff oder einem Werkstoff besteht, der mit Hilfe einer Beschichtung aus einem durch die Metallschmelze benetzbaren Werkstoff benetzbar gemacht wird. 30
11. Rotationsdüse (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der oder jeder benetzbare Werkstoff aus der Gruppe gewählt wird, die Molybdän, Wolfram, Vanadium, Titan, Chrom, Eisen, Stähle oder ihre Legierungen und Titanbaborid, Aluminiumnitride, Aluminiumkarbide und Titankarbide enthält. 35 40
12. Rotierende Dispersionsvorrichtung (30), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens eine Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 aufweist. 45
13. Vorrichtung zur Behandlung von Metallschmelze (40), **dadurch gekennzeichnet, dass** sie mindestens eine Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder mindestens eine rotierende Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12 aufweist. 50
14. Entgasungspfanne für Metallschmelze mit mindestens einer Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder mindestens einer rotierenden Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12. 55

15. Ofen mit mindestens einer Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder mindestens einer rotierenden Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12.

16. Rinne mit mindestens einer Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11 oder mindestens einer rotierenden Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12.

17. Verwendung einer Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11, einer rotierenden Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12, einer Behandlungsvorrichtung nach Anspruch 13, einer Entgasungspfanne nach Anspruch 14, eines Ofens nach Anspruch 15 oder einer Rinne nach Anspruch 16 zur Behandlung schmelzflüssigen Metalls.

18. Verwendung nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall unter Aluminium, den Aluminiumlegierungen, Magnesium und den Magnesiumlegierungen gewählt wird.

19. Behandlungsverfahren für schmelzflüssiges Metall, **dadurch gekennzeichnet, dass** mindestens eine Rotationsdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 11, mindestens eine rotierende Dispersionsvorrichtung nach Anspruch 12, mindestens eine Entgasungsvorrichtung nach Anspruch 13, mindestens eine Entgasungspfanne nach Anspruch 14, mindestens ein Ofen nach Anspruch 15 oder mindestens eine Rinne nach Anspruch 16 verwendet wird.

20. Behandlungsverfahren nach Anspruch 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Metall unter Aluminium, den Aluminiumlegierungen, Magnesium und den Magnesiumlegierungen gewählt wird.

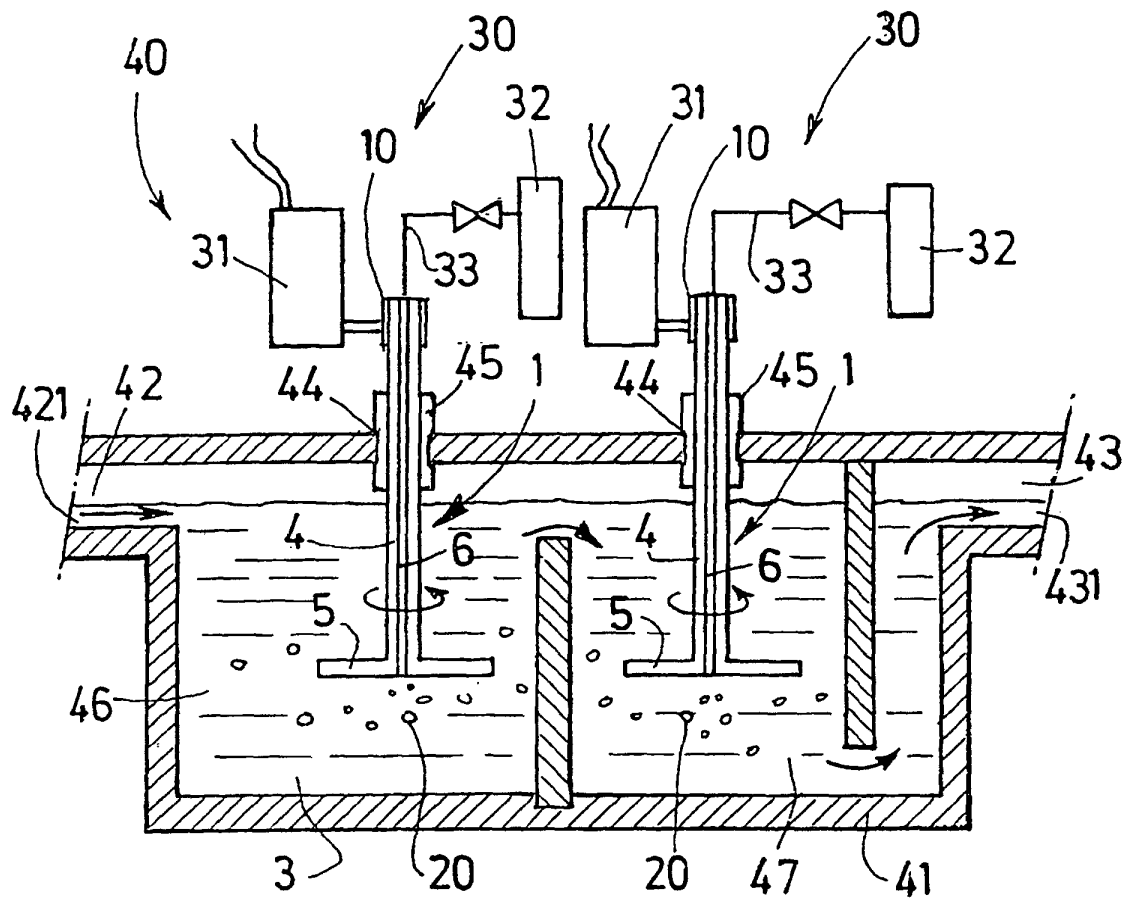


FIG.1

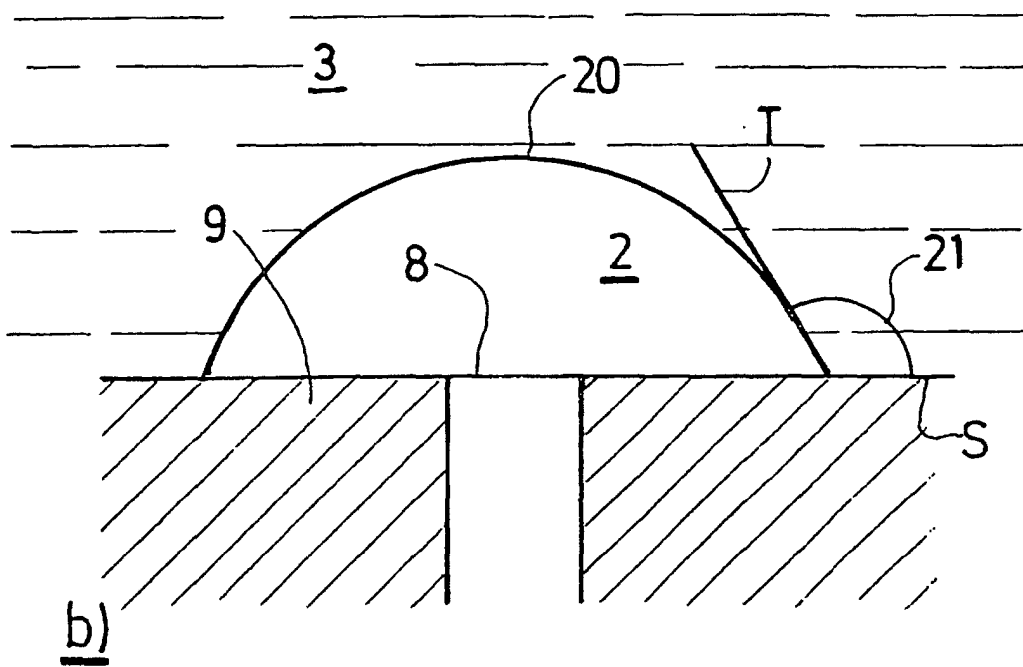
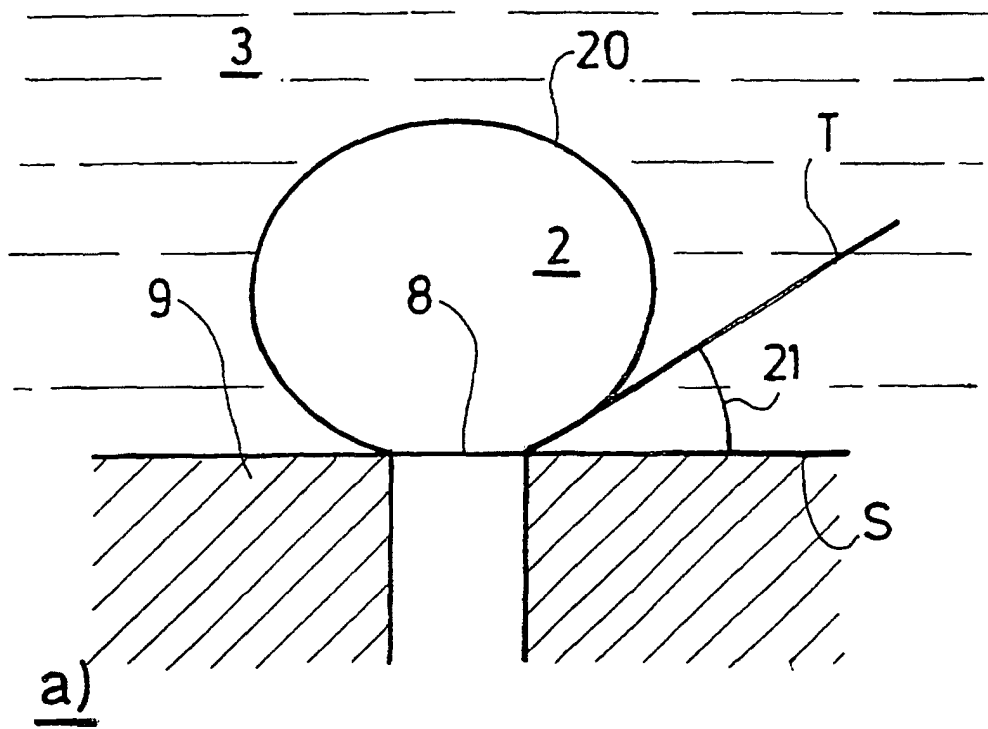


FIG.2

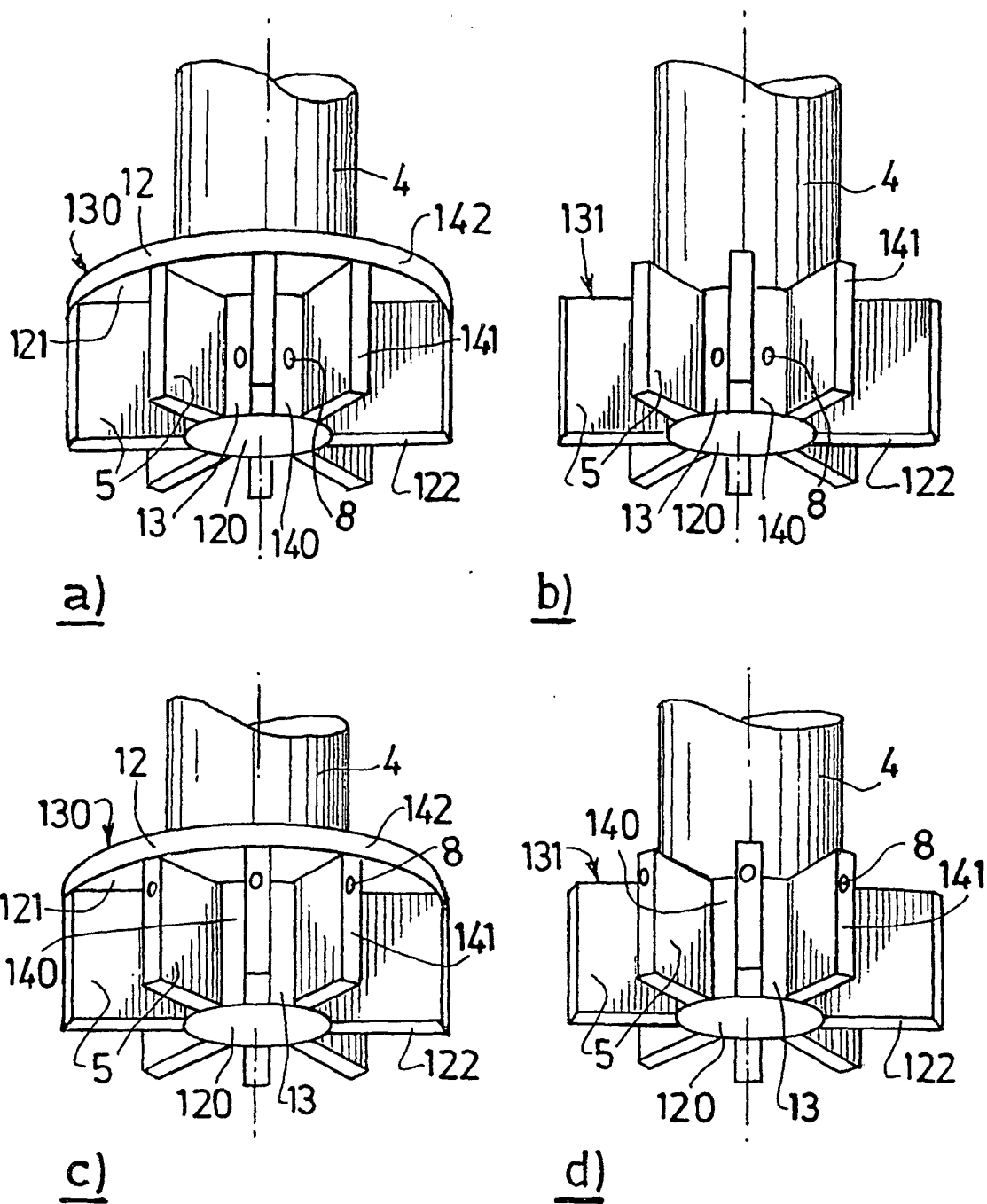
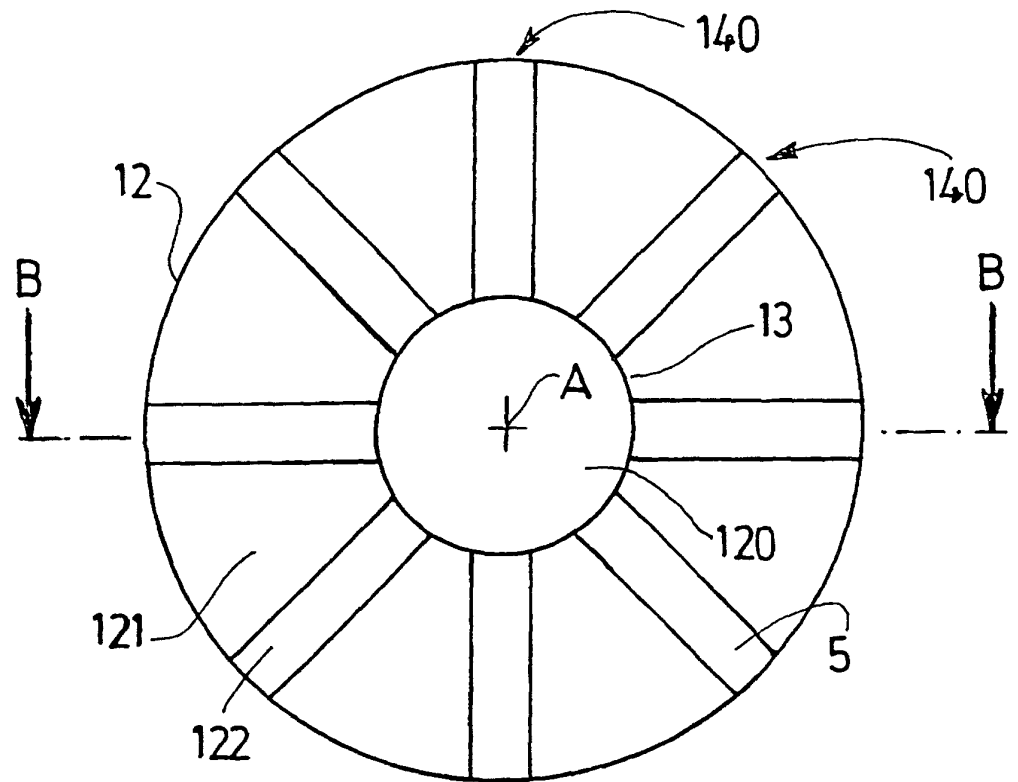
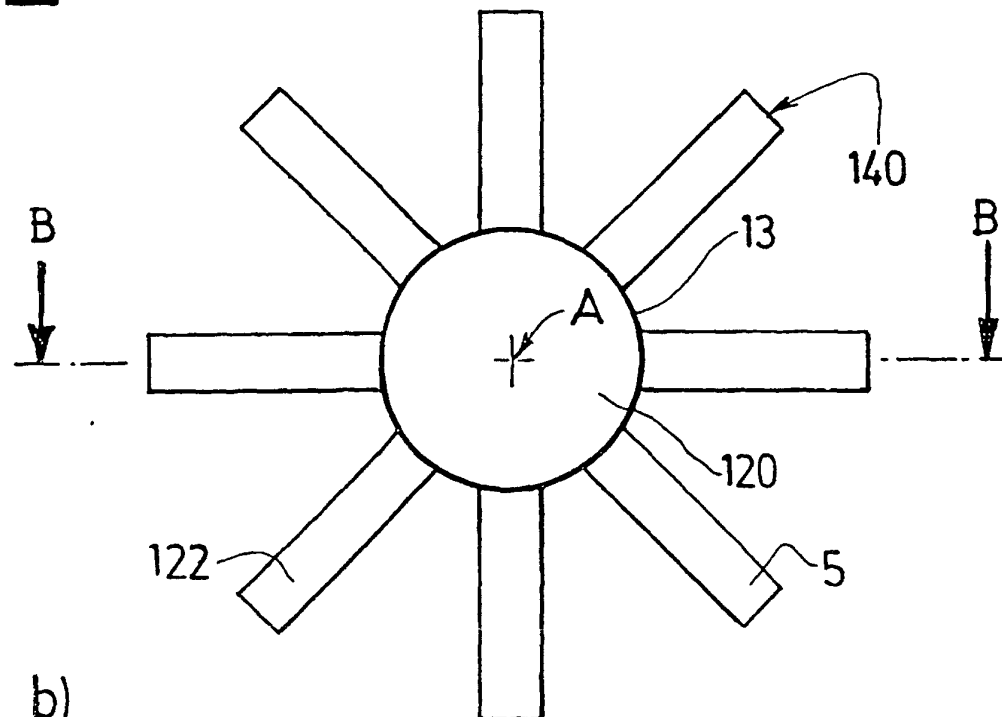


FIG.3



a)



b)

FIG. 4

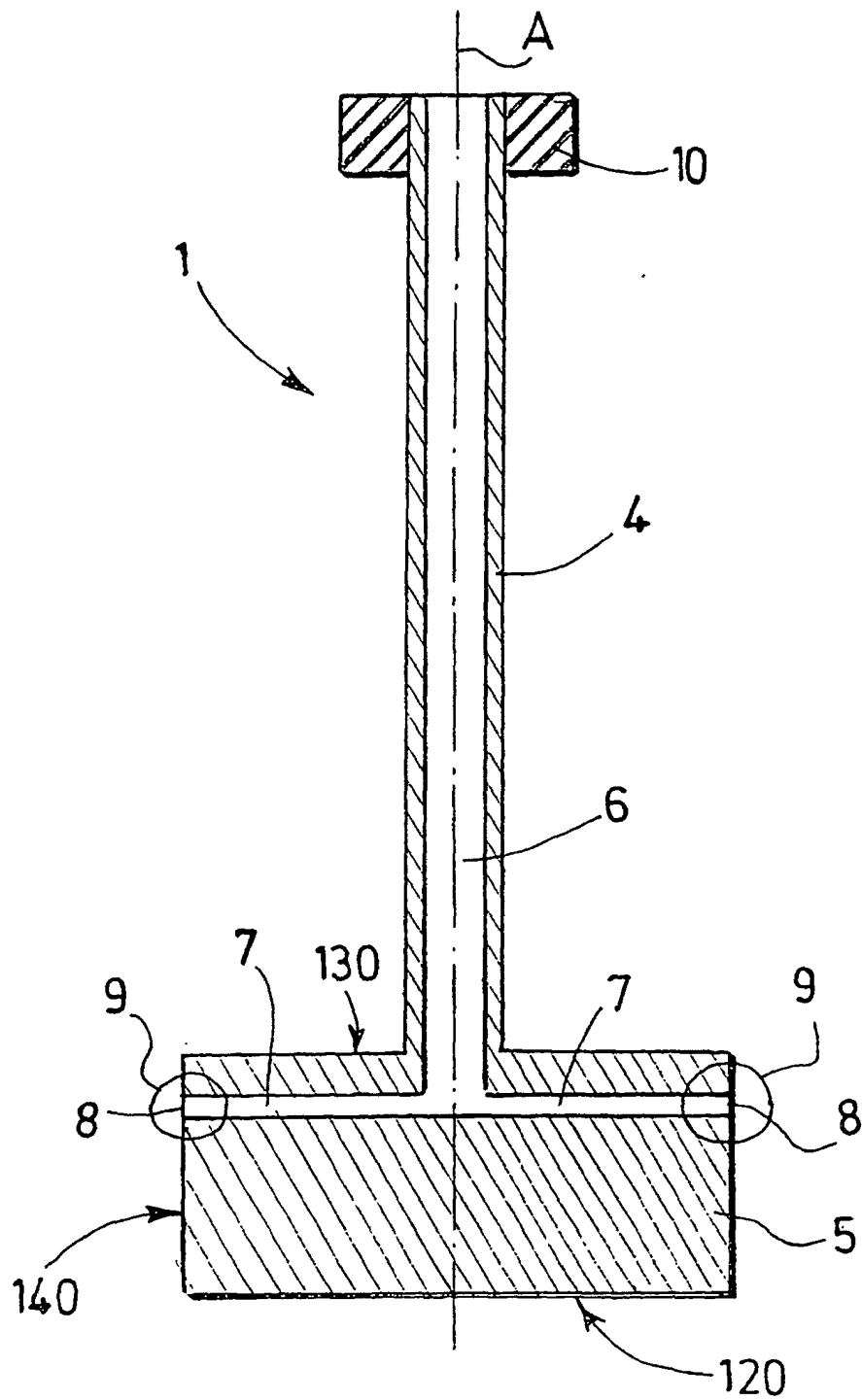


FIG.5

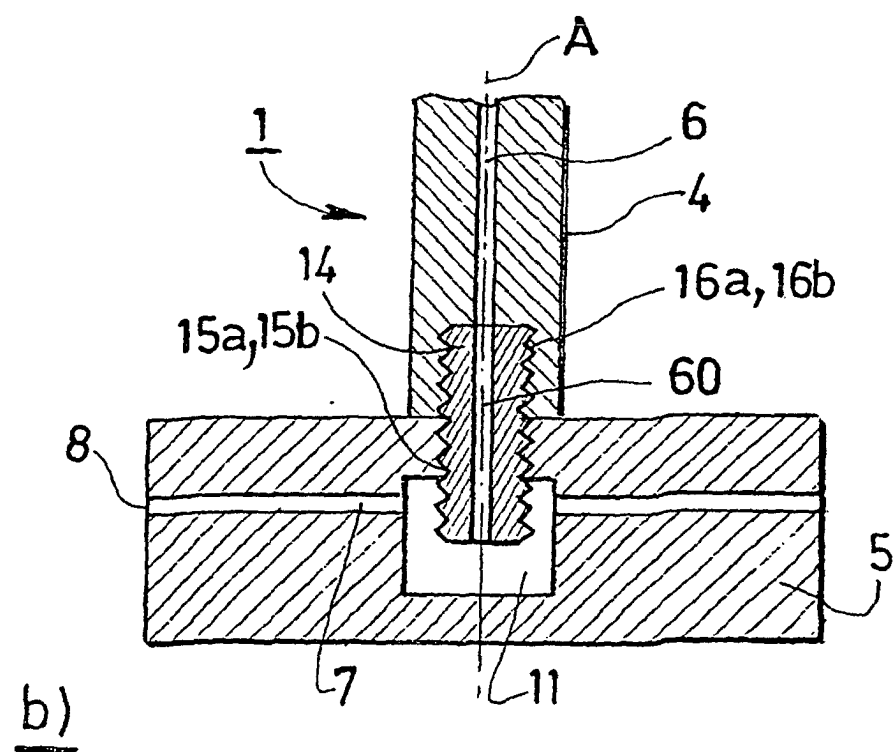
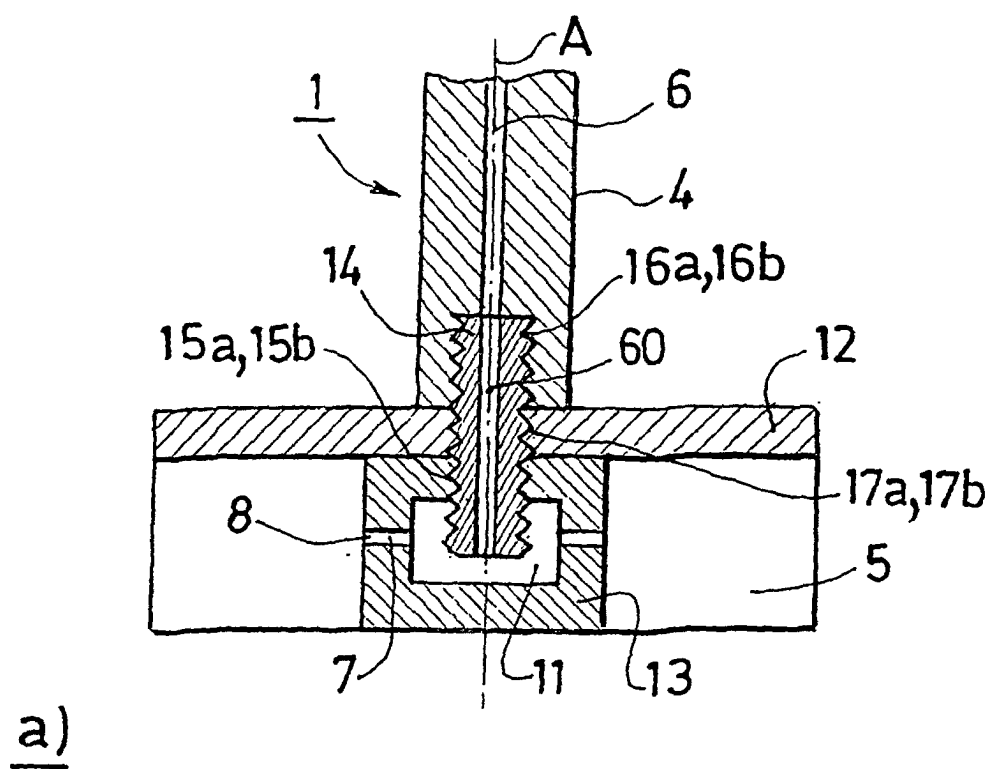


FIG. 6

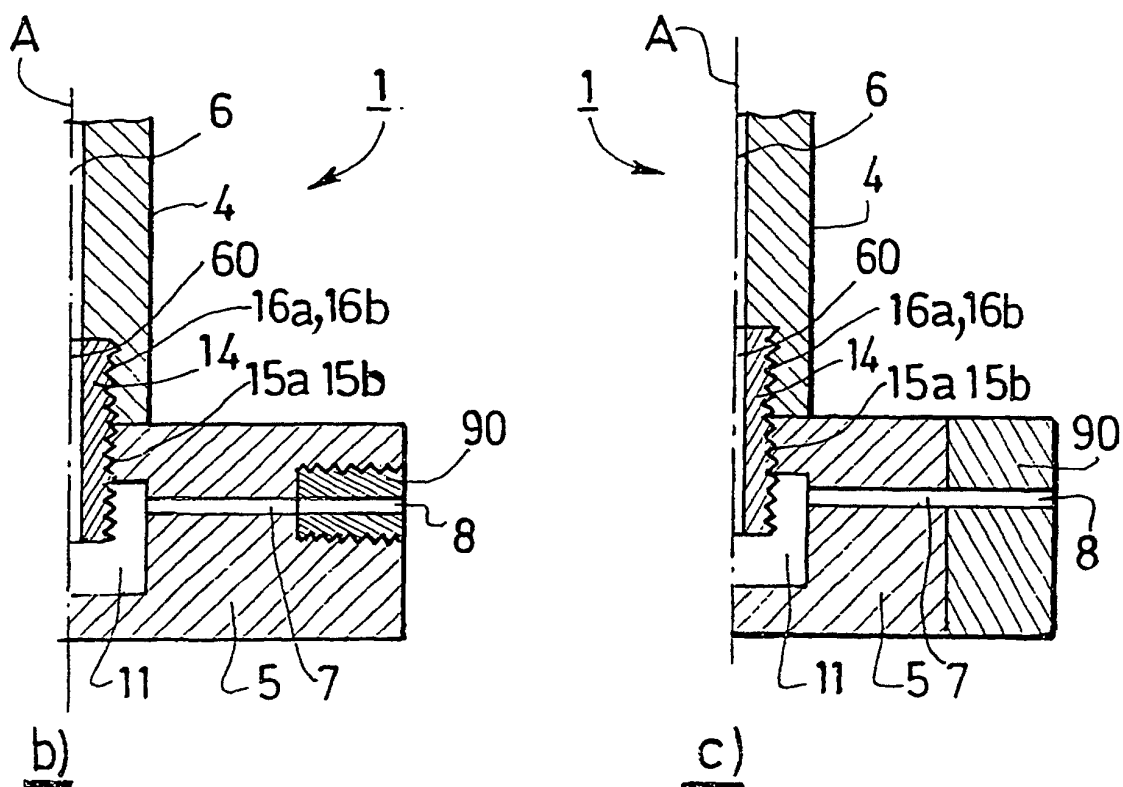
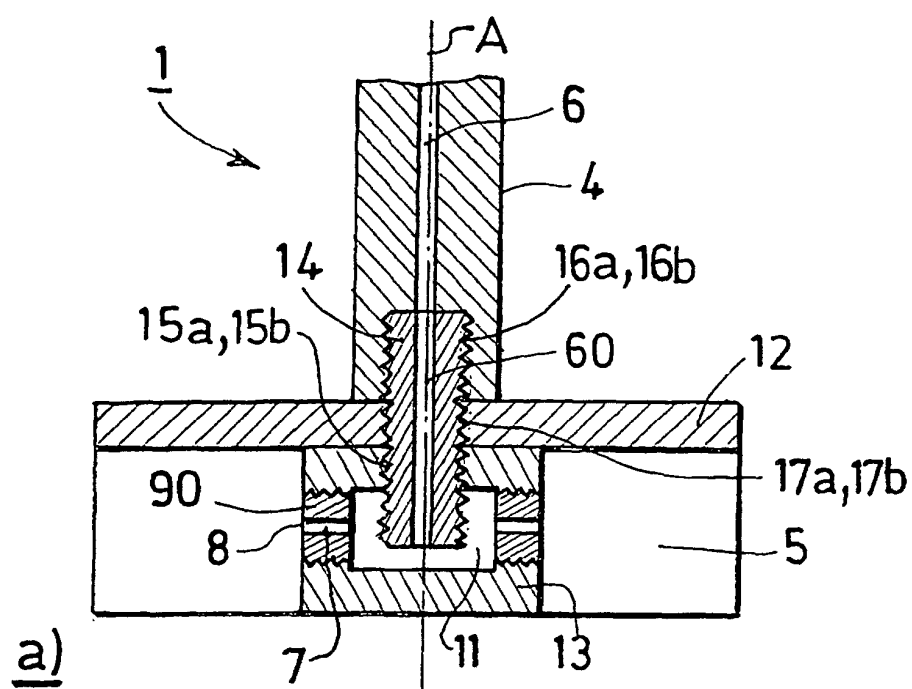


FIG.7