

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 496 528

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 23602

(54) Procédé de fabrication d'un produit profilé comportant des ailettes.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). B 23 P 15/02 // B 22 D 31/00.

(22) Date de dépôt..... 17 décembre 1981.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée : Japon, 19 décembre 1980, n° 178992; 13 avril 1981, n° 55287.

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 25 du 25-6-1982.

(71) Déposant : Société dite : NIPPON LIGHT METAL CO., LTD, résidant au Japon.

(72) Invention de : Isao Miki et Toshiyuki Kawai.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Novapat-cabinet Chereau,
107, bd Pereire, 75017 Paris.

1.

La présente invention concerne un procédé de fabrication d'un produit profilé comportant des ailettes tel qu'un rotor ou une roue pour compresseur centrifuge, turbine radiale et analogue.

5 La roue du type ci-dessus est en général constituée d'un bandage arrière et d'une pluralité d'ailettes fixées au bandage ou en une même pièce avec celui-ci qui s'étendent dans une direction radiale sensiblement linéaire depuis l'axe de rotation du bandage ou s'étendent vers 10 l'extérieur depuis l'axe de rotation sous forme incurvée dans le sens de rotation ou dans la direction opposée. En outre, une partie d'entrée et une partie de sortie sont souvent prévues à l'entrée et à la sortie de chaque ailette respectivement par cambrage approprié de celle-ci de façon à obtenir les angles requis d'entrée et de sortie de 15 flux aux extrémités opposées.

S'agissant des procédés de fabrication d'une roue telle que décrite précédemment, on connaît dans l'art antérieur un procédé dans lequel les ailettes sont formées 20 par usinage ou taille d'un matériau de façon à ce qu'elles soient solidaires du bandage, un procédé dans lequel les ailettes produites séparément au bandage sont fixées à celui-ci, un procédé de forge et un procédé de coulage.

Cependant, comme les ailettes d'une roue présen-

tent les diverses configurations décrites précédemment, il existe le risque que le procédé de coulage en coquille utilisant un moule en deux parties ne puisse être adopté pour la fabrication d'une roue lorsque la configuration des ailettes présente ce qu'on appelle des contre-dépouilles.
5 Dans ce cas, un moule en plâtre, un moule au sable, un moule à la cire perdue ou analogues, comportant des noyaux démontables, doivent être généralement utilisés. Le procédé de coulage utilisant un moule de ce type présente l'in-
10 convénient que la travailabilité et la productivité sont très faibles par rapport au procédé de coulage en coquille et que le coût est élevé, alors que la précision dimensionnelle et la qualité de surface du produit sont détériorées.
15 Un objet de la présente invention est par conséquent un procédé nouveau et utile de combinaison d'un procédé de coulage et d'un procédé de déformation plastique pour la fabrication de produits profilés comportant des ailettes avec des contre-dépouilles, telles que des roues comportant des ailettes de diverses configurations qui sont
20 impossibles à former directement par un procédé de coulage sans noyaux démontables.

Selon une caractéristique de la présente invention, le procédé comprend l'étape de fabrication d'un produit préliminaire comportant des ailettes ayant une forme
25 capable d'être obtenue par un procédé de coulage, y compris le coulage en coquille, le coulage par gravité et le coulage basse pression sans noyaux démontables et le coulage de compression, un côté de la racine de chaque ailette comportant une partie enflée concave dont les dimensions
30 ou l'importance varient sur la longueur de l'ailette en fonction de la configuration finale requise de celle-ci, alors qu'une partie évidée correspondante est formée au côté opposé de la racine à la position correspondante, et l'étape d'application d'une force à chaque ailette de fa-
35 çon à provoquer la déformation plastique à la partie de l'ailette où la partie enflée concave et la partie évidée correspondante sont formées, ce qui permet de décaler l'em-

placement de la racine de chaque ailette, aux parties décrites précédemment, vers le côté comportant la partie enflée concave suivant la valeur correspondant à la variation des dimensions ou de la quantité de la partie enflée 5 concave et à la partie évidée correspondante sur la longueur de l'aillette, de sorte que la configuration finale requise de chaque ailette peut être obtenue.

Avec la méthode précédente, comme un côté de la racine de chaque ailette a une partie concave enflée suivant la quantité requise à la position requise et que la partie évidée correspondante est formée au côté opposé de la racine à la position correspondante, l'emplacement de la racine de chaque ailette à la position où la partie enflée concave et la partie évidée correspondante sont formées est 10 déplacé vers le côté comportant la partie enflée concave après application de la force de déformation plastique de l'aillette de façon à déformer la partie concave enflée pour lui donner une forme rectiligne s'étendant dans la direction dans laquelle la force est appliquée à l'aillette, et 15 la partie évidée située au côté opposé facilite le déplacement de l'emplacement de la racine de l'aillette où la partie enflée concave a été fournie, et est également déformée pour prendre une forme rectiligne parallèle à la forme rectiligne obtenue par la déformation de la partie enflée. 20 Ainsi, la totalité de la configuration des ailettes respectives est amenée à prendre la configuration requise en fonction de l'importance de la partie concave enflée et de la partie évidée.

Selon une autre caractéristique de la présente 30 invention, chaque ailette est placée dans un état incliné par rapport à la surface du produit préliminaire auquel la racine de chaque ailette est réunie solidairement par le coulage sans noyaux amovibles et une partie concave enflée est pourvue à chaque côté de la racine de chaque ailette 35 faisant varier sa largeur telle que mesurée sur la surface du produit préliminaire suivant la longueur de l'aillette en fonction de la configuration requise de celle-ci, la

partie concave enflée formée à un côté de la racine qui forme un angle aigu avec la surface du produit préliminaire étant approfondie vers l'intérieur par rapport à la partie concave enflée au côté opposé de la racine et la partie enflée, creusée, précédente est réunie à la partie enflée au côté opposé de la racine de l'ailette contiguë par une surface régulièrement incurvée, et une force est appliquée à chaque ailette par l'intermédiaire de la matrice descendante d'une presse pour provoquer la déformation plastique de l'ailette et relever celle-ci dans la position verticale, ce qui permet à la racine de chaque ailette d'être déformée et déplacée sur la surface du produit préliminaire suivant la quantité déterminée par la variation de largeur de la partie concave enflée de façon à obtenir la forme incurvée finale requise de chaque ailette qui présente ainsi des surfaces concaves arrondies aux deux côtés de sa racine dans le but de renforcer la résistance mécanique.

La présente invention a pour objet principal la fabrication d'une roue comportant des ailettes de forme incurvée qu'il est impossible de former directement par coulage sans noyaux amovibles à partir d'un alliage d'aluminium. On pense généralement que l'allongement ou le cambrage d'un produit en alliage d'aluminium coulé en coquille est difficile.

Cependant, un tel allongement ou tel cambrage en alliage d'aluminium d'un produit coulé en coquille est rendu possible avec l'alliage Al-Si-Fe-Mg-Mn décrit dans le brevet japonais n° 86011/1976 au nom de K.K. Nippon Light Metal Research Institute, et vendu commercialement sous le nom de "alliage DX30" ou avec l'alliage en Al-Si-Fe-Cu-Mg-Mn qui est obtenu par addition de 0,5 à 1,5 % en poids de cuivre à l'alliage ci-dessus en Al-Si-Fe-Mg-Mn et commercialisé sous les marques "alliage DX31" et "alliage DX32", ou avec l'alliage en Al-Mg-Zn qui est décrit dans le brevet japonais n° 32808/1970 et commercialisé sous la marque "alliage CX2A", et le produit réalisé avec de tels

alliages peut être soumis à un traitement thermique suffisant de sorte qu'il a été prouvé que la présente invention peut être mise en œuvre en utilisant les alliages décrits ci-dessus.

5 La présente invention sera bien comprise lors de la description suivante faite en liaison avec les dessins ci-joints dans lesquels :

La figure 1 est une vue en perspective représentant une roue donnée à titre d'exemple de produit comportant 10 des ailettes fabriquées selon la présente invention;

Les figures 2 à 4 sont des représentations schématiques des étapes du procédé de la présente invention;

La figure 5 est une vue en perspective représentant la variation progressive de configuration de l'ailette 15 d'une roue au fur et à mesure du déroulement des étapes du procédé représenté dans les figures 2 à 4;

Les figures 6 à 8 sont des vues en perspective représentant la déformation progressive de l'ailette d'une 20 roue obtenue au cours des étapes du procédé de la présente invention;

Les figures 9 à 11 sont des représentations schématiques représentant la déformation progressive de l'ailette de la roue représentée dans les figures 6 à 8, vues depuis la partie supérieure de l'ailette;

25 Les figures 12 à 14 sont des vues en coupe correspondant aux figures 6 à 8, respectivement;

La figure 15 est une vue en coupe représentant la caractéristique du procédé modifié de la présente invention pour la fabrication d'une roue donnée à titre d'exemple;

30 La figure 16 est une vue en perspective représentant une roue fabriquée par le procédé modifié de la présente invention;

La figure 17 est une vue en plan de la figure 35 16; et

La figure 18 est une vue en coupe longitudinale de la figure 17 le long de la ligne A - A'.

Dans les dessins, la figure 1 représente une roue ayant un bandage arrière 1 et une pluralité d'ailettes incurvées 2 en une pièce avec le bandage 1, qui est fabriquée suivant le procédé de la présente invention, les 5 ailettes 2 ayant des formes incurvées impossibles à obtenir directement par coulage sans noyaux amovibles. Comme représenté en figure 1, chaque ailette 2 comporte une partie d'entrée 2A et une partie de sortie 2B à ses extrémités d'entrée et de sortie permettant de définir des angles 10 appropriés d'entrée et de sortie du flux.

En liaison maintenant avec les figures 2 à 4, chaque ailette 2' de la roue, telle que formée originièrement par coulage comporte une partie enflée arrondie 10 ayant une surface concave 10A à un côté de sa racine qui 15 est reliée à la surface du bandage 1, comme représenté en figure 2.

Une partie découpée ou partie évidée 11 est formée à l'autre côté de la racine, correspondant à la partie 10, en même temps ou à l'issue de la formation de cette dernière comme représenté en figure 3. La quantité ou les dimensions de la partie 10 et de la partie correspondante 20 11 peuvent être modifiées sur la longueur radiale de l'ailette 2' d'une manière préterminée qui dépend de la configuration finale de l'ailette. L'épaisseur entre la surface 25 10A et la surface inclinée de la partie évidée est rendue égale à l'épaisseur requise pour l'ailette 2.

Ensuite, une force est appliquée à chaque ailette 2' de façon à provoquer sa déformation plastique pour que l'ailette soit déformée comme indiqué par la flèche 30 verticale de la figure 4, de sorte que l'ailette 2' représentée par la ligne en trait mixte est déformée verticalement pour donner la forme finale représentée par le trait plein alors que l'ailette 2 est déplacée vers la gauche suivant la flèche horizontale.

35 Comme la distance S du déplacement horizontal de l'ailette 2 est fonction de l'importance de la partie enflée 10 et que la partie évidée 11 qui varie sur la lon-

gueur radiale de l'ailette selon une manière prédéterminée, la forme finale désirée de l'ailette 2 est obtenue par sélection appropriée du volume de la partie enflée 10 et de la partie évidée 11 suivant la longueur radiale de l'ailette.

En même temps, l'ailette 2 est déplacée, comme indiqué par le trait mixte de la figure 5, par rapport à la forme originale représentée par le trait plein.

Les figures 6 à 8 représentent les étapes de formation d'un exemple de forme finale des ailettes 2, une seule ailette étant représentée pour faciliter la compréhension. La figure 6 représente la forme originale de l'ailette 2' telle qu'elle est obtenue par coulage sans noyaux amovibles, où seule la partie de sortie 2B a une forme incurvée et la partie enflée 10 et la partie évidée correspondante (non représentée) sont formées dans la partie supérieure près de la partie d'entrée 2A.

Après application de la force à l'ailette 2' dans le sens de sa hauteur, l'ailette prend la forme représentée en figure 7 où sa partie supérieure proche de la partie 2A est déplacée de la quantité requise vers la gauche de façon à donner la forme incurvée de l'ailette grâce à la présence de la partie enflée 10 et de la partie évidée 11.

Alors, cette partie supérieure est cambrée pour lui conférer la forme désirée et obtenir l'angle d'entrée souhaité de la partie 2A comme représenté en figure 8.

Les figures 9 à 11 représentent schématiquement les étapes d'obtention de la forme finale de l'ailette représentée dans les figures 6 à 8.

Les figures 12 à 14 représentent la forme de l'ailette lors de chaque étape d'obtention de la forme finale, commençant avec la forme d'origine de la pièce coulée, représentée dans les figures 6 à 8.

Un traitement thermique approprié est effectué avant et après l'application de la force et le cambrage du produit préliminaire obtenu par coulage de façon à faciliter

ter le travail et à renforcer la résistance mécanique.

Un traitement thermique recommandé est le suivant : le produit préliminaire est d'abord soumis à un processus de fluidisation à une température comprise entre 5 environ 480 et 530°C et à un processus de refroidissement, puis, le produit ainsi traité est soumis à un cambrage à chaud, puis à un vieillissement à une température d'environ 140 à 200°C. Le traitement thermique ci-dessus sert à faciliter le cambrage et l'allongement de l'ailette tout en 10 renforçant la résistance mécanique du produit.

La figure 15 représente le procédé modifié de la présente invention pour la fabrication d'une roue, comme exemple semblable à la roue représentée en figure 1, sauf que des parties concaves enflées sont formées aux deux côtés 15 de la racine de chaque ailette de façon à renforcer sa résistance mécanique.

Comme représenté en figure 15, chaque ailette 2" est originellement formée par coulage dans la position inclinée par rapport à la surface du bandage 1, où la racine 20 du côté de l'ailette formant un angle aigu entre elle et la surface du bandage 1 est reliée à la surface du bandage 1 par une surface concave 10B tangente à un cercle N' ayant un diamètre plus petit que celui du cercle N définissant la surface de référence du bandage 1, alors que la racine du 25 côté opposé de chaque ailette 2" est réunie à la surface du bandage 1 par une surface concave 10A ayant un rayon de courbure relativement grand, sensiblement tangent au cercle N. Ainsi, la surface concave 10B est évidée, ou approfondie par rapport à la surface concave 10A.

30 Comme représenté en figure 15, la surface concave 10B d'une ailette est reliée à la surface concave 10A de l'ailette contiguë par une surface régulièrement incurvée.

La largeur W (figure 16) des surfaces concaves 10A 35 et 10B varie suivant la longueur L de l'ailette en fonction du déplacement souhaité de sa racine de la même manière que dans le procédé décrit précédemment.

Alors, après le traitement thermique approprié, chaque ailette 2" est déformée vers la position verticale représentée en figure 15 par application à l'ailette d'une force dans la direction radiale ou extérieure de sorte que 5 la forme finale de l'ailette 2 se trouve obtenue, où l'emplacement de sa racine est décalé circonférentiellement suivant la quantité correspondant aux dimensions et à l'importance des surfaces concaves 10B et 10A, qui varient suivant la longueur de l'ailette en fonction de la configuration désirée, alors que les surfaces concaves 20A, 20B aux 10 dimensions appropriées sont formées aux côtés respectifs de la racine de chaque ailette.

Ensuite, un traitement thermique approprié est effectué de façon à renforcer la résistance mécanique de 15 l'ailette.

Ainsi, une roue munie d'ailettes ayant la configuration désirée est obtenue suivant le procédé modifié de la présente invention tel que décrit précédemment, où des surfaces concaves sont formées aux deux côtés de la racine de 20 chaque ailette.

La roue obtenue avec le procédé de la présente invention offre une structure interne supérieure par comparaison au résultat donné par le coulage classique avec moules au sable et moules en plâtre, et l'équilibre de poids, qui 25 est très important pour une roue tournant à très grande vitesse, est bien meilleur. Comme une opération de cambrage est adoptée en plus de l'opération de coulage par extrusion, un produit ayant une très grande précision dimensionnelle peut être obtenu par le procédé de la présente 30 invention par rapport aux autres procédés tels que le coulage avec des noyaux amovibles assemblés.

La présente invention n'est pas limitée aux exemples de réalisation qui viennent d'être décrits, elle est au contraire susceptible de modifications et de variantes 35 qui apparaîtront à l'homme de l'art.

REVENDICATIONS

1 - Procédé de fabrication de produit profilé comportant des ailettes, tel qu'une roue ayant des ailettes impossibles à former directement par coulage sans noyaux
5 amovibles, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes suivantes : 1^e) fabrication d'un produit préliminaire par coulage, ce produit comportant des ailettes ayant une forme telle qu'elles peuvent être formées par coulage, un côté de la racine de chaque ailette présentant une partie
10 enflée concave dont les dimensions ou l'importance varient sur la longueur de l'ailette en fonction de sa configuration finale, alors qu'une partie évidée correspondante est formée au côté opposé de la racine de l'ailette à une position correspondant à la partie enflée concave, et l'application
15 d'une force à chaque ailette de façon à provoquer une déformation plastique à la partie de l'ailette où sont présentes la partie enflée concave et la partie évidée correspondante, ce qui permet de décaler l'emplacement de la racine de chaque ailette auxdites parties vers le côté comportant la partie enflée concave suivant la quantité correspondant à la variation des dimensions des parties enflée concave et évidée de façon à obtenir la forme finale de
20 chaque ailette.

2- Procédé selon la revendication 1, caractérisé
25 en ce que la partie évidée est formée simultanément à la partie enflée concave.

3 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la partie évidée est formée après obtention du produit préliminaire par coulage.

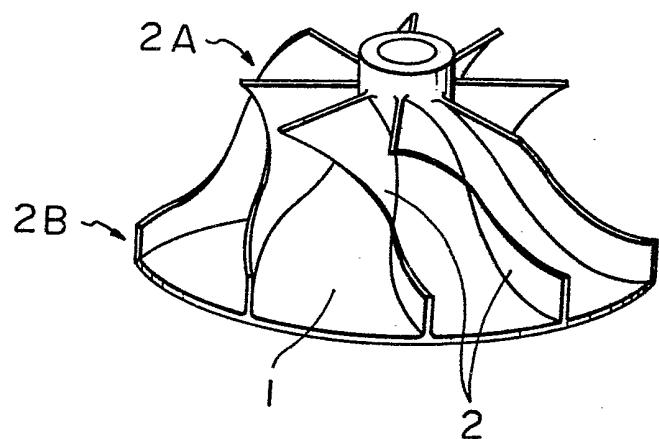
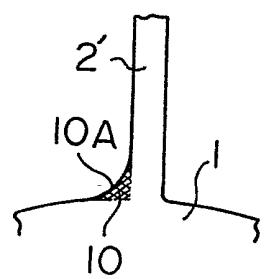
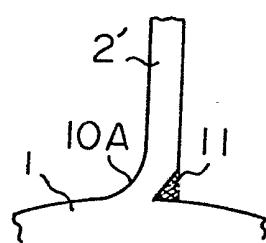
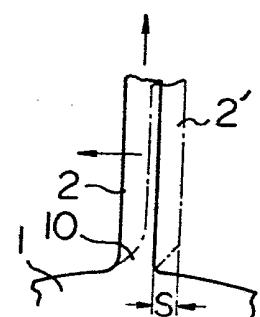
30 4 - Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un traitement thermique approprié est appliqué au produit préliminaire avant et après la formation de la forme finale de chaque ailette.

35 5 - Procédé de fabrication de produit profilé comportant des ailettes tel qu'une roue ayant des ailettes impossibles à former directement par coulage sans noyaux amovibles, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes sui-

vantes : fabrication d'un produit préliminaire par coulage, ce produit comportant des ailettes ayant une forme telle qu'elles peuvent être formées par coulage, chaque ailette étant placée dans la position inclinée par rapport à la 5 surface du produit préliminaire, une partie enflée concave étant prévue à chaque côté de la racine de chaque ailette dont la largeur, mesuré sur la surface du produit préliminaire suivant la longueur de l'ailette, varie en fonction de sa configuration requise, la partie enflée concave 10 réalisée à un côté de la racine qui forme un angle aigu avec la surface du produit préliminaire étant approfondie vers l'intérieur par rapport à la partie enflée concave située au côté opposé de la racine, la partie enflée concave de chaque ailette étant réunie par une surface incurvée régulièrement à la partie enflée opposée de l'ailette 15 adjacente, et application d'une force à chaque ailette par l'intermédiaire d'une matrice de presse descendante de façon à provoquer la déformation plastique de la position où les parties enflées concaves sont prévues pour redresser 20 dans la position verticale, ce qui permet à la racine de chaque ailette d'être déformée et de décaler son emplacement sur la surface du produit préliminaire de la quantité déterminée par la variation de la largeur de la partie enflée concave, de façon à obtenir la forme finale de chaque 25 ailette ayant des parties enflées concaves aux deux côtés de sa racine.

6 - Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'un traitement thermique approprié est appliqué au produit préliminaire avant et après l'obtention de 30 la forme finale de chaque ailette.

PL. I/5

Fig. 1*Fig. 2**Fig. 3**Fig. 4*

PL. II/5

Fig. 5

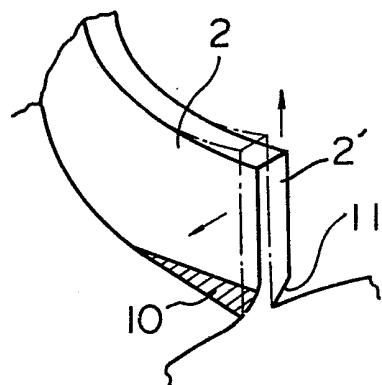


Fig. 6

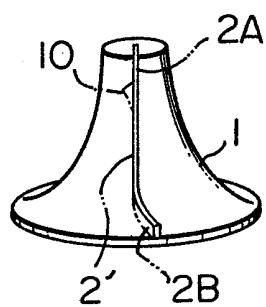


Fig. 7

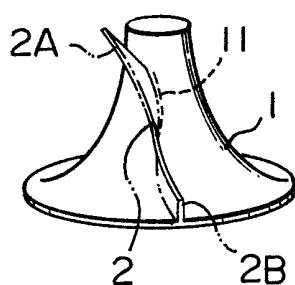
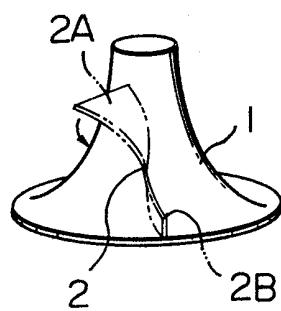
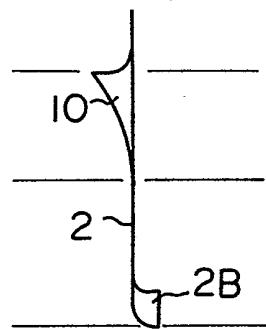
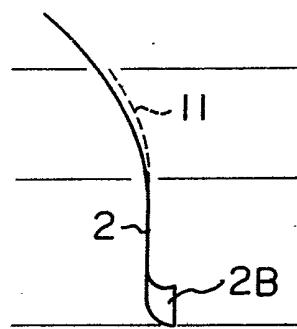
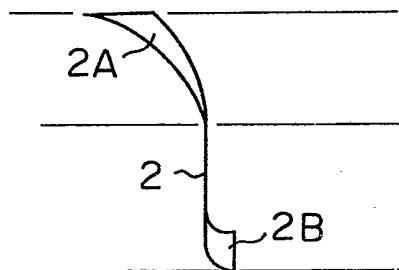


Fig. 8



PL. III/5

Fig. 9*Fig. 10**Fig. 11*

PL. IV/5

Fig. 12

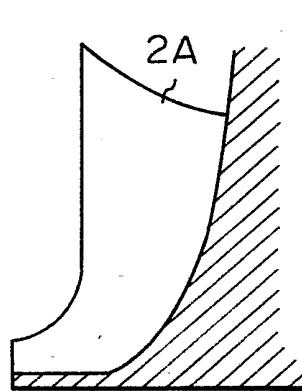


Fig. 13

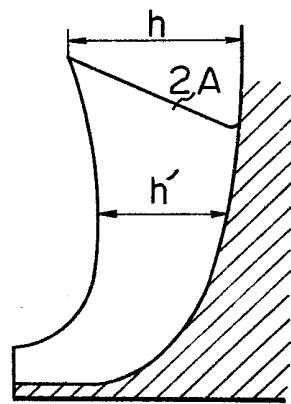


Fig. 14

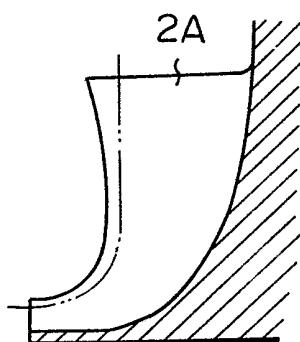
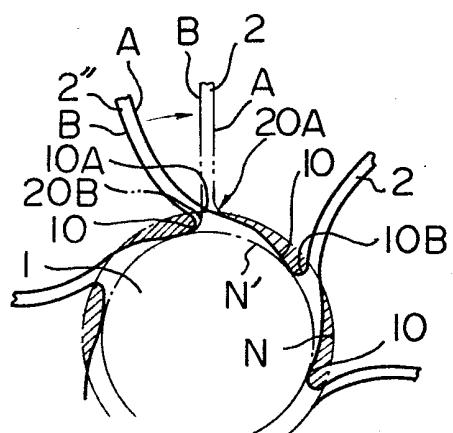


Fig. 15



PL. V/5

Fig. 16

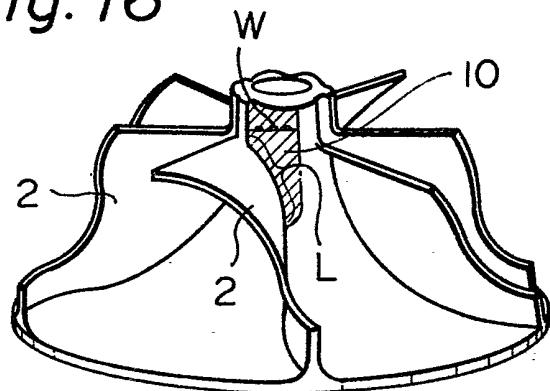


Fig. 17

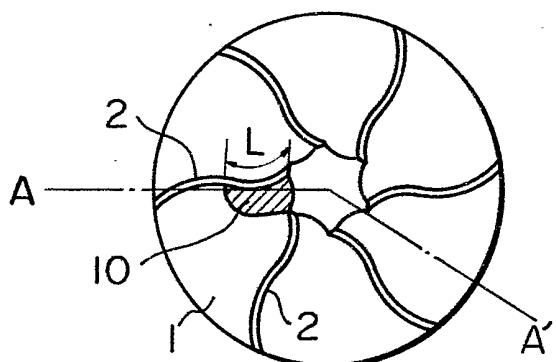


Fig. 18

