

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication : **2 875 841**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **05 09774**

⑤1 Int Cl⁸ : F 01 D 5/14 (2006.01), F 01 D 5/18, F 04 D 29/68

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 23.09.05.

③0 Priorité : 28.09.04 US 10952184.

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 31.03.06 Bulletin 06/13.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : GENERAL ELECTRIC COMPANY — US.

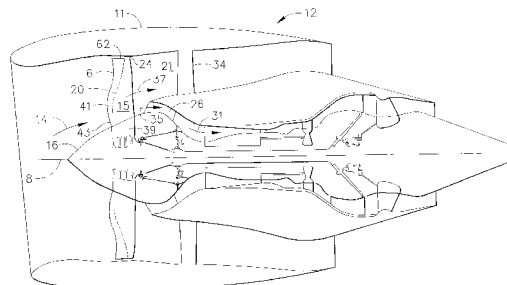
⑦2 Inventeur(s) : WADIA ASPI RUSTOM, SZUCS PETER NICHOLAS, KHALID SYED ARIF, WOOD PETER JOHN, KIRTLEY KEVIN RICHARD et LIU XIAOYUE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : CASALONGA ET JOSSE.

⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR DES PALES DE ROTOR A AUTO-AMELIORATION AERODYNAMIQUE.

⑤7 Une pale (15) comporte une racine (43), une pointe (62) et une surface extérieure (41) pour comprimer de l'air pouvant s'écouler sur celui-ci. La surface extérieure (41) comprend une ou plusieurs fentes allongées dans une direction sélectionnée pour empêcher ou réduire la circulation à l'intérieur des fentes, et les fentes au nombre d'une ou de plusieurs sont configurées de façon à purger une couche limite de la surface extérieure (41) à la pointe (62) en utilisant un ou plusieurs passages à l'intérieur de la pale (15).



FR 2 875 841 - A1



**PROCEDE ET DISPOSITIF POUR DES PALES DE ROTOR A AUTO-
AMELIORATION AERODYNAMIQUE**

Cette invention concerne de façon générale des procédés et des dispositifs pour augmenter le rendement de profils, et, plus particulièrement, des procédés et des dispositifs pour l'extraction à partir de couches limites de profils.

Un moteur à turbine à gaz tel que celui configuré pour entraîner un avion en vol comprend, de façon classique, en communication d'écoulement série, un ventilateur, un compresseur, une chambre de combustion, une turbine haute pression et une turbine de puissance ou basse pression. L'air ambiant entre dans le ventilateur, dans lequel il est initialement comprimé, puis une partie de celui-ci s'écoule vers le compresseur, dans lequel il est encore comprimé, et déchargé vers la chambre de combustion dans laquelle il est mélangé à du carburant, et allumé pour générer des gaz de combustion chauds qui s'écoulent en aval vers la turbine haute pression. La turbine haute pression comprend un ou plusieurs étages de pales de turbine configurées de façon spécifique pour extraire de l'énergie à partir des gaz de combustion pour entraîner le compresseur par l'intermédiaire d'un arbre raccordé entre ceux-ci. Les gaz de combustion perdent de la pression dans la turbine haute pression, puis s'écoulent vers la turbine basse pression, qui comprend des pales de turbine également configurées pour extraire de l'énergie additionnelle des gaz de combustion de pression plus basse pour entraîner le ventilateur raccordé à celle-ci par un autre arbre.

Le ventilateur et le compresseur comprennent des pales de rotor respectives qui sont configurées pour comprimer l'air relativement froid, contrairement aux pales de turbine de la turbine haute pression et de la turbine basse pression, qui sont configurées pour extraire de

l'énergie des gaz de combustion chauds avec une réduction de pression résultante de ceux-ci. L'énergie extraite des gaz de combustion est elle-même communiquée à l'air qui est comprimé dans le ventilateur et le compresseur.

5 Les pales de rotor, les pales de ventilateur et les pales de compresseur représentent toutes des types de profils. Les pales de ventilateur et les pales de compresseur sont toutes deux efficaces pour communiquer de l'énergie à l'air pour augmenter sa pression à des niveaux
10 différents. Les pales de ventilateur sont relativement grandes, pour déplacer des quantités plus grandes d'écoulement d'air à une pression réduite, pour produire une partie substantielle de poussée de propulsion à partir d'un moteur. Les pales de ventilateur sont, de façon
15 caractéristique, configurées en un ou deux étages pour l'utilisation dans des moteurs d'avion commerciaux à turbopropulseur à dérivation élevée ou des moteurs militaires à dérivation plus faible classiques.

Les pales de rotor que l'on trouve dans un compresseur axial caractéristique sont configurées en un nombre
20 substantiel d'étages axiaux, chaque étage successif comportant des pales de rotor de plus en plus petites pour augmenter de façon incrémentielle la pression de l'écoulement d'air canalisé à travers celles-ci.

25 Une grande partie des pertes aérodynamiques des pales de rotor transsoniques et la plupart des pertes aérodynamiques des pales de rotor subsoniques sont localisées dans des couches limites autour de la pale et du trajet d'écoulement de moyeu.

30 Dans au moins une configuration connue, des couches limites de surface de pale, de contour de moyeu, et des écoulements de fuite d'espacement de pointe, se développent sans interruption, diminuant et limitant les performances potentielles et la stabilité aérodynamique
35 des pales de rotor de compression. Les pertes subies sont

transmises aux pales aval sous la forme de remous et de tourbillons qui interagissent avec les pales aval, de façon à créer davantage de pertes, éventuellement des instabilités aérodynamiques, et du bruit.

5 Le Brevet US N° 5 480 284 de Wadia, et al., décrit une pale de rotor auto-purgeante et un procédé de fonctionnement pour réduire l'épaisseur de couche limite, pour des performances améliorées. La pale de rotor comprend une surface d'aspiration configurée pour
10 comprimer l'air pouvant s'écouler sur celle-ci avec des ouvertures de purge qui sont disposées à l'intérieur de celle ci pour purger une partie de l'air de couche limite de la surface d'aspiration durant le fonctionnement, et diminuer par conséquent son épaisseur, de façon à
15 améliorer les performances aérodynamiques de la pale.

La présente invention procure d'autres améliorations des performances aérodynamiques par rapport aux configurations connues. Par conséquent, dans un aspect, la présente invention propose une pale comportant une racine,
20 une pointe et une surface extérieure pour comprimer de l'air pouvant s'écouler sur celle-ci. La surface extérieure comprend une ou plusieurs fentes allongées dans une direction sélectionnée de façon à empêcher ou à réduire la circulation à l'intérieur des fentes, et les
25 fentes au nombre d'une ou de plusieurs sont configurées de façon à purger une couche limite de la surface extérieure à la pointe en utilisant un ou plusieurs passage à l'intérieur de la pale.

Lesdites fentes peuvent être allongées le long de
30 lignes de contour de pression statique égale lorsque ladite pale fonctionne de façon transsonique de façon à former un choc de passage.

Lesdits passages au nombre d'un ou de plusieurs peuvent comprendre de plus des aubes de canalisation
35 configurées pour canaliser de l'air quittant la pointe du

profil.

La pale peut comprendre de plus un jeu d'aubes de diffuseur configuré de façon à établir des rapports de surface de diffuseur.

5 Dans un autre aspect, la présente invention propose une pale transsonique sur un rotor. La pale est configurée pour purger une partie de la couche limite de perte le long d'une surface de la pale dans des canaux internes de la pale, en utilisant l'un ou l'autre ou les deux parmi un
10 champ centrifuge du rotor ou un gradient de pression statique prévalent, vers des emplacements de la pale où la partie purgée est réingérée, de façon à améliorer au moins l'une parmi les performances ou la stabilité aérodynamique du rotor.

15 La pale transsonique peut comprendre les emplacements de la pale où est réingérée la partie purgée se trouvent au niveau d'une pointe de la pale.

La pale transsonique peut comprendre de plus des aubes miniatures submergées par rapport à une pointe de la pale.

20 Dans encore un autre aspect, la présente invention propose un procédé de fonctionnement d'une pale sur un rotor. Le procédé comprend l'utilisation de l'un ou l'autre ou des deux parmi un champ centrifuge du rotor ou un gradient de pression statique prévalent pour purger une
25 partie d'une couche limite de perte le long d'une surface de la pale dans des canaux internes de la pale. Le procédé comprend également la réingestion de la partie purgée en des emplacements de la pale sélectionnés pour améliorer au moins l'une parmi les performances ou la stabilité
30 aérodynamique du rotor.

Ladite réingestion de la partie purgée peut comprendre la réingestion de la partie purgée au niveau d'une pointe de la pale.

35 La réingestion de la partie purgée peut comprendre la réingestion de la partie purgée en des emplacements de la

pale sélectionnés pour altérer de façon bénéfique un tourbillon ou un champ d'écoulement d'espacement de pointe.

5 D'autres améliorations parmi au moins l'une des performances, de la stabilité aérodynamique et/ou de la qualité du champ d'écoulement aérodynamique sont obtenues dans différentes configurations de la présente invention.

10 On verra par conséquent que des configurations de la présente invention procurent une amélioration des performances de pales de ventilateur ou de compresseur, qui peut augmenter le rendement et la marge de calage à des rapports de compression d'étage accrus. Par ailleurs, la poussée peut être augmentée, avec des réductions de poids et de consommation de carburant, et moins d'étages
15 peuvent être utilisés dans un compresseur caractéristique. Des caractéristiques d'excitation aéromécanique réduite et de bruit amélioré peuvent également être obtenues en résultat du gain de performances. Des températures de turbine plus basses peuvent également être obtenues à
20 partir des performances de ventilateur et de compresseur améliorées, de façon à augmenter la durée de vie de la section chaude.

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, faite en référence aux dessins
25 joints, dans lesquels :

la figure 1 est une coupe longitudinale d'un moteur incorporant des pales ou des profils selon la présente invention.

30 La figure 2 est une carte de pression statique globalement représentative de configurations de pale 15 utiles dans des moteurs du type représenté en figure 1. La figure 2 est conçue à des fins explicatives, et n'est pas nécessairement une représentation exacte d'une carte de pression d'une quelconque configuration particulière d'une
35 pale ou d'un profil.

La figure 3 est une représentation d'une pale comportant une rangée de fentes alignées sur une ligne de pression statique constante en aval d'un choc de passage.

5 La figure 4 est une représentation d'une pale comportant une rangée de fentes alignées sur une ligne de pression statique constante en amont d'un choc de passage.

La figure 5 est une représentation d'une pale comportant une rangée de fentes alignées sur une ligne de pression statique constante à un choc de passage.

10 La figure 6 est une vue fragmentaire de la pale représentée en figure 3 (ou, autrement dit, une pale comportant une rangée de fentes en aval du choc de passage), regardant du côté d'aspiration d'une pale (tournant dans une direction dans le plan de la figure, 15 ou, autrement dit, éloignée de la personne qui regarde). Une partie écorchée montre la structure intérieure de la pale.

La figure 7 est une vue en coupe transversale d'une partie de la pale représentée en figure 6, prise dans un 20 plan perpendiculaire au plan de la figure 6, le long de la ligne de coupe 7-7.

La figure 8 est une vue de dessus du sommet de la pale en regardant vers le bas à partir de la ligne 8-8 de la figure 6.

25 La figure 9 est une vue fragmentaire d'une autre configuration d'une pale représentée en figure 3, dans laquelle une réingestion se produit au niveau d'un bord de fuite de la pale. Des passages internes dans la pale sont représentés par des lignes de tirets.

30 La figure 10 est une vue fragmentaire d'encore une autre configuration d'une pale représentée en figure 3, dans laquelle la dissipation des remous est améliorée par une canalisation d'admission et d'échappement d'une couche limite hors d'un bord de fuite de la pale.

35 La figure 11 est une autre configuration d'une pale

représentée en figure 3, montrant des aubes tournantes submergées dans la pointe de la pale.

La figure 12 est une vue écorchée fragmentaire à angle droit par rapport au plan de la figure 11 le long de la
5 ligne de coupe 12-12 d'une partie de la pale représentée en figure 11 au voisinage de sa pointe, montrant une aube tournante submergée.

La figure 13 est une vue d'une autre configuration de profil selon la présente invention, dans laquelle le
10 profil est une pale de compresseur plutôt qu'une pale de ventilateur.

Tel qu'il est utilisé, le terme "pale" est utilisé afin de se référer à un type de profil approprié pour être
utilisé en association avec un rotor. Cependant, la
15 présente invention n'est pas limitée à des pales, et est applicable de façon plus générale à tous types de profils.

Différentes configurations de la présente invention utilisent l'énergie centrifuge disponible d'un rotor pour
retirer, renforcer et réingérer les couches limites de
20 surface de pale et de moyeu afin d'améliorer ainsi les performances, la stabilité aérodynamique et la génération de bruit d'un composant de compression. De façon plus caractéristique, une partie de la couche limite de surface de pale et de moyeu provoquant des pertes est purgée,
25 pompée et canalisée à travers une région de sortie creuse de la pale. Cette couche limite, dans certaines configurations, est réingérée dans le flux principal, dans le but supplémentaire d'être redirigée et mélangée avec l'écoulement d'espacement de pointe et/ou de souffler le remous de bord de fuite. Des configurations selon la
30 présente invention sont particulièrement utiles pour des pales courbées, dans lesquelles les couches limites de surface sont réunies en résultat de migrations d'écoulement radial induites par la courbure.

35 Pour réaliser une amélioration des performances et de

la stabilité aérodynamique d'un rotor, une partie de la couche limite de perte le long de la surface de pale et du contour de moyeu est purgée dans une partie interne des pales à travers des fentes de purge ou des trous de purge individuels. Ces fentes ou ces trous sont disposés en des emplacements de corde ou radiaux disposés de façon stratégique sur la pale. La couche limite de surface retirée reçoit de l'énergie et est pompée à travers des canaux internes dans les pales par le champ centrifuge du rotor et le gradient statique prévalent vers des emplacements sur la pale où elle est réingérée. Cette réingestion produit une amélioration supplémentaire des performances et/ou de la stabilité aérodynamique du rotor. Dans certaines configurations, le ou les emplacement(s) sur la pale où se produit la réingestion se trouvent sur la pointe de la pale, de telle sorte qu'un champ/tourbillon d'écoulement d'espacement de pointe soit altéré de façon bénéfique, et/ou sur le bord de fuite de la pale, de façon à dissiper partiellement ou totalement une partie du remous du rotor. En plus de produire des gains nets des performances du rotor (mesurés par les gains aérodynamiques moins les pertes et le travail de pompage) et/ou de la stabilité aérodynamique, l'aspiration et la réingestion de la couche limite ayant reçu de l'énergie produisent également des gains supplémentaires en résultat de l'amélioration des performances, de la stabilité et du bruit des pales aval. Ces gains sont une conséquence de la moindre force de remous de pointe et de tourbillon de pointe de rotor. Dans certaines configurations, une injection est accomplie à l'aide d'aubes miniatures submergées par rapport à la pointe. Ces aubes submergées produisent une plus faible perte et un écoulement plus élevé que des trous ou des fentes simples.

Des études analytiques indiquent que des améliorations de performances de 1,0 point peuvent être prévues, ainsi

qu'une amélioration de la stabilité aérodynamique de 3 à 5%, et une amélioration de bruit de 2 à 3 dB. Seule la partie de la couche limite qui est à un niveau de rendement qui est inférieur ou égal à celui du rendement de pompage centrifuge est aspirée.

De façon caractéristique, dans certaines configurations, et si l'on se réfère à la figure 1, des pales ou des profils 15 sont disposés sur les rotors d'un moteur à réaction 12. Un axe central 8 est un axe de symétrie ; une image de miroir de la partie représentée au dessus de l'axe central 8 apparaîtra en dessous de l'axe 8, mais elle est omise en figure 1. De l'air d'entrée est représenté par la flèche 14. Dans certaines configurations, le moteur 12 comprend une enceinte extérieure 11, un nez en balle de fusil 16 et une pale à inclusion 15, cette dernière comportant un bord d'attaque 6, une pointe 62 et une racine de pale 43. Le bord d'attaque 6 a un contour formé selon un mode à courbure combinée, de la racine 43 à la pointe 62. Des disques 39 au niveau d'une racine de la pale 15 transmettent la charge au ventilateur. Les pales 15 sont disposées dans des disques 39 avec des queues d'aronde (non représentées en figure 1).

Lorsque la pale 15 fonctionne d'une façon transsonique, une onde de choc stable 20 se développe sur la pale 15. Un petit espace 24 est réalisé entre la pale 15 et l'enceinte extérieure 11. De l'air 37 passant sur la pale 15 entre dans un conduit de dérivation 21, tandis qu'une certaine quantité d'air 35 entre dans un précompresseur ou compresseur basse pression 26, et continue sous la forme d'un flux 31. Le flux d'air 31 continue au-delà d'une entretoise de châssis avant 34. La pale 15 comporte une surface d'aspiration 41 configurée de façon à comprimer l'air s'écoulant sur celle-ci.

Des lignes 40 de pression statique égale sur la pale

15 sont représentées sur une carte de pression 42 telle que celle représentée en figure 2. (La figure 2 est conçue à des fins explicatives, et n'est pas nécessairement une représentation exacte d'une carte de pression 42 d'une
5 quelconque configuration particulière de pale 15. De plus, l'invention peut être utilisée dans l'un ou l'autre ou les deux parmi des ventilateurs ou des compresseurs.) Dans certaines configurations, et si l'on se réfère aux figures 3, 4 et 5, une rangée d'une ou plusieurs fentes 17 est
10 réalisée sur la surface 41 de la pale 15. Dans différentes configurations, des fentes 17 sont allongées le long de lignes 40 de pression statique constante ou selon une autre direction, telle que la circulation à l'intérieur des fentes soit empêchée ou au moins réduite par rapport à
15 la circulation qui se produirait dans des configurations ayant d'autres types d'ouvertures ou d'autres configurations des ouvertures. Par exemple, les fentes 17 sont allongées dans une direction de pression statique constante dans certaines configurations, et, dans
20 certaines configurations comportant plus d'une fente par rangée, les fentes 17 sont regroupées le long de la direction de pression statique constante, comme indiqué par la carte de pression 42. Une ligne préférée définissant la direction allongée des fentes 17 et des
25 rangées de fentes 17 peut être déterminée à l'aide de techniques de dynamique des fluides par calcul.

Par exemple, la configuration 50 représentée en figure 3 comporte des fentes 17 agencées dans une rangée de pression statique constante en aval du choc de passage 20.
30 La configuration 52 représentée en figure 4 comporte des fentes 17 agencées dans une rangée de pression statique constante en amont du choc de passage 20. La configuration 54 représentée en figure 5 comporte des fentes 17 agencées dans une rangée de pression statique constante, qui est,
35 dans ce cas, le long de l'onde de choc 20. Les fentes 17

aspirent, de façon avantageuse, de l'air à partir d'une couche limite de perte proche de la pale 15. Les fentes 17 produisent un coefficient de surface supérieur à celui qui serait produit par des trous cylindriques disposés dans les mêmes emplacements, sauf si les trous cylindriques étaient très grands. Par exemple, dans certaines configurations, des trous cylindriques remplaçant les fentes 17 devraient couvrir le double de la surface de la pale 15 pour obtenir le même rendement de capture de l'écoulement de couche limite que les fentes 17.

La présente invention ne nécessite pas que la pale 15 fonctionne dans un mode transsonique. Cependant, dans certaines configurations, la direction allongée des fentes 17 et l'agencement des fentes 17 en rangées sont déterminés en fonction de lignes 40 de pression égale qui sont ou qui devraient être définies sur la pale 15 lorsque la pale fonctionne dans un mode transsonique. (Lorsqu'une pale telle que la pale 15 fonctionne dans un mode autre que le mode transsonique, les directions globales des lignes de contour 40 sur la surface 41 sont similaires à celles lorsque la pale 15 fonctionne dans le mode transsonique, à l'exception du fait que les intensités représentées par les lignes de contour sont réduites et qu'un choc de passage n'est pas formé. Du fait que les directions sur la carte de pression restent sensiblement similaires, une direction allongée préférée des fentes est sensiblement la même quelle que soit la vitesse de fonctionnement de la pale.) Dans certaines configurations, l'emplacement des fentes 17 (par exemple, la ligne particulière 40 de pression statique constante sur laquelle la fente ou les fentes 17 sont disposées) est sélectionné de façon à améliorer au moins l'une parmi les performances, la stabilité aérodynamique, et/ou la qualité d'écoulement de champ aérodynamique. Par conséquent, un choix de conception, dans certaines configurations, peut

être effectué pour sélectionner une ligne 40 de pression statique constante qui améliore les performances dans des conditions de décollage, lorsque le handicap de rendement du moteur est le plus grand et que le bénéfice potentiel devant être réalisé par la configuration inventive est maximisé. D'autres configurations peuvent utiliser un choix de conception qui dispose les fentes le long d'une ligne 40 de pression statique constante différente, qui procure des performances améliorées durant des conditions de croisière.

La position du choc 20 le long de la pale 15 peut varier quelque peu en fonction du mode de fonctionnement de la pale 15. Cependant, la position et l'orientation du choc 20 et des lignes 40 de pression statique constante sont bien définies pour chaque mode de fonctionnement de la pale 15. Par conséquent, seuls des emplacements et des orientations limités du choc 20 et des lignes 40 de pression statique constante sont appropriés pour déterminer l'orientation des fentes 17 dans une quelconque configuration d'une pale 15.

La pression d'air sur le côté de pression de la pale 15 est supérieure à celle sur le côté d'aspiration de la pale 15, ce qui fait que l'air dans l'enceinte de la pale 15 est forcé du côté de pression au côté d'aspiration. Dans certaines configurations, l'air est réinjecté dans une direction de corde, selon un angle qui n'est pas supérieur à 30 degrés par rapport à la direction de corde de pointe, aux fins de rendement et de façon à produire le moins de perturbation possible dans la région de pointe.

Dans certaines configurations, et si l'on se réfère aux figures 6, 7 et 8 (où le côté d'aspiration de la pale est désigné par "S" et le côté de pression est désigné par "P"), des passages ou des canaux internes 60 à l'intérieur de la pale 15 assurent une réingestion de pointe à partir des fentes 17. De l'air 64 ingéré au niveau des fentes 17

grâce à un champ centrifuge du rotor et/ou un gradient de pression statique prévalent s'écoule à travers les passages internes 60, où il est réingéré en un emplacement de la pale 15, améliorant au moins l'une parmi les performances, la stabilité aérodynamique, ou la qualité d'écoulement de champ aérodynamique. Par exemple, dans certaines configurations, de l'air 64 est réingéré à la pointe 62 de la pale 15 dans un espace 24 entre la pointe 62 et l'enceinte extérieure 11. L'air 64 dévie l'air 66 passant au-dessus de la pointe 62 de la pale 15 dans certaines configurations en entrant dans l'espace 24 au voisinage d'un bord d'avance de l'air 66. L'air 64 crée par conséquent un écoulement massique dans l'espace 24 qui rend plus difficile à l'air 66 de passer sur la pointe 62 de la pale 15. Par conséquent, l'écoulement d'air 66, qui représente un écoulement de fluide, est resserré plus près de l'enceinte extérieure 11 et son amplitude est réduite. L'emplacement auquel l'écoulement d'air 64 est réingéré altère par conséquent de façon bénéfique un tourbillon ou un champ d'écoulement d'espacement de pointe.

Lorsque la pale 15 tourne dans la direction A, de l'air sort à travers les trous de sortie 68 dans la pointe 62. Un trajet d'écoulement interne supérieur 60 de la pluralité de trajets d'écoulement internes 60 représentés en figure 6 est représenté par des lignes de tirets en figure 8.

Dans certaines configurations, et si l'on se réfère à la figure 9, la réingestion de l'écoulement d'air 64 se produit au niveau d'un bord de fuite 70 de la pale 15. Des configurations de ce type peuvent améliorer l'écoulement d'air au-delà de la pale 15.

Dans certaines configurations, et si l'on se réfère à la figure 10, une dissipation de remous est renforcée (à savoir qu'une partie du remous est partiellement ou totalement dissipée) grâce à la canalisation d'écoulements

d'air 64 vers l'extérieur d'une façon répartie et à une distance accrue par rapport à la racine (non représentée) de la pale 15 par rapport aux fentes d'entrée 17. Dans la configuration illustrée, une rangée de fentes 17 se trouve en avant du choc 20. Cependant, les rangées de fentes 17 peuvent se trouver en avant, en arrière, ou sur le choc 20 dans d'autres configurations.

Dans certaines configurations, lorsqu'un écoulement d'air 64 atteint la pointe de pale 62 et tourne sur un coin, des aubes de canalisation 80 dans la pointe de pale 62 canalisent l'écoulement 64 quittant la pointe 62 de façon à réduire les pertes. Ainsi, dans certaines configurations, et si l'on se réfère aux figures 11 et 12, des trajets d'écoulement 64 sont dirigés vers l'avant à l'intérieur de la pale 15, vers une région de sortie en cavité ou une pointe d'accrochage 78 dans la pointe de pale 62, comportant des aubes de canalisation miniatures submergées 80. La pointe d'accrochage 78 et les aubes submergées 80 constituent de façon efficace un joint à labyrinthe de pale unique pour l'écoulement de fuite 66 passant au-dessus de la pointe 62 dans l'espace 24 entre la pointe de pale 62 et l'enceinte extérieure 11. L'écoulement de fuite 66 s'étale vers l'extérieur et produit une chute de pression qui produit des pertes pour l'écoulement de fuite 66 entrant dans l'espace 24. L'écoulement de fuite 66 rencontre alors l'air de pompage 64, qui ajoute davantage d'écoulement massique, de façon à réduire par conséquent la quantité d'écoulement de fuite 66 allant au-delà de la pale 15.

Dans certaines configurations, des aubes de diffuseur (non représentées dans les figures), sont disposées dans le canal 60 au voisinage des fentes 17 afin d'établir des rapports de surface de diffuseur. Egalement, dans certaines configurations, des nervures 90 entre les passages sont configurées de façon à empêcher des

écoulements dans les passages à partir du pompage d'un côté unique des passages. Des canaux 60 sont également configurés de façon à empêcher des écoulements croisés entre les canaux dans certaines configurations.

5 Dans certaines configurations, et si l'on se réfère à la figure 13, une pale 115 comportant des fentes 17 est utilisée comme pale de compresseur plutôt que comme pale de ventilateur. La configuration de la pale 115 comporte un bord d'attaque 6 ayant un contour réalisé d'une façon
10 caractéristique aux pales de compresseur.

On appréciera par conséquent que différentes configurations selon la présente invention procurent des améliorations d'au moins l'une parmi les performances, la stabilité aérodynamique et/ou la qualité d'écoulement de
15 champ aérodynamique, qui sont obtenues dans différentes configurations selon la présente invention. De plus, certaines configurations selon la présente invention produisent une amélioration des performances de pales de ventilateur ou de compresseur, qui peuvent améliorer le
20 rendement et la marge de calage à des rapports de compression d'étage accrus. Par ailleurs, la poussée peut être accrue, avec des réductions de poids et de consommation de carburant, et moins d'étages peuvent être utilisés dans un compresseur caractéristique. Des
25 caractéristiques d'excitation aéromécanique réduite et de bruit amélioré peuvent également être obtenues grâce à l'amélioration de la conception des pales de ventilateur. Des températures de turbine plus basses peuvent également être obtenues à partir de configurations de pales de
30 ventilateur et de compresseur améliorées, de façon à augmenter la durée de vie de la section chaude.

Bien que l'invention ait été décrite sous la forme de différentes réalisations spécifiques, les personnes ayant une bonne connaissance de la technique reconnaîtront le
35 fait que l'invention peut être mise en œuvre avec des

modifications rentrant à l'intérieur de l'esprit et de l'étendue de l'applicabilité des revendications.

Liste des parties

	bord d'attaque	6
	axe ou ligne centrale	8
	enceinte extérieure	11
5	moteur à réaction	12
	représenté par la flèche	14
	pale	15
	nez en balle de fusil	16
	fentes	17
10	onde de choc stable	20
	conduit de dérivation	21
	espace	24
	compresseur basse pression	26
	écoulement d'air	31
15	entretoise de châssis avant	34
	air	35
	air	37
	disques	39
	ligne(s) de contour	40
20	surface d'aspiration	41
	carte de pression	42
	racine de pale	43
	configuration	50
	autre configuration	52
25	autre configuration	54
	trajet d'écoulement, canal ou	
	passage interne supérieur	60
	pointe de pale	62
	écoulement d'air	64
30	écoulement de fuite	66
	trous de sortie	68
	bord de fuite	70
	pointe d'accrochage	78
	aubes de canalisation submergées	80
35	nervures	90

pale

115

REVENDEICATIONS

1. Pale (15), comprenant :
une racine (43) ;
une pointe (62) ; et
5 une surface extérieure (41) pour comprimer de l'air pouvant s'écouler sur celle-ci, ladite surface extérieure comprenant de plus une ou plusieurs fentes (17) allongées dans une direction sélectionnée pour empêcher ou réduire la circulation à l'intérieur desdites fentes, et lesdites
10 fentes au nombre d'une ou de plusieurs étant configurées de façon à purger une couche limite de ladite surface extérieure à ladite pointe en utilisant un ou plusieurs passages (60) à l'intérieur dudit profil.
2. Pale selon la revendication 1, dans laquelle
15 lesdites fentes sont allongées le long de lignes de contour (40) de pression statique égale lorsque ledit profil fonctionne de façon transsonique de façon à former un choc de passage (20).
3. Pale selon la revendication 1, dans laquelle
20 lesdits passages au nombre d'un ou de plusieurs comprennent de plus des aubes de canalisation (80) configurées pour canaliser de l'air quittant la pointe du profil.
4. Pale selon la revendication 3, comprenant de plus
25 un jeu d'aubes de diffuseur configuré de façon à établir des rapports de surface de diffuseur.
5. Pale transsonique (15) sur un rotor, ladite pale étant configurée de façon à purger une partie d'une couche limite de perte le long d'une surface (41) de la pale dans
30 des canaux internes (60) de la pale, en utilisant l'un ou l'autre ou les deux parmi un champ centrifuge du rotor ou un gradient de pression statique prévalent, vers des emplacements (62) de la pale où la partie purgée (64) est réingérée, de façon à améliorer au moins l'une parmi les
35 performances ou la stabilité aérodynamique du rotor.

6. Pale transsonique selon la revendication 5, dans laquelle les emplacements de la pale où est réingérée la partie purgée se trouvent au niveau d'une pointe (62) de la pale.

5 7. Pale transsonique selon la revendication 5, comprenant de plus des aubes miniatures (80) submergées par rapport à une pointe (62) de la pale.

8. Procédé pour le fonctionnement d'une pale (15) sur un rotor, ledit procédé comprenant :

10 l'utilisation de l'un ou l'autre ou des deux parmi un champ centrifuge du rotor ou un gradient de pression statique prévalent pour purger une partie d'une couche limite de perte le long d'une surface (41) de la pale dans des canaux internes (60) de la pale; et

15 la réingestion de la partie purgée (64) en des emplacements (62) de la pale sélectionnés pour améliorer au moins l'une parmi les performances ou la stabilité aérodynamique du rotor.

20 9. Procédé selon la revendication 8, dans lequel ladite réingestion de la partie purgée comprend la réingestion de la partie purgée au niveau d'une pointe (62) de la pale.

25 10. Procédé selon la revendication 8, dans lequel la réingestion de la partie purgée comprend la réingestion de la partie purgée en des emplacements de la pale sélectionnés pour altérer de façon bénéfique un tourbillon ou un champ d'écoulement d'espacement de pointe (66).

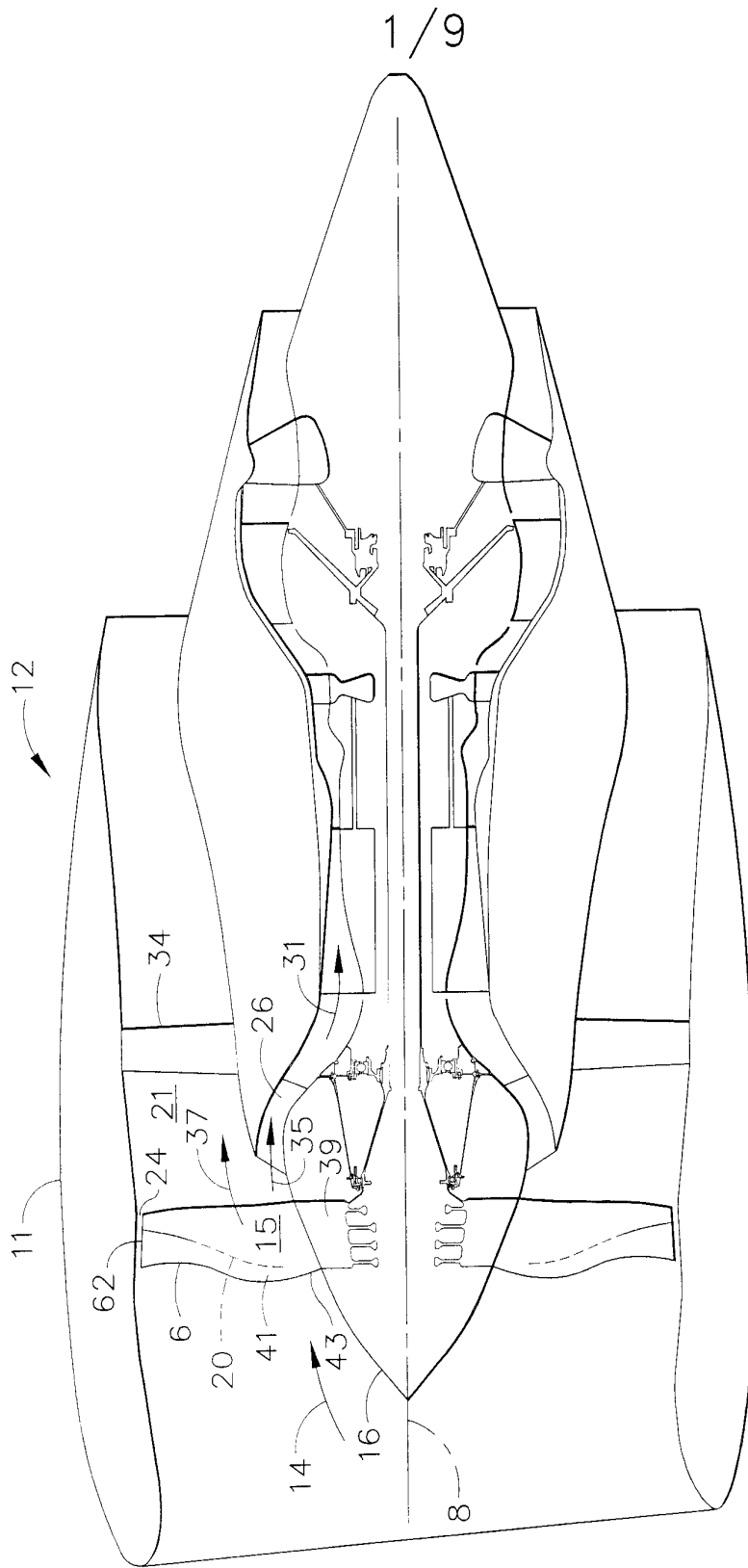


FIG. 1

2/9

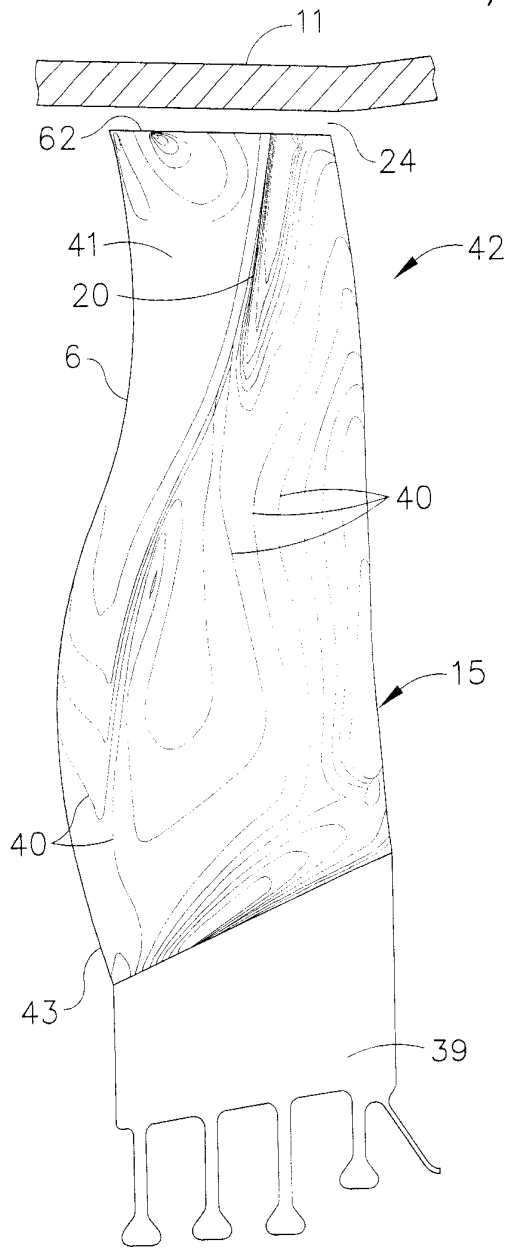


FIG. 2

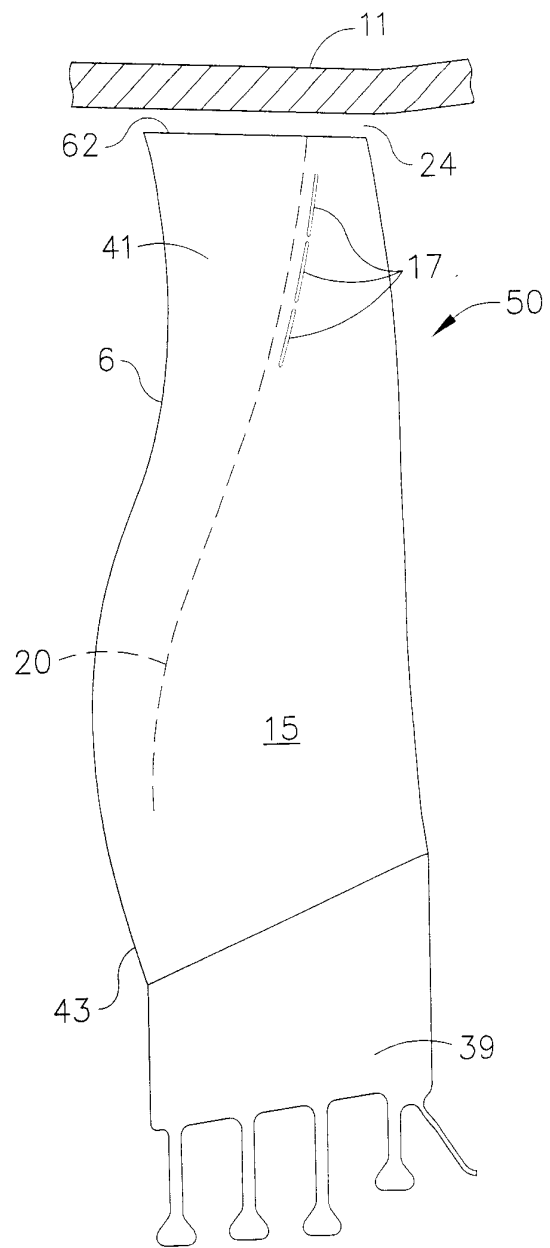


FIG. 3

3/9

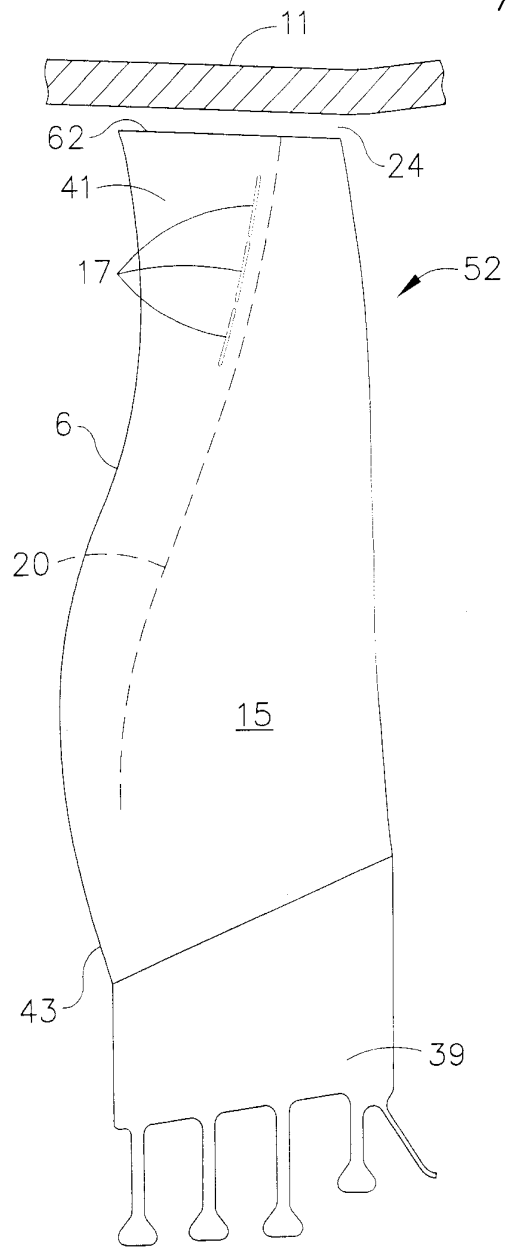


FIG. 4

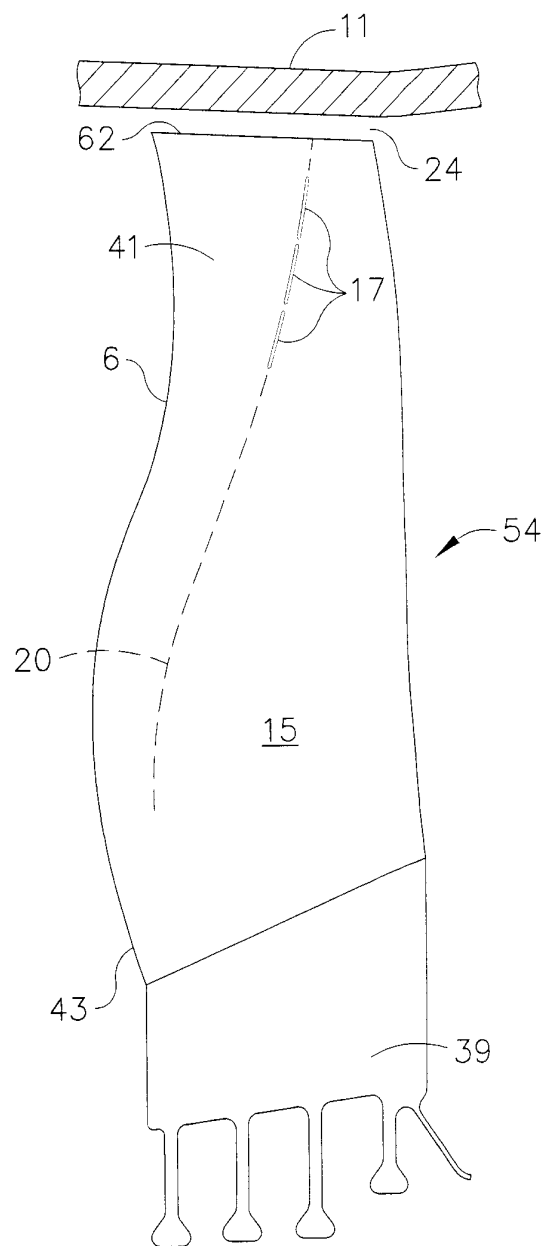


FIG. 5

4/9

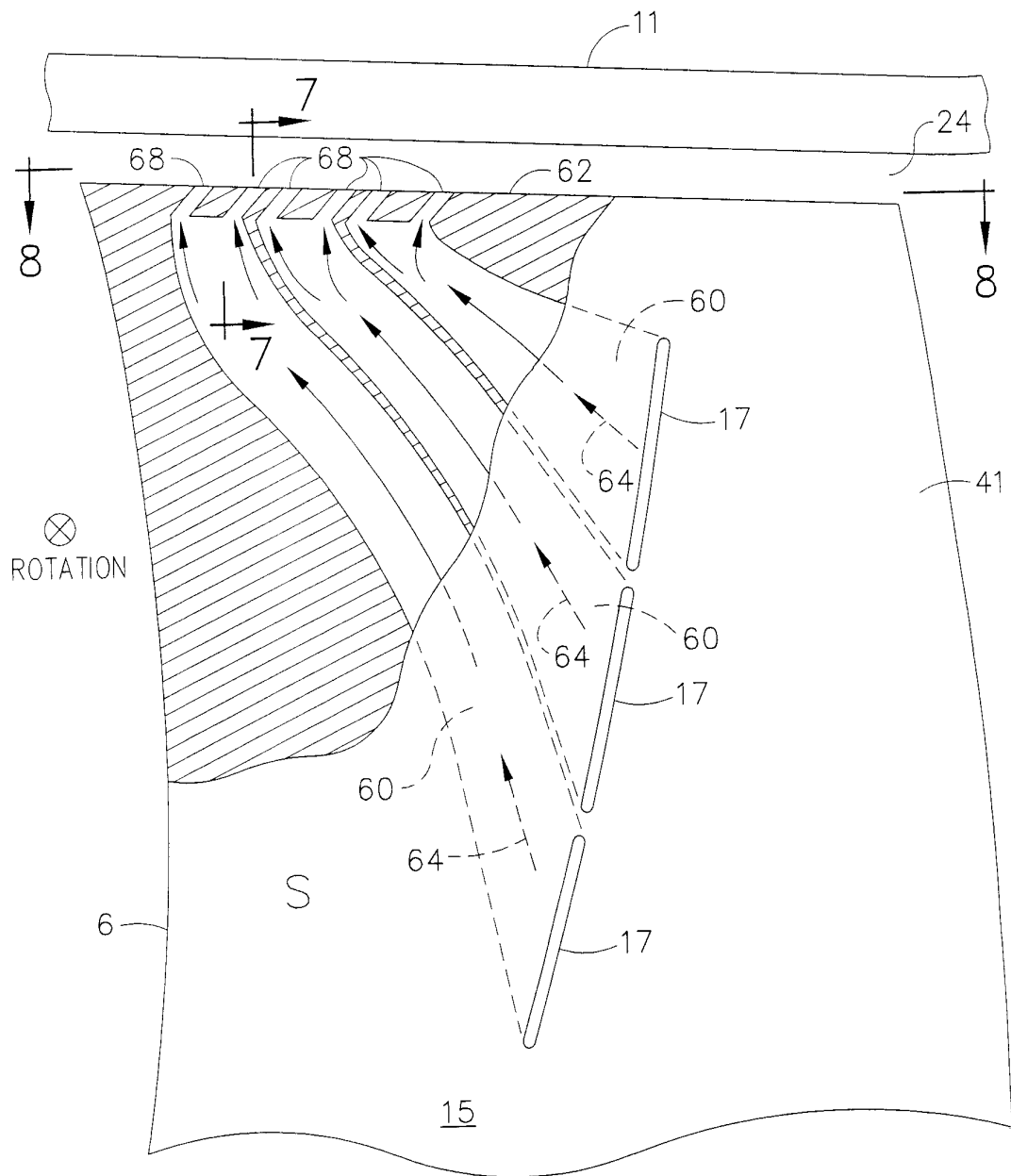


FIG. 6

5/9

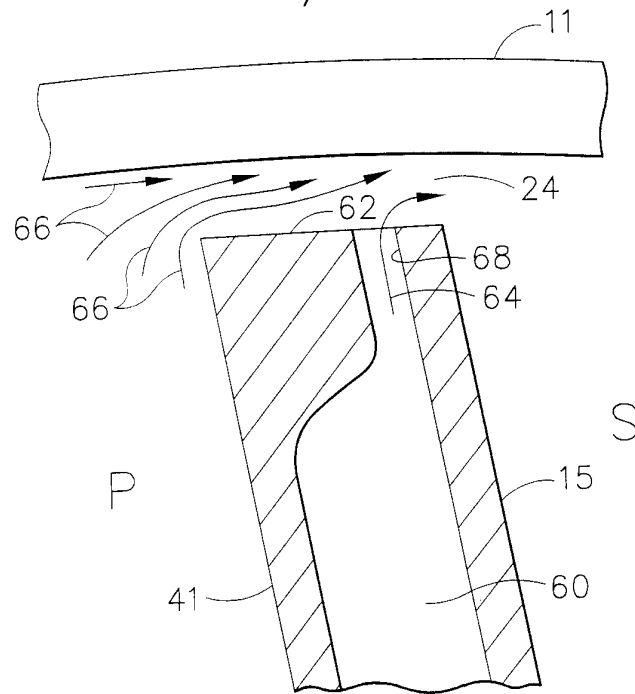


FIG. 7

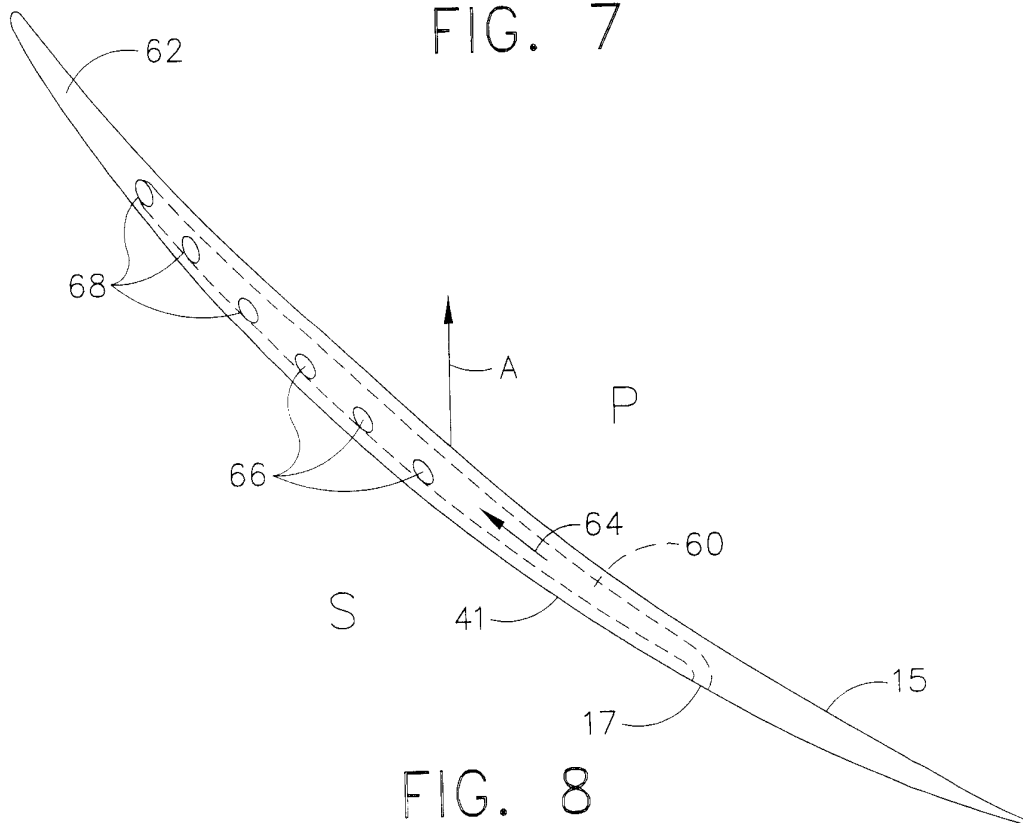


FIG. 8

6/9

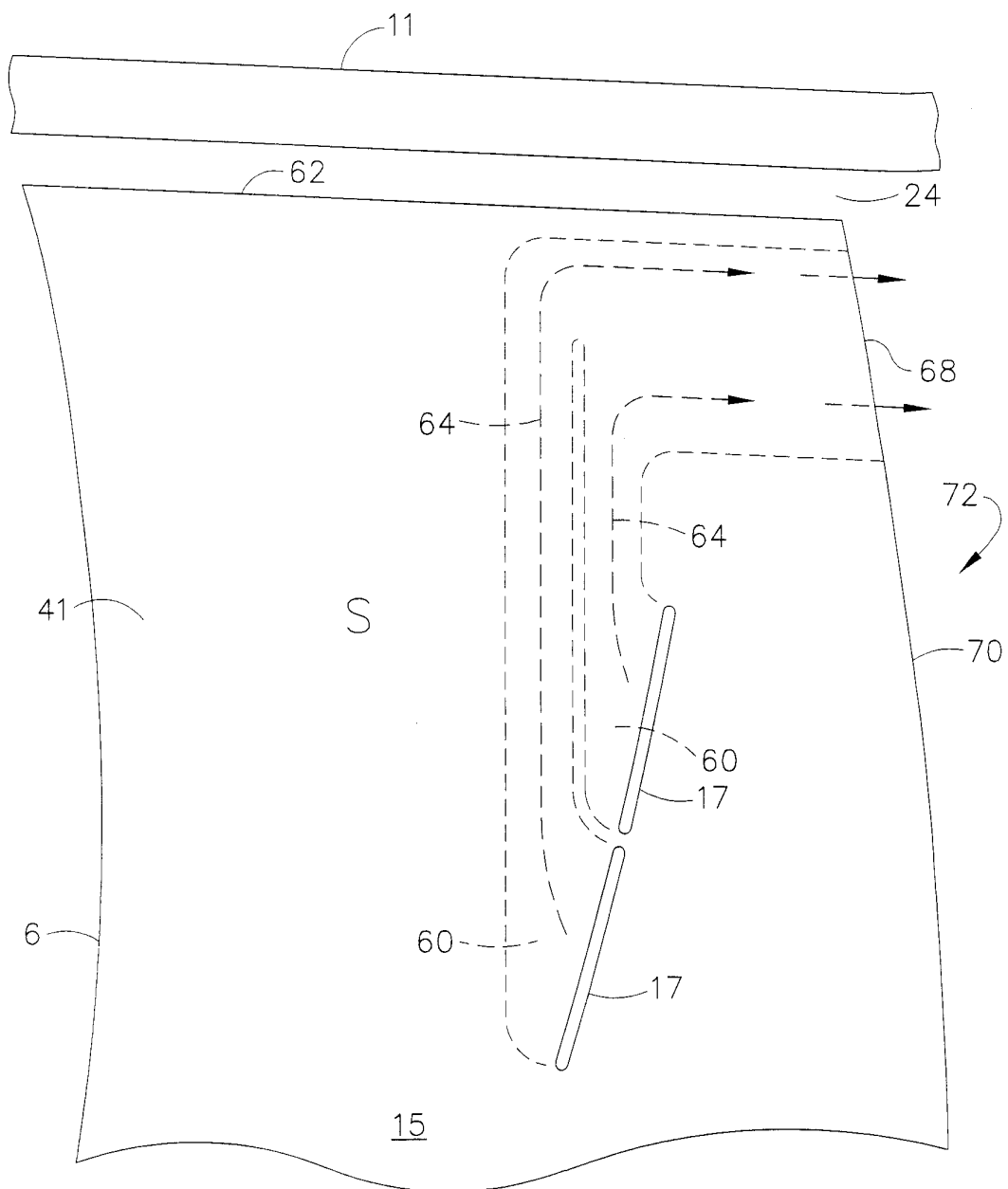


FIG. 9

7/9

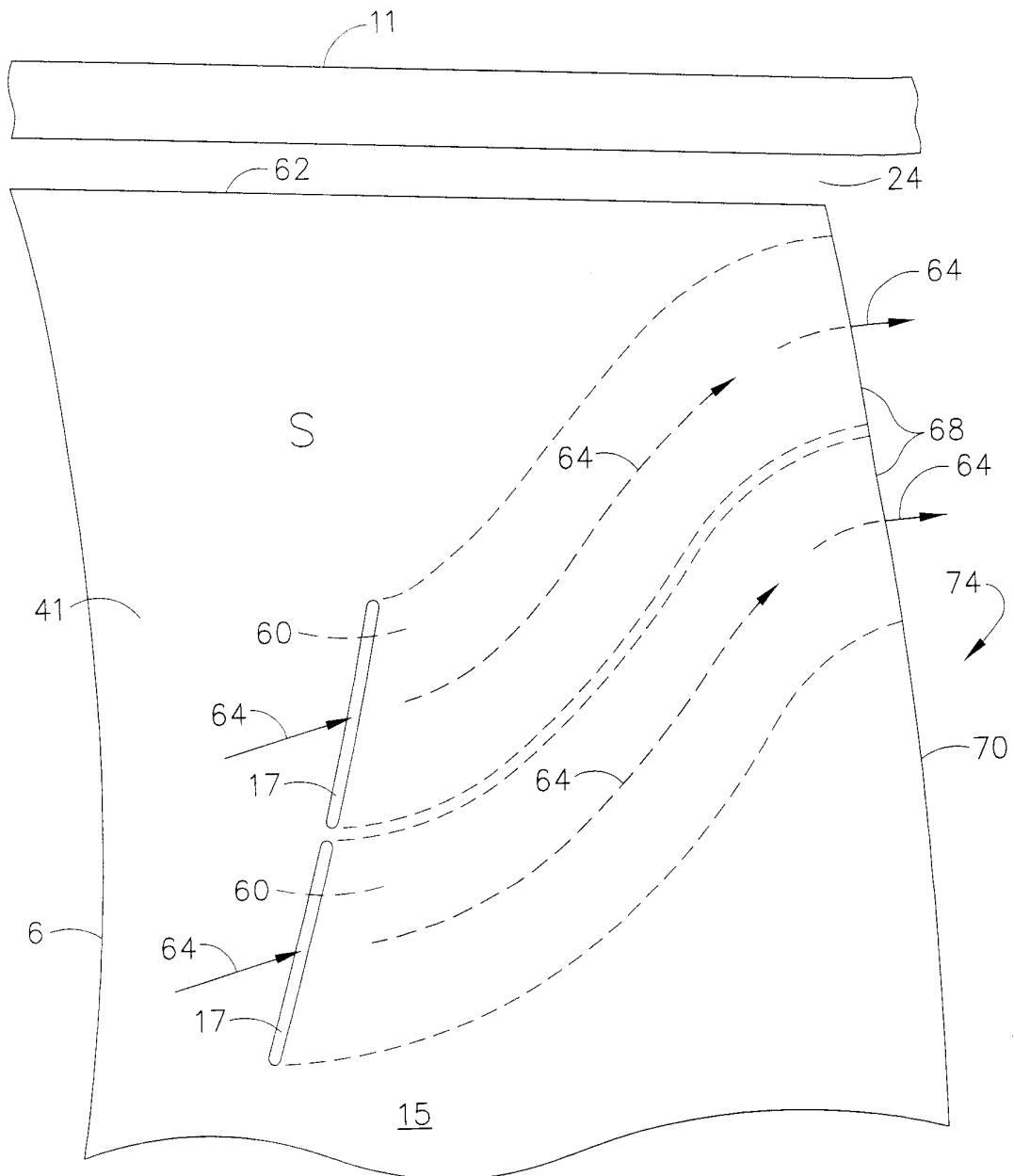


FIG. 10

8/9

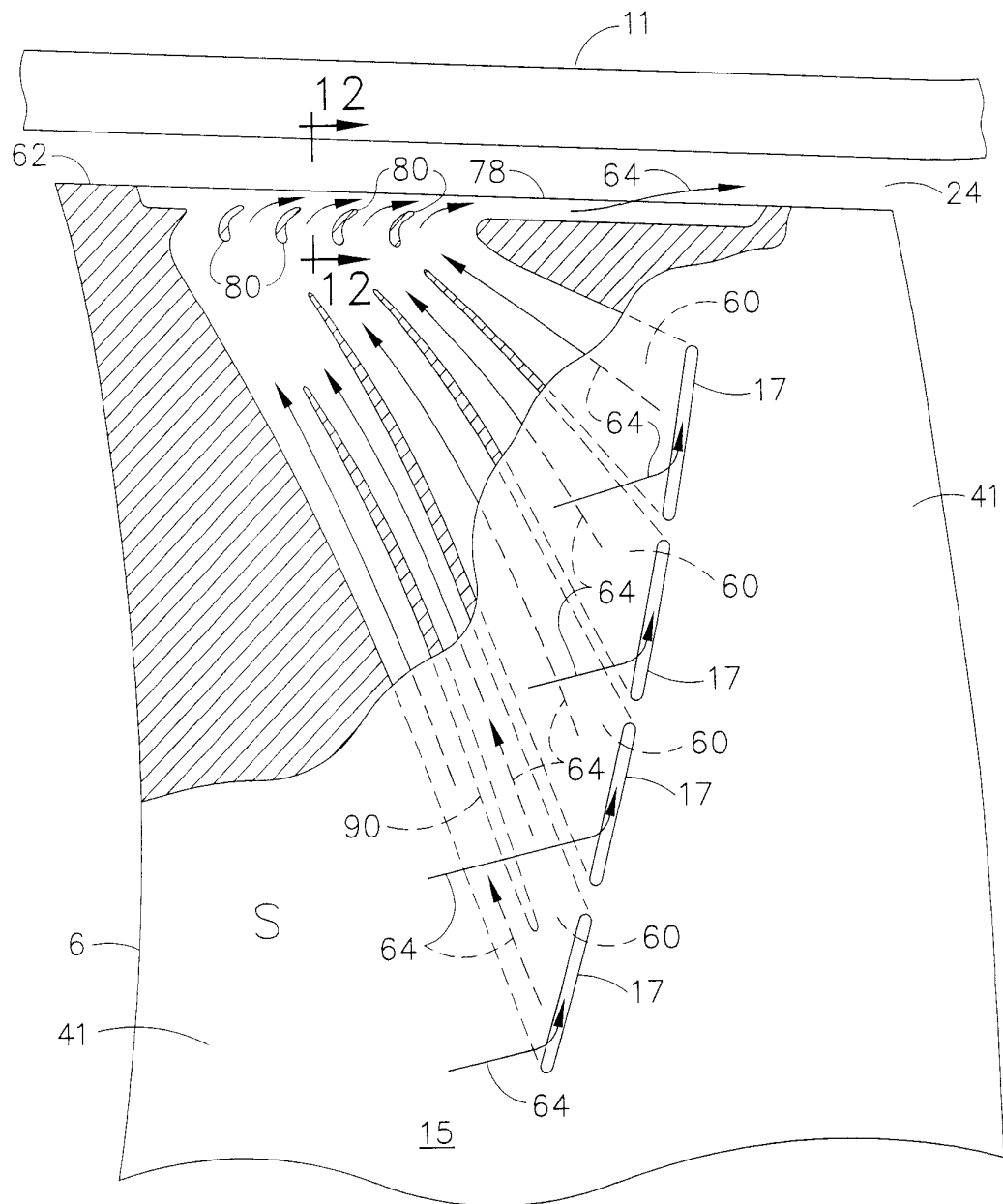


FIG. 11

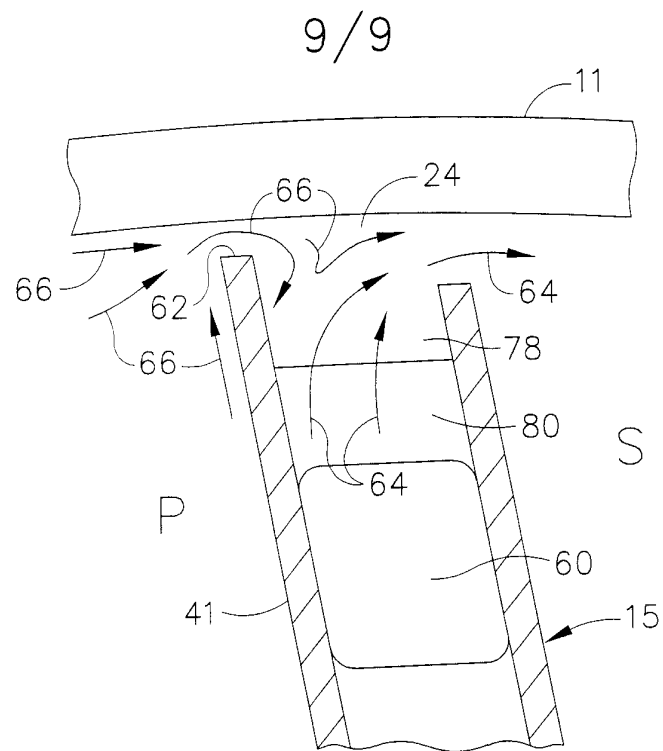


FIG. 12

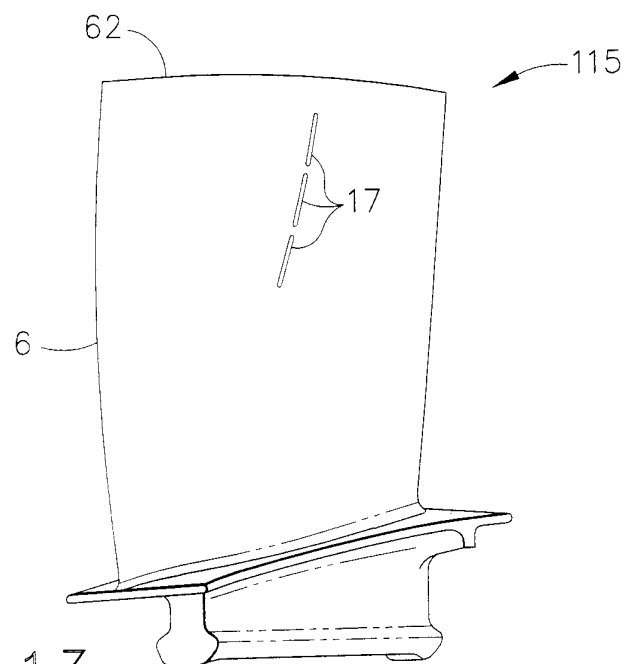


FIG. 13