

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11)

EP 1 240 434 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
08.03.2006 Bulletin 2006/10

(51) Int Cl.:
F04D 29/24 ^(2006.01) **F04D 29/22** ^(2006.01)
F04D 29/30 ^(2006.01) **F04D 29/68** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **00987557.6**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2000/003511

(22) Date de dépôt: **13.12.2000**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2001/046593 (28.06.2001 Gazette 2001/26)

(54) **AUBE D'UNE MACHINE CENTRIFUGE ET PROCEDE DE REGLAGE DES PERFORMANCES DE L'AUBE**

SCHAUFEL EINER KREISELMACHINE UND LEISTUNGSREGELUNGSVERFAHREN DES SCHAUFELS

BLADE OF A CENTRIFUGE MACHINE AND METHOD FOR REGULATING THE PERFORMANCE OF SAID BLADE

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

(30) Priorité: **21.12.1999 FR 9916173**

(43) Date de publication de la demande:
18.09.2002 Bulletin 2002/38

(73) Titulaire: **JEUMONT SA
92400 Courbevoie (FR)**

(72) Inventeur: **GYOMLAI, Philippe
F-59749 Liessies (FR)**

(74) Mandataire: **Bouget, Lucien et al
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cédex 09 (FR)**

(56) Documents cités:
DE-A- 19 614 420 DE-C- 897 801
FR-A- 1 025 250 FR-A- 1 514 037
US-A- 1 688 345 US-A- 3 027 845

EP 1 240 434 B1

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).

Description

[0001] L'invention concerne une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide et en particulier une aube d'une pompe de type hélico-centrifuge.

[0002] Dans les centrales nucléaires comportant un réacteur refroidi par de l'eau sous pression, on utilise, pour mettre en circulation l'eau sous pression constituant le fluide de refroidissement primaire du coeur du réacteur nucléaire, dans un circuit appelé circuit primaire, une pompe de type hélico-centrifuge à un seul étage de pompage. Une telle pompe hélico-centrifuge comporte une roue de pompe sur laquelle sont fixées des aubes courbes, dans une disposition en hélice. La roue de pompe est entraînée en rotation par un moteur électrique, par l'intermédiaire d'un arbre d'entraînement, les aubes étant solidaires de la roue de pompe suivant un premier bord et comportant chacune une face avant et une face arrière dirigées, respectivement, vers l'avant et vers l'arrière, en considérant le sens de déplacement de la roue de pompe en rotation, pendant le fonctionnement de la pompe.

[0003] La face avant et la face arrière des aubes de la pompe sont constituées par des surfaces courbes qui peuvent être désignées respectivement par les termes extradados et intrados, la face avant constituant une face externe et la face arrière une face interne de l'aube.

[0004] Le fluide dont on réalise le pompage ou la compression dans une machine centrifuge circule au contact des faces avant et arrière des aubes, de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire entre le premier bord de l'aube relié à la roue et le second bord ou tranche de l'aube reliant la face avant et la face arrière suivant l'épaisseur de l'aube, dans sa partie externe. Ce second bord de l'aube suivant lequel les écoulements de fluide se décolent des faces avant et arrière de l'aube est appelé bord de fuite. Les bords de fuite des aubes de la roue de pompe sont disposés suivant une surface cylindrique ou conique ayant pour axe l'axe de la roue de pompe.

[0005] Un des problèmes relatifs à la conception et à la maintenance des machines centrifuges de pompage ou de compression de fluide concerne le réglage et l'ajustage des performances hydrauliques de la machine.

[0006] Il est connu de réaliser l'ajustage de ces performances en réalisant un affûtage ou un rognage de l'extrémité de sortie des aubes de la roue, suivant leur bord de fuite.

[0007] Certaines pompes centrifuges présentent une charge par aube de roue qui peut être élevée. Par exemple, dans le cas des pompes primaires mono-étagées des centrales nucléaires à eau sous pression dont la roue à un seul étage comporte un nombre relativement faible d'aubes, la charge par aubage de la roue est à un niveau élevé. Dans le cas des pompes primaires en particulier, le profil d'extrémité des aubes réalisé par affûtage ou par rognage ne permet pas toujours d'obtenir des performances qui soient constantes pendant l'utilisation de la pom-

pe. En effet, les performances qui dépendent du décollement des couches limites de fluide en contact avec les faces de l'aube sont tributaires des variations des caractéristiques physico-chimiques du fluide véhiculé et de l'état de surface des faces des aubes qui conditionnent les zones de décollement des couches de fluide en circulation à leur contact.

[0008] Ces variations des performances hydrauliques peuvent présenter des inconvénients dans certaines utilisations où le débit requis doit être maintenu dans un intervalle relativement étroit, pour maintenir un rendement et une sûreté optimale de l'installation. Ces difficultés se rencontrent en particulier dans le cas des pompes primaires assurant la circulation de l'eau de refroidissement dans le circuit primaire d'un réacteur nucléaire à eau sous pression.

[0009] Dans le FR-A-1.025.250, on propose une aube d'une pompe centrifuge dont le canal d'écoulement du fluide prévoit au moins un brusque élargissement du fait de la réalisation d'au moins un évidement qui constitue une ligne de décollement du fluide traversant le canal.

[0010] On ne connaissait pas jusqu'ici d'aube pour une machine hydraulique centrifuge et de procédé d'ajustage d'une telle aube permettant à la fois d'ajuster les performances de la machine hydraulique et de maîtriser les décollements des couches limites du fluide en circulation au contact des faces de l'aube de la machine, pour assurer des performances stables de la machine centrifuge au cours du temps.

[0011] Le but de l'invention est donc de proposer une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solide d'une roue montée mobile en rotation, comportant une face avant et une face arrière dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue en rotation et limitées, à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens de l'écoulement du fluide, le long des faces de l'aube, par un bord de l'aube appelé bord de fuite constituant une zone de séparation, de l'écoulement de fluide et des faces de l'aube, cette aube présentant des performances parfaitement ajustées qui peuvent être réglées de manière simple pour assurer un fonctionnement stable et constant de la pompe au cours du temps.

[0012] Dans ce but, l'aube suivant l'invention comporte, dans une partie de sa surface externe comprenant le bord de fuite et deux zones respectivement de la face avant et de la face arrière adjacentes au bord de fuite, au moins cinq arêtes dans une direction longitudinale du bord de fuite s'étendant sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite, au moins une arête constituant une ligne de décollement supplémentaire de fluide s'étendant suivant au moins l'un du bord de fuite et de la face arrière ou face intrados.

[0013] L'invention est également relative à des aubes de machine centrifuge réalisées suivant l'une des revendications indépendantes 5 et 6.

[0014] L'invention est également relative à un procédé d'ajustage des caractéristiques fluidiques d'une aube

d'une machine centrifuge, selon la revendication 8.

[0015] Afin de bien faire comprendre l'invention, on va décrire à titre d'exemple, en se référant aux figures jointes en annexe, une aube d'une pompe primaire hélico-centrifuge d'une centrale nucléaire refroidie par de l'eau sous pression réalisée selon l'invention et un procédé d'ajustage des performances de l'aube.

[0016] Les figures 1A et 1B sont des vues en coupe d'une partie d'extrémité voisine du bord de fuite d'une aube d'une pompe hélico-centrifuge, illustrant deux procédés suivant l'art antérieur pour modifier les performances de l'aube.

[0017] La figure 2 est une vue analogue aux vues des figures 1A et 1B illustrant un troisième procédé pour modifier les performances d'une aube selon l'art antérieur.

[0018] La figure 3 est une vue partielle en élévation d'une roue de pompe hélico-centrifuge et d'une aube de la pompe réalisée suivant l'invention.

[0019] La figure 4 est une vue en coupe suivant 4-4 de la partie d'extrémité de l'aube voisine du bord de fuite.

[0020] La figure 5 est une vue en coupe analogue à la vue de la figure 4 d'une aube d'une pompe suivant l'invention et suivant une variante de réalisation.

[0021] La figure 6 est une vue partielle en élévation d'une roue et d'une aube d'une pompe suivant l'invention et suivant un second mode de réalisation.

[0022] La figure 7 est une vue en coupe suivant 7-7 d'une partie d'extrémité de l'aube au voisinage du bord de fuite.

[0023] Les figures 8 et 9 sont des vues en coupe analogues à la vue de la figure 4, de deux variantes de réalisation de la partie d'extrémité de l'aube.

[0024] Une roue de pompe d'une pompe hélico-centrifuge telle qu'une pompe primaire d'une centrale nucléaire refroidie par de l'eau sous pression a été représentée de manière schématique sur les figures 3 et 6 qui sont relatives à une roue de pompe comportant des aubes suivant l'invention.

[0025] La roue de pompe, désignée de manière générale par le repère 1, comporte un corps 2 de forme sensiblement tronconique solidaire, à l'une de ses extrémités, d'un moyeu 3 par l'intermédiaire d'un premier flasque 2'.

[0026] Des aubes 4 sont fixées sur le corps 2 de la roue de pompe, par un bord 4a, suivant une ligne hélicoïdale ayant pour axe l'axe 6 de la roue de pompe.

[0027] On a représenté une seule aube 4 sur la figure 3 mais la roue de pompe comporte plusieurs aubes identiques à l'aube 4 (par exemple six aubes) réparties suivant la périphérie du corps 2 de la roue de pompe autour de l'axe 6.

[0028] Les aubes 4 de la roue de pompe 1 sont toutes reliées suivant un bord opposé au bord de fixation sur le corps 2, à un flasque 5 appelé flasque ceinture.

[0029] Les flasques 2' et 5 ont pour axe commun l'axe 6 de la roue de pompe.

[0030] Chacune des aubes 4 de la pompe comporte une face avant 8, ou extrados, et une face arrière 7, ou

intrados, l'avant et l'arrière de l'aube étant définis en prenant en compte le sens de rotation de la roue de pompe autour de l'axe 6.

[0031] Le fluide dont on assure le pompage, par exemple l'eau sous pression du circuit primaire d'un réacteur nucléaire, circule entre les aubes 4 successives de la roue de pompe et au contact des faces des aubes 4, de manière centrifuge, c'est-à-dire en s'éloignant de l'axe 6 de la roue de pompe. Sur chacune des aubes 4, le bord 4b, le plus éloigné de l'axe 6, constitue le bord de fuite, au voisinage duquel les couches limites des écoulements au contact des faces avant et arrière de la pale 4 se décollent et quittent le contact avec l'aube 4.

[0032] Il est connu d'ajuster les performances hydrauliques d'une pompe en effectuant un rognage ou un affûtage de l'aube, au voisinage de son bord de fuite 4b.

[0033] Sur les figures 1A et 1B, on a représenté dans une vue en coupe par un plan tel que le plan de coupe 4-4 représenté sur la figure 3 perpendiculaire au bord de fuite, une partie d'extrémité voisine du bord de fuite d'une aube de pompe 4' selon l'art antérieur. La tranche de l'aube 4' disposée vers l'extérieur constitue le bord de fuite 4'b séparant les parties d'extrémité aval de la face arrière ou face intrados 7' et de la face avant, ou face extrados 8', de l'aube 4'.

[0034] La face intrados 7' est séparée du bord de fuite 4'b par une arête d'intrados 9', la face extrados 8' étant séparée du bord de fuite 4'b par une arête extrados 10'.

[0035] Les bords de fuite des aubes 4b sont généralement situés sur un cylindre de diamètre D ayant pour axe l'axe 6 de la roue de pompe.

[0036] Les performances hydrauliques de l'aube 4' dépendent en particulier du diamètre D ou diamètre de sortie de l'aube 4'. Dans le cas où les bords de fuite des aubes sont sur une surface conique, le diamètre D est variable suivant le bord de fuite.

[0037] Si l'on veut diminuer les performances de la pompe, par exemple le débit de la pompe, il est possible de réaliser le rognage de la partie d'extrémité de l'aube 4' délimitée par le bord de fuite 4'b, par exemple suivant la ligne en pointillés 11 représentée sur la figure 1. On diminue ainsi le diamètre de sortie de l'aube 4' qui passe de la valeur D à la valeur D', la longueur D - D' étant égale à la distance entre le bord de fuite d'origine 4'b et la ligne de rognage 11, dans une direction perpendiculaire au bord de fuite et au plan de rognage.

[0038] Les performances de l'aube 4' dépendent également de la finesse de l'aube au voisinage du bord de fuite, les performances étant d'autant meilleures que l'aube 4' est plus fine dans sa partie voisine du bord de fuite.

[0039] Pour augmenter les performances de l'aube 4', on peut donc réaliser un affûtage de la partie d'extrémité de l'aube 4' voisine du bord de fuite 4'b, soit par usinage de la face intrados 7', comme représenté par la ligne d'affûtage 12, soit par usinage à la fois de la face intrados 7' et de la face extrados 8', comme représenté par les lignes d'affûtage 13 et 13' sur la figure 1B.

[0040] L'affûtage peut être réalisé de telle manière que les arêtes d'intrados et d'extrados se trouvent pratiquement confondues suivant une arête commune aux deux faces, à l'issue de l'affûtage.

[0041] Comme il est visible sur la figure 2, l'augmentation des performances de l'aube 4' peut être également obtenue en effectuant une coupe de la partie d'extrémité 14 de l'aube 4', suivant une ligne de coupe 14' faisant un angle voisin de 90° avec la tangente à l'extrados 8' au niveau de l'arête d'extrados 10'. Dans ce cas, on augmente les performances de l'aube 4' en augmentant la section de sortie de l'aubage.

[0042] Dans le cas du rognage de l'aube 4' ou de l'affûtage de la face intrados, comme représenté sur les figures 1A et 1B, on modifie les performances de l'aube 4' de la pompe soit dans le sens de la diminution, soit dans le sens de l'augmentation.

[0043] Dans le cas de l'augmentation de la finesse de la partie d'extrémité de l'aube par affûtage sur la face intrados et sur la face extrados, comme représenté sur la figure 1B, on augmente en particulier le rendement de la pompe.

[0044] Le recoupage de l'aube, comme représenté sur la figure 2, permet d'augmenter les performances de l'aube, d'une manière définie sans possibilité de réglage.

[0045] Ces modes de réalisation de l'ajustage des performances d'une aube de pompe selon l'art antérieur, ne permettent pas de maîtriser le décollement des couches limites des écoulements de fluide au contact de la surface de l'aube, dans la zone d'extrémité comportant le bord de fuite et les zones adjacentes de la face intrados et de la face extrados.

[0046] Le principe de l'invention consiste à imposer une ligne de décollement supplémentaire du fluide, à l'extrémité de sortie de l'aube de roue, soit sur la tranche de l'aube constituant le bord de fuite, à proximité de l'arête extrados pour l'écoulement provenant de l'extrados, soit sur la face intrados de l'aube à proximité de l'arête intrados, soit encore à la fois sur la tranche de l'aube et sur la face intrados.

[0047] De manière plus précise, on crée par usinage, dans la zone d'extrémité de l'aube, dans la direction du bord de fuite et sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite, une discontinuité franche du profil de l'aube, de telle sorte que le gradient de vitesse et donc de pression locale déclenche le décollement de la couche limite en un endroit précis défini par la position de la discontinuité. Par exemple, on peut usiner une facette ayant une section rectiligne dans la partie d'extrémité de l'aube, cette facette, lorsqu'elle est usinée sur la tranche de l'aube constituant le bord de fuite, faisant en section transversale de l'aube un angle supérieur à 45° avec le profil extrados de l'aube, c'est-à-dire avec le plan tangent à l'extrados passant par l'arête d'extrados.

[0048] Par la mise en oeuvre de l'invention, on crée, en plus des deux arêtes d'intrados et d'extrados délimitant les faces d'intrados et d'extrados au niveau du bord de fuite, au moins une arête s'étendant dans la direction

longitudinale du bord de fuite, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite. Ainsi, le décollement des couches limites du fluide se produit au niveau d'une arête définie par la discontinuité créée par usinage. L'aube selon l'invention comporte ainsi au moins trois arêtes dans la direction du bord de fuite. De manière préférentielle, on adoptera l'une des dispositions suivantes :

A - l'une au moins des arêtes est pratiquée sur la tranche de l'aube,

B - l'une au moins des arêtes est pratiquée sur la face intrados en retrait par rapport à l'arête intrados définissant le diamètre de sortie de l'aube,

C - les arêtes sont disposées suivant une disposition combinant les dispositions A et B.

[0049] Sur les figures 3 et 4, on a représenté un premier mode de réalisation d'une aube 4 suivant l'invention sur laquelle on a réalisé des arêtes supplémentaires par le mode A mentionné ci-dessus.

[0050] Les arêtes supplémentaires sont obtenues en réalisant une discontinuité dans le bord de fuite, par usinage d'une rainure 15 ayant une section triangulaire, comme il est visible sur la figure 4. La figure 3 montre que la rainure 15, constituant la discontinuité du bord de fuite 4b, s'étend sur toute la longueur du bord de fuite 4b.

[0051] La section de la rainure 15, dans un plan perpendiculaire au bord de fuite, de forme triangulaire, présente un côté disposé suivant le bord de fuite et deux côtés rentrant à l'intérieur de la partie d'extrémité de l'aube entre la surface d'intrados 7 et la surface d'extrados 8.

[0052] Le côté de la section triangulaire de la rainure 15 situé du côté de l'extrados constitue une section d'une facette sensiblement plane faisant, avec la section du bord de fuite 4b, un angle α supérieur à 30°.

[0053] De préférence, l'angle α sera compris entre 30 et 90°.

[0054] La rainure 15 n'occupe qu'une partie de la largeur du bord de fuite 4b, de sorte qu'un rebord 16 de largeur 11 s'étendant sur toute la longueur du bord de fuite est ménagé du côté de l'extrados et qu'un rebord 17, suivant toute la longueur du bord de fuite 4b, est ménagé du côté de l'intrados 7.

[0055] De ce fait également, la discontinuité 15 du bord de fuite 4b définit trois arêtes supplémentaires 18a, 18b, et 18c, en plus de l'arête d'intrados 9 et de l'arête d'extrados 10. La facette située du côté de l'extrados passant par les arêtes 18a et 18b fait un angle α au moins égal à 30° avec le bord de fuite, comme indiqué plus haut.

[0056] Le rebord 16 disposé du côté de l'extrados 8 présente une largeur 11 qui est comprise entre 5 et 50 % de la largeur de la tranche de l'aube 4 constituant le bord de fuite 4b. La largeur minimale de ce bord 16 est de 0,5 mm, de manière à conserver la référence du diamètre de sortie D de l'aube.

[0057] Le rebord 17 situé du côté de l'intrados 7 présente une largeur 12 la plus petite possible, cette largeur

devant toutefois être plus grande que 0,5 mm, de manière à conserver la référence du diamètre de sortie D de l'aube 4.

[0058] Sur la figure 5, on a représenté une variante de réalisation de l'aube 4 ; on réalise une discontinuité 19 sur la face intrados 7 de l'aube 4, de manière à obtenir des arêtes supplémentaires de décollement de la couche limite de fluide en circulation au contact de la face intrados, ces arêtes étant du type B mentionné ci-dessus.

[0059] La discontinuité 19 est réalisée sous la forme d'une rainure à section triangulaire s'étendant dans la direction du bord de fuite 4b, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite.

[0060] La rainure à section triangulaire 19 définit trois arêtes supplémentaires situées sur la face intrados 7.

[0061] La rainure 19 est définie en particulier par la distance p entre l'arête d'intrados 7 et l'arête 19a située le plus loin de l'arête d'intrados 9.

[0062] Les arêtes 19b et 19c sont situées respectivement à l'intérieur de la partie d'extrémité de l'aube 4 et sur la surface d'intrados et dans une disposition plus proche de l'arête d'intrados 9 que l'arête 19a.

[0063] La surface de la rainure 19 passant par les arêtes 19a et 19b constitue une facette sensiblement plane recoupant la face d'intrados 7 suivant l'arête 19a à une distance p de l'arête d'intrados 9 qui doit être supérieure à la distance séparant l'arête d'intrados du point de décollement naturel de la couche limite de fluide circulant au contact de l'intrados, cette distance pouvant être déterminée par des essais ou par le calcul en fonction des conditions de fonctionnement de la pompe.

[0064] En pratique, la distance p sera comprise entre quelques millimètres et quelques dizaines de millimètre en fonction de la roue de pompe et des performances d'origine de l'aube de la pompe, c'est-à-dire de l'aube 4 ne comportant pas la rainure 19.

[0065] La section de la facette plane passant par les arêtes 19a et 19b par le plan de coupe fait un angle γ avec la section de la face intrados de l'aube.

[0066] Sur les figures 6 et 7, on a représenté un second mode de réalisation d'une aube 4 suivant l'invention d'une roue de pompe 1 analogue à la roue de pompe représentée sur la figure 3. La figure 7 est une coupe de l'aube 4 par un plan perpendiculaire au bord de fuite 4b.

[0067] Par rapport à une aube 4' selon l'art antérieur telle que représentée sur la figure 2, l'aube 4 suivant l'invention est coupée suivant un plan de coupe de trace 20 sur la figure 7, la trace 20 du plan de coupe faisant un angle α inférieur ou égal à 90° avec le plan tangent à l'extrados 8, au niveau de l'arête d'extrados 10. Une valeur préférentielle pour l'angle α est α égale 80° .

[0068] La coupe de la partie d'extrémité de l'aillette 4 du côté de l'intrados 7 forme une arête 21 sur la face d'intrados 7 et une arête supplémentaire 22 sur le bord de fuite 4b à une distance 1 de l'arête d'extrados 10. On forme de cette manière un rebord 23 de largeur 1 suivant le bord de fuite 4b, du côté de l'extrados 8. La largeur 1 du bord 23 doit être comprise entre 5 et 50 % de la largeur

d'origine de la tranche 4b constituant le bord de fuite délimité entre la face intrados 7 et la face extrados 8 sur un cylindre ayant pour axe l'axe de la roue de pompe et un diamètre D.

[0069] Le rebord 23 doit présenter une largeur minimum de 0,5 mm, de manière à ce qu'on conserve la référence du diamètre de sortie de l'aube.

[0070] Les arêtes supplémentaires 21 et 22 créées par la découpe suivant le plan de coupe 20 provoquent le décollement contrôlé de la couche limite de fluide se déplaçant au contact des surfaces d'intrados et d'extrados. De plus, le diamètre de sortie de l'aube est augmenté.

[0071] Le mode de réalisation des figures 6 et 7 dans lequel on réalise des arêtes complémentaires sur la face d'intrados et sur le bord de fuite correspond à un mode de réalisation de type C décrit ci-dessus, c'est-à-dire combinant les modes de réalisation des types A et B.

[0072] Sur la figure 8 et sur la figure 9, on a représenté deux variantes de réalisation de l'aube suivant l'invention réalisées également suivant le type C, c'est-à-dire combinant les types A et B.

[0073] Sur la figure 8, on a représenté en coupe par un plan perpendiculaire au bord de fuite la partie d'extrémité d'une aube 4 d'une pompe comportant une discontinuité constituée de deux facettes sensiblement planes 24 et 25 perpendiculaires entre elles.

[0074] La facette 24 est réalisée par découpage de la partie d'extrémité de l'aube suivant une surface pratiquement plane, perpendiculaire à la face d'intrados 7. La facette 25 est réalisée par découpage suivant une surface pratiquement plane parallèle à la face d'intrados 7. Les surfaces de coupe définissant les facettes 24 et 25 s'étendent dans la direction longitudinale du bord de fuite 4b, sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite.

[0075] La facette 24 et la surface de coupe correspondante sont placées à une distance p de l'arête d'intrados 9, c'est-à-dire de l'intersection entre la face d'intrados 7 et le cylindre ayant pour axe l'axe de la roue de pompe et le diamètre de sortie D. La facette 25 et la surface de coupe correspondante sont disposées de manière à recouper le bord de fuite 4b suivant une arête supplémentaire 26a disposée à une distance 1 de l'arête d'extrados 10. Entre l'arête d'extrados et l'arête supplémentaire 26a le bord de fuite 4b se présente sous la forme d'un rebord de largeur 1.

[0076] Les dimensions 1 et p sont définies comme précédemment, dans le cas du mode de réalisation représenté sur les figures 5 et 7.

[0077] De cette manière, l'aube de pompe 4 comporte une seconde arête supplémentaire 26b sur la face d'intrados, à une distance p de l'arête d'intrados d'origine.

[0078] Une troisième arête 26c est définie par l'intersection des facettes 24 et 25 dans la partie interne de l'aube de pompe 4, entre les surfaces d'intrados 7 et d'extrados 8.

[0079] Sur la figure 9, on a représenté une dernière variante de réalisation de l'aube 4 d'une pompe suivant l'invention, ce mode de réalisation combinant des rainu-

res à section triangulaire analogues aux rainures des modes de réalisation représentés sur les figures 4 et 5.

[0080] La rainure 15 est réalisée sur le bord de fuite 4b et la rainure 19 sur la face intrados 7.

[0081] La facette de trace 18a, 18b de la rainure 18 est définie par l'angle α de sa trace dans le plan de coupe perpendiculaire au bord de fuite 4b avec la trace du bord de fuite 4b. La facette de trace 19a, 19b de la rainure 19 est définie par l'angle γ de sa trace dans le plan de coupe avec la trace de la face intrados 7.

[0082] Les paramètres l1, l2 et p sont définis comme indiqué précédemment.

[0083] L'aube réalisée suivant l'invention permet d'obtenir un décollement contrôlé des couches limites de fluide circulant au contact des faces intrados et extrados de l'aube pendant le fonctionnement de la machine centrifuge.

[0084] Les conditions de décollement des couches limites sont définies en particulier en fonction des longueurs telles que l1, l2, l et p ainsi que des angles α et γ .

[0085] On peut ainsi à la fois régler les performances de l'aube et obtenir des conditions de fonctionnement extrêmement stables même dans le cas de variation des paramètres physico-chimiques du fluide et des états de surface des aubes.

[0086] Les aubes selon l'invention peuvent être réalisées directement en usine avec des parties d'extrémité telles que décrites et adaptées au fonctionnement prévu de la pompe.

[0087] Les parties d'extrémité des aubes peuvent également être modifiées après mise en service de la pompe, par exemple par usinage à la meule ou par découpage, pour être adaptées à de nouvelles conditions d'utilisation.

[0088] Dans tous les cas, on forme sur la partie d'extrémité de sortie de l'aube, par exemple par usinage, au moins une arête supplémentaire s'étendant sensiblement suivant toute la longueur du bord de fuite, en plus de l'arête d'extrados et de l'arête d'intrados.

[0089] L'invention ne se limite pas aux modes de réalisation qui ont été décrits.

[0090] On peut envisager d'autres formes d'usinage ou de découpage pour réaliser des discontinuités de la partie d'extrémité de l'aube comportant le bord de fuite et les parties adjacentes de la face d'intrados et de la face d'extrados, pour obtenir au moins trois arêtes de décollement du fluide dans la partie d'extrémité de l'aube.

[0091] L'invention s'applique non seulement aux pompes hélico-centrifuges telles que les pompes primaires des réacteurs nucléaires, mais également dans le cas de nombreuses autres machines hydrauliques centrifuges.

Revendications

1. Aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue (1) montée mobile en rotation autour d'un axe (6), com-

portant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord (4b) de l'aube appelé bord de fuite à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide le long des faces (7, 8) de l'aube, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte, dans une partie de sa surface externe comportant le bord de fuite (4b) et des zones de la face avant (8) et de la face arrière (7) adjacentes au bord de fuite (4b), au moins cinq arêtes (9, 10, 18a, 18b, 18c, 19a, 19b, 19c, 21, 22, 26a, 26b, 26c) s'étendant dans une direction longitudinale du bord de fuite (4b), sensiblement suivant toute la longueur du bord de fuite (4b), au moins une arête constituant une ligne de décollement supplémentaire de fluide s'étendant suivant au moins l'un du bord de fuite et de la face arrière (7).

2. Aube suivant la revendication 1, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte, suivant son bord de fuite (4b) une rainure (15) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), et comportant, du côté de la face avant (8), une première facette faisant, avec le bord de fuite (4b), un angle α au moins égal à 30° , la première facette (18a, 18b) coupant le bord de fuite (4b) suivant une arête (18a) délimitant, avec l'arête extrados (10), constituée par l'intersection de la face avant (8) et du bord de fuite (4b), un rebord de largeur (11) suivant la direction longitudinale du bord de fuite et une seconde facette recoupant le bord de fuite suivant une seconde arête supplémentaire (18c) délimitant avec une arête d'intrados (9) constituée par l'intersection de la face arrière (7) et du bord de fuite (4b), un rebord (17) d'une largeur (l2).

3. Aube suivant la revendication 2, **caractérisée par le fait que** l'angle α est compris entre 30° et 90° et que les longueurs (l1) et (l2) sont comprises entre 5 et 50 % de la largeur du bord de fuite (4b), c'est-à-dire de la tranche de l'aube dans sa partie d'extrémité comportant le bord de fuite (4b), les longueurs (l1) et (l2) étant au moins égale à 0,5 mm.

4. Aube suivant la revendication 1, **caractérisée par le fait qu'elle** comporte une rainure (19) usinée dans la face arrière (7) de l'aube, dans la direction longitudinale du bord de fuite (4b) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), de manière à former une arête supplémentaire (19a) à une distance (p) d'une arête d'intrados (9) située à l'intersection de la face arrière (7) et du bord de fuite (4b), la distance (p) étant supérieure à la distance entre une zone de décollement naturel d'une couche limite de fluide circulant au contact de la face arrière (7) et l'arête d'intrados (9), cette distance étant déterminée à partir des conditions de

fonctionnement de la machine centrifuge.

5. Aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue (1) montée mobile en rotation autour d'un axe (6), comportant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord (4b) de l'aube appelé bord de fuite à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide le long des faces (7, 8) de l'aube comportant au moins une arête constituant une ligne de décollement supplémentaire de fluide, le bord de fuite (4b) est séparé de la face avant (8) par une arête d'extrados (10), **caractérisée en ce que** l'aube (4) est coupée suivant un plan de coupe (20) faisant un angle (α) inférieur ou égal à 90° avec le plan tangent à la face avant (8) au niveau de l'arête d'extrados (10), le plan (20) formant avec la face arrière (7) une arête supplémentaire (21) dans une zone de ladite face arrière (7) adjacent au bord de fuite (4b), et formant avec le bord de fuite (4b) une autre arête supplémentaire (22), ladite autre arête supplémentaire (22) délimitant avec l'arête d'extrados (10) un rebord (23) d'une largeur (l) comprise entre 5% et 50 % de la largeur du bord de fuite (4b) et au moins égale à 0,5 mm, les deux arêtes supplémentaires (21, 22) s'étendant suivant une direction longitudinale du bord de fuite (4b), sensiblement sur toute la longueur de ce bord de fuite (4b).
6. Aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue (1) montée mobile en rotation autour d'un axe (6), comportant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord (4b) de l'aube appelé bord de fuite à l'une de leurs extrémités située vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide le long des faces (7, 8) de l'aube comportant au moins une arête constituant une ligne de décollement supplémentaire de fluide, le bord de fuite (4b) est séparé de la face avant (8) par une arête d'extrados (10), **caractérisée en ce que** l'aube (4) comporte une discontinuité délimitée par deux facettes (24, 25) sensiblement planes découpées respectivement suivant des surfaces de coupe perpendiculaires à la face arrière (7) et parallèle à la face arrière (7), la facette (24) perpendiculaire à la face arrière (7) recoupant celle-ci suivant une arête supplémentaire (26b) située à une distance (p) de l'arête d'intrados (9) d'origine située à l'intersection de la face arrière (7) et du bord de fuite (4b), la facette (25) parallèle à la face arrière (7) recoupant le bord de fuite (4b) suivant une autre arête supplémentaire (26a) délimitant avec l'arête d'extrados (10) un rebord de lar-

geur (l), la largeur (l) étant comprise entre 5 % et 50 % de la largeur du bord de fuite (4b) et au moins égale à 0,5 mm et la distance (p) étant supérieure à la distance séparant l'arête d'intrados (9) du point de décollement de la couche limite du fluide circulant au contact de la face arrière (7) et comprise entre quelques millimètres et quelques dixièmes de millimètres.

7. Aube suivant la revendication 1, **caractérisée par le fait que** le bord de fuite (4b) est séparé des faces avant (8) et arrière (7) respectivement par des arêtes d'extrados (10) et d'intrados (9), et **par le fait qu'elle** comporte à la fois:

- suivant son bord de fuite (4b) une rainure (15) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b), et comportant, du côté de la face avant (8), une première facette faisant, avec le bord de fuite (4b), un angle α au moins égal à 30°, la première facette (18a, 18b) coupant le bord de fuite (4b) suivant une première arête supplémentaire (18a) délimitant avec l'arête extrados (10) un rebord de largeur (l1) suivant la direction longitudinale du bord de fuite, et une seconde facette (18b, 18c) recoupant le bord de fuite (4b) suivant une seconde arête supplémentaire (18c) délimitant avec l'arête d'intrados (9) un rebord (17) d'une largeur (l2), et
- une rainure (19) usinée dans la face arrière (7) de l'aube, dans la direction longitudinale du bord de fuite (4b) présentant une section triangulaire dans un plan perpendiculaire au bord de fuite (4b) délimitée à l'opposé de l'arête d'intrados (9) par une facette (19a, 19b) formant avec la face arrière (7) une troisième arête supplémentaire (19a) située à une distance (p) de l'arête d'intrados (9), la distance (p) étant supérieure à la distance entre une zone de décollement naturel d'une couche limite de fluide circulant au contact de la face arrière (7) et l'arête d'intrados (9), cette distance étant déterminée à partir des conditions de fonctionnement de la machine centrifuge.

8. Procédé de réglage des performances d'une aube d'une machine centrifuge de pompage ou de compression d'un fluide solidaire d'une roue montée mobile en rotation (1), comportant une face avant (8) et une face arrière (7) dirigées respectivement vers l'avant et vers l'arrière par rapport au sens de déplacement de la roue (1) en rotation et limitées par un bord de l'aube appelé bord de fuite (4b), à l'une de leurs extrémités situées vers l'aval dans le sens d'écoulement du fluide, le long des faces de l'aube (4), **caractérisé par le fait qu'on** réalise par usinage d'une zone de la surface externe de l'aube (4) com-

portant le bord de fuite (4b) et des zones de la face avant (8) et de la face arrière (7) adjacentes au bord de fuite (4b) au moins trois arêtes supplémentaires (18a, 18b, 18c, 21, 22, 26a, 26b, 26c, 19a, 19b, 19c) s'étendant dans une direction longitudinale du bord de fuite (4b), sensiblement sur toute la longueur du bord de fuite (4b), en plus d'une arête d'extrados (9) et d'une arête d'intrados (10) situées à l'intersection du bord de fuite et de la face avant et de la face arrière, respectivement.

Claims

1. Blade of a centrifuge machine for pumping or compressing a fluid, fixed to a wheel (1) mounted so as to be able to move in rotation about an axis (6), comprising a front face (8) and a rear face (7) directed respectively towards the front and towards the rear with respect to the direction of movement of the rotating wheel (1) and delimited by an edge (4b) of the blade referred to as the trailing edge, at one of the ends situated towards the downstream end in the direction of flow of the fluid along the faces (7, 8) of the blade, **characterised by** the fact that it comprises, in a part of its external surface comprising the trailing edge (4b) and areas of the front face (8) and of the rear face (7) adjacent to the trailing edge (4b), at least five edges (9, 10, 18a, 18b, 18c, 19a, 19b, 19c, 21, 22, 26a, 26b, 26c) extending in a longitudinal direction of the trailing edge (4b), substantially along the entire length of the trailing edge (4b), at least one edge constituting a supplementary fluid separation line extending along at least one from amongst the trailing edge and the rear face (7).
2. Blade according to claim 1, **characterised by** the fact that it comprises, along its trailing edge (4b), a groove (15) having a triangular section in a plane perpendicular to the trailing edge (4b), and comprising, on the same side as the front face (8), a first facet forming, with the trailing edge (4b), an angle α of at least 30° , the first facet (18a, 18b) cutting the trailing edge (4b) along an edge (18a) delimiting, with the top edge (10), formed by the intersection of the front face (8) and the trailing edge (4b), a rim with a width (11) in the longitudinal direction of the trailing edge and a second facet intersecting the trailing edge along a second supplementary edge (18c) delimiting with the bottom edge (9) formed by the intersection of the rear face (7) and of the trailing edge (4b) a rim (17) with a width (12).
3. Blade according to claim 2, **characterised by** the fact that the angle α is between 30° and 90° and by the fact that the lengths (11) and (12) are between 5% and 50% of the width of the trailing edge (4b), that is to say of the section of the blade in its end part comprising the trailing edge (4b), the lengths (11) and (12) being at least 0.5 mm.
4. Blade according to claim 1, **characterised by** the fact that it comprises a groove (19) machined in the rear face (7) of the blade, in the longitudinal direction of the trailing edge (4b) having a triangular section in a plane perpendicular to the trailing edge (4b), so as to form a supplementary edge (19a) at a distance (p) from a bottom edge (9) situated at the intersection of the rear face (7) and of the trailing edge (4b), the distance (p) being greater than the distance between a natural separation area of a limit layer of fluid circulating in contact with the rear face (7) and the bottom edge (9), this distance being determined from operating conditions of the centrifuge machine.
5. Blade of a centrifuge machine for pumping or compressing a fluid, fixed to a wheel (1) mounted so as to be able to move in rotation about an axis (6), comprising a front face (8) and a rear face (7) directed respectively towards the front and towards the rear with respect to the direction of movement of the rotating wheel (1) and delimited by an edge (4b) of the blade referred to as the trailing edge, at one of the ends situated towards the downstream end in the direction of flow of the fluid along the faces (7, 8) of the blade comprising at least one edge constituting a supplementary fluid separation line, the trailing edge (4b) is separated from the front face (8) by a top edge (10), **characterised in that** the blade (4) is cut along a cutting plane (20) forming an angle (α) less than or equal to 90° with the plane tangent to the front face (8) at the top edge (10), the plane (20) forming with the rear face (7) a supplementary edge (21) in an area of the said rear face (7) adjacent to the trailing edge (4b), and forming with the trailing edge (4b) another supplementary edge (22), the said other supplementary edge (22) delimiting with the top edge (10) a rim (23) with a width (1) of between 5% and 50% of the width of the trailing edge (4b) and at least equal to 0.5 mm, the two supplementary edges (21, 22) extending in a longitudinal direction of the trailing edge (4b), substantially over the entire length of this trailing edge (4b).
6. Blade of a centrifuge machine for pumping or compressing a fluid, fixed to a wheel (1) mounted so as to be able to move in rotation about an axis (6), comprising a front face (8), and a rear face (7) directed respectively towards the front and towards the rear with respect to the direction of movement of the rotating wheel (1) and delimited by an edge (4b) of the blade referred to as the trailing edge, at one of the ends situated towards the downstream end in the direction of flow of the fluid along the faces (7, 8) of the blade comprising at least one edge constituting a supplementary fluid separation line, the trailing

edge (4b) is separated from the front face (8) by a top edge (10), **characterised in that** the blade (4) comprises a discontinuity delimited by two substantially planar facets (24, 25) cut respectively along cutting surfaces perpendicular to the rear face (7) and parallel to the rear face (7), the facet (24) perpendicular to the rear face (7) intersecting the latter along a supplementary edge (26b) situated at a distance (p) from the original bottom edge (9) situated at the intersection of the rear face (7) and of the trailing edge (4b), the facet (25) parallel to the rear face (7) intersecting the trailing edge (4b) along another supplementary edge (26a) delimiting with the top edge (10) a rim of width (1), the width (1) being between 5% and 50% of the width of the trailing edge (4b) and at least equal to 0.5 mm and the distance (p) being greater than the distance separating the bottom edge (9) from the point of separation of the limit layer of the fluid circulating in contact with the rear face (7) and lying between a few millimetres and a few tenths of a millimetre.

7. Blade according to claim 1, **characterised by** the fact that the trailing edge (4b) is separated from the front (8) and rear (7) faces respectively by top (10) and bottom (9) edges, and by the fact that it comprises both:

- along its trailing edge (4b), a groove (15) having a triangular section in a plane perpendicular to the trailing edge (4b), and comprising, on the same side as the front face (8), a first facet forming, with the trailing edge (4b) and angle α of at least 30° , the first facet (18a, 18b) intersecting the trailing edge (4b) along a first supplementary edge (18a) delimiting, with the top edge (10), a rim with a width (11) in the longitudinal direction of the trailing edge, and a second facet (18b, 18c), intersecting the trailing edge (4b) along a second supplementary edge (18c) delimiting with the bottom edge (9) a rim (17) with a width (12), and
- a groove (19) machined in the rear face (7) of the blade, in the longitudinal direction of the trailing edge (4b) having a triangular section in a plane perpendicular to the trailing edge (4b), delimited opposite the bottom edge (9) by a facet (19a, 19b) forming with the rear face (7) a third supplementary edge (19a) situated at a distance (p) from the bottom edge (9), the distance (p) being greater than the distance between a natural detachment area of a limit layer of fluid circulating in contact with the rear face (7) and the bottom edge (9), this distance being determined from operating conditions of the centrifuge machine.

8. Method of adjusting the performance of a blade of a

centrifuge machine for pumping or compressing a fluid, fixed to a wheel mounted so as to be able to move in rotation (1), comprising a front face (8) and a rear face (7) directed respectively towards the front and towards the rear with respect to the direction of movement of the rotating wheel (1) and delimited by an edge of the blade referred to as the trailing edge (4b), at one of the ends situated towards the downstream end in the direction of flow of the fluid, along the faces of the blade (4), **characterised by** the fact that there are produced, by machining an area of the external surface of the blade (4) comprising the trailing edge (4b) and areas of the front face (8) and of the rear face (7) adjacent to the trailing edge (4b), at least three supplementary edges (18a, 18b, 18c, 21, 22, 26a, 26b, 26c, 19a, 19b, 19c) extending in a longitudinal direction of the trailing edge (4b), substantially over the entire length of the trailing edge (4b), in addition to a top edge (9) and a bottom edge (10) situated at the intersection of the trailing edge and of the front face and rear face respectively.

Patentansprüche

1. Schaufel einer Kreiselmaschine zum Pumpen oder zur Kompression einer Flüssigkeit, wobei die Schaufel fest mit einem Rad (1) verbunden ist, das um eine Achse (6) drehbar montiert ist, und die eine Vorderseite (8) und eine Rückseite (7) aufweist, die nach vorne bzw. nach hinten im Verhältnis zur Bewegungsrichtung des rotierenden Rads (1) gerichtet sind und die durch einen Rand (4b) der Schaufel, genannt Abflussrand, begrenzt sind, der sich an einem ihrer äußeren Enden zum Abfluss hin in Fließrichtung der Flüssigkeit entlang der Vorder- und Rückseiten (7, 8) der Schaufel befindet, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel, in einem Teil ihrer äußeren Oberfläche, die den Abflussrand (4b) aufweist, und in einem Teil der Bereiche der Vorderseite (8) und der Rückseite (7), die an den Abflussrand (4b) stoßen, mindestens fünf Kanten (9, 10, 18a, 18b, 18c, 19a, 19b, 19c, 21, 22, 26a, 26b, 26c) aufweist, die sich in einer Längsrichtung des Abflussrands (4b) im wesentlichen entlang der vollständigen Länge des Abflussrands (4b) erstrecken, wobei zumindest eine Kante eine zusätzliche Ablösungslinie für die Flüssigkeit darstellt, die sich entlang dem Abflussrand und/oder der Rückseite (7) erstreckt.
2. Schaufel gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie entlang ihrem Abflussrand (4b) eine Nut (15) aufweist, die einen dreieckigen Schnitt, in einer zum Abflussrand (4b) rechtwinkligen Ebene aufweist, und die auf der Seite der Vorderseite (8) eine erste Seite aufweist, die mit dem Abflussrand (4b) einen Winkel α von mindestens 30° bildet, wobei die erste Seite (18a, 18b) den Abflussrand (4b) ent-

lang einer Kante (18a) schneidet, die mit der Kante (10) der Vorderseite, die durch die Schnittlinie der Vorderseite (8) und des Abflussrands (4b) gebildet wird, einen Rand einer Breite (11) entlang der Längsrichtung des Abflussrands begrenzt, und wobei die Nut (15) eine zweite Seite aufweist, die den Abflussrand erneut entlang einer zweiten zusätzlichen Kante (18c) schneidet, die mit einer Kante (9) der Rückseite, die durch die Schnittlinie der Rückseite (7) und des Abflussrands (4b) gebildet wird, einen Rand (17) einer Breite (12) begrenzt.

3. Schaufel gemäß Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Winkel α zwischen 30° und 90° liegt und dass die Längen (11) und (12) zwischen 5 und 50% der Breite des Abflussrands (4b) betragen, das heißt des Abschnitts der Schaufel in ihrem äußersten Teil, das den Abflussrand (4b) aufweist, wobei diese Längen (11) und (12) mindestens gleich 0,5 mm sind.

4. Schaufel gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie eine Nut (19) aufweist, die auf der Rückseite (7) der Schaufel in Längsrichtung des Abflussrands (4b) maschinell ausgearbeitet ist, wobei diese Nut einen dreieckigen Schnitt in einer zum Abflussrand (4b) rechtwinkligen Ebene aufweist, so dass eine zusätzliche Kante (19a) in einem Abstand (p) von einer Kante (9) der Rückseite, die sich an der Schnittlinie der Rückseite (7) und des Abflussrands (4b) befindet, entsteht, wobei der Abstand (p) größer ist als der Abstand zwischen einem Bereich der natürlichen Ablösung einer Grenzschicht der Flüssigkeit, die in Kontakt mit der Rückseite (7) fließt, und der Kante (9) der Rückseite, wobei dieser Abstand ausgehend von den Arbeitsbedingungen der Kreiselmaschine bestimmt wird.

5. Schaufel einer Kreiselmaschine zum Pumpen oder zur Kompression einer Flüssigkeit, wobei die Schaufel fest mit einem Rad (1) verbunden ist, das um eine Achse (6) drehbar montiert ist, und die eine Vorderseite (8) und eine Rückseite (7) aufweist, die nach vorne bzw. nach hinten im Verhältnis zur Bewegungsrichtung des rotierenden Rads (1) gerichtet sind und die durch einen Rand (4b) der Schaufel, genannt Abflussrand, begrenzt sind, der sich an einem ihrer äußeren Enden zum Abfluss hin in Fließrichtung der Flüssigkeit entlang der Vorder- und Rückseiten (7, 8) der Schaufel befindet, die zumindest eine Kante aufweist, die eine zusätzliche Ablösungslinie der Flüssigkeit darstellt, wobei der Abflussrand (4b) von der Vorderseite (8) durch eine Kante (10) der Vorderseite getrennt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (4) entlang einer Schnittebene (20) geschnitten ist, die einen Winkel (α) kleiner oder gleich 90° mit der Ebene bildet, die die Vorderseite (8) auf der Höhe der Kante (10) der

Vorderseite berührt, wobei die Ebene (20) mit der Rückseite (7) eine zusätzliche Kante (21) in einem Bereich dieser Rückseite (7) bildet, der an den Abflussrand (4b) stößt, und mit dem Abflussrand (4b) eine weitere zusätzliche Kante (22) bildet, wobei diese zusätzliche Kante (22) mit der Kante (10) der Vorderseite einen Rand (23) einer Breite (1) begrenzt, die zwischen 5% und 50% der Breite des Abflussrands (4b) und mindestens 0,5 mm beträgt, wobei die beiden zusätzlichen Kanten (21, 22) sich entlang einer Längsrichtung des Abflussrands (4b) im wesentlichen über die gesamte Länge dieses Abflussrands (4b) erstrecken.

6. Schaufel einer Kreiselmaschine zum Pumpen oder zur Kompression einer Flüssigkeit, wobei die Schaufel fest mit einem Rad (1) verbunden ist, das um eine Achse (6) drehbar montiert ist, und die eine Vorderseite (8) und eine Rückseite (7) aufweist, die nach vorne bzw. nach hinten im Verhältnis zur Bewegungsrichtung des rotierenden Rads (1) gerichtet sind und die durch einen Rand (4b) der Schaufel, genannt Abflussrand, begrenzt sind, der sich an einem ihrer äußeren Enden zum Abfluss hin in Fließrichtung der Flüssigkeit entlang der Vorder- und Rückseiten (7, 8) der Schaufel befindet, wobei sie zumindest eine Kante aufweist, die eine zusätzliche Ablösungslinie der Flüssigkeit darstellt, wobei der Abflussrand (4b) von der Vorderseite (8) durch eine Kante (10) der Vorderseite getrennt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schaufel (4) eine Unterbrechung aufweist, die durch zwei im wesentlichen ebene Seiten (24, 25) begrenzt wird, die entlang Schnittflächen, die rechtwinklig zur Rückseite (7) bzw. parallel zur Rückseite (7) sind, abgeschnitten sind, wobei die zur Rückseite (7) rechtwinklige Seite (24) diese Rückseite entlang einer zusätzlichen Kante (26b) erneut schneidet, wobei sich diese zusätzliche Kante (26b) in einem Abstand (p) von der ursprünglichen Kante (9) der Rückseite befindet, die sich an der Schnittlinie der Rückseite (7) und des Abflussrands (4b) befindet, und die zur Rückseite (7) parallele Seite (25) den Abflussrand (4b) entlang einer weiteren zusätzlichen Kante (26a) erneut schneidet, wobei sie mit der Kante (10) der Vorderseite einen Rand einer Breite (1) begrenzt, wobei diese Breite (1) zwischen 5% und 50% der Breite des Abflussrands (4b) und mindestens 0,5 mm beträgt, und der Abstand (p) größer ist als der Abstand, der die Kante (9) der Rückseite vom Ablösungspunkt der Grenzschicht der Flüssigkeit, die in Kontakt mit der Rückseite (7) fließt, trennt und zwischen einigen Millimetern und einigen Zehntelmillimetern beträgt.

7. Schaufel gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Abflussrand (4b) von der Vorderseite (8) und der Rückseite (7) durch die Kante (10) der Vorderseite bzw. die Kante (9) der Rückseite

getrennt ist, und dass sie zugleich Folgendes aufweist:

eine Nut (15) entlang ihrem Abflussrand (4b),
 die einen dreieckigen Schnitt, in einer zum Ab-
 flussrand (4b) rechtwinkligen Ebene aufweist,
 und die auf der Seite der Vorderseite (8) eine
 erste Seite aufweist, die mit dem Abflussrand
 (4b) einen Winkel α von mindestens 30° bildet,
 wobei die erste Seite (18a, 18b) den Abflussrand
 (4b) entlang einer ersten zusätzlichen Kante
 (18a) schneidet, die mit der Kante (10) der Vor-
 derseite einen Rand einer Breite (11) entlang
 der Längsrichtung des Abflussrands (4b) be-
 grenzt, und die eine zweite Seite (18b, 18c) auf-
 weist, die den Abflussrand (4b) entlang einer
 zweiten zusätzlichen Kante (18c), erneut
 schneidet, die mit der Kante (9) der Rückseite
 einen Rand (17) einer Breite (12) begrenzt, und
 eine Nut (19), die auf der Rückseite (7) der
 Schaufel in Längsrichtung des Abflussrands
 (4b) maschinell ausgearbeitet ist, wobei diese
 Nut einen dreieckigen Schnitt, in einer zum Ab-
 flussrand (4b) rechtwinkligen Ebene aufweist,
 der auf der entgegengesetzten Seite der Kante
 (9) der Rückseite durch eine Seite (19a, 19b)
 begrenzt wird, die mit der Rückseite (7) eine drit-
 te zusätzliche Kante (19a) bildet, die sich in ei-
 nem Abstand (p) von der Kante (9) der Rücksei-
 te befindet, wobei dieser Abstand (p) größer ist
 als der Abstand zwischen einem Bereich der na-
 türlichen Ablösung einer Grenzschicht der Flüs-
 sigkeit, die in Kontakt mit der Rückseite (7) fließt,
 und der Kante (9) der Rückseite, wobei dieser
 Abstand ausgehend von den Arbeitsbedingun-
 gen der Kreiselmaschine bestimmt wird.

18b, 18c, 21, 22, 26a, 26b, 26c, 19a, 19b, 19c) ge-
 bildet werden, die sich in einer Längsrichtung des
 Abflussrands (4b), im wesentlichen über die gesam-
 te Länge des Abflussrands (4b), erstrecken.

8. Verfahren zur Einstellung der Leistungen einer Krei-
 selmaschine zum Pumpen oder zur Kompression ei-
 ner Flüssigkeit, wobei die Schaufel fest mit einem
 Rad (1) verbunden ist, das drehbar montiert ist, und
 die eine Vorderseite (8) und eine Rückseite (7) auf-
 weist, die nach vorne bzw. nach hinten im Verhältnis
 zur Bewegungsrichtung des rotierenden Rads (1)
 gerichtet sind und die durch einen Rand (4b) der
 Schaufel, genannt Abflussrand, begrenzt sind, der
 sich an einem ihrer äußeren Enden zum Abfluss hin
 in Fließrichtung der Flüssigkeit entlang der Vorder-
 und Rückseiten der Schaufel (4) befindet, **dadurch**
gekennzeichnet, dass durch die Bearbeitung eines
 Bereichs der äußeren Oberfläche der Schaufel (4),
 die den Abflussrand (4b) aufweist, und von Berei-
 chen der Vorderseite (8) und der Rückseite (7), die
 an den Abflussrand (4b) stoßen, zusätzlich zu einer
 Kante (9) der Rückseite und einer Kante (10) der
 Vorderseite, die sich an der Schnittlinie des Abfluss-
 rands und der Vorderseite bzw. der Rückseite bef-
 inden, mindestens drei zusätzliche Kanten (18a,

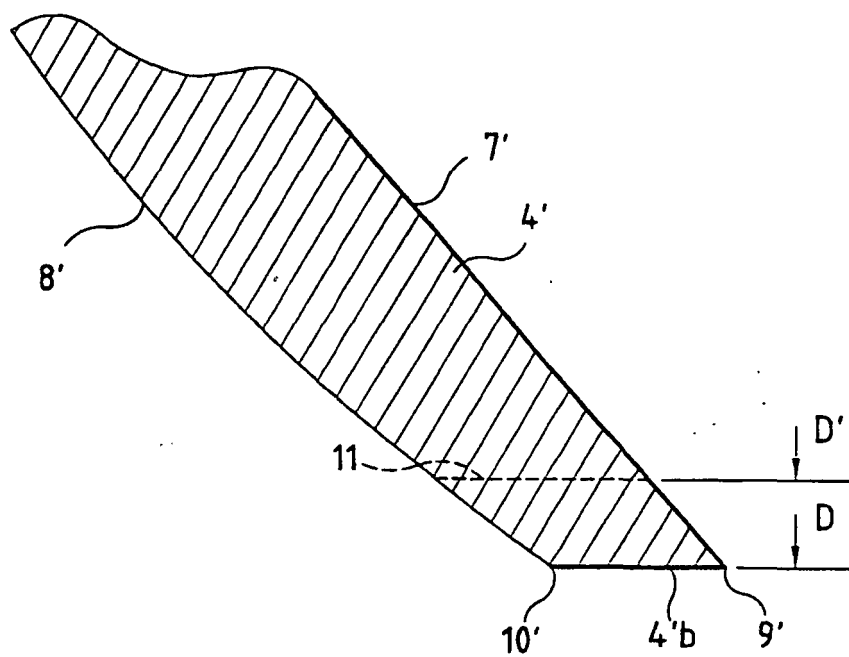


FIG. 1A

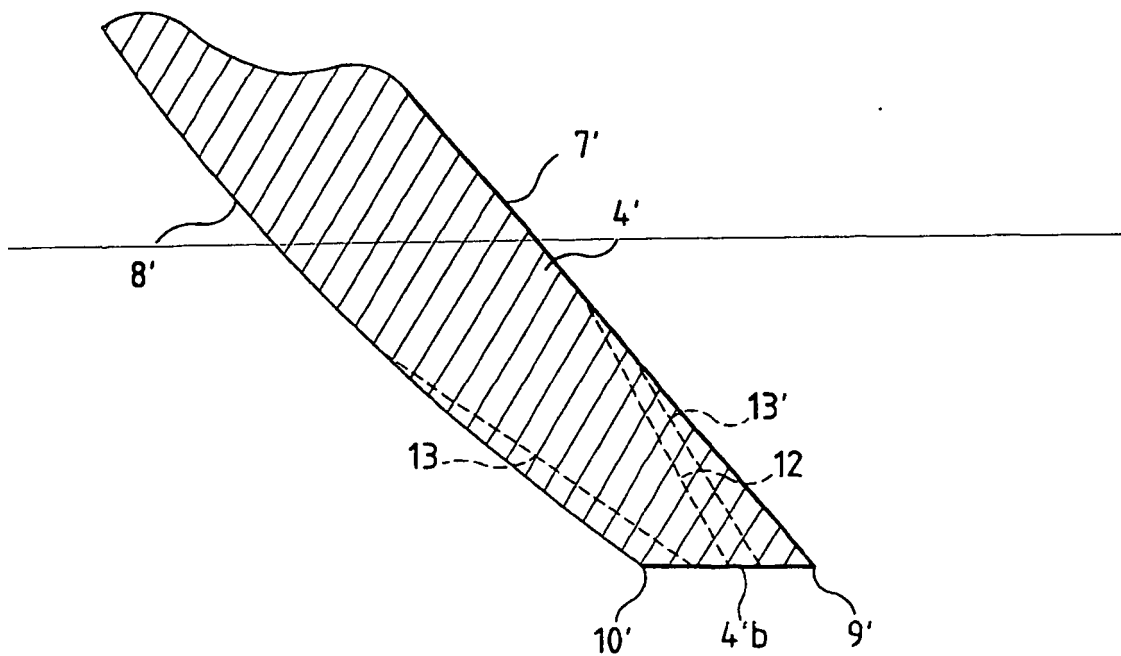


FIG. 1B

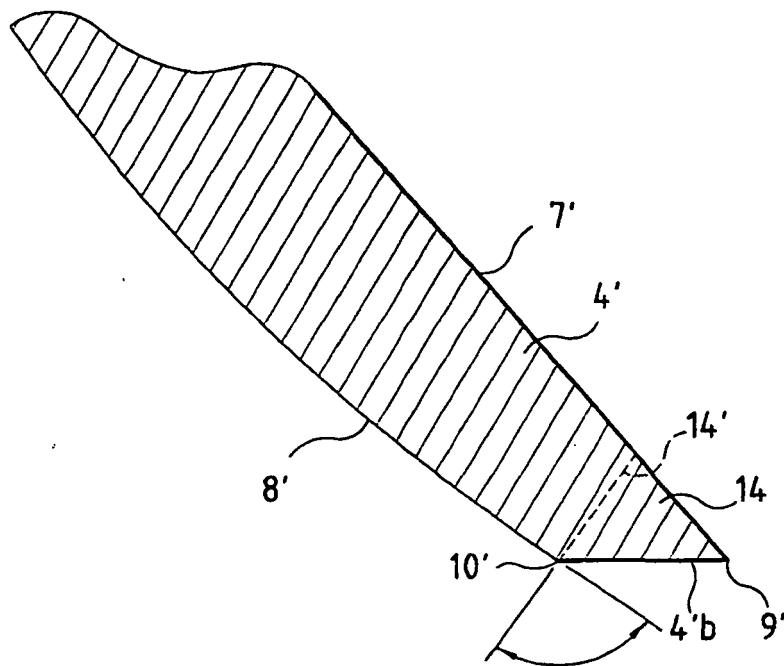


FIG.2

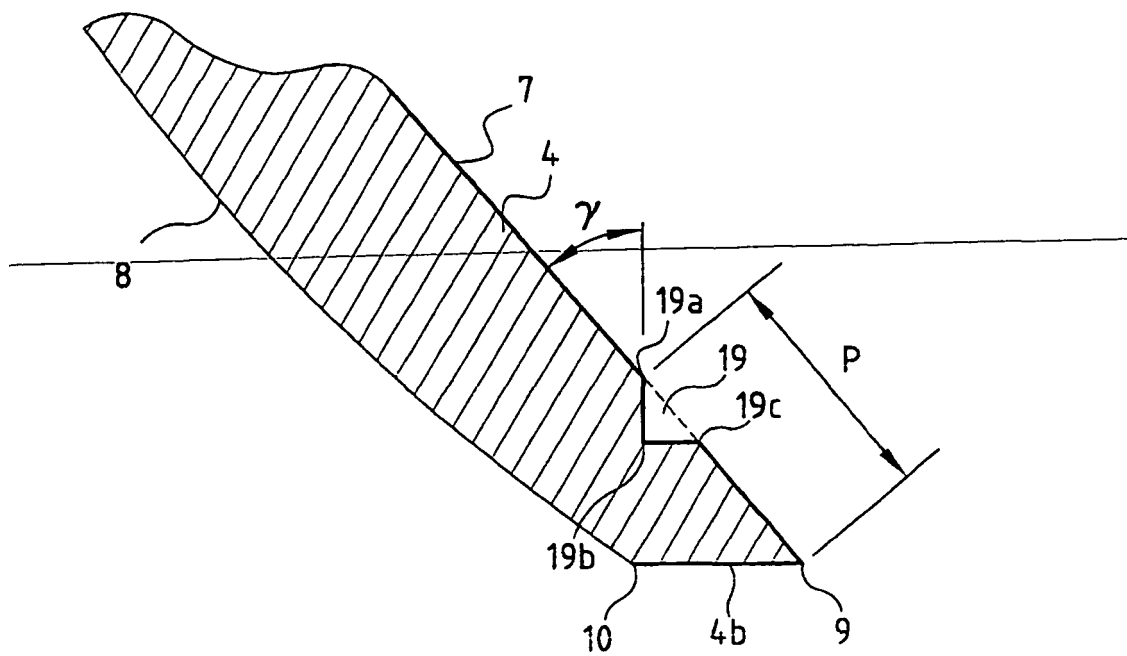


FIG.5

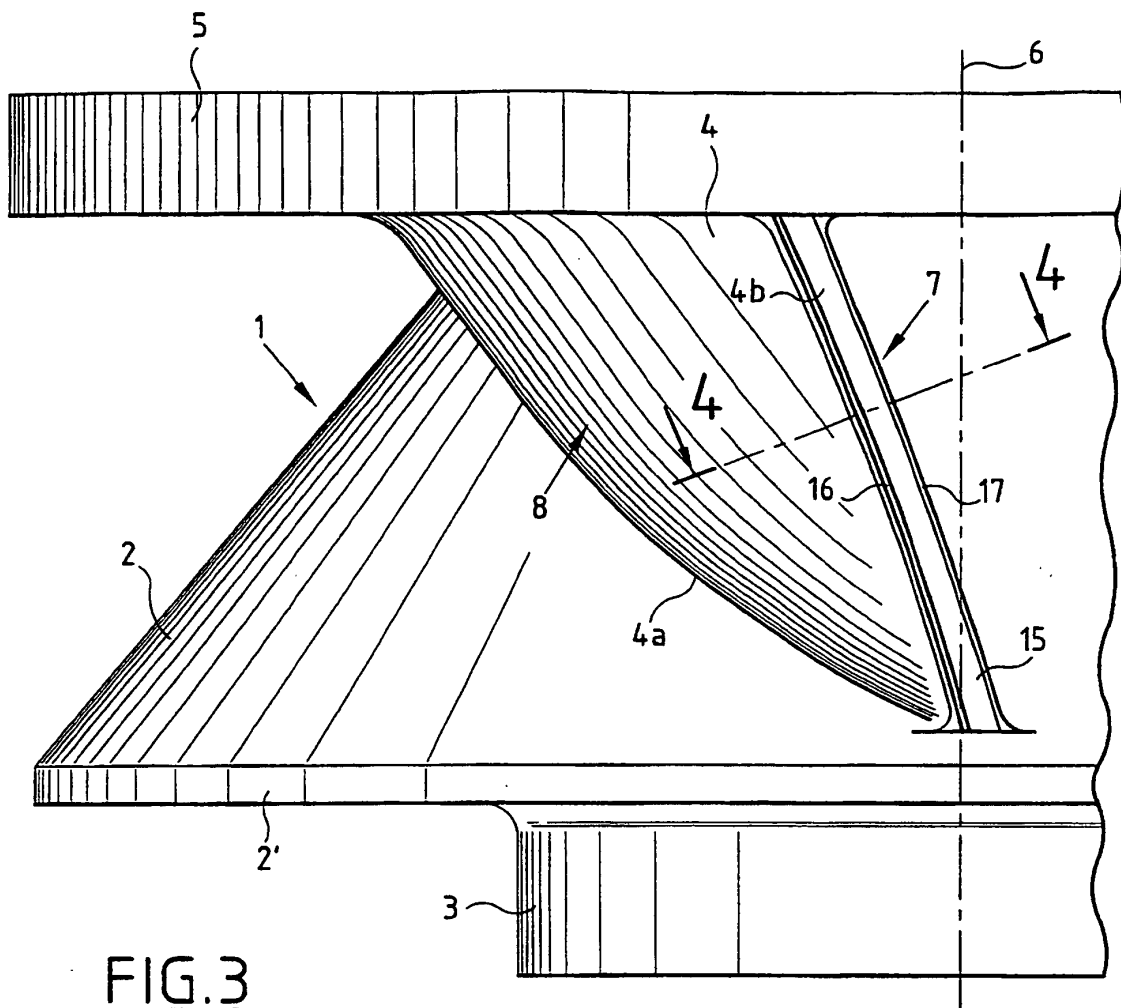


FIG. 3

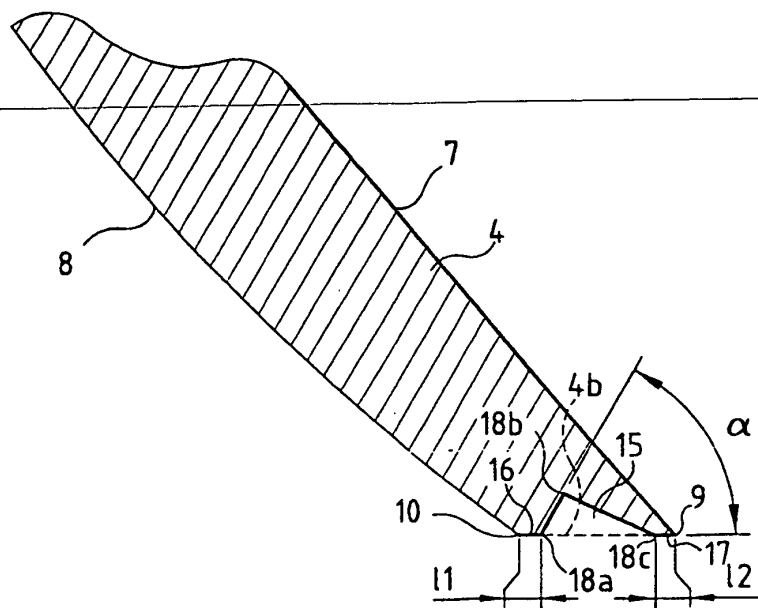
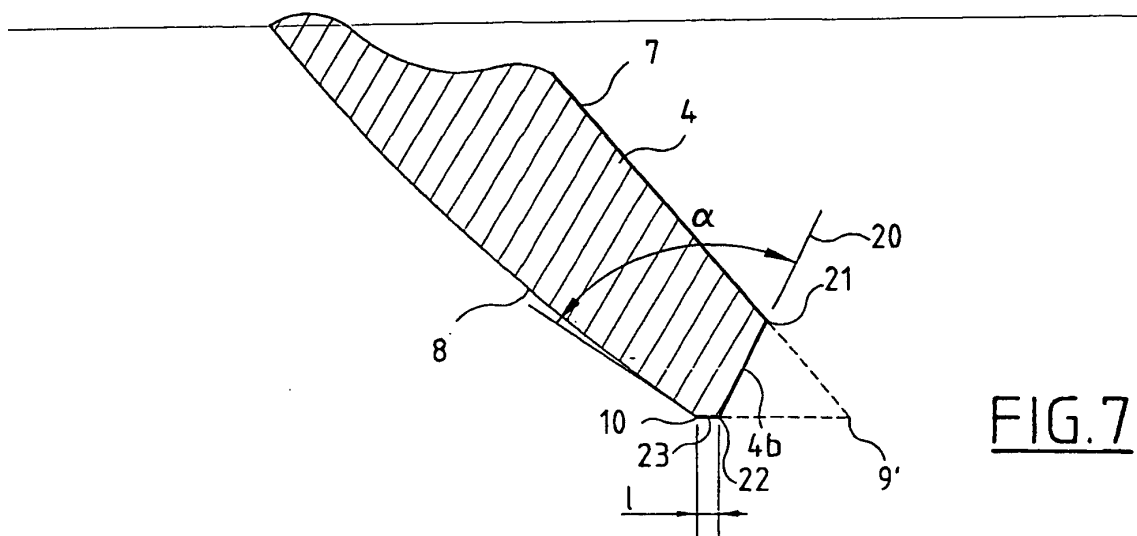
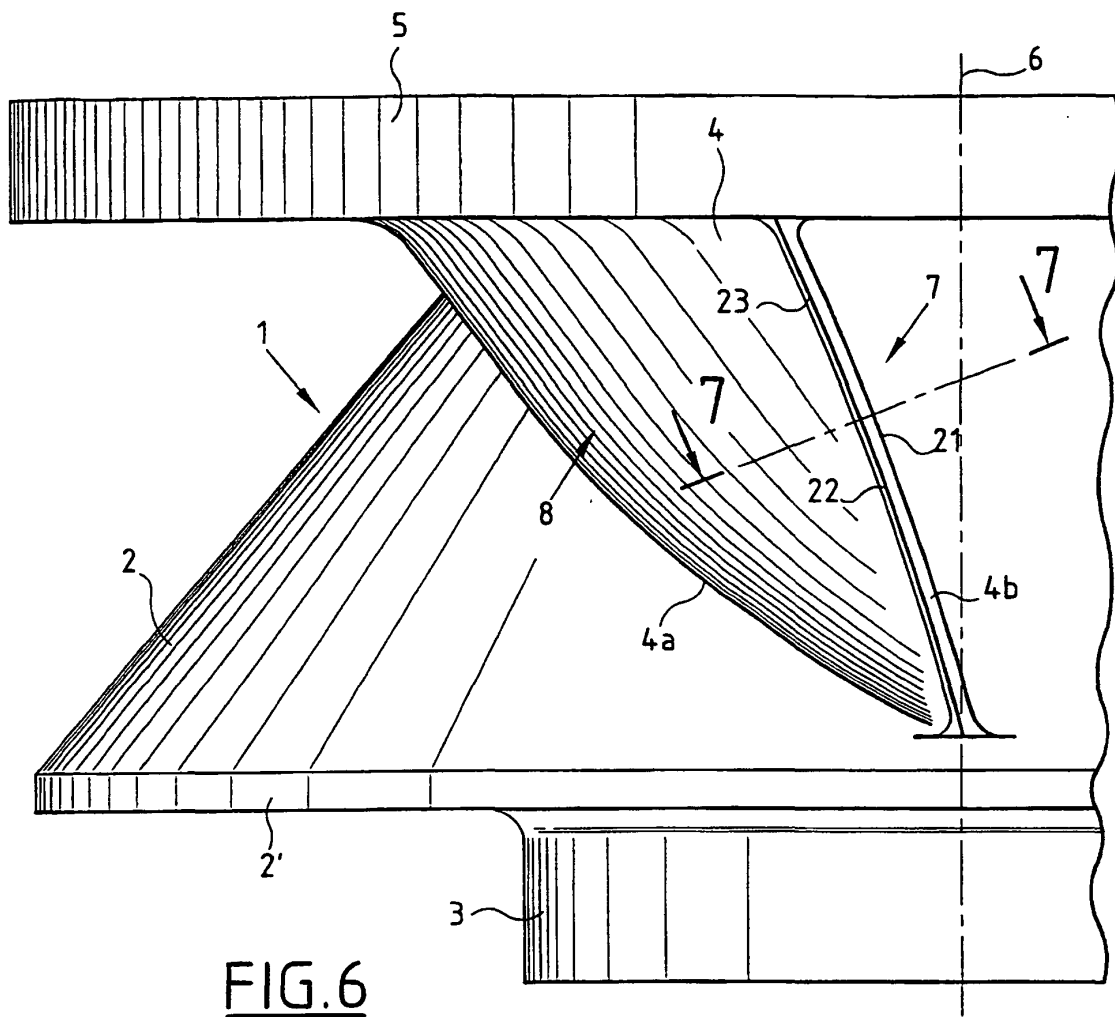


FIG. 4



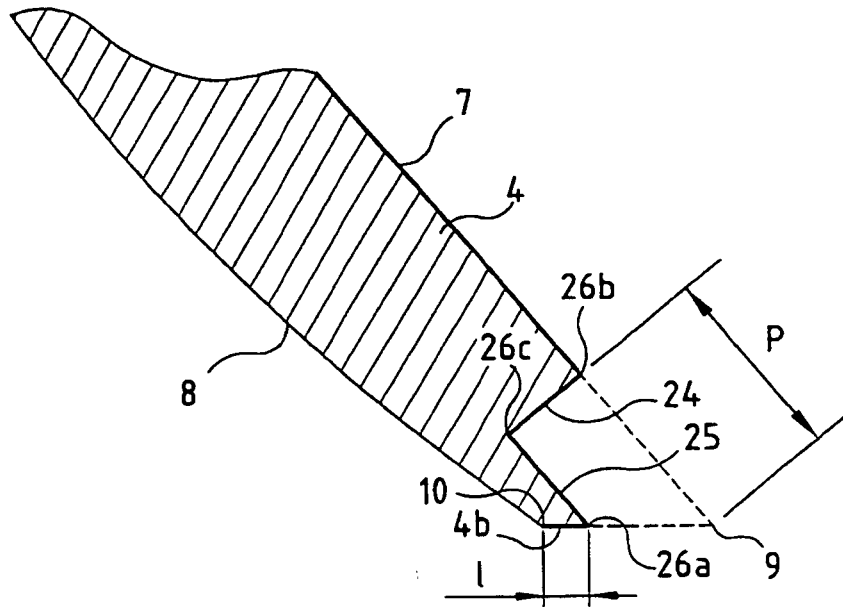


FIG. 8

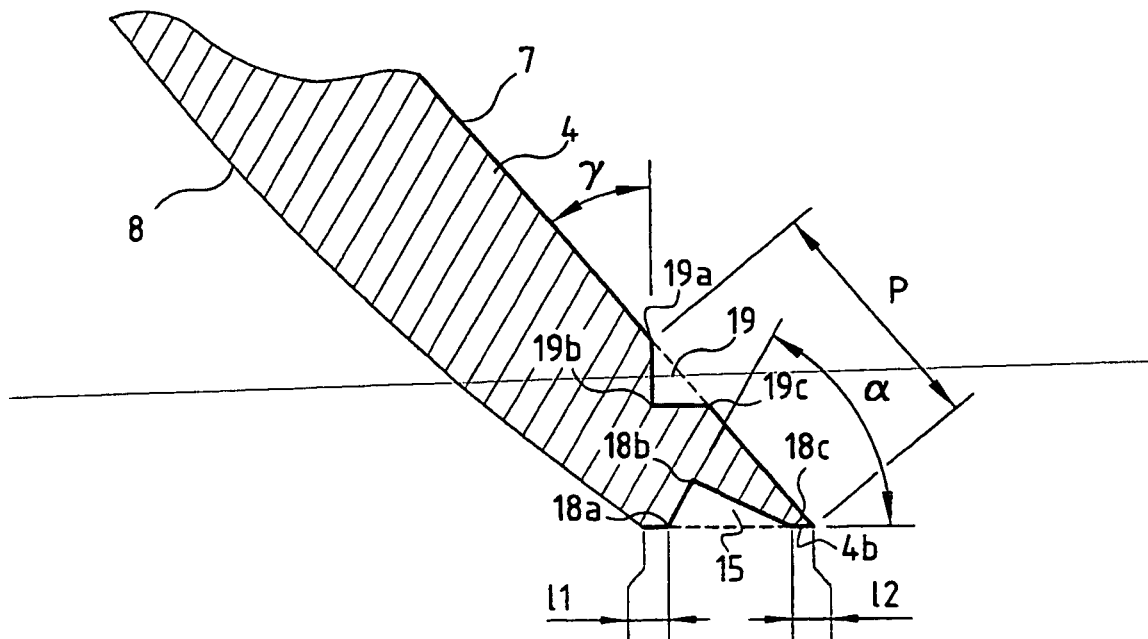


FIG. 9