



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

⑪ Gesuchsnummer: 726/81

⑬ Inhaber:
Hitachi, Ltd., Chiyoda-ku/Tokyo (JP)

⑫ Anmeldungsdatum: 04.02.1981

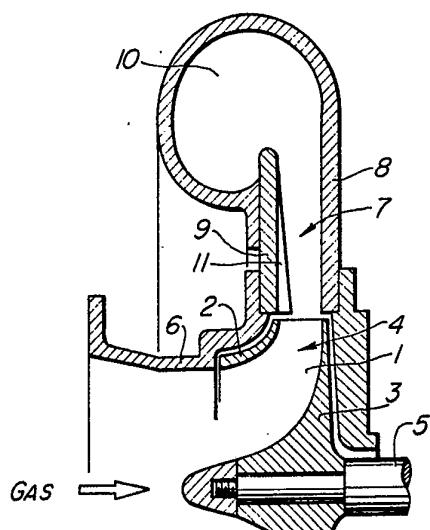
⑫ Erfinder:
Yoshinaga, Yoichi,
Higashiibaraki-gun/Ibaraki-ken (JP)
Kobayashi, Hiromi, Niihari-gun/Ibaraki-ken (JP)
Ueda, Shinjiro, Kashiba-shi (JP)
Takada, Yoshihiro, Niihari-gun/Ibaraki-ken (JP)
Nishida, Hideo, Niihari-gun/Ibaraki-ken (JP)

⑭ Patent erteilt: 13.09.1985

⑭ Vertreter:
Ammann Patentanwälte AG Bern, Bern

⑮ Diffusor eines Fliehkraftverdichters.

⑯ Der Diffusor (7), der am Außenumfang des Laufrads (4) eines Fliehkraftverdichters angeordnet ist, weist zwei scheibenförmige gegenüberliegende Diffusorplatten (8, 9) auf, die zwischen sich einen Fluidkanal bilden. Der Diffusor ist mit einer Mehrzahl Leitschaufeln (11) ausgebildet, die vom Einlauf zum Auslauf des Diffusors (7) verlaufen. Die Leitschaufeln (11), die an wenigstens einer (9) der beiden Diffusorplatten angeordnet sind und sich unmittelbar vom Auslass des Laufrads (4) in Strömungsrichtung durch den Fluidkanal erstrecken, haben eine Höhe, die kleiner als die halbe Breite des Fluidkanals ist und vom Einlauf zum Auslauf des Diffusors (7) hin stetig abnimmt. Hierbei wird das Fluid im Diffusor mit einem kleinen Strömungswinkel geführt und dadurch die Strömung vergleichmässigt, was den Wirkungsgrad und die Charakteristik verbessert.



PATENTANSPRÜCHE

1. Diffusor eines Fliehkraftverdichters, mit

- einem Ein- und einem Auslauf,
- zwei gegenüberliegenden Diffusorscheiben (8, 9), und
- einem zwischen den beiden gegenüberliegenden Diffusorscheiben definierten Fluidkanal, gekennzeichnet durch
- eine Mehrzahl Leitschaufeln (11), die auf wenigstens einer (9) der Diffusorscheiben (8, 9) vorgesehen sind und längs der Strömung eines Fluids im Fluidkanal verlaufen, wobei
- die Höhe jeder Leitschaufel (11) kleiner als die halbe Breite des Fluidkanals ist und vom Diffusoreinlauf zum Diffusorauslauf hin allmählich abnimmt.

2. Diffusor eines Fliehkraftverdichters, mit

- einem Ein- und einem Auslauf,
- zwei gegenüberliegenden Diffusorscheiben, und
- einem zwischen den beiden gegenüberliegenden Diffusorscheiben definierten Fluidkanal, gekennzeichnet durch
- eine Mehrzahl Führungsnoten (12), die in wenigstens einer (9) der Diffusorscheiben (8, 9) vorgesehen sind und längs der Strömung eines Fluids im Fluidkanal verlaufen, wobei
- die Tiefe der Führungsnoten (12) kleiner als die halbe Breite des Fluidkanals ist und vom Diffusoreinlauf zum Diffusorauslauf hin allmählich abnimmt.

3. Diffusor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Leitschaufeln (11) oder die Führungsnoten (12) an der haubenseitigen Diffusorscheibe (9) vorgesehen sind (Fig. 4; Fig. 7)

4. Diffusor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Leitschaufeln (11) oder die Führungsnoten (12) an beiden gegenüberliegenden Diffusorscheiben (8, 9) vorgesehen sind (Fig. 6).

5. Diffusor nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Höhe der Leitschaufeln (11) bzw. die Tiefe der Führungsnoten (12) an der haubenseitigen Diffusorscheibe (9) kleiner als an der nabenseitigen Diffusorscheibe (8) ist.

6. Diffusor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Leitschaufeln (11) oder die Führungsnoten (12) so angeordnet sind,
- dass ihr Einlaufwinkel gleich oder kleiner als der Konstruktions-Strömungswinkel und
- ihr Auslaufwinkel im wesentlichen gleich dem Konstruktions-Strömungswinkel ist.

Die Erfindung bezieht sich auf einen Diffusor eines Fliehkraftverdichters, der innerhalb eines weiten Arbeitsbereichs betrieben werden kann und mit erhöhtem Wirkungsgrad arbeitet.

Ein schaufelfreier Diffusor, der in einem bekannten Fliehkraftverdichter eingesetzt wird, umfasst zwei Diffusorscheiben, die zwischen sich einen Fluidkanal bilden. Die Geschwindigkeitsenergie eines aus dem Laufrad austre-

tenden Hochgeschwindigkeits-Fluidstroms wird am Diffusor in Druckenergie umgewandelt und aus dem Auslass abgegeben, nachdem eine kontinuierliche Druckrückgewinnung in dem den Diffusorscheiben nachgeschalteten Spiralgehäuse 5 erfolgt ist. Insbesondere bei einem Laufrad mit hoher spezifischer Geschwindigkeit, das mit einem mit grossem Durchsatz strömenden Fluid arbeitet, tendieren der Strömungswinkel α_2 und die Radialkomponente C_{2m} der absoluten Geschwindigkeit des Fluids am Laufradauslass im allgemeinen dazu, eine 10 stark ungleichmässige Verteilung zwischen Haube und Nabe (vgl. die Fig. 1 und 2) zu zeigen, und zwar aufgrund der relativ grossen Breite des Laufradauslasses. Eine Ungleichmässigkeit in der Fluidströmung am Einlauf des Diffusors hat eine erhebliche Leistungsminderung des Diffusors zur 15 Folge, wie in Fig. 3 zu sehen ist, die Versuchsergebnisse mit einem zweidimensionalen Diffusor zeigt; dabei ist C_p das Rückgewinnungsverhältnis des statischen Drucks zum dynamischen Druck am Diffusoreinlauf, und B eine Grösse (1 - das Verhältnis der wirksamen Querschnittsfläche des Fluidkanals zur geometrischen Querschnittsfläche des Fluidkanals). Die gleichen Ergebnisse wie in Fig. 3 konnten in Versuchen mit einem Radialdiffusor, der in einer Fliehkraft-Fluidmaschine verwendet wurde, erhalten werden.

Wie vorstehend gesagt, tritt bei dem Diffusor eines 25 bekannten Fliehkraftverdichters eine Ungleichmässigkeit in der Fluidströmung unmittelbar nach dem Fluidaustritt aus dem Laufrad auf, wodurch eine erhebliche Leistungsminderung verursacht wird. Zur Beseitigung dieses Nachteils wurde bereits vorgeschlagen (vgl. US-Patentanmeldung Ser.-Nr. 30 171 268 vom 22. Juli 1980), an wenigstens einer Diffusorscheibe am Einlaufteil des Diffusors eine Mehrzahl Strömungsleitschaufeln in Form einer kreisförmigen Kaskade vorzusehen, wobei die Höhe jeder Leitschaufel nicht mehr als die halbe Breite des Fluidkanals beträgt.

35 Dieser Vorschlag ist insoweit wirksam, als die aus dem Laufrad austretende Fluidströmung am Diffusoreinlauf vergleichmässigt wird. Es hat sich jedoch gezeigt, dass die vorgeschlagenen Strömungsleitschaufeln im Hinblick auf die Vermeidung des Auftretens einer Sekundärströmung im 40 unteren Abschnitt des schaufelfreien Diffusors nicht wirksam sind. Denn innerhalb einer Strömung eines viskosen Fluids wird, auch wenn dieses gleichmässig in den Einlaufteil des Diffusors einströmt, im stromabwärts befindlichen Diffusorauslaufteil eine Sekundärströmung auftreten infolge der 45 Anwesenheit der Grenzschicht, die nach ihrer Bildung im Einlaufteil sich im Auslaufteil entwickelt.

Aufgabe der Erfindung ist die Schaffung eines Diffusors eines Fliehkraftverdichters, der den Primärstrom im Einlaufteil des Diffusors vergleichmässigt und das Auftreten einer 50 Sekundärströmung, die infolge einer nahe derjenigen Diffusorwand, auf die die Primärfluidströmung auftrifft, gebildeten Grenzschicht erzeugt werden könnte, verhindert. Dabei soll die Vergleichmässigung der Strömung mit gesteigertem Wirkungsgrad erfolgen, und der Verdichtungsstoss-Bereich 55 des Fliehkraftverdichters soll auf die Seite des niedrigeren Durchsatzes verschoben werden.

Die Lösung dieser Aufgabe ist im Kennzeichen des 60 Anspruchs 1 umschrieben. Hierbei wird das Fluid mit einem kleinen Strömungswinkel geführt und dadurch die Gesamtfluidströmung im wesentlichen vergleichmässigt. Bei einer alternativen Ausführungsform des Diffusors sind anstelle der Leitschaufeln Führungsnoten gebildet. Die Höhe der Leitschaufeln und die Tiefe der Führungsnoten nimmt vom Einlauf des Diffusors zum Auslauf des Diffusors hin stetig ab.

65 Der Grund für die Bemessung der Leitschaufeln ist derart, dass ihre Höhe kleiner als die halbe Breite des Fluidkanals des Diffusors ist, liegt darin, dass entsprechend Fig. 2 im wesentlichen keine Beeinflussung des Primärstroms im zen-

tralen Teil des Diffusors zwischen der Nabe und der Haube erfolgt. Der Grund für die stetige Höhenabnahme der Leitschaufeln vom Diffusoreinlauf zum Diffusorauslauf liegt darin, dass nach der Vergleichsmässigung der Primärströmung ein Sekundärströmungsverlust vermieden werden kann, indem durch die vorgeschlagene Anordnung die Fluidreibungsverluste kleingehalten werden.

Anhand der Zeichnung wird die Erfindung beispielsweise näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Vorderansicht die die Fluidströmung am Auslass des Laufrads eines Fliehkraftverdichters nach dem Stand der Technik erläutert;

Fig. 2 eine Grafik, die die Fluidströmungsverteilung am Auslass des Laufrads eines bekannten Fliehkraftverdichters zeigt;

Fig. 3 eine Grafik, die die Einflüsse der ungleichen Einlaufgeschwindigkeitsverteilung auf die Leistung eines zweidimensionalen Diffusors als Versuchsergebnisse wiedergibt;

Fig. 4 einen Vertikalschnitt durch ein Ausführungsbeispiel der Fliehkraftfluidmaschine (Fliehkraftverdichter) nach der Erfindung;

Fig. 5 eine Vorderansicht der Leitschaufeln nach Fig. 4;

Fig. 6 einen Vertikalschnitt durch wesentliche Teile eines weiteren Ausführungsbeispiels des Fliehkraftverdichters;

Fig. 7 einen Vertikalschnitt durch wesentliche Teile eines dritten Ausführungsbeispiels des Fliehkraftverdichters; und

Fig. 8 eine Vorderansicht des Diffusors, wobei die Form der Leitschaufeln (Leitnuten) gezeigt ist.

Nach Fig. 4 werden bei dem Fliehkraftverdichter ein Laufrad 4 mit Schaufeln 1, einer Haube 2 und einer Nabe 3 von einer Welle 5 getrieben. Ein Gas wird in den Fliehkraftverdichter durch einen Saugkanal 6 eingeleitet und durch das Laufrad 4 in eine hohe Geschwindigkeit versetzt, bevor es zu einem Diffusor 7 geleitet wird. Der Diffusor 7 umfasst zwei gegenüberliegende Diffusorscheiben 8 und 9, die zwischen sich einen Strömungskanal begrenzen, der mit einem Spiralgehäuse 10 in Strömungsverbindung steht. An der Diffusorscheibe 9 auf der Seite des Mantels 2 sind mehrere Leitschaufeln 11 vorgesehen und entsprechend Fig. 5 auf dem Umfang der Diffusorscheibe 9 angeordnet. Die Leitschaufeln 11 sind, auf der Basis des Konstruktions-Strömungswinkels (einem Mittelwert von α_2 gemäss Fig. 2 in Breitenrichtung des Diffusors), wie folgt geformt.

Jede Leitschaufel 11 hat einen Einlaufwinkel β_3 , der gleich oder kleiner als der Konstruktions-Strömungswinkel (ein Mittelwert von α_2 gemäss Fig. 2 in Breitenrichtung des Diffusors) ist, und einen Auslaufwinkel β_4 , der im wesentlichen gleich dem Konstruktions-Strömungswinkel ist. Der Einlauf- und der Auslaufwinkel der Leitschaufeln 11 wird aus folgenden Gründen in dieser Weise ausgelegt. Im Einlaufteil des Diffusors 7 ist der Strömungswinkel α_2 in einem Abschnitt des Strömungskanals nahe der Haube oder der Nabe jederzeit kleiner als der Konstruktions-Strömungswinkel (vgl. Fig. 2). Somit wird der vorgenannte Wert gewählt, um den Einlaufwinkel β_3 der Leitschaufeln 11 dem tatsächlichen Strömungswinkel auf einem Durchschnittswert anzunähern, um Verluste dadurch zu minimieren. Bezuglich des Auslaufwinkels β_4 wird der angegebene Wert gewählt, damit der Zwischenteil und der Auslaufteil der Leitschaufeln 11 einer idealen Strömung im Diffusor (einer Strömung längs einer logarithmischen Spirale oder einer Konstantströmung mit einem Strömungswinkel gleich dem Konstruktions-Strömungswinkel) angenähert werden. Jede Leitschaufel 11 ist im Zwischenteil als Parabelbogen oder andere Kurve ausgebildet, so das der Winkel gleichmässig von β_3 nach β_4 übergeht. Die Höhe jeder Leitschaufel 11 ist geringer als die halbe

Breite des zwischen den Diffusorscheiben 8 und 9 definierten Fluidkanals. Die Höhe der Leitschaufeln 11 ist maximal am Einlauf des Diffusors 7 und nimmt vom Einlauf zum Auslauf des Diffusors hin stetig ab, bis sie Null oder das 0,25- 5 0,5fache der Höhe am Einlauf des Diffusors 7 beträgt.

Die Leitschaufeln 11 sollen die ungleichmässige Strömung am Auslass des Laufrads 4 oder am Einlauf des Diffusors 7 im wesentlichen vergleichmässigen, um dadurch den Wirkungsgrad des Diffusors gegenüber einem schaufelfreien Diffusor 10 zu steigern und die Ausbildung einer Grenzschicht auf der stromabwärts liegenden Seite zu unterbinden, so dass ein Druckverlust, der sonst infolge der Erzeugung einer Sekundärströmung auftreten könnte, vermieden wird. Die stromabwärts 15 erfolgende Abnahme der Höhe der Leitschaufeln soll die Fläche des mit dem Fluid in Kontakt befindlichen Fluidkanals vermindern, um einen sekundären Strömungsverlust auf der stromabwärts befindlichen Seite zu vermeiden, während gleichzeitig ein Fluidreibungsverlust kleingehalten wird, weil die Strömung auf der stromaufwärts befindlichen Seite 20 wirksam vergleichmässigt wird.

Bisher wurde es als unerwünscht angesehen, Leitschaufeln etc. im Diffusor unmittelbar nach dem Einlaufabschnitt vorzusehen, und zwar wegen der Möglichkeit der Geräuschentwicklung. Es wurde jedoch festgestellt, dass die Leitschaufeln 25 nach der Erfindung nicht mit diesem Nachteil behaftet sind, sondern die Wirkung haben, die Fluidströmung gleichmässig zu leiten, und zwar wahrscheinlich deshalb, weil die Leitschaufeln nicht über die Gesamtbreite des Diffusors vorge- 30 sehen sind.

Nach der Erfindung hat das Anbringen der Leitschaufeln an einer der Diffusorscheiben und im Strömungskanal, wobei die Schaufelhöhe am Einlauf gross ist und in Richtung zum Auslauf zunehmend kleiner wird, die Auswirkung, dass die ungleichmässige Strömung des Fluids am Auslass des Laufrads im Einlaufteil des Diffusors im wesentlichen vergleichmässigt wird und dass die Erzeugung einer Sekundärströmung vermieden wird und nur ein geringer Reibungsverlust des Fluids infolge der verminderten Schaufelhöhe im Auslaufteil des Diffusors auftritt, so dass dadurch das Auftreten eines instabilen Betriebs des schaufelfreien Diffusors 35 aufgrund einer Ablösung der Fluidströmung von den Oberflächen der Diffusorscheiben und entsprechender Rückströmung des Fluids verhindert wird.

Auf diese Weise wird eine Charakteristik des Verdichters bei niedrigem Durchsatz wesentlich verbessert. Insbesondere ergeben sich die Vorteile nach der Erfindung aus dem Verhindern des Auftretens einer Sekundärströmung. Es sei angenommen, dass eine Sekundärströmung auftritt. Dann tritt ein Zurückströmen des Fluids aus dem Diffusor zum Laufrad 40 auf, so dass ein Strömungsabriß und andere Erscheinungen einer instabilen Strömung auftreten, die das Auftreten eines Verdichtungsstosses zur Folge haben. Bei der Erfindung kann das Auftreten einer Sekundärströmung innerhalb des 45 Diffusors verhindert werden, so dass der Verdichtungsstosspunkt des Fliehkraftverdichters nach niedrigem Durchsatz hin verschoben werden kann.

Ferner ergibt sich durch das Anordnen der Leitschaufeln die weitere Auswirkung, dass in einem Diffusor ohne den 50 selben ganz überbrückende Schaufeln eine gleichmässige Fluidströmung erzielbar ist, so dass der Wirkungsgrad des Diffusors verbessert wird und die Ausgangsleistung eines einen solchen Diffusor aufweisenden Fliehkraftverdichters ebenfalls erheblich gesteigert wird.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 6 sind die Leitschaufeln II nicht nur an der Diffusorscheibe 9 auf der Seite der Haube 2, sondern auch an der Diffusorscheibe 8 auf der Seite der Nabe 3 angeordnet. Die Leitschaufeln 11 auf der

Diffusorscheibe 8 wirken mit denjenigen auf der Diffusorscheibe 9 dahingehend zusammen, dass sie die Strömungswinkel bei geringer Fluidströmung auf der Seite der Nabe 3 so leiten, dass die Strömung im wesentlichen vergleichmässigt wird. Normalerweise ist der Winkelbereich bei geringster Strömung auf der Nabenseite klein, so dass die Höhe der Leitschaufeln 11 auf der Seite der Nabe 3 geringer als diejenige der Leitschaufeln 11 auf der Seite der Haube 2 sein kann.

Bei dem Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 sind in der Diffusorscheibe 9 auf der Seite der Haube 2 eine Mehrzahl Führungsnu ten 12 gebildet, und zwar auf der Basis desselben Konzepts wie die Leitschaufeln nach Fig. 4. Die Führungsnu ten 12, die in dem durch die Diffusorscheibe 9 begrenzten Fluidkanal vorgesehen sind, haben eine Tiefe, die im wesentlichen gleich der Höhe der Leitschaufeln 11 von Fig. 4 ist. In diesem Fall zieht ein Teil des in den Führungsnu ten 12 strömenden Fluids den Rest des auf der Diffusorscheibe 9 strömenden Fluids nach, so dass die Fluidströmung im Fluidkanal im wesentlichen vergleichmässigt werden kann. Damit kann das Ausführungsbeispiel nach Fig. 7 die gleichen Auswirkungen wie diejenigen nach den Fig. 4 und 6 haben. Die Rippen der Diffusorscheibe 9, die zwischen den Führungs-

nu ten 12 verbleiben, sind bevorzugt so dünn wie möglich. Rippen geringer Dicke ergeben eine Vergrösserung der Berührungsfläche zwischen den Teilströmungen in den Nuten und ausserhalb dieser Nuten. Dadurch wird die gegenseitige Beeinflussung der Strömung in den Nuten und der Strömung ausserhalb derselben und letztlich eine bessere Vergleichmässigung der gesamten Strömung im Diffusor erreicht.

Fig. 8 erläutert die Vorgänge beim Bestimmen der Form der Leitschaufeln 11 und der Führungsnu ten 12. Die Figur zeigt ein konkretes Beispiel, bei dem die Einlauf- und Auslaufwinkel β_3 und β_4 der Leitschaufeln die Bedingung $\beta_4 > \beta_3$ erfüllen, und der innere und äussere Abschnitt der Nut gehen stossfrei ineinander über. Insbesondere ist bei dem dargestellten Beispiel der Schaufelwinkel in der Lage eines Mittelwertes R_m des Einlaufradius R_3 und des Auslaufradius R_4 des Diffusors gleich dem Auslaufwinkel β_4 gemacht, und der Schaufelwinkel in ausserhalb des mittleren Radius liegenden Positionen wird konstant gehalten (β_4), so dass die Leitschaufel eine logarithmische Spiralform hat. In Positionen innerhalb des mittleren Radius kann eine geeignete Kurve, z.B. eine Parabel, ein Bogen etc., verwendet werden.

FIG. 1

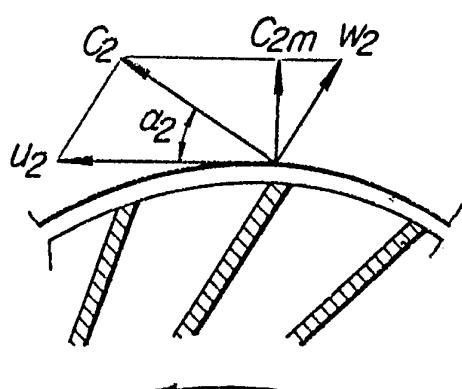


FIG. 2

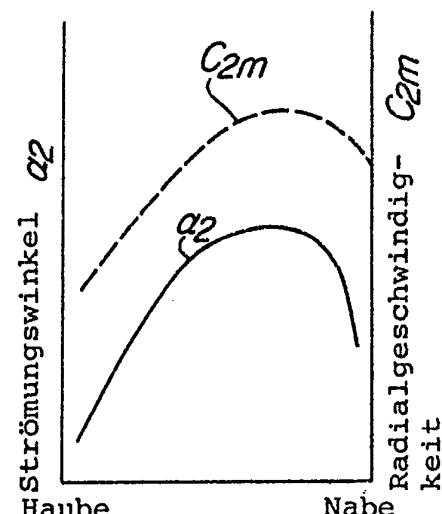


FIG. 3

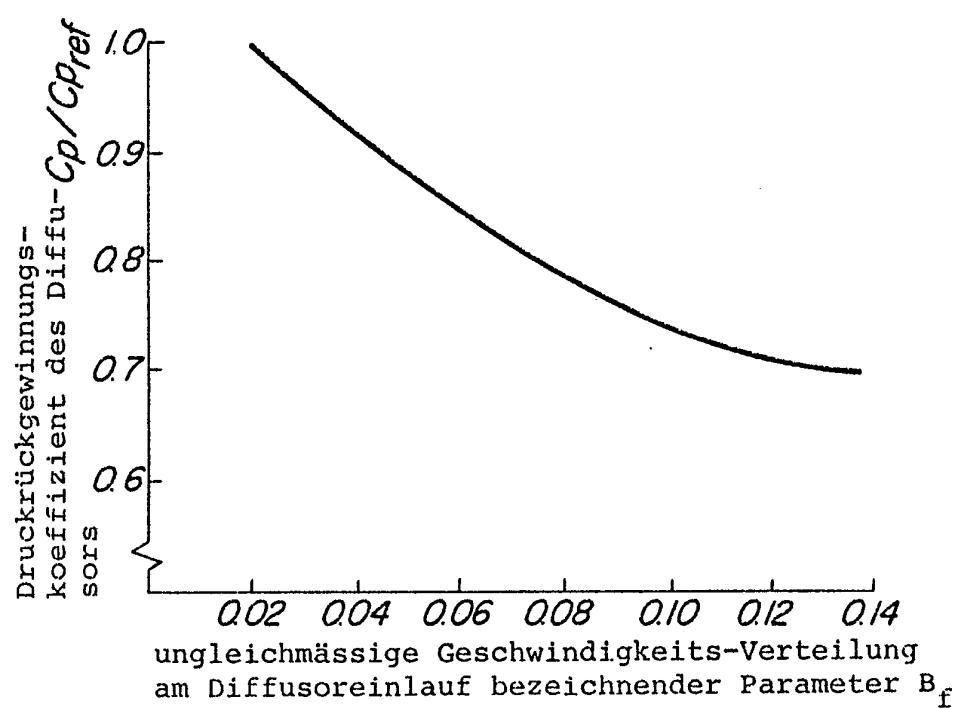


FIG. 4

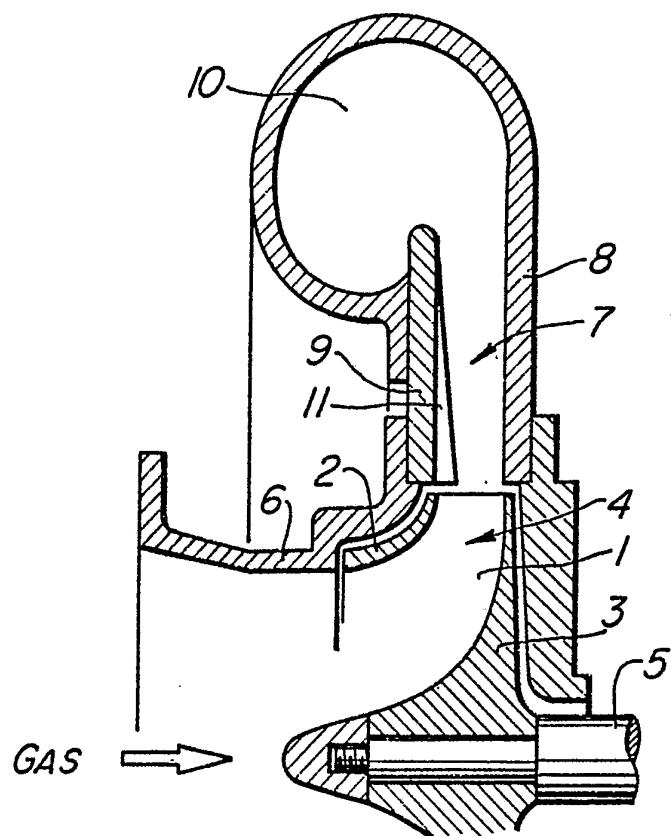


FIG. 5

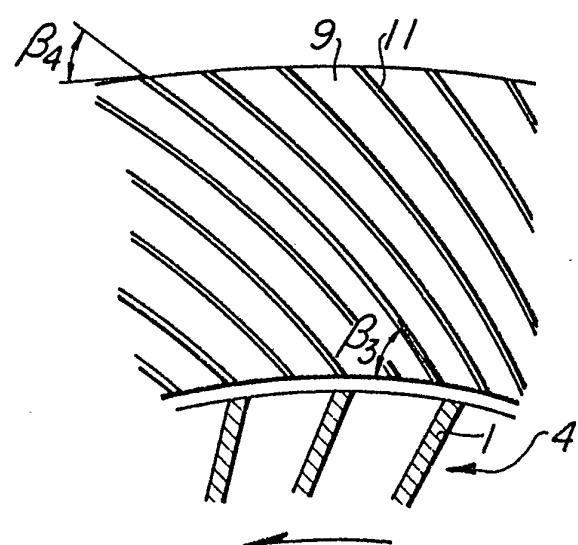


FIG. 6

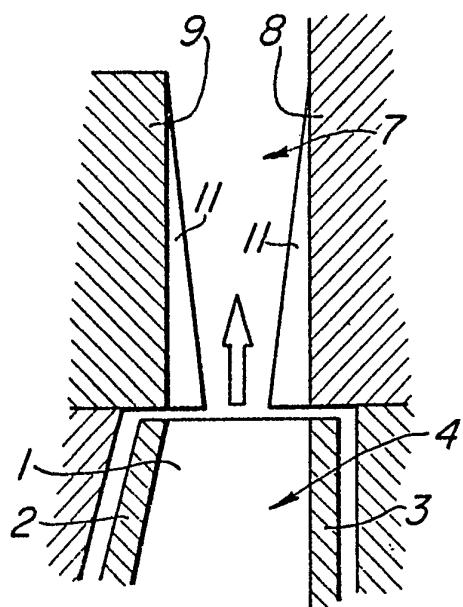


FIG. 7

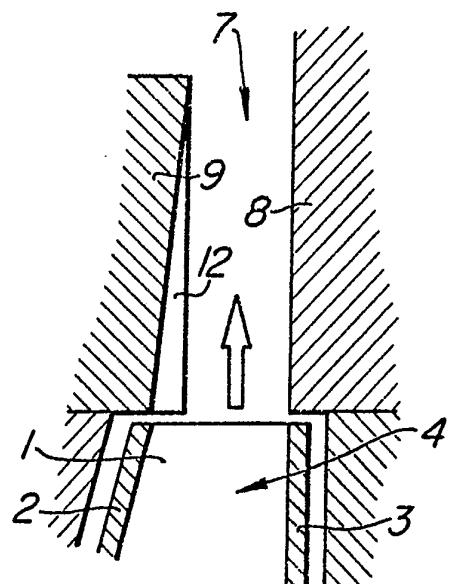


FIG. 8

